Interdisciplinary Research on
Climate Change Mitigation and Adaptation

Volume 5

Alexander Roßnagel

Regionale Klimaanpassung

Herausforderungen – Lösungen – Hemmnisse – Umsetzungen am Beispiel Nordhessens

COMPETENCE CENTRE FOR
Cli mate Change
M itigation and
A daptation

kassel university press

Interdisciplinary Research on
Climate Change Mitigation and Adaption

Vol. 5

Edited by Alexander Roßnagel
on behalf of the Board of Directors of the
Competence Centre for Climate Change Mitigation and Adaptation
University of Kassel

Alexander Roßnagel (Hg.)

Regionale Klimaanpassung

Herausforderungen – Lösungen – Hemmnisse –

Umsetzungen am Beispiel Nordhessens

kassel
university
press

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN: 978-3-86219-660-9 (print)
ISBN: 978-3-86219-661-6 (e-book)
URN: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0002-36615

© 2013, kassel university press GmbH, Kassel
www.upress.uni-kassel.de

Umschlaggestaltung: Grafik Design Jörg Batschi, Kassel
Druck und Verarbeitung:docupoint GmbH, Barleben
Printed in Germany

Grußwort

Die Folgen des Klimawandels sind ein Thema für Nordhessen – auch wenn sie hier weniger schwerwiegend sind als in anderen Teilen der Welt. Trockene Sommer, hohe Winterniederschläge, extreme Wetterwechsel, Stürme, Hagel, Starkregen, Hitzeperioden, frühe Blüten, Einwanderung neuer Tier- und Pflanzenarten – das können erste Vorzeichen für Klimaveränderungen sein. Diese bergen für Nordhessen Risiken – etwa durch Beeinträchtigungen des Verkehrs, durch gesundheitliche Belastungen für Kinder und ältere Menschen, durch Trockenheit und Überschwemmungen, aber auch Chancen – etwa für Landwirtschaft und Tourismus. Die Region wird ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken, wenn sie früher als andere sich vor diesen Risiken schützt und die Chancen wahrnimmt.

Für Nordhessen ist es daher wichtig, die möglichen Folgen des Klimawandels zu kennen, die mit ihnen verbundenen Risiken und Chancen einzuschätzen, Optionen zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln und die geeigneten Maßnahmen nach und nach umzusetzen. Dies setzt eine enge Kooperation zwischen Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft voraus. Veränderungen im Verhalten, in Strukturen oder Verfahren erfordern ein Zusammenwirken, der jeweils beteiligten Akteure.

Nordhessen ist hierzu auf dem besten Weg. Grundlage dafür war die Möglichkeit, dass Nordhessen durch das Projekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ die Chance hatte, sich als Modellregion für regionale Klimaanpassung zu profilieren. Auf der Grundlage der guten Vernetzung Nordhessens im Regionalmanagement und der hohen Umweltkompetenzen der Universität Kassel konnte Nordhessen in dem Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Klimaanpassung in Regionen zukunftsfähig gestalten“ (KLIMZUG) mit seinem Antrag überzeugen. Dieses Projekt, das von 2008 bis 2013 durchgeführt wurde, ist ein Beispiel für eine gelungene Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Gemeinsam wurden Anpassungsbedarfe festgestellt, Anpassungsoptionen entwickelt und in 17 Beispielfällen in Nordhessen umgesetzt. Viele dieser Maßnahmen werden auch in den nächsten Jahren noch wirksam sein und fortgeführt. KLIMZUG-Nordhessen hat für die Modellregion das Thema Klimaanpassung etabliert und Möglichkeiten aufgezeigt, konstruktiv mit ihm umzugehen. Dafür danke ich allen Beteiligten sehr.



(Dr. Walter Lübcke)
Regierungspräsident

Vorwort

Selbst wenn die internationale Staatengemeinschaft alle geforderten Anstrengungen zur Begrenzung der globalen Treibhausgasemissionen ergreifen würde, ist ein Anstieg der durchschnittlichen Temperatur auf der Erde um mehr als 2°C unvermeidlich. Dieser Anstieg wird umso stärker sein, je länger die erforderlichen Begrenzungsmaßnahmen dauern und je schwächer sie ausfallen. Daher ist es überall auf der Welt erforderlich, sich an den Klimawandel und seine mehr oder weniger starken Folgen anzupassen.

Dies gilt auch für die Bundesrepublik Deutschland. Auch wenn hier die Folgen des Klimawandels weniger gravierend sind als in anderen Gegenden der Welt, sind auch in Deutschland Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel notwendig. Da seine Folgen von den naturräumlichen, sozio-kulturellen und wirtschaftlichstrukturellen Bedingungen abhängen, auf die der Klimawandel trifft, und daher von Region zu Region sehr unterschiedlich sein können, muss Klimaanpassung jeweils angepasst an die konkreten Bedingungen in den Regionen und durch Regionen erfolgen.

Um die regionalen Klimaanpassungsbedarfe genauer zu bestimmen, Klimaanpassungslösungen zu erforschen, Klimaanpassungsstrategien zu erarbeiten und in der Region auch umzusetzen, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Jahr 2007 eine Fördermaßnahme „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ (KLIMZUG) ausgeschrieben. Im Rahmen dieser Fördermaßnahme hatte das Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk für die Modellregion Nordhessen (KLIMZUG-Nordhessen)“ die Chance erhalten, von September 2008 bis Juni 2013, Klimaanpassung in Nordhessen zu erforschen und zusammen mit der Region Nordhessen umzusetzen, um diese zu einer Modellregion für Klimaanpassung zu entwickeln. Das Verbundprojekt war von der grundlegenden Erwägung getragen: Wenn der Klimawandel auch in Nordhessen spürbar sein und vielfältige Anpassungsanforderungen stellen wird, kommt es darauf an, durch frühzeitige Anpassungen einerseits Schäden zu mindern und Kosten zu sparen und andererseits Chancen für neue Produkte und Dienstleistungen zu eröffnen und die Wirtschaftskraft der Region im Wettbewerb mit anderen zu stärken.

Mit KLIMZUG hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung keine reinen Forschungsprojekte gefördert, sondern Modellregionen, in denen Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung, Politik und Bürger in der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien eng zusammen arbeiten. Die Anpassungsstrategien sollten von den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen getragen wer-

den. Dabei mussten die wissenschaftlichen Projekte zwei neue Anforderungen erfüllen. Sie mussten transdisziplinär sein, um die Anforderungen der Klimaanpassung und die Lösungen zu ihrer Erfüllung zusammen mit den Wissensträgern der Praxis zu erarbeiten. Sie mussten außerdem transformativ sein, um nicht nur Anpassungslösungen zu entwerfen, sondern auch die Bedingungen ihrer Umsetzung zu untersuchen und zu berücksichtigen sowie sich an den Veränderungen der Wirklichkeit zu beteiligen. Dementsprechend hat KLIMZUG-Nordhessen in der fünfjährigen Projektlaufzeit an ausgewählten Beispielen wissenschaftliche Lösungen für Klimaanpassungsprobleme erarbeitet, diese exemplarisch in enger Kooperation mit Praxisakteuren umgesetzt und diese Prozesse reflexiv begleitet.

In diesem Buch werden das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen und seine wesentlichen Ergebnisse vorgestellt. Kapitel I führt in das Problem des Klimawandels und der Klimaanpassung ein, stellt die Modellregion Nordhessen vor und beschreibt Zielsetzung, Struktur und Organisation des Projekts. Kapitel II stellt Klimaszenarien für Nordhessen und das entwickelte Werkzeug einer Klimafunktionskarte zur Darstellung der sich wandelnden klimatischen Verhältnisse dar. Kapitel III präsentiert die erarbeiteten Klimaanpassungslösungen in den Handlungsfeldern Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft, Energie, Verkehr, Tourismus und Gesundheit und ihre exemplarische Umsetzung. Kapitel IV widmet sich den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien und -maßnahmen in Nordhessen. Die im Rahmen des Verbundprojekts gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen zur Governance der Klimaanpassung werden im abschließenden Kapitel V behandelt.

Weder das Verbundprojekt noch dieses Buch wären möglich gewesen ohne die vielfältigen Beiträge vieler Personen. Dank gebührt allen Projekt- und Praxispartnern, die durch ihr Engagement und ihre Kooperation jeweils wichtige Beiträge zum Gelingen des Projekts geleistet haben. Zu danken ist allen Autoren, die alle Mitglieder von Teilprojekten von KLIMZUG-Nordhessen waren, für die Darstellung ihrer Ergebnisse. Ein herzlicher Dank gilt den Mitgliedern der Koordination, S. Benz, K. Grabe, Dr. C. Henschke, A. Molnár, M. Steffens, K. Wagner, die das Verbundprojekt trotz seiner Größe und Komplexität zusammengehalten haben. Danken möchte ich auch den Kollegen im Steuerungsteam, Dr. M. Hoppe-Kilpper und Prof. M. Wachendorf, für die effektive und vertrauensvolle Zusammenarbeit. Unserem „Paten“, Prof. H. Lange, danken wir für die verständnisvolle Begleitung und gute Ratschläge und den Mitgliedern des Beirats, Priv. Doz. Daschkeit, Prof. Hanjürgens (Vorsitz), Prof. Kromp-Kolb, Regierungspräsident Dr. Lübcke, Dr. Müschen, Landrat Neupärtl, Dr. Peters, Herrn Schweer und Herrn Spengler für ihre

wertvollen Hinweise und ihre aktive Unterstützung. Für die redaktionelle Unterstützung danke ich insbesondere S. Benz, Dr. J. Gattermann und Dr. C. Henschke. Ebenso danke ich J. Laczny und R. Kirakosian für die Formatierungsarbeiten. Schließlich gilt der Dank dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, das das Projekt ermöglicht hat, und dem Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. „Umwelt, Kultur, Nachhaltigkeit“ für die gute Zusammenarbeit in der Projektbetreuung.



Kassel, Oktober 2013 *Alexander Roßnagel*

Inhaltsverzeichnis

I Einführung

Klimawandel und Klimaanpassung
Karl-Heinz Simon, Alejandra Matovelle, Stefan Rötzel 3

Die Region Nordhessen und ihre Verwundbarkeit
Steffen Benz, Alexander Roßnagel, Stefan Rötzel 23

Das Projekt „KLIMZUG-Nordhessen"
Alexander Roßnagel 43

II Klimawandel in Nordhessen

Regionalisierung von Klimaszenarien
Alejandra Matovelle, Karl-Heinz Simon 73

Auswirkung des globalen Klimawandels auf das Stadt- und Regionalklima
Lutz Katzschner, Sebastian Kupski, Sabrina Campe 113

III Handlungsfelder der Klimaanpassung

Anpassungsstrategien an den Klimawandel in der Landwirtschaft am Beispiel des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen in Nordhessen
Rüdiger Graß, Burga Thies, Michael Wachendorf 141

Anpassungsstrategien in der Wasserwirtschaft
Stephan Theobald, Anne Siglow, Alexander Rötz, Frank Roland, Klaus Träbing, Christian Bouillon 169

Klimawandel in Nordhessen – Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda
Caroline Fiebiger, Ralf-Volker Nagel, Johannes Sutmöller, Henning Meesenburg, Jan Evers, Johannes Eichhorn und Hermann Spellmann 203

Klimaanpassung und Tourismus – (k)ein Thema für Nordhessen?
Ulf Hahne, Christine Kahl, Christina Grebe, Simone von Kampen, Ute Schulte 239

Sicherstellung ambulanter Pflege in ländlichen Regionen bei Extremwetterereignissen
Beate Blättner, Sascha Georgy, Henny Annette Grewe 267

Hitzewellen und kommunaler Gesundheitsschutz
Henny Annette Grewe, Markus Heckenhahn, Beate Blättner 297

Anpassung an den Klimawandel in der ambulanten Pflege
Daniela Neuschäfer 323

Gesundheitsvorsorge gegen Vektoren
Thilo Schlott, Melanie Schlott, Bea Schliessmann, Bettina Ungewickel 351

Anpassungsstrategien im Personenverkehr – insbesondere im Ausbildungs- und Berufsverkehr
Helmut Holzapfel, Carolin Röhrig 365

Städtischer Güterverkehr
Carsten Sommer, Claudia Witte, Oliver Eikenberg, Peter Krichel 385

Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen
Bastian Lang, Marco Esser, Thorsten Nennmann, Alexander Schlüter 405

Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die thermische Behaglichkeit in Räumen
Anton Maas, Andrea Schneider 429

Experimentelle Untersuchungen und Demonstration einer solaren Heutrocknungsanlage mit einem neu entwickelten Absorptionssystem
Ulrike Jordan, Mustafa Jaradat, Martin Mützel, Franz Roman, Oliver Hensel, Klaus Vajen 451

IV Gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen
Simone Hafner, Alexander Roßnagel, Sandra Weidlich 485

Klimawandel-Governance: Anpassung politischer Strukturen an Herausforderungen des regionalen Klimawandels
Sybille Bauriedl, Christoph Görg, Stefanie Baasch 525

Klimaanpassung in der nordhessischen Bevölkerung: Individuelle Wahrnehmung, Bereitschaft zur Anpassung und kollektive Dynamiken
Andreas Ernst, Friedrich Krebs, Ramune Pansa, Sascha Holzhauer 569

Klimaanpassung als Herausforderung für Unternehmen – Empirische Befunde und strategische Optionen
Jürgen Freimann, Carsten Mauritz, Michael Walther 593

V GOVERNANCE DER KLIMAANPASSUNG

Herausforderungen der Klimaanpassung
Christian Henschke, Alexander Roßnagel 623

Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen
Alexander Roßnagel, Marcus Steffens 659

Evaluation der Governance-Innovationen in Nordhessen
Sybille Bauriedl, Simone Hafner, Friedrich Krebs, Carsten Mauritz, Ramune Pansa, Alexander Roßnagel, Michael Walther, Sandra Weidlich 687

Umsetzungsverbünde als Werkzeug zum Management von Transdisziplinarität
Christian Henschke, Steffen Benz, Alexander Roßnagel, Marcus Steffens 721

Auf dem Weg zu einer klimaangepassten Region
Alexander Roßnagel, Karl-Heinz Simon 763

I

EINFÜHRUNG

KLIMAWANDEL UND KLIMAANPASSUNG

Karl-Heinz Simon, Alejandra Matovelle, Stefan Rötzel

ÜBERSICHT

1 ALLGEMEINES ZUM KLIMAWANDEL 3
2 ERWARTBARER TEMPERATURANSTIEG 8
3 KLIMAWANDEL IN HESSEN 11
4 ADAPTATION 12
5 ANPASSUNGSSCHEMATA 15
6 ANPASSUNG KONKRET 18
LITERATUR 20

1 Allgemeines zum Klimawandel

Seit der von der World Meteorological Organization in den 1980er Jahren begonnenen Diskussion und der Gründung des Intergovernmental Panel on Climate Change ist es weitgehend anerkannt, dass sich das Klima aufgrund menschlicher Einflüsse verändert und sich dies am auffälligsten in veränderten Temperaturniveaus ausdrückt. Im 4. Assessment Bericht[1] sind entsprechende Projektionen publiziert, die – in Abhängigkeit von Szenarioannahmen über die maßgeblichen Einflussgrößen (hauptsächlich Emission von Treibhausgasen, aber auch Landnutzungsänderungen, u.a.) – verschiedene Entwicklungspfade darstellen. Diese können allerdings aufgrund von vielfältigen Unsicherheiten – der Modellierung, der Stochastik im Klimasystem und der prinzipiellen Ungewissheit über zukünftige Emissionen – nur als Korridore wiedergegeben werden (s. Abbildung 1 – linker Teil).

Klimaveränderungen sind deshalb Besorgnis erregend, weil die signifikanten Temperaturänderungen Gefährdungen mit sich bringen, deren Ausprägung je nach erreichtem Temperaturniveau ein noch nicht zu übersehendes Ausmaß erreichen kann. In Abbildung 1 (rechter Teil) sind unterschiedliche Temperaturniveaus mit einer Risikoskala verknüpft. Da bereits heute eine Temperaturänderung von der Größenordnung von 1°C nachgewiesen ist (gegenüber den Verhältnissen Anfang des 20. Jahrhunderts), ist dieser Temperaturbereich als unvermeidbar angegeben. Bis 2°C, dem derzeit noch bestehenden politischen Grenzwert, der nicht

[1] IPCC 2007a: 12 ff.

überschritten werden sollte, wird davon ausgegangen, dass die Risiken durch geeignete Anpassungsmaßnahmen in Grenzen gehalten werden können. Darüber hinaus werden erhöhte und extreme Risiken angenommen, die bis zu einer „Klimakatastrophe" reichen können.[2]

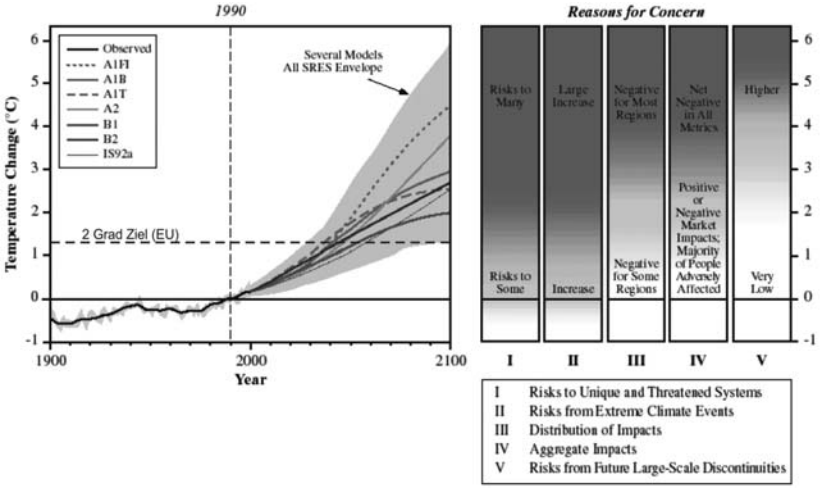


Abbildung 1: Zukunftspfade und Risikoklassen.[3]

Case	Temperature change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) [a, d]	
	Best estimate	*Likely* range
Constant year 2000 concentrations[b]	0.6	0.3 – 0.9
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4

Abbildung 2: Korridore zukünftiger Temperaturänderungen nach verschiedenen Treibhausgaskonzentrationen.[4]

[2] Es gibt durchaus Modellrechnungen, deren Ergebnisse eine 4 - 6°C Erhöhung ausweisen. Und, wie Adger et al. betonen „there is no science on how we are going to adapt to 4°C warming" (2009: 20).

[3] Quelle: IPCC 2001.

[4] Quelle: IPCC 2007.

Eine Zusammenfassung der Gegebenheiten für Deutschland ist in Gerstengarbe und Welzer zu finden.[5] Die Mitteltemperaturen schwanken in den Jahren 1991 bis 2010 um den Mittelwert von 9°C mit einem Maximum von 13°C und einem Minimum von 5°C. Regionale Unterschiede sind in den Mittelwerten kaum ausgeprägt, liegen aber im Oberrheingraben und der Kölner Bucht über 10°C und in den anderen Regionen zwischen 8 und 10°C. Die Projektionen (für den Zeitraum 2031 bis 2050) weisen für die nächsten Dekaden, hier durchaus im Einklang mit den Ergebnissen der Globalmodelle, höhere Mitteltemperaturen aus (Mittelwert dann bei 10,2°C mit einem Maximum von 14,8°C und einem Minimum von 6°C.[6] Die Entwicklungen verlaufen nun regional unterschiedlich. Die Erwärmung im Norden Deutschlands ist unterdurchschnittlich (0,9°C), in den für uns interessanten Mittelgebirgsregionen ist mit einem Anstieg von 1,3 bis 1,5°C zu rechnen. Zudem sind weitere Unterschiede für die unterschiedlichen Jahreszeiten zu beachten.

Soweit einige allgemeine Trends; nähere Informationen über den Klimawandel in Nordhessen sind im folgenden Abschnitt sowie im Kapitel II zu finden.

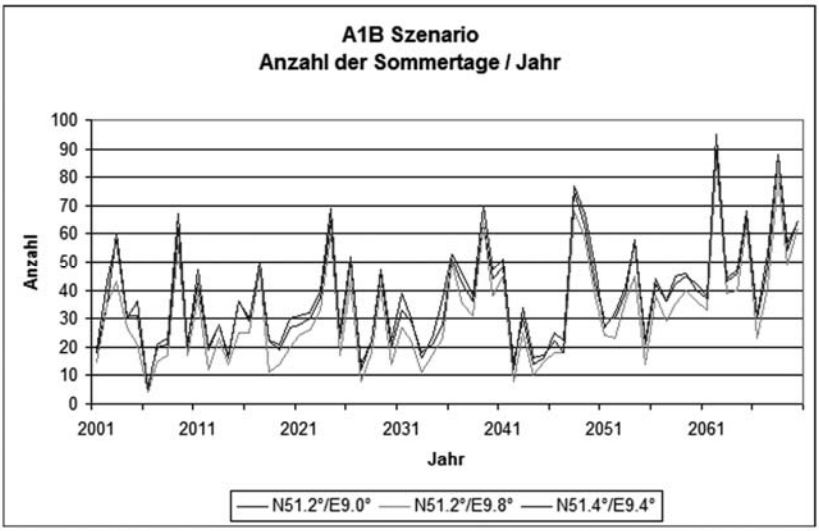


Abbildung 3: Modellergebnis zu regionalen Temperaturschwankungen in Nordhessen – hier Entwicklung Anzahl Sommertage in Nordhessen.[7]

[5] Gerstengarbe, Welzer 2013: 55 ff.
[6] Gerstengarbe, Welzer 2013: 57.
[7] Quelle: IDL, s. Kreienkamp 2010.

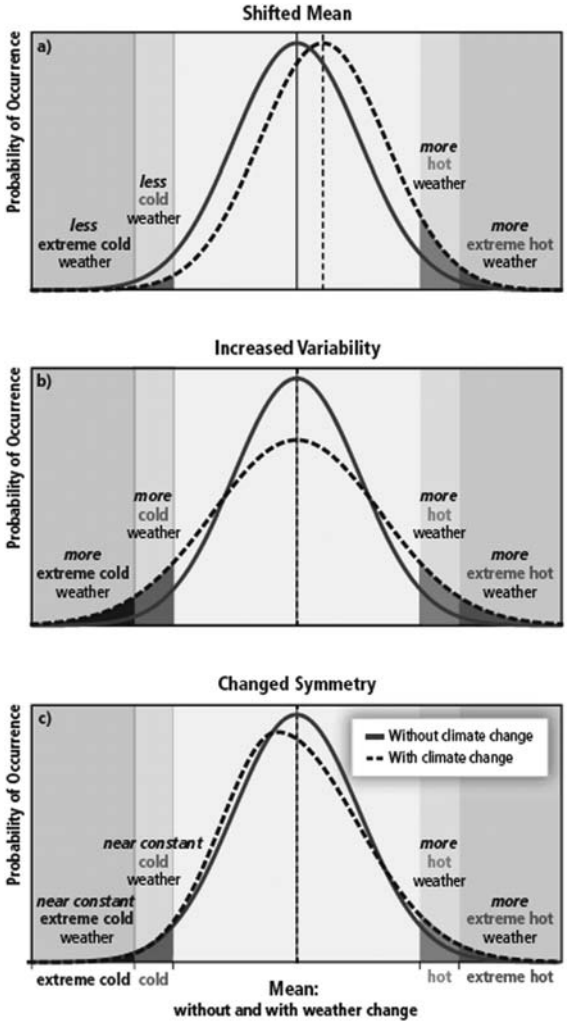


Abbildung 4: Änderungsmodi der Häufigkeitsverteilungen als Folge des Klimawandels.[8]

Für Anpassungsmaßnahmen sind neben der Kenntnis der allgemeinen Trends Informationen über die Variationsbreite der betrachteten Klimaparameter interessant. Denn – wie erwähnt – verbergen sich hinter den Mittelwerten z.T. erhebliche

[8] Quelle: IPCC 2007a: 7.

Schwankungen auf unterschiedlichen Zeitskalen (Beispiel in Abbildung 3).[9] In Abbildung 4 sind drei typische Möglichkeiten aufgezeigt, die eine zukünftige Situation mit einem langjährigen Mittel vergleichen. So kann beim Typ „shifted mean" die Temperaturzunahme sich in einem häufigeren Auftreten höherer Temperaturen in der Häufigkeitskurve bemerkbar machen, bei Abnahme der Tage mit niedrigeren Temperaturen. Beim Typ „increased variability" verteilen sich die Tagestemperaturen gleichmäßiger als vorher, was eine Zunahme von Häufigkeiten in den Extrembereichen bedeutet, dann also zukünftig mehr extrem kalte oder warme Tage zu erwarten sind. Bei der „changed symmetry" liegt der Unterschied darin, dass etwa zukünftig mehr extrem warme Tage in der Häufigkeitsverteilung auftreten werden. Das Ganze kann auch damit einhergehen, dass neue Temperaturniveaus erreicht werden, also Extremwerte auftreten, die in der vorherigen Verteilung vorher nie aufgetreten sind.

Der zuletzt genannte Aspekt ist in einer Darstellung von Manfred Stock illustriert, in der Klimaprojektionen für die nächsten Jahrzehnte dargestellt werden und in der darauf hingewiesen wird, dass der Extremwert im Sommer 2003 eher dem Mittelwert in den 2050er Jahren entsprechen wird und die Temperaturen noch weit darüber hinaus ansteigen könnten (Abbildung 5).

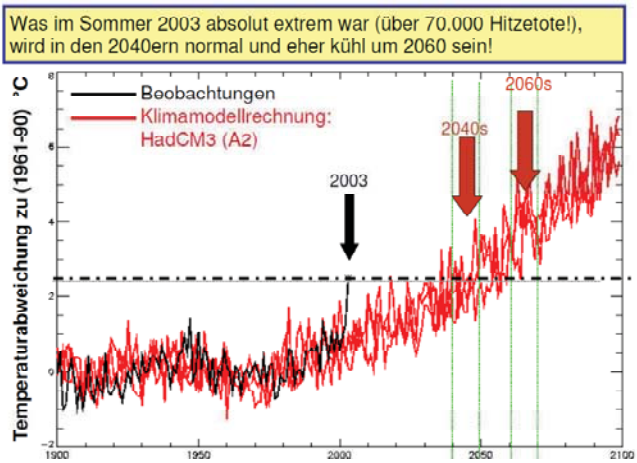


Abbildung 5: Zukünftige Temperaturentwicklung in Europa.[10]

[9] Der in der Abbildung wiedergegebene Temperaturverlauf bis in die 2070er Jahre zeigt lediglich eine plausible Modellrechnung und darf nicht für eine zeitgenaue Prognose gehalten werden. Die publizierten Mittelwerte beruhen auf der Zusammenfassung vieler solcher Berechnungen, i.d.R. ausgeführt mit konkurrierenden Klimamodellen.

[10] Quelle: Stock 2010.

2 Erwartbarer Temperaturanstieg

Die Frage nach der Erreichbarkeit des 2°C Ziels ist selbstverständlich eine Frage des Klimaschutzes, also der Vermeidung von Treibhausgasemissionen und anderer, das Klima beeinflussender Treiber. Die Frage ist aber für die Anpassungsdiskussion interessant, weil die zukünftigen Herausforderungen an Klimaanpassungsmaßnahmen stark davon abhängen, welche Erfolge (oder Misserfolge) bei der Mitigation erreicht werden.

Wir greifen die Frage nach der Erreichbarkeit des 2°C Ziels anhand der Studien zur „emissions gap" der UNEP auf. Die hier genannte „Emissionslücke" sind diejenigen Emissionen, die zukünftig vermieden oder zurück geführt werden müssen, um das Ziel nicht zu verfehlen. Hier wird ähnlich dem Budget-Ansatz argumentiert mit den Gesamtmengen an Treibhausgasemissionen, die das „Erdsystem" verkraften kann. In der Abbildung 6 sind die zentralen Aussagen zusammen gefasst.

Die Darstellung in Abbildung 6 zeigt, dass die aktuellen Entwicklungen auf globaler Ebene weit über den angestrebten Emissionenkorridor hinaus laufen. In den Fällen 1 bis 4 sind unterschiedliche Emissionsmengen auf der Grundlage der bisherigen Klimavereinbarungen aufgetragen. Dies soll hier nicht näher betrachtet werden, die Analysen zeigen jedoch, dass selbst bei ambitionierter Klimapolitik die bisherigen Abmachungen noch eine „Lücke" von mindestens 8 Gt CO_2 aufweisen.

Diese Lücke könnte aber, so die Analysen der UNEP, durch Ergreifen weiterer Maßnahmen geschlossen werden. In Abbildung 7 sind die Beiträge der einzelnen Sektoren abgebildet.

Vieles weist jedoch darauf hin, dass nicht nur ein ambitioniertes 1,5°C Ziel, sondern auch die Erreichung des 2°C Ziels auf zukünftige Negativemissionen an Treibhausgasen angewiesen sein wird – ein noch ungleich schwierigeres Unterfangen als die Realisierung der jährlichen Einsparziele in der Größenordnung von 13 bis 8 Gt CO_2 für die nächsten Jahre.

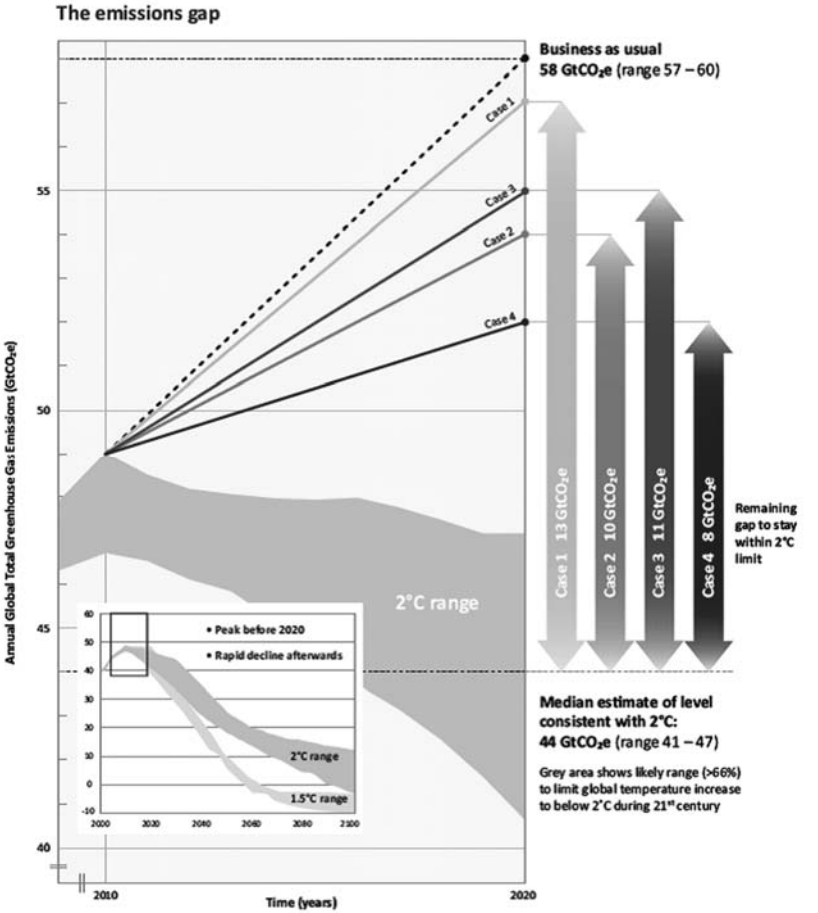


Abbildung 6: Emissionsüberschüsse, die reduziert werden müssen, um das 2°C Ziel erreichen zu können.[11]

[11] Quelle: UNEP 2012.

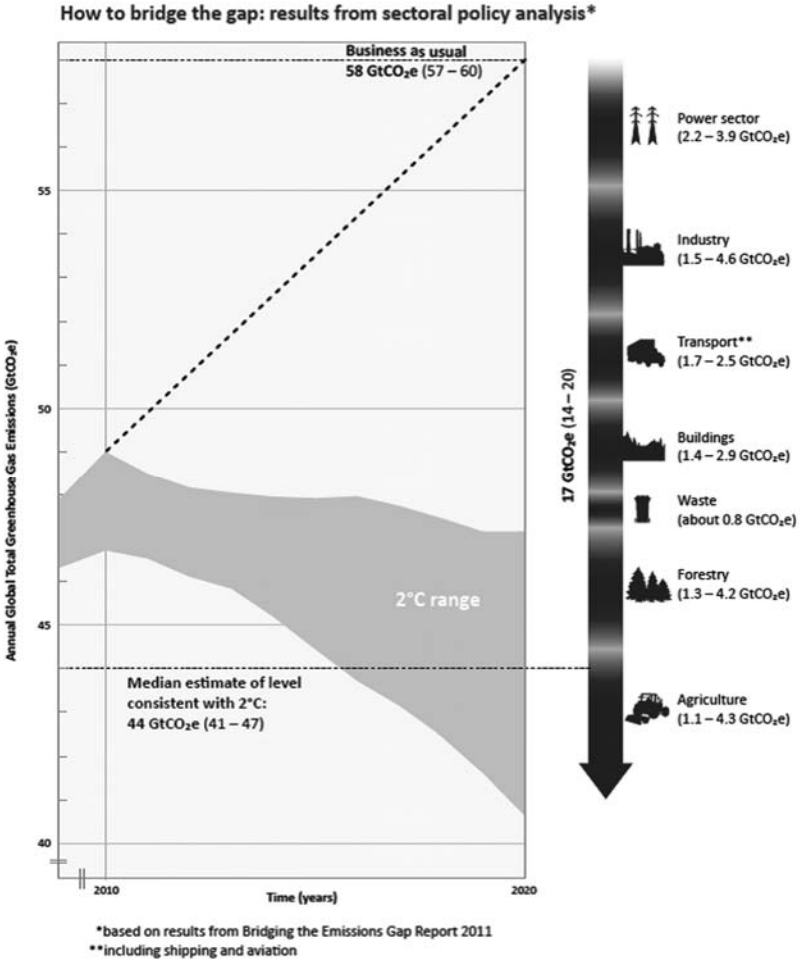


Abbildung 7: Beiträge einzelner Sektoren zur Schließung der „Emissions Gap".[12]

[12] Quelle: UNEP 2012.

3 Klimawandel in Hessen

Insbesondere auf der Grundlage der von C. Schönwiese durchgeführten Analysen kann auf Befunde über bereits nachweisbare Klimaveränderungen zurückgegriffen werden und diese können dann für die Zukunft unter Rückgriff auf Modellrechungen fortgeschrieben werden.[13]

Die Zusammenstellung in Abbildung 8 zeigt die wichtigsten Ergebnisse dieser Analysen für Temperatur und Niederschläge in Hessen.

Temperaturtrends in °C

Mittelwerte

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1,7	1,7	1,6	0,3	1,4	0,1	1,0	1,9	0,3	0,3	- 0,1	0,9	0,9

Frühling: 1,1 °C
Sommer: 1,0 °C
Herbst: 0,2 °C
Winter: 1,6 °C

Frühling: + 20 %
Sommer: - 18 %
Herbst: + 25 %
Winter: + 22 %

Niederschlagtrends in %

10,5	20,9	61,9	10,5	1,6	-11,7	-0,1	-18,0	18,6	46,1	16,2	28,8	8,5

Abbildung 8: Zusammenfassung der belegbaren Klimatrends für Hessen 1951 - 2000.[14]

Die Auswertungen zeigen, dass sich auch in Hessen das Klima sichtlich geändert hat und im Flächenmittel seit 1951 eine Erwärmung um 0,9°C eingetreten ist (maximal im Winter (1,6°C), minimal im Herbst (0,2°C)). Die entsprechenden Niederschlagtrends sind: 8,5% (Jahrsmittel), Herbst +25%, Winter: +22%, Frühling +20%, Sommer -18%. Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass räumlich (subregional) gesehen die Niederschlagtrends hochkomplizierte Strukturen aufweisen, die zudem von Monat zu Monat variieren. Besonders auffällig sei allerdings eine drastische Niederschlagszunahme im März sowie eine drastische Abnahme im August.[15]

Auch wenn keine systematische Auswertung der Zeithorizonte einzelner Anpassungsmaßnahmen durchgeführt wurde, ist doch davon auszugehen, dass in den meisten Bereichen eher kurz- und mittelfristige Zeithorizonte handlungsleitend sind. Die regionalen Klimaprojektionen gehen auch unter dieser, nur einige Dekaden umfassenden Perspektive, von einer „Strukturkonstanz" aus, d.h. es kommt

13 Für detailliertere Informationen s. Kap. II: Matovelle, Simon.
14 Quelle: Schönwiese 2006.
15 Schönwiese 2006 (Vortrag), Datengrundlage in Schönwiese et al 2006.

nicht zu einem Überschreiten von für Zentraleuropa relevanten „tipping points“,[16] wie einer Veränderung der Atlantischen thermohalinen Zirkulation,[17] die zu einer kräftigen Abkühlung im europäischen Raum führen würde. Da regional gesehen die räumlichen Gegebenheiten, z.B. die Höhenunterschiede und Hangexpositionen, sich nicht drastisch ändern werden, ist auch von daher eine Konservierung von Strukturen anzunehmen. Insofern sind dann zukünftige Klimagegebenheiten eher aus der Transponierung früherer Daten auf ein höheres Energieniveau abgleitet, denn aus grundlegenden Änderungen der Situation.[18]

4 Adaptation

Seit längerem wird diskutiert, inwieweit Mitigation (Vermeidung von Klimaveränderungen z.B. durch Reduzierung der Treibhausgasemissionen) oder Adaptation (Anpassung an stattfindende Klimaveränderungen) Priorität genießen sollte.[19] Letztlich findet sich in der Gegenüberstellung die aus der Umweltpolitik bekannte Frage, ob Umweltprobleme vermieden werden können oder deren Auswirkungen durch geeignete Maßnahmen begrenzt werden müssen (End-of-Pipe-Techniken). Nico Stehr und Hans von Storch fassen die beiden Ansätze als „Schutz der Natur vor dem Menschen“ und „Schutz des Menschen vor der Natur“ zusammen.[20]

Es gibt nicht wenige Argumente dafür, dass beide Seiten gleichermaßen Beachtung finden müssen und ein Auseinander-Dividieren schädlich sei. Beide Seiten sind miteinander verknüpft, da Vermeidungserfolge es leichter machen, sich an den dennoch verbleibenden Klimawandel anzupassen. Sowohl die Vermeidung von Veränderungen, die zu Klimawandel führen, als auch die vorsorgende Anpassung an trotzdem nicht vermeidbare Klimaveränderungen und deren Auswirkungen auf die Lebensbedingungen von Menschen und Funktionsbedingungen von Systemen sollen also auf der Agenda stehen. Munasinghe und Swart verwei-

---

16 Also diejenigen Schwellwerte, deren Überschreiten zu Systemveränderungen und Strukturbrüchen führen. Konkreter:„Tipping elements are regional-scale features of the climate that could exhibit a threshold behaviour in response to climate change – that is, a small shift in background climate can trigger a large-scale shift towards a qualitatively different state of the system.”, Levermann et al. 2012: 846.

17 Levermann et al. 2012: 855 f.

18 In Kap. II: (Matovelle, Simon) wird auf die Großwetterlagen hingewiesen – die Strukturkonstanz würde dann bedeuten, dass keine neuen dominanten Großwetterlagen entstehen, sondern lediglich die Häufigkeit des Auftretens bekannter Muster sich verändert. Anders kann es in einer kleinräumigen Perspektive aussehen. Wie in Kap. II (Katzschner, Kupski, Campe) gezeigt, können etwa Flächennutzungsänderungen durchaus lokal zu einer neuen Situation führen und „untypische“ Temperaturänderungen zur Folge haben.

19 Klein et al. 2005: 579 ff.

20 Stehr, von Storch 2005: 538.

sen auf den engen Zusammenhang zwischen beiden Strategien.[21] So richtig diese „ganzheitliche" Sichtweise im Hinblick auf die Klimapolitik ist, so sehr verdeckt sie aber auch wichtige Unterschiede in den beiden Handlungssträngen (s. Tabelle 1).

	Mitigation of Climate Change	Adaptation to Climate change
Target system	All systems	Selected systems
Scale of effect	Global	Local to regional
Lifetime	Centuries	Years to centuries
Lead time	Decades	Immediate to decades
Effectiveness	Certain	Generally less certain
Ancillary benefits	Sometimes	Often
Polluter pays	Typically	Not necessary
Actor benefits	Only little	Almost fully
Monitoring	Relatively easy	More difficult

Tabelle 1: Einige Charakteristika von Mitigation und Adaptation[22]

Besonders wichtig sind auch die „Wirkungsorte": Effekte auf einer globalen Skala bei der Mitigation stehen solchen auf der lokalen Skala bei der Anpassung gegenüber – und dies innerhalb unterschiedlicher zeitlicher Rahmen. Zwar können Emissionsbilanzen aufgestellt werden und als ein Erfolg einer Vermeidungsstrategie reduzierte Treibhausgasemissionen ausgewiesen werden. Die Wirkungen dieser Reduzierung auf globaler Ebene sind aber (selbst wenn die Reduzierungsanstrengungen global und in einem signifikanten Umfang stattfinden) auch aufgrund der Trägheit des Klimasystems für längere Zeit nicht wirklich sichtbar.[23] Und erst recht sind die Beiträge Einzelner in der Gesamtbilanz nicht direkt nachweisbar, was aber nicht zu dem Schluss führen darf, dass Vermeidungsanstrengungen nicht notwendig erbracht werden müssen. Aber erst eine Ausweitung der Betrachtung auf andere Effekte (z.B. eine damit einhergehende Verbesserung der Luftqualität) kann hier ggf. weiteren Handlungsdruck erzeugen, weil dabei, auf-

21 Munasinghe, Swart 2005: 181.
22 Quelle: Füssel, Klein 2006: 303.
23 Munasinghe, Swart 2005: 179.

grund der dann doch eher lokalen Auswirkungen, auch kurzfristig Entlastungen sichtbar werden.

Ein Aspekt ist noch wichtig anzumerken: Erfolge bei der Anpassung können lokal und regional schon sehr schnell zu einem sichtbaren Erfolg führen, weil ggf. Schadenssummen (bei Extremereignissen) reduziert, Ertragseinbußen vermieden werden und die Lebensqualität (etwa bei Hitzeperioden) generell verbessert wird. Erfolge bei der Vermeidung von Emissionen lassen sich zwar gut statistisch erfassen (reduzierte Menge an Treibhausgasemissionen), in den Wirkungen bleiben sie jedoch äußerst unspezifisch.

Considerations in favour of short-term emphasis on adaptation	Considerations in favour of short-term emphasis on mitigation
Adaptation measures often have direct benefits reducing climate vulnerability, plus sometimes direct benefits in the context of wider socioeconomic development objectives	Mitigation measures have ancillary benefits that often address urgent problems, like local air pollution and limited access to modern technologies
Direct benefits of mitigation in terms of avoided climate change impacts will not be detectable for some decades, while benefits of adaptation are more immediate	Delays in the climate system require early mitigation especially for low stabilization goals, while effective adaptation measures can be put into place more quickly, when needed
Climate impacts occur already today and are projected to increase	Reduces risks of rapid nonlinear impacts, adaptation to which would be costly
Adaptation measures are largely independent of international co-operation; their benefits generally accrue directly to those implementing the measures	Eventual emissions reductions needed for stabilization are large, and international agreement on stepwise achievements of such reductions in a timely manner will take much time
In developing countries: many regions are vulnerable today (agriculture in semi-arid areas, large low-lying coastal areas; drought an flood-prone areas)	In developed countries: because of their historical responsibility for the problem and the availability of resources, as agreed in the UNFCCC
▼	
Different local characteristics will require a different balance between adaptation and mitigation in different places at different times	

Tabelle 2: Argumente für kurzfristiges Handeln.[24]

In der Tabelle 2 ist eine Gegenüberstellung von Argumenten für kurzfristiges Handeln in den beiden Feldern zu finden. Auch hier wird auf die unterschiedlichen Akteure hingewiesen, indem also die Anpassungsmaßnahmen weitgehend unabhängig auf der lokalen und regionalen Ebene durchgeführt werden, während die Mitigation um wirklich wirksam zu sein, auf internationale Vereinbarungen angewiesen ist. Für letztere gilt zusätzlich, dass sofortiges Handeln erforderlich ist, weil sich die Klimaprobleme verschärfen werden, wenn nicht möglichst bald

[24] Nach Munasinghe, Swart 2005: 180.

mit der Reduzierung der Treibhausgasemissionen begonnen wird. Insbesondere auf die Schlussfolgerung in Tabelle 2 sei ausdrücklich hingewiesen: Es besteht Bedarf an einer Ausbalancierung der beiden Strategien, je nach Ort und Zeitpunkt, für die Maßnahmen zu ergreifen sind.

5 Anpassungsschemata

Der Bedarf an Anpassungsmaßnahmen hat eng mit der Frage nach der Betroffenheit vom Klimawandel und den tatsächlichen oder vermuteten Vulnerabilitäten zu tun. Nach der IPCC Definition meint Vulnerabilität: „the degree to which a system is susceptible to, and unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity".[25]

Es handelt sich also um ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren, aus Exponiertheit, Empfindlichkeit gegenüber den Veränderungen (Sensitivität) und Anpassungskapazität. Diese Faktoren sind für unterschiedliche Sektoren und schützenswerte Güter unterschiedlich ausgeprägt. Ziel ist aber, durch geeignete, rechtzeitige Anpassungsmaßnahmen die Vulnerabilitäten möglichst zu minimieren.

Die zeitlichen Aspekte spielen dabei eine wichtige Rolle. Insbesondere unter einer Handlungsperspektive ist die Unterscheidung zwischen antizipierender vs. reaktiver Anpassung wichtig (s. Tabelle 3). Damit verbunden sind Unterschiede hinsichtlich *timing*, *goal* und *motive* zu treffen.[26]

Während im reaktiven Modus die Anpassungsmaßnahmen dann ergriffen werden, wenn die Auswirkungen des Klimawandels Realität geworden sind, werden im antizipierenden Modus bereits aufgrund von Wissen oder Erwartungen über zukünftige Veränderungen Maßnahmen ergriffen. Wie Munasinghe und Swart schreiben, ist der reaktive Modus dann zu erwarten, wenn individuelle oder institutionelle Akteure aufgrund ihrer je eigenen Erfahrungen mehr oder weniger autonom handeln müssen. Die besondere Herausforderung für die Politik besteht darin, in einen antizipierenden Modus zu gelangen, aber ohne dass Investitionen verpuffen, weil sie nicht zur rechten Zeit mobilisiert wurden. Dabei können Investitionen sowohl zu früh als auch zu spät eingesetzt werden. Neben dem exakten Zeitpunkt der Umsetzung sind einige weitere Aspekte zu beachten: Welche Kosten sind mit den Maßnahmen verbunden und was wären alternative, kostengünstigere

[25] IPCC 2007a: 21.
[26] Munasinghe, Swart 2005: 177.

Optionen? Welche Nebenwirkungen sind zu erwarten? Und wie sind die Maßnahmen in eine übergreifende, Nachhaltigkeit unterstützende Strategie eingebunden?

		Anticipatory	Reactive
Natural systems			• Changes in ecosystem composition and location • Species migration
Human systems	Private	• Crop diversification • Insurance • Housing design	• Agricultural development • Reconstruction • Relocation of activities
	Public	• Early warning • Building codes • Infrastructure	• Disaster relief • Rehabilitation • Relocation incentives

Tabelle 3: Unterscheidung Anpassungsmaßnahmen.[27]

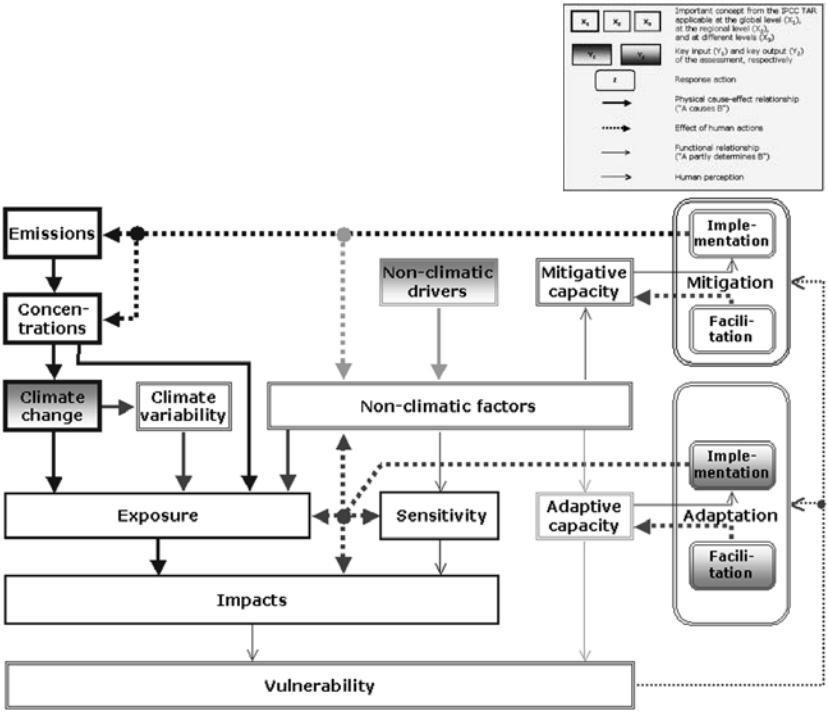


Abbildung 9: Adaptation Policy Assessment.[28]

[27] Quelle: Smith 2001, hier nach Winograd o.J.
[28] Füssel, Klein 2006.

In dem Schema von Füssel und Klein (Abbildung 9) wird die Struktur eines „adaptation policy assessment" skizziert. D.h. die eigentlichen Anpassungsmaßnahmen werden in einen übergreifenden Zusammenhang gestellt. Auf der linken Seite die bekannte Wirkungskette: Emissionen (aber auch Landnutzungsänderungen etc.) führen zu einer Veränderung der Konzentration an Treibhausgasen in der Atmosphäre und zur Änderung der Strahlungsbilanz, und damit zu Klimawandel insbesondere auch zu Änderungen der Klimavariabilität. Diese ändern die Bedingungen vor Ort und haben Auswirkungen, die wiederum die Vulnerabilitäten beeinflussen. Wichtig zu beachten ist nun, dass diese Wirkungskette vielfältig mit menschlichem Handeln verknüpft ist.

Im Schema sind es die Vulnerabilitäten, weil unterschiedliche Lebensbereiche und Sektoren hier betroffen sind, die wahrgenommen und interpretiert werden und zu Reaktion führen: zu Mitigationsanstrengungen und zu Anpassungsmaßnahmen. Die Anpassungsmaßnahmen verändern nicht direkt die Vulnerabilitäten, die aus einem Zusammenspiel mehrerer Faktoren resultieren, sondern es werden (exklusiv oder in Kombination) sowohl die Sensitivitäten als auch Handlungsmöglichkeiten verändert. Damit wird darauf hingewiesen, dass – je nach Sektor oder betroffener Komponente – unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen konzipiert und implementiert werden müssen. Dies ist in den Umsetzungsmaßnahmen berücksichtigt.[29,]

Aufgrund der Abhängigkeit der Anpassungsmaßnahmen von den Vulnerabilitäten und den Veränderungen der klimatischen Einflussfaktoren können diese in unterschiedlicher Kombination berücksichtigt werden. Es können also Anpassungsmaßnahmen sinnvoll sein, ohne dass sich die Klimaeinflüsse in einem bestimmten Wirkungsbereich wirklich verändern, wenn etwa Ansprüche an die Lebensqualität oder andere Anspruchsniveaus sich verändert haben (Tabelle 4).

	Klimaänderung nein	Klimaänderung ja
Änderung von Anspruchsniveaus nein	Kein Anpassungsbedarf	Anpassungsbedarf
Änderung von Anspruchsniveaus ja	Anpassungsbedarf	Anpassungsbedarf

Tabelle 4: Rahmenbedingungen für Anpassungsbedarf

[29] Beispiele für Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Maßnahmen sind in Beck et al. 2011 zu finden. S. auch die vielfältigen Informationen, die das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung des Umweltbundesamtes bereit stellt: www.anpassung.net.

Eine verfeinerte Betrachtung wird dann auch unterschiedliche Zeithorizonte einbeziehen (Tabelle 5).

	Klimawandel nicht signifikant	Klimawandel heute und mittelfristig signifikant	Klimawandel zukünftig signifikant
Sozio-ökonomische Veränderungen nicht signifikant	Keine Maßnahmen	Anpassungsmaßnahmen dringlich	Anpassungsmaßnahmen ggf. aufschiebbar
Sozio-ökonomische Veränderungen heute und mittelfristig signifikant	Anpassungsmaßnahmen dringlich	Anpassungsmaßnahmen dringlich	Anpassungsmaßnahmen dringlich
Sozio-ökonomische Veränderungen zukünftig signifikant	Anpassungsmaßnahmen ggf. aufschiebbar	Anpassungsmaßnahmen dringlich	Anpassungsmaßnahmen ggf. aufschiebbar

Tabelle 5: Dringlichkeitsstufen für Anpassungsmaßnahmen

Die einzubeziehenden Vulnerabilitäten in der Projektregion KLIMZUG-Nordhessen ergeben sich aus der Vorauswahl der Sektoren, die dem Projektantrag bereits zugrunde lagen. Diese werden in Kapitel 1.2 eingeführt und in den Fachkapiteln aufgegriffen.

6 Anpassung konkret

Die Systematiken illustrieren die vielfältigen Herausforderungen, die mit wirksamen Anpassungsmaßnahmen einhergehen. Sowohl die Diagnose der eigentlichen Abhängigkeiten der betroffenen Systeme und Akteure, als auch die Einflussfaktoren auf der Grundlage zukünftiger Klimaveränderungen, sind alles andere als präzise bekannt. Es musste deshalb darum gehen, flexible Maßnahmen zu formulieren und zu implementieren, mit denen auf die bestehenden Unsicherheiten reagiert werden kann.

Die Antworten auf diese Fragen werden in einen Bearbeitungsprozess eingebettet der anhand einer Stufenfolge beschrieben werden kann (Abbildung 10).[30]

[30] Tabara et al. 2010: 5.

1. Auf einer ersten Stufe geht es um die Problemwahrnehmung. Wird ein Handlungsbedarf gesehen, wobei es über das unspezifische „wir" im Schema darum gehen wird, die unterschiedlichen Akteure und Betroffenen gleichermaßen in ihren jeweiligen Handlungszusammenhang zu erreichen. Es wird also auch darum gehen ggf. das Problembewusstsein zu schärfen und über geeignete Maßnahmen zu wecken und zu kommunizieren.
2. Auf einer zweiten Stufe geht es dann darum, die Problemwahrnehmung in Handlungen zu überführen. Wie können Rahmenbedingungen verbessert oder neu geschaffen werden, die Handlungen der einzelnen Akteure unterstützen oder in Gang bringen. An dieser Stelle sind dann auch rechtliche Aspekte angesprochen, die entsprechende Verbindlichkeiten schaffen und die auch dazu genutzt werden können, Handlungen einzufordern.
3. Auf einer dritten Stufe sind dann die jeweiligen Potentiale näher zu bestimmen. In unterschiedlichen Sektoren und für unterschiedliche Akteure sind, eingebettet in den auf der zweiten Stufe konzipierten Rahmen, unterschiedliche Leistungen zu erbringen. Handlungstheoretisch sind dabei die zur Verfügung stehenden Ressourcen und Kapazitäten näher zu bestimmen, die erfolgreiches Handeln möglich machen. Eine kritische Sichtung wird hier auch Entwicklungsbedarf sichtbar machen, der zu entsprechenden Aufgaben einer Neu- und Weiterentwicklung des verfügbaren Instrumentariums führt.
4. Auf einer vierten Stufe wird dann die Verstetigung und Institutionalisierung von Maßnahmen angesprochen.

In den Umsetzungsprojekten werden Informationen auf verschiedenen Stufen verarbeitet, um zu Anpassungsmaßnahmen zu gelangen und diese zu implementieren. Die Stufe 1 ist im Wesentlichen durch den, dem Projektantrag vorhergehenden Problemanalysen, abgegrenzt worden. Auf den Stufen 2 und 3 werden sektorspezifisch und anhand der konkreten Problemkontexte Anpassungsmaßnahmen konzipiert und deren Implementierung – soweit möglich – vorbereitet. Dabei wird auf Stufe 2 eher auf die außerhalb des eigentlichen Umsetzungsprojektes ggf. zu verändernden Bedingungen geachtet, auf Stufe 3 stehen dann die eigentlichen vom Umsetzungsprojekt selbst zu verantwortenden Veränderungen im Mittelpunkt. Auf Stufe 4 wird dann thematisiert, wie eine Verstetigung der Lösungen aussehen kann, u.a. unterstützt durch Governanceinnovationen[31] und Vermarktungskonzepte.

[31] S. Kap. V: Bauriedl et al.

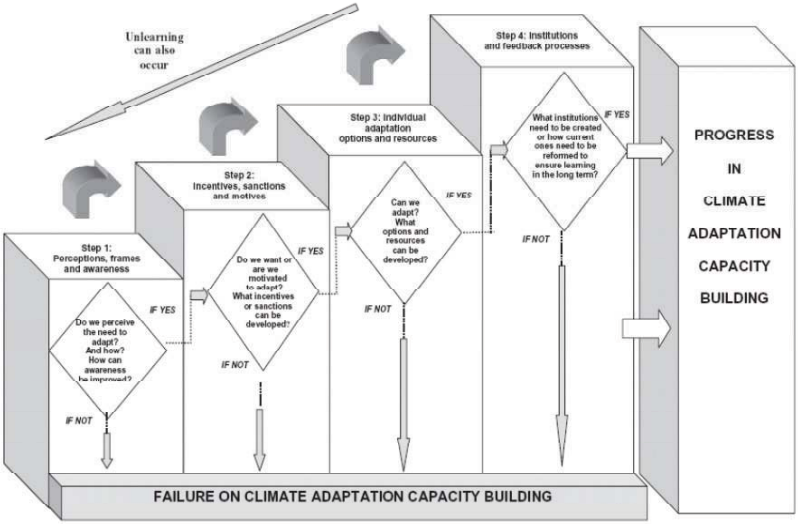


Abbildung 10: Stufen zum Erfolg bei Adaptationsprojekten.[32]

Literatur

Adger, W.N.; Lorenzoni, I.; O'Brien, K. (eds 2009) Adapting to Climate Change. Cambridge University Press.

Alcamo, J.; Oleson, J.E. (2012) Life in Europe under climate Change. Wiley-Blackwell.

Beck, S.; Bovet, J.; Baasch, S.; Reiß, P.; Görg, C. (2011) Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Climate Change Nr. 18/2011 UBA-FBNr: 001514, FKZ / Projektnr: 3709 41 126.

Füssel, H.-M.; Klein, R.J.T. (2006) Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. Climatic Change, 75(3) pp 301-329.

Gerstengarbe, F.W.; Welzer, H. (2013) Zwei Grad mehr in Deutschland. Fischer Verlag.

32 Quelle: Tabara et al. 2010.

IPCC (2001) Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate change (Watson, R.T. and Core Writing Team (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, p 398: 11.

IPCC (2007a) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. A Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

IPCC (2007b) Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor und H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007.

Frieler, K.; Meinshausen, M.; Braun, N.; Golly, A.; Hare, W.; Mengel, M.; van der Merwe, M.; Poulter, B.; Schaeffer, M.; Schleussner, C.-F.; Schneider von Deimling, T. (2012) Risk-analysis of global climate tipping points. UFOPLAN Report FKZ 370841103.

Klein, R.J.T.; Schipper, L.; Dessai, S. (2005) Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions, Environmental Science & Policy, 8(6) pp 579-588 (http://www.sciencedirect.com).

Kreienkamp, F (2010) IDP – Ein Werkzeug zur explorativen Datenanalyse. Climate and Environment Consulting (CEC) Potsdam GmbH.

Leverman, A.; et al. (2012) Potential climatic transitions with profound impact on Europe – Review of the current state of six 'tipping elements of the climate system'. Climatic Change, 110, pp 845-878 (DOI 10.1007/s10584-011-0126-5).

Munasinghe, M.; Swart, R. (2005) Primer on Climate Change and Sustainable Development. Cambridge University Press.

Schönwiese, C.D.; Staeger, T.; Steiner, H.; Brinckmann, S. (2006) Analyse der Klimaveränderungen in Hessen für den Zeitraum 1901 bis 2003. Abschlussbericht zum INKLIM-Forschungsvorhaben Nr. 2004.090353876-3 im Auftrag der HLUG, Wiesbaden.

Stehr, N.; von Storch, H. (2005) Introduction to papers on mitigation and adaptation strategies for climate change: protecting nature from society or protecting society from nature?, Environmental Science & Policy, 8(6) pp 537-540. (http://www.sciencedirect.com).

Stock, M (2010) Der Klimawandel und seine Folgen aus gesellschaftspolitischer Sicht. Vortrag auf der Konferenz der Hans-Böckler-Stiftung „Klimapolitik: Aufgabe für Arbeitnehmer und Gewerkschaften?“ Katholische Akademie, Berlin 16.11.2010 (http://www.dgb.de/themen/++co++77ce5684-fbbb-11df-7c0d-00188b4dc422) (5/9/2013).

Tàbara, J. D., et al. (2010) The Climate Learning Ladder. A Pragmatic Procedure to Support Climate Adaptation. In: Env. Pol. Gov. 20, 1–11.

UNEP (2012) The Emissions Gap Report 2012. Nairobi.

Winograd, M. (o.J.) Vulnerability and adaptation: An Introduction (http://www.preventionweb.net/files/2668_EM1VulnerabilityAdaptation.pdf) (5/9/2013).

Die Region Nordhessen und ihre Verwundbarkeit

Steffen Benz, Alexander Roßnagel, Stefan Rötzel

Übersicht

1 Einführung ... 23
2 Die Modellregion ... 24
2.1 Landschaft ... 24
2.2 Verwaltung und Politik ... 25
2.3 Wirtschaft ... 26
2.4 Bildungsträger ... 29
2.5 Wissenschaft ... 30
3 Vulnerabilität der Region ... 31
3.1 Das Kasseler Becken ... 32
3.2 Das Nordhessische Bergland ... 34
3.3 Produktion ... 39
4 Notwendigkeit einer regionalen Anpassung ... 40
Literatur ... 40

1 Einführung

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels muss regional erfolgen. Als Modellregion für die Untersuchung, welche Maßnahmen zu Klimaanpassung ergriffen werden können, welche gesellschaftlichen Faktoren, Strukturen und Prozesse diese Anpassung behindern oder befördern und welche Governancefunktionen, -institutionen und -verfahren hierfür zu empfehlen sind, dient die Region Nordhessen. Sie wird in diesem Kapitel kurz vorgestellt und hinsichtlich ihrer Verwundbarkeit durch Folgen des Klimawandels analysiert.[1] Dabei werden vor allem die Faktoren der Verwundbarkeit dargestellt, die in dem noch vorzustellenden Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen (KLIMZUG-Nordhessen)“[2] untersucht und bearbeitet wurden.

1 Zum Begriff der Verwundbarkeit S. Kap. I: Simon, Matovelle, Rötzel.
2 S. Kap. I: Roßnagel.

2 Die Modellregion

Nordhessen ist weder eine historische Landesbezeichnung noch ein offizieller Verwaltungsbezirk, wird aber durch spezifische wirtschaftliche und kulturelle Beziehungen bestimmt. Die Region ist geographisch, wirtschaftlich und soziodemographisch sehr facettenreich. Als typische, kleinräumig strukturierte Mittelgebirgsregion verfügt sie mit der Stadt Kassel über einen urban verdichteten Raum, aber auch über eine vielseitige, wald- und flussreiche Kultur- und Naturlandschaft. Land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Industrie- und Gewerbeflächen bilden ein variantenreiches Muster unterschiedlicher Ausprägung. Nordhessen ist somit eine Region mit verallgemeinerbaren Eigenschaften. Insofern ist die Region ein geeignetes Beispiel für viele durch ähnliche Strukturen geprägte Regionen in Deutschland.

2.1 Landschaft

Nordhessen verfügt über die für Mittelgebirgslagen typische landschaftliche Vielfalt. Diese ist geprägt von mehreren Gebirgszügen wie Reinhardswald, Habichts-

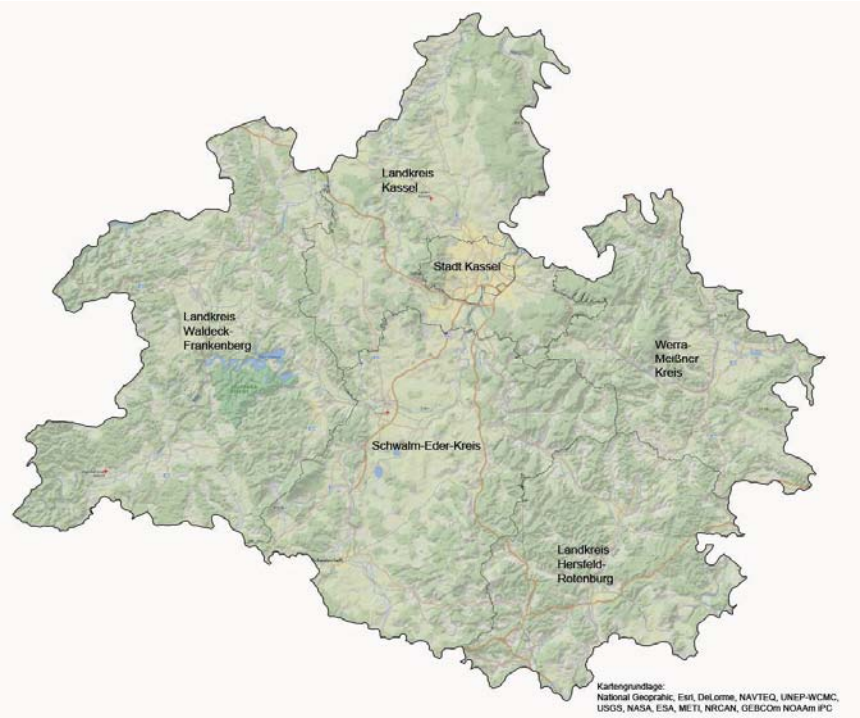


Abbildung 1: Geographische Struktur Nordhessens

wald, Knüll und Hoher Meißner, ausgeprägten Tälern wie die der Flüsse Fulda, Werra, Eder, Diemel, Schwalm, Haune und Weser, erschlossenen Seenlandschaften wie Edersee und Diemelsee sowie dem großen Talkessel der Stadt Kassel.

Die Höhenzüge sind vorwiegend mit Wald bedeckt. Die Wälder decken mit ca. 300.000 ha einen großen Teil der Region Nordhessen ab. Ca. 380.000 ha sind landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Wasserflächen umfassen ca. 10.000 ha.

Klimatisch sind die Unterschiede zwischen den Schonklimaten der Mittelgebirge, die auch für den Tourismus ausschlaggebend sind, zu den engen Tallagen mit austauscharmen belastenden Wetterlagen, beachtlich. Besondere Wärmeinsel – mit bis zu 6°C Differenz zu anderen Regionen Nordhessens – finden sich in der Stadt Kassel und in Witzenhausen.

Mit einer Fläche von 6.900 km² und etwas mehr als einer Million Einwohnern, von denen etwa 400.000 im Großraum der Stadt Kassel ansässig sind, ist Nordhessen im nationalen Vergleich dünn besiedelt und kleinräumig strukturiert.

2.2 Verwaltung und Politik

Die Region Nordhessen besteht politisch-administrativ aus fünf Landkreisen – Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg, Waldeck-Frankenberg und Kassel – sowie der Stadt Kassel. In den fünf Landkreisen gibt es 115 Gemeinden. Die fünf Landkreise und die Stadt Kassel sind sowohl untere Verwaltungsbehörde als auch Träger politischer Willensbildung und Entscheidungen für die örtlichen Angelegenheiten. Aufsichtsbehörde für die Stadt Kassel, die Landkreise und die Gemeinden ist das Regierungspräsidium Kassel.



Abbildung 2: Politische Struktur Nordhessens

Die Koordination der Verwaltungsaufgaben findet in mehreren fachspezifischen Arbeitskreisen der Landkreise und der Stadt Kassel unter Federführung des Regierungspräsidiums statt. Für die Koordination der Aufgaben der Kommunalen Entwicklungsplanung, der Flächennutzungsplanung gemäß Baugesetzbuch sowie der Landschaftsplanung gemäß Hessischem Naturschutzgesetz haben der Landkreis Kassel und die Stadt Kassel den Zweckverband Raum Kassel (ZRK) gegründet. Durch diese Koordinationstätigkeit wird ein gemeinsames Problemverständnis zwischen beteiligten Akteuren wie Investoren, Gemeinden, Fachbehörden und sonstigen Handlungsträgern hergestellt.

Das Regierungspräsidium, die fünf Landkreise und die Stadt Kassel haben vielfach gemeinsam Projekte – etwa auch zu Klimaschutz und CO_2-Einsparung – initiiert und umgesetzt. In anderen Rahmen kooperieren sie als Umsetzungspartner für Forschungsthemen auf verwaltungstechnischer und politischer Ebene.

2.3 Wirtschaft

Die Region zeichnet sich zum einen durch ihre Lage in der Mitte Deutschlands aus, die sie zu einer Drehscheibe für den Bahn- und Straßenverkehr macht. Sie ist zum anderen geprägt durch ihre Erholungslandschaft, die sie für Tourismus und Rehabilitation attraktiv macht. Schließlich hat sie eine Vorreiterrolle in der Entwicklung und Nutzung regenerativer Energien, die seit etwa zwei Jahrzehnten durch Forschung und innovative Unternehmen unterstützt und getragen wird.

Nach der Rhein-Main Region stellt Nordhessen mit einer starken Tradition als Standort für Industrie und Gewerbe im Bundesland Hessen den zweitgrößten Wirtschaftsraum dar. Geprägt von einer Vielzahl von Unternehmen (Dienstleistungssektor 2005: 69,7%, produzierendes Gewerbe 2005: 27,7%) präsentieren sich in der Region international erfolgreiche und bekannte Weltmarktführer in traditionellen sowie neuen Märkten und Branchen. In Kassel und den nordhessischen Landkreisen entwickeln junge Unternehmen, darunter Ausgründungen aus der Universität Kassel, innovative Geschäftsideen und sind mit Wissen und Spezialprodukten auf den Weltmärkten präsent.

Etwa 70.000 Unternehmen mit 40 Großbetrieben, die sich zum Teil gut im internationalen Wettbewerb positioniert haben, zählen zu den Mitgliedern der Industrie- und Handelskammer Kassel, deren Einzugsgebiet ganz Nordhessen und Fulda umfasst. Das Lohnniveau ist niedriger als im südhessischen Rhein-Main-Gebiet. Kompensiert wird dies durch geringere Lebenshaltungskosten, insbesondere niedrigere Mieten. Aufgrund der zentralen Lage haben sich vor allem Logistik-Dienstleister in Nordhessen angesiedelt, die von geringen Umschlagzeiten und kürzeren Lieferentfernungen profitieren.

Beispielhaft für weltweit agierende Unternehmen sind K+S, Wintershall, SMA Solar Technology jeweils mit Hauptsitz in Kassel, Viessmann mit Hauptsitz in Allendorf (Eder), Continental Werk Korbach, B. Braun Melsungen mit Hauptsitz in Melsungen und Thonet in Frankenberg. Traditionell ist die Region Kassel bekannt durch größere Betriebe aus dem Bereich Maschinen- und Fahrzeugbau, wie Henschel oder Fieseler und das Volkswagenwerk Kassel in Baunatal, das Daimlerwerk Kassel und das Bombardier Transportation Werk in Kassel. Die Volkswagen Original Teile Logistik in Baunatal ist das europaweit größte Ersatzteilelager, in Bad Hersfeld befindet sich ein Logistikzentrum der Amazon Logistik.

Eine Wachstumsbranche der Region sind die dezentralen Energie- und Effizienztechnologien, begünstigt durch die frühzeitige Schwerpunktsetzung der Universität Kassel auf den Umweltbereich und entsprechende Fraunhofer Forschungsinstitute. Unternehmen, wie SMA Solar Technology und Viessmann, das Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien (deENet)[3] sowie die Forschungseinrichtungen Zentrum für Umweltbewusstes Bauen (ZUB),[4] Institut dezentrale Energietechnologien (IdE)[5] und Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)[6] werden diese zukunftsträchtige Branche in der Region weiterentwickeln.

Die Regionalmanagement Nordhessen GmbH[7] wurde im Jahr 2002 aus der Region Nordhessen heraus gegründet, um in der zunehmenden Standortkonkurrenz europäischer Regionen bestehen zu können. Seine Aufgabe ist es, die Entwicklung der Region zu fördern und zu unterstützen. Als Public-Private-Partnership wird es durch die regionalen Gebietskörperschaften und die regionale Wirtschaft finanziert. Die Handlungsschwerpunkte werden über den strukturpolitischen Steuerkreis definiert, der gleichzeitig als Aufsichtsrat der Gesellschaft fungiert. Die Mitglieder sind die maßgeblichen Entscheider der Region, d.h. alle größeren Wirtschaftsunternehmen, die Stadt Kassel, das Regierungspräsidium und die fünf nordhessischen Landkreise, außerdem die Industrie- und Handelskammer, die Handwerkskammer, der Förderverein Pro Nordhessen e.V., regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaften sowie das Land Hessen mit mehreren Institutionen (Wirtschaftsministerium, Hessen Agentur, Investitionsbank Hessen) und die Universität Kassel. Nordhessen verfügte somit bereits zu Projektbeginn des Verbundes KLIMZUG-Nordhessen[8] über eine leistungsfähige Managementstruktur zur Abstimmung und Umsetzung regionalpolitisch erforderlicher Strategien und Projekte.

---

3 www.deenet.org.
4 www.zub-kassel.de.
5 www.ide-kassel.de.
6 www.iwes.fraunhofer.de.
7 www.regionnordhessen.de.
8 S. zu diesem Kap. I: Roßnagel.

Für eine gezielte Festlegung von Maßnahmen zur langfristigen Förderung von Wachstum und Beschäftigung wurden im Rahmen des Regionalmanagements drei Wirtschaftscluster identifiziert, in denen die Region Wachstums- und Innovationsinitiativen entwickelt hat. Das erste Cluster Tourismus und Gesundheit ist für die nordhessische Wirtschaft von besonderer Bedeutung. Denn in Nordhessen hat sich aufgrund der ausgedehnten Mittelgebirgsregionen sowie erschlossenen Fluss- und Seenlandschaften der Tourismus zu einem zentralen Wirtschaftsfaktor entwickelt, der erheblich zur regionalen Wertschöpfung beiträgt. Auch der Gesundheitssektor ist in Nordhessen mit einem jährlichen Umsatz von ca. 5 Mrd. € eine wichtige Branche. Das zweite Cluster Mobilitätswirtschaft (MoWiNet) ist in der Region Nordhessen der stärkste Wirtschaftsbereich und ein dementsprechend zentrales Cluster. Etwa ein Fünftel der regionalen Wertschöpfung werden in den Bereichen Logistik, Automobilindustrie, Bahntechnik und Mobilitätsmanagement erzielt. Schließlich ist auch das dritte Cluster dezentrale Energietechnologien von großer Bedeutung für Nordhessen, da die Region das Potenzial besitzt, sich zu einer führenden Region im Bereich der Systemtechnik für dezentrale Energieversorgungssysteme im internationalen Vergleich zu entwickeln. Die Cluster repräsentieren die wichtigsten und innovationsstärksten Wirtschaftsbereiche der Region. Alle drei Cluster verfügen über ein erfahrenes Cluster-Management und etablierte Kooperationsstrukturen.

Die wirtschaftliche Struktur der Region ist sehr gegensätzlich. Während der Agglomerationsraum an den positiven Entwicklungen partizipiert, sind die ländlichen und peripheren Gebiete stark vom Strukturwandel in Landwirtschaft und traditioneller Industrie betroffen. Als westliches Zonenrandgebiet zur ehemaligen DDR hatte die Region erheblich unter negativen Folgen der deutschen Einigung zu leiden. Zum einen entfiel die bisherige Zonenrandförderung. Zum anderen hatte sie Wettbewerbsnachteile durch die Förderpolitik in den angrenzenden neuen Bundesländern zu verkraften.

Die Arbeitslosenquote entwickelte sich in Nordhessen in den letzten Jahren – ausgehend von einer sehr hohen Arbeitslosenquote – positiv, mit Arbeitslosen- und Erwerbsquoten von 10,2% bzw. 46,9% in der Stadt Kassel, 5,2% bzw. 54,9% im Landkreis Kassel und 5,9% bzw. 52,5% in Hessen.[9] Diese Erfolge sind unter anderem auf die zunehmend zukunftsfähige Wirtschaftsstruktur der Region zurückzuführen. So gelang es mittelständischen Industrieunternehmen in Nordhessen, die schwache Binnenkonjunktur in Deutschland mit verstärkten Exportaktivitäten abzufangen und somit Arbeitsplätze zu sichern und auszubauen. Die räumliche Distanz der Region Nordhessen zu anderen Ballungsräumen wirkt sich aufgrund feh-

[9] www.statistik.arbeitsagentur.de.

lender Leistungs- und Konkurrenzmetropolen begünstigend auf die Entwicklung der Region in gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Bereichen aus.

Die Differenzierung in der Wirtschaftsstruktur ist auch an der Bevölkerungsentwicklung ablesbar: Während die ländlichen Bereiche zu den Gebieten mit den höchsten Schrumpfungsquoten in Hessen zählen, verzeichnen die Stadtanrainerkommunen rund um Kassel ein erhebliches Wachstum. Die zukünftige Entwicklung der Region wird neben anderen Faktoren stark vom demografischen Wandel geprägt. So wird für Nordhessen, ausgehend von den Bevölkerungszahlen 2009, bis 2050 ein regional differierender Bevölkerungsrückgang zwischen 27-41% (Landkreis Kassel, Kreis Waldeck-Frankenberg, Schwalm-Eder-Kreis, Kreis Hersfeld-Rotenburg, Werra-Meißner-Kreis) und 4% (Stadt Kassel) prognostiziert.[10] Damit ist der Regierungsbezirk Kassel im Vergleich zum Landesdurchschnitt (-9%) mit -24% am stärksten von der Bevölkerungsabnahme betroffen.

Für Hessen wird bis zum Jahr 2050 mit einem Rückgang des Anteils der jüngeren Bevölkerung (20 bis unter 65 Jahre) von derzeit 61% auf 53% gerechnet. Gleichzeitig steigt der Anteil der über 65-jährigen von derzeit 20% auf 31%. Nordhessen ist also vom demographischen Wandel besonders betroffen.[11] Verglichen mit den Prognosen für die Bundesrepublik wird Nordhessen einen Bevölkerungsrückgang erleben, der dem allgemeinen Trend entspricht und eine relative Zunahme der älteren Bevölkerung zu verzeichnen haben.

2.4 Bildungsträger

Mit dem HessenCampus Kassel[12] hat sich die Region im Jahr 2007 ein Netzwerk geschaffen, um die Bildungsangebote vieler Bildungsträger für ein lebensbegleitendes Lernen zu koordinieren. Die Gründung geht zurück auf die von der Hessischen Landesregierung geförderte Initiative HessenCampus, die bei der Wahl von geeigneten Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten sowie bei dem Wunsch, auch über das Berufsleben hinaus Bildungsangebote wahrzunehmen, Unterstützungsarbeit leisten möchte.

In der Region Kassel haben Stadt und Landkreis, berufliche Schulen, die Volkshochschule Region Kassel, die Schule für Erwachsene, private Bildungseinrichtungen sowie die Gewerkschaften DGB und GEW diese Initiative aufgegriffen, gemeinsam zukunftsfähige Strukturen aufzubauen und die Kräfte und Ressourcen zu bündeln, um damit die Bildungslandschaft in der Region Kassel an den regio-

10 Van den Busch 2010.
11 Van den Busch 2010.
12 www.hessencampus.de/initiative_kassel/.

nalen Bedarfen auszurichten. Lebensbegleitendes Lernen soll zu einem integralen Bestandteil von Bildungsberatung, Kompetenzentwicklung, Berufsorientierung, beruflicher und allgemeiner Fort- und Weiterbildung werden und damit die Regionalentwicklung nachhaltig unterstützen.

2.5 Wissenschaft

Die Universität Kassel wurde im Jahr 1971 gegründet. Heute werden in 10 Fachbereichen und der Kunsthochschule zu Themen der Natur- und Technikwissenschaften, Kunst, Geistes- und Gesellschaftswissenschaften geforscht. Rund 22.000 Studierende studieren in 128 Studiengängen. Umweltbezogene Wissenschaften bilden für die Universität Kassel einen wichtigen Bestandteil ihres Profils, so dass sich ca. 50 Professorinnen und Professoren sowie ca. 250 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Umweltthemen beschäftigen.[13] Neben dem bereits seit langen Jahren bestehenden Center for Environmental Systems Research (CESR)[14] und dem Fachbereich für Ökologische Agrarwissenschaften[15] hat die Universität Kassel in den letzten Jahren interdisziplinäre umweltwissenschaftliche Forschungsschwerpunkte aufgebaut, in denen Natur-, Ingenieur-, Planungs-, Gesellschafts-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften zusammenarbeiten. An der Universität Kassel werden ca. 200 Lehrveranstaltungen mit Umweltbezug pro Studienjahr angeboten. Zurzeit kann man an der Universität Kassel Abschlüsse mit Umweltschwerpunkten in 20 Studiengängen erwerben. Umweltwissenschaftliche Promotionskollegs und Masterstudiengänge werden durch ein Graduiertenzentrum Umweltwissenschaften (GradZ Umwelt) betreut.[16]

Forschungsaktivitäten in vielfältigen Aufgabenfeldern des Klimaschutzes und der Klimaanpassung werden in allen Stufen – von den Grundlagen bis zur Anwendung – vom Kompetenzzentrum für Klimaschutz und Klimaanpassung (CliMA)[17] der Universität Kassel koordiniert. Diese hat auch die wissenschaftliche Arbeit im Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen wesentlich getragen. Zu Fragen der Klimaanpassung arbeiten in der Universität Kassel seit vielen Jahren unterschiedliche Fachgebiete sowie das CESR interdisziplinär eng zusammen. Als weitere wichtige Forschungsinstitutionen sind das An-Institut „Zentrum für umweltbewusstes Bauen (ZUB)“[18] sowie die Projektgruppe Kassel des Fraunhofer-Instituts für Bau-

13 www.uni-kassel.de/uni/umwelt/.
14 www.usf.uni-kassel.de/cesr/.
15 www.uni-kassel.de/fb11agrar/.
16 www.uni-kassel.de/einrichtungen/gradz/.
17 www.uni-kassel.de/uni/umwelt/clima.html.
18 www.zub-kassel.de.

physik (IBP)[19] sowie das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)[20] zu nennen.

In einem etwas weiteren Umkreis sind themenrelevante Kooperationspartner der Universität Kassel die Universität Göttingen, die Hochschule Fulda, die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle sowie das Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie. Mit Blick auf die Notwendigkeit transdisziplinärer Nachhaltigkeitswissenschaft haben die Universität Kassel, die Leuphana Universität Lüneburg und das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie den Verbund für Nachhaltige Wissenschaft (NaWis) gegründet.[21] Diesem Verbund hat sich im Jahr 2012 auch das Institute for Advanced Sustainability Studies in Berlin angeschlossen.

3 Vulnerabilität der Region

Die Auswertungen der Klimamodelldaten für Nordhessen zeigen signifikantere Veränderungen für dieses Jahrhundert als im letzten Jahrhundert, vor allem bezogen auf die Geschwindigkeit der Veränderungen. Generell ist ein Trend zu einer höheren Jahresmitteltemperatur erkennbar. Winter werden tendenziell wärmer und weisen weniger Frosttage auf. Höhere Lagen haben einen gleichbleibenden Trend für Tage mit Schneebedeckung, niedrigere Lagen tendieren zu weniger Tagen mit Schneebedeckungen. Dennoch werden zukünftig weiterhin kalte Winter und damit verbundene Frost- und Eistage und Behinderungen durch Schneefall und Schneeverwehungen auftreten. Die Niederschlagssummen in den Wintermonaten sind tendenziell zunehmend und in den Sommermonaten tendenziell abnehmend. Im Monat April ist ein Trend zu weniger Niederschlag und mehr Sonnentagen erkennbar. Es besteht ein Trend zu mehr Sommertagen und einer längeren Vegetationsperiode, die früher einsetzt. Starkniederschläge treten stärker und überwiegend im Sommer auf. Folglich füllen einzelne Starkregenereignisse die Monatssummen, die sich insgesamt in den Sommermonaten verringern, zum Teil gänzlich auf.[22]

Durch die Überlagerung von Klimavariabilität und Erwärmungstrend könnten die atmosphärischen Verhältnisse noch unbeständiger als bisher ausfallen. Es ist von anderen Jahresgängen auszugehen mit stärkeren Fluktuationen z.B. eine frühere Wärmeperiode und Frühjahrsbeginn mit anschließender Kälteperiode. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Extremereignissen in Nordhessen

[19] www.ipb.fraunhofer.de.
[20] www.iwes.fraunhofer.de.
[21] www.nawis-runde.de.
[22] S. Kap. II: Matovelle, Simon.

nicht präzis bestimmt werden kann, zeigen zunehmende Extremwettersituationen in den letzten Jahren, dass es vernünftig ist, von der Gefahr durch möglicherweise häufigere und intensivere Einzelereignisse wie Starkregen, Hagel, Orkane, Windwurf, Hitzewelle, Dürre auszugehen und Anpassungsoptionen zu erarbeiten.[23]

Aufgrund der KLIMZUG-Szenarien für Nordhessen sollte die Anpassungsfähigkeit an langfristige, klimatische Veränderungen, an singuläre Wetterereignisse und an eine veränderte Klimavariabilität erhöht werden. Vor allem bei einer Zunahme der Schwankungsbreiten und einer Veränderung des Tagesgangs und Jahresgangs wird sich die Planungssicherheit verringern. Schließlich bleibt festzuhalten, dass das Klimasystem ein hochgradig komplexes System ist und somit prinzipiell auch andere klimatische Dynamiken möglich sind.[24]

Ebenso wichtig wie die Frage nach den klimatischen Veränderungen ist eine Klärung der Auswirkungen des Klimawandels auf bestimmte natürliche und soziale Systeme. Im Folgenden werden daher mögliche konkrete, regionale und lokale Auswirkungen des Klimawandels in Nordhessen im Überblick dargestellt, die von einzelnen Teilprojekten von KLIMZUG-Nordhessen näher untersucht wurden.[25]

3.1 Das Kasseler Becken

Das Kasseler Becken ist aufgrund seiner geographischen Lage und seiner Siedlungsstruktur das wärmste Gebiet im nordhessischen Bergland. In der Stadt Kassel ist mit vielfältigen Veränderungen des Stadtklimas zu rechnen, die durch ein Zusammenwirken von Klimawandel und *Siedlungsentwicklung* verursacht wird.[26] Es konnten viele Areale der Stadt identifiziert werden, die in Zukunft häufigeren und größeren Hitzebelastungen ausgesetzt sein werden. Während man sich in den Innenräumen durch entsprechende Klimatisierung oder angepasstes Verschattungs- und Lüftungsverhalten davor schützen kann, sind die Aufenthaltsbereiche in der Stadt kaum mit geeigneten Mitteln zu klimatisieren. Lösungsansätze und Anpassungsstrategien sind in diesem Fall die Berücksichtigung von Klimafaktoren in der regionalen Raumplanung, zum Beispiel durch Ausweisung von Vorbehaltsgebieten mit besonderer Klimafunktion im Rahmen der einschlägigen Planungen. Die Siedlungsentwicklung, der Bau von gewerblichen und privaten Immobilien, die Abstimmung der Infrastruktur und die Planung der öffentlichen Daseinsvorsorge haben einen langfristigen Zeithorizont und Bestand. Die Anpassung an den Klimawandel kann jedoch mit beträchtlichen Interessenkonflikten verbunden sein. So können etwa bei der Ausweisung zukünftiger Gewerbegebiete einerseits die

23 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
24 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
25 S. die Beiträge in Kap III.
26 S. hierzu Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

besonderen Klimafunktionen des Areal für die Kaltluftentstehung und Belüftung mit den wirtschaftlichen und politischen Interessen in Streit geraten, die das Gewerbegebiet zur Generierung von Arbeitsplätzen und zur Erzielung von Gewerbeertragssteuern für erforderlich halten.

Mit Blick auf die *Mobilität* ist das Kasseler Becken ein Dreh und Angelpunkt im nordhessischen Bergland. Hier zeigen sich bereits heute Anfälligkeiten der Infrastruktur bei Extremereignissen, die nicht nur von regionaler, sondern auch von überregionaler Bedeutung sind. Dabei geht es um Schäden an Oberleitungen durch Windwurf, blockierte Straßen durch Erdrutsche oder durch umgestürzte Bäume und Überschwemmungen. Diese Wetterphänomene haben einen Einfluss auf die nordhessische Mobilitätsinfrastruktur und das Verhalten der Nutzer von Mobilitätsangeboten, auch wenn die Beeinträchtigungen der Infrastruktur in der Regel in kurzer Zeit wieder behoben werden können. Die sich aus den Extremereignissen ergebenden Schäden an Straßen, Schienen, Leitungen und der gesamten Verkehrsinfrastruktur belasten zusätzlich die Haushalte der nordhessischen Kommunen. Die Bandbreite möglicher klimatischer Einflussfaktoren mit niedrigen Temperaturen, stärkeren Temperaturschwankungen, zunehmenden Maximaltemperaturen und der ganzen Bandbreite an Niederschlagsmustern stellen hohe Ansprüche an die zukünftig zu verwendenden Materialien im Schienen- und Straßenbau. Dies kann zu hohen Kosten sowohl für den Bau als auch für den Betrieb und die Instandhaltung führen.

Die Klimaveränderungen könnten bewirken, dass der motorisierte Individualverkehr mehr Bedeutung gewinnt, wenn in Zukunft häufiger höhere Temperaturen oder generell unbeständigere Wetterphänomene eintreten werden. Zugleich könnte die Attraktivität des öffentlichen Nahverkehrs abnehmen, wenn zum Beispiel Überhitzungen der Verkehrsmittelinnenräume und Bus- oder Bahnausfälle sowie Verspätungen aufgrund von Extremereignissen häufiger vorkommen werden. Dies würde zu einer sich verstärkenden Rückkopplung führen, da durch ein höheres Verkehrsaufkommen im motorisierten Individualverkehr wiederum mehr Emissionen entstünden.

Die Belastung durch Luftschadstoffe im Kasseler Becken ist ein Problem, das modellhaft auch für Immissionssituationen in anderen Kessellagen steht. Es ist davon auszugehen, dass es bedingt durch den Klimawandel häufiger zu austauscharmen Inversionswetterlagen und damit zu hohen Luftschadstoffkonzentrationen kommt, die sich negativ auf die Lebensqualität in diesem Ballungsraum auswirken. Diese Entwicklung könnte durch die Zunahme des motorisierten Individualverkehrs und des städtischen Wirtschaftsverkehrs noch verstärkt werden. Die Anfälligkeit des Verkehrssektors führt zu weiteren Effekten wie zum Beispiel zu Einschrän-

kungen des Berufs- und des Wirtschaftsverkehrs. Diese können zu Arbeits- und Produktivitätsausfällen führen und die Versorgung der Bevölkerung mit Waren beeinträchtigen.

Der *Gebäudebestand* im Großraum des Kasseler Beckens ist sehr heterogen und reicht von effizienten Niedrigenergiehäusern und Siedlungen bis hin zu sanierungsbedürftigen Altbauten sowie unter Denkmalschutz stehenden Objekten. Höhere Maximaltemperaturen im Sommer könnten einen erhöhten Kühlungsbedarf bewirken. Daher ist eine Anpassung der Bauweise und der Frischluft und Kühlsysteme an die neuen Herausforderungen insbesondere in heißen Sommern erforderlich. Würde die zur Kühlung erforderliche Energie aus fossilen Energieformen gewonnen, entstünde eine unerwünschte Rückkopplung: Die Klimaveränderungen würden dazu führen, dass noch mehr Treibhausgase emittiert werden. Eine Verringerung der Treibhausgasemissionen kann vor allem durch eine Verringerung des Energiebedarfs erreicht werden. Notwendig sind daher Optionen zur Senkung des Energiebedarfes, wie zum Beispiel ausreichende Dämmung, effiziente Heizungs- und Kühlungstechnologien sowie angepasste Verhaltensänderungen.

Im Zusammenhang mit dem Stadtklima sind auch die *gesundheitlichen Auswirkungen* auf gefährdete Personengruppen, insbesondere ältere und hochaltrige Menschen, die in schlecht klimatisierten Wohnungen leben, zu beachten. Bestimmte Stadtteile in Kassel werden zukünftig noch stärker von dem Wärmeinseleffekt des Kasseler Beckens belastet werden. Notwendig ist daher, die gefährdeten Stadtteile und Wohnungsstrukturen zu analysieren und die betroffenen Menschen zu identifizieren. Für diese alten Menschen ist eine gezielte Prävention vor Hitze bedingten Gesundheitsschäden zu organisieren. Sie sind über Hitzegefahren zu informieren, über Selbsthilfemaßnahmen zu unterrichten und – soweit notwendig – aufzusuchen und zu versorgen. Versorgungs- und Pflegedienstleister sind für diese neuen Herausforderungen des veränderten Klimas zu sensibilisieren und zu schulen.

3.2 Das Nordhessische Bergland

In Nordhessen hat sich aufgrund der ausgedehnten Mittelgebirgsregionen sowie der erschlossenen Fluss- und Seenlandschaften der *Tourismus* zu einem zentralen Wirtschaftsfaktor entwickelt. Dieser könnte in Nordhessen ein Gewinner des Klimawandels sein, wenn andere Destinationen wegen der Zunahme der Temperaturen gerade während der Urlaubszeit an Attraktivität verlieren und die Schonklimaten in Nordhessen sich als neues Urlaubziel anbieten. Hierfür müsste sich Nordhessen aber auf die neuen Erwartungen vorbereiten. Andererseits könnten sich für bestimmte Tourismusattraktionen – wie etwa für den Wintersport – die Bedingungen verschlechtern. Jedenfalls ist es notwendig, in diesem Wirtschaftscluster die möglichen positiven und negativen Folgen differenziert zu ana-

lysieren und frühzeitig eine Strategie zur Anpassung der touristischen Angebote sowie der Marketingaktivitäten der Destination zu entwickeln und umzusetzen.

Die fünf Landkreise Nordhessens sind abgesehen von dem Ballungsraum Kassel von ländlichen Strukturen geprägt, mit einigen Städten und vielen Dorfgemeinschaften. Der *demographische Wandel* betrifft alle Landkreise, am deutlichsten den östlich gelegenen Werra-Meißner-Kreis. Der Rückgang der Bevölkerung und der demographische Wandel verbunden mit einer Abwanderung von jüngeren Menschen in die Oberzentren stellt die Frage nach einer zukunftsfähigen öffentlichen Daseinsvorsorge. Die Tragfähigkeit von Versorgungsstrukturen wie Bildung, Gesundheit und Konsum sowie des Arbeitsmarkts könnte in einigen Jahren gefährdet sein. Diese Entwicklung kann sich durch Klimaveränderungen noch erheblich verschärfen.

Besonders deutlich werden in der *Gesundheitsversorgung* schon heute die Probleme, die Funktionsfähigkeit der ambulanten medizinischen Versorgungsstrukturen in ländlichen Bereichen zu gewährleisten. 9,2% der nordhessischen Bevölkerung sind älter als 75 Jahre (Bundesdurchschnitt 7,7%). Der Anteil Pflegebedürftiger liegt in der Region Nordhessen entsprechend deutlich über dem Bundesdurchschnitt (Nordhessen 3,5%, Deutschland 2,5%). Die Einpersonenhaushalte in der Altersgruppe der über 75-Jährigen nehmen zu, die Bevölkerung in den spärlich besiedelten Regionen nimmt ab. Der Anteil älterer Menschen, die gegenüber den Gesundheitsgefährdungen durch den Klimawandel eine hochgradig vulnerable Gruppe bilden, steigt an, der Anteil familialer Pflegekapazität und nachbarschaftlichen Unterstützungspotenzials sinkt. Versorgungsprobleme werden vor allem durch Hitzewellen und andere Extremereignisse ausgelöst, die eine Pflegeversorgung einerseits notwendig machen, andererseits aber auch erschweren oder gefährden können. Der hohe wirtschaftliche Druck auf die ambulante Pflegeversorgung zu einer hohen Effizienz, der mit einer hohen Auslastung und somit wenigen Puffermöglichkeiten verbunden ist, führt unter solchen Witterungsbedingungen zu einer deutliche Anfälligkeit zu akuten Pflegenotständen oder Mobilitätseinschränkungen.

Die Veränderungen der klimatischen Verhältnisse in Nordhessen begünstigen ferner eine Ausbreitung viraler und bakterieller *Infektionskrankheiten*, die durch einheimische Arthropoden, aber zukünftig auch durch eingeschleppte Tiere wie die asiatische Tigermücke übertragen werden könnten. Die Schildzecke gilt in Deutschland als eine der wichtigsten Bedrohungen, denn sie überträgt unter anderem die Borreliose und die Frühsommermeningoenzephalitis (FSME). Fehlen frühzeitige Beobachtungen des Aufkommens, der Ausbreitung und der Infektiosität solcher Vektoren und rechtzeitige Warnungen an die Bevölkerung, ohne Panik

auszulösen, können gravierende gesundheitliche Probleme in potentiell allen Gruppen der Bevölkerung – auch abhängig vom Freizeitverhalten und Schutzimpfungen – verursacht werden.

Aufgrund des hohen Waldflächenanteils in Nordhessen sind auch die Auswirkungen des Klimawandels auf die *Forstwirtschaft* von erheblicher Bedeutung für die Region. Die Wälder in Nordhessen erfüllen wesentliche Lebensraum-, Regelungs-, Produktions- und Sozialfunktionen aus. Dies trifft besonders für das Umfeld des Ballungsraumes Kassel zu. Wald stellt nicht nur ein prägendes Landschaftselement dar, er liefert auch den Rohstoff Holz als Ausgangsmaterial der Wertschöpfungskette zur Holz- und Bauwirtschaft sowie zur energetischen Nutzung. Im Bereich der Forstwirtschaft werden die Auswirkungen durch ein verändertes Klima schon seit längerer Zeit diskutiert, weil die Planungshorizonte in Zeiträumen bis zu 100 Jahren liegen und Wissen über zukünftige Klimawandelwirkungen für vorsorgendes und nachhaltiges Handeln einen großen Stellenwert hat. Während sich die landwirtschaftliche Bewirtschaftung in jährlichen bis vierteljährlichen saisonalen Zyklen vollzieht, erstrecken sich die Anbauzyklen in der Forstwirtschaft regelmäßig über viele Jahrzehnte. Ein ungünstiger Monat oder ein Extremereignis, wie z.B. der Orkan Kyrill im Jahr 2007, kann für forstwirtschaftliche Betriebe unter Umständen mehrere Jahrzehnte Verluste und Aufbauarbeit bedeuten. Die Auswirkungen der langfristigen Klimaveränderungen auf die Erträge und Ertragssicherheit sind von einer Vielzahl von Standortfaktoren wie der Beschaffenheit des Bodens, der Wasserbilanz und der Topographie abhängig. Gerade durch die in Nordhessen ausgeprägte hügelige Mittelgebirgslandschaft weisen unterschiedliche lokale Standorte eine hohe Variabilität hinsichtlich der Verwundbarkeit auf. Folglich werden die prognostizierten Veränderungen des Klimas in Nordhessen je nach Standort unterschiedlich starke Folgen mit sich bringen. Durch die Verlagerung von Niederschlägen von den Sommermonaten zu den Wintermonaten sowie durch mildere Winter sind intensivere und häufigere Trockenphasen zu erwarten, die sich negativ auf das Wachstum und das Abwehrverhalten der in Nordhessen vorherrschenden Baumarten auswirken werden.

Mit einem Flächenanteil von mehr als 50% spielt die *Landwirtschaft* eine wichtige Rolle in Nordhessen, besonders auch im Hinblick auf eine zukünftige Ausweitung der energetischen und industriellen Verwertung von Biomasse. Auch in diesem Bereich sind aufgrund der landschaftlichen Vielfalt große Unterschiede in den landwirtschaftlichen Nutzungen zu finden – von bäuerlichen Betrieben (zum Teil Bergbauernbetrieben) bis hin zu Großbetrieben (mit spezialisiertem Ackerbau). Dies schlägt sich aufgrund der starken standörtlichen Heterogenität auch in einer großen Variation der angebauten Kulturen nieder.

Nehmen extreme Wetterbedingungen zu, sind die ackerbaulichen Erträge drastisch gefährdet. Landwirtschaftliche Produkte wie Getreide und Heu sowie Nachwachsende Rohstoffe wie Körnermais, Raps und Sonnenblumen müssen in Zukunft häufiger getrocknet werden, um die geforderte Höchstrestfeuchte einzuhalten. Auch bei Produkten wie Kartoffeln oder Zwiebeln muss in zunehmendem Maße die Oberflächenfeuchte entzogen werden, um Schimmelbildung während der Lagerung zu vermeiden. Es kann aber auch zu positiven Effekten kommen. Je nach jährlicher Ausprägung der Temperatur- und Wasserwerte kann es auch zu Ertragssteigerungen kommen.

Neben jährlich gefährdeten und damit wechselnden Erträgen kann der Klimawandel aber auch die Grundlage der Landwirtschaft gefährden. Aufgrund der Mittelgebirgslandschaft in Nordhessen liegen viele landwirtschaftliche Flächen an Hängen. An diesen Hanglagen besteht durch die Kombination von unbedeckten landwirtschaftlichen Nutzflächen und Starkregenereignissen eine hohe Erosionsgefahr. Bereits in der Vergangenheit haben Starkregenfälle Ackerboden abgetragen und Nährstoffe ausgewaschen. Es ist davon auszugehen, dass diese Problematik durch zunehmende Starkregenereignisse verstärkt wird. Dies wiederum kann nicht nur zu Ernteausfällen und Ertragseinbußen bei den Landwirten führen, sondern auch landwirtschaftliche Flächen zerstören.

Die *Wasserwirtschaft* hat für Nordhessen eine große Bedeutung für vielfältige Nutzungsformen. Daher spielt die Hochwasserproblematik in der gesamten Region Nordhessen eine wesentliche Rolle, wobei Extremereignisse wegen des Mittelgebirgscharakters vor allem im Winter und Frühjahr ausgeprägt sind. Riskant sind vor allem Regenfälle verbunden mit Schneeschmelze, die lokal beachtliche Schäden verursachen. Aber auch extreme Niedrigwassersituationen verursachen starke Beeinträchtigungen. Der Edertalsperre, die mit einem Fassungsvermögen von 200 Mio. m^3 im Vollstau zu den größten Talsperren Deutschlands zählt, kommt aus wasserwirtschaftlicher Sicht aufgrund ihrer Steuerungsfunktion für die Eder, Untere Fulda und Oberweser eine besondere Bedeutung zu. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass für den Edersee mit dem umliegenden Nationalpark Kellerwald-Edersee vielfältige, teilweise konkurrierende Nutzungsanforderungen vorliegen. Hauptaspekte sind dabei die Verbesserung der Schifffahrt durch Niedrigwassererhöhung der Oberweser, der Hochwasserschutz und die Energiegewinnung. Im Laufe der Jahre haben aber auch andere Wirtschaftsakteure und Interessengruppen, wie zum Beispiel die touristischen Leistungsträger am Edersee, der Wassersport und die Angler und Anglerinnen an Bedeutung gewonnen. Aber auch die Versorgungssicherheit mit Trinkwasser ist betroffen, da gegebenenfalls längere Trockenperioden überbrückt werden müssen.

Vor allem in dem Flusseinzugsgebiet der Fulda sind Hochwasser, Niedrigwasser sowie konfligierende Nutzungsansprüche Themen, die einer eingehenden Betrachtung bedürfen. Die jüngere Vergangenheit hat gezeigt, dass sich veränderte Niederschlagsregime auf die Regelungsfunktion der Edertalsperre und das Geflecht unterschiedlicher Interessen auswirken und trotz der Regelbarkeit der Abflüsse bei längeren Trockenperioden Nutzungskonkurrenzen dramatisch verschärfen. So führte der geringe Füllstand des Edersees im Frühjahr 2011 zu Stornierungen und weniger Buchungen und damit verbundenen finanziellen Einbußen der umliegenden Hotels, Campingplätze und Wassertourismusanbieter. Veränderung des Abflussregimes, wie die saisonale Verschiebung des Abflussgeschehens und die tendenzielle Entwicklung von Hoch- und Niedrigwasser kann zu veränderten Betroffenheiten für die beteiligten Interessen führen und die Konflikt erheblich verschärfen, weil sie deren jeweilig Erwerbsgrundlage gefährden.

Die Folgen des Klimawandels, insbesondere das abnehmende Wasserdargebot im Einzugsgebiet der Talsperren und die erhöhte Strahlungsintensität in den Sommermonaten, können auch negative Effekte für die *Wasserqualität* in Talsperren und Seen bewirken. Daraus folgend könnte sich der trophische Zustand erhöhen und damit einhergehend die Gewässer durch verstärkte Algenblüten gefährdet werden. Diese können ein hohes gesundheitliches Risiko darstellen. Steigende Temperaturen können dazu führen, dass sich Stoffaustausch und Stoffumsetzungen im Wasser verändern. Unter bestimmten Umständen kann das Zirkulationsverhalten im Winter so weit durch steigende Temperaturen und weitere Klimafaktoren beeinträchtigt werden, dass der Sauerstoffnachschub in die Tiefe unzureichend für viele Organismen wird und es zu einer Akkumulation von Stoffen im Tiefenwasser kommt. Hydraulische Parameter (Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit) und gewässerökologische Parameter (Sauerstoff, pH-Wert, stoffliche Belastung) können vor allem bei Niedrigwassersituationen kritische Schwellenwerte erreichen. Die Wasserqualität von Grund- und Oberflächenwasser wird außerdem gefährdet, wenn bei Überschwemmungen Schadstoffe verbreitet werden oder wenn sich bei Trockenheit z.B. Bakterien in der Kanalisation bilden.

Die Wasserqualität in Seen und Flüssen ist jedoch ein wichtiger Faktor für Gesundheitsschutz, Tourismus, Wasserversorger und Fischereibetriebe. Daher sind die wasserwirtschaftlichen Wirkungsketten zu analysieren und Anpassungsstrategien auf den Raumbezügen von Einzugsgebiet, Gewässerlauf und einzelner wasserbaulicher Anlagen zu erarbeiten. Dies betrifft sowohl Landnutzungsänderungen (Einzugsgebiet), als auch Hochwasserschutzmaßnahmen (Gewässerlauf) sowie Wasserkraftnutzung und Talsperrenbetrieb (einzelne wasserbauliche Anlagen).

3.3 Produktion

Während Klimaschutzmaßnahmen von Unternehmen in Verbindung mit Energieeinsparungen, Effizienztechnologien, Kosteneinsparungen und Emissionszertifikaten bereits stark angewendet und umgesetzt werden, ist das Bewusstsein für Klimaanpassung in Unternehmen noch nicht so stark ausgeprägt. Die Produktionsbetriebe sind von Klimaänderungen je nach Produktionsweise, Energiebedarf, Material und Produkt sehr unterschiedlich betroffen. Anpassungsstrategien für nordhessische Unternehmen können daher nicht pauschal, sondern müssen spezifisch erarbeitet werden, indem die Anfälligkeit für klimatische Einflussfaktoren über Wirkungsanalysen charakterisiert wird und entsprechende Gegenmaßnahmen vorsorglich getroffen werden können.

So kommt es bei Industrieunternehmen mit temperatursensitiven *Produktionsprozessen*, wie z.B. der Fertigung von Elektronikteilen oder dem Spritzgießen von Kunststoff, die bisher ohne eine Klimatisierung ihrer Fertigungsbereiche die notwendigen Toleranzbereiche einhalten konnten, durch extreme Wetterlagen mit hohen Temperaturen in zunehmendem Maße zu Produktionsausfällen. Entweder sind Maschinensteuerungen ausgefallen, oder die installierten Kälteleistungen für die Produktionsprozesse reichen nicht aus. Unternehmen müssen jedoch jederzeit in der Lage sein zu produzieren, da sie sonst aus Kostengesichtspunkten nicht im globalen Markt bestehen können. Daher müssen Infrastrukturprozesse wie Wärme- und Kältebereitstellung zukünftig auch bei Extremwetterlagen stabil und beherrschbar ausgelegt sein, um qualitativ und quantitativ zu fertigen. Dies betrifft sowohl die Gesamtmenge, als auch die kurzfristig notwendige Maximalleistung. Gleichzeitig sind jedoch starke Überdimensionierungen zu vermeiden, da dies unter Effizienzgesichtspunkten zu einem unnötig hohen (zusätzlichen) Energieverbrauch führt. Notwendig sind daher neue dezentrale Energieversorgungseinheiten, die abhängig von der Wettervorhersage Strom, Wärme, Kälte und Druckluft bereitstellen und somit vorausschauend optimale Produktionsbedingungen gewährleisten.

Notwendig erscheint aber auch eine durchgängige *Bewusstseinbildung* in den Unternehmen, die an der jeweils spezifischen Betroffenheit durch Folgen des Klimawandels anknüpft. Diese muss analysiert und in Bildungs- und Diskussionsprozesse sowohl auf Management- als auch auf Fachebene eingebracht werden. Dabei darf der Klimawandel nicht nur als Bedrohung von Produktionsbedingungen gesehen werden, sondern muss auch als Chance für neue Produkte und Dienstleistungen erkannt werden.

4 Notwendigkeit einer regionalen Anpassung

Der kurze Überblick über mögliche und näher zu untersuchende Verwundbarkeiten durch die Folgen des Klimawandels in Nordhessen hat gezeigt dass diese in spezifischer Weise von der geografischen und wirtschaftlichen Struktur der Region abhängig sind.[27] Diese beeinflusst die möglichen positiven und negativen Auswirkungen und die Potenziale, diese aufzufangen oder auszunutzen. Der Überblick zeigt auch an, wo Anpassungsbedarfe zu suchen und zu befriedigen sind. Sie sind einerseits in den Bereichen zu finden, die für Wirtschaft und Gesellschaft in der Region besonders bedeutsam sind, weil von ihnen Wachstums- und Innovationsimpulse ausgehen, nämlich

- Tourismus und Gesundheit,
- Mobilitätswirtschaft und
- Dezentrale Energietechnologien.

Andererseits sind besondere Anpassungsbedarfe auch für die Ressourcen der

- Landwirtschaft,
- Forstwirtschaft und die
- Wasserwirtschaft

zu vermuten, da diese für die Region Nordhessen insbesondere aufgrund ihrer flächenbezogenen Bedeutung für den Naturhaushalt von großer Bedeutung sind. Nicht nur das Binnenklima der Stadt Kassel profitiert von den umliegenden Waldgebieten, auch bestehen zu andern Wirtschaftsbereichen Querbeziehungen. So hängen etwa Tourismusangebote eng mit dem zusammen, was als intakte Landschaft gesehen wird, und daran haben dann wiederum Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserbau einen maßgeblichen Anteil.

Literatur

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) (2012): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Hessen – Hessische Anpassungsstrategie. Wiesbaden 2012.

[27] Zur Analyse der im gesamten Bundesland Hessen bestehenden Herausforderungen und Risiken durch den Klimawandel s. HMUELV 2012: 27 ff.

Van den Busch, U. (2010): Bevölkerungsvorausschätzung für die hessischen Landkreise und kreisfreien Städte bis 2050. Eine Projektion für den Zeitraum von 2010 bis 2030 und eine Trendfortschreibung bis 2050. Report Nr. 792. Wiesbaden 2010.

DAS PROJEKT „KLIMZUG-NORDHESSEN“

Alexander Roßnagel

ÜBERSICHT

1 DAS PROGRAMM „KLIMAANPASSUNG IN REGIONEN ZUKUNFTSFÄHIG GESTALTEN (KLIMZUG)“ 44

2 DAS VERBUNDPROJEKT KLIMZUG-NORDHESSEN 47

2.1 ZIELSETZUNG 47

2.2 PARTNER 48

2.3 STRUKTUR 51

2.4 GOVERNANCEFORMATION UND GOVERNANCEINNOVATIONEN 53

2.5 FORSCHUNG 58

2.6 VERNETZUNG UND UMSETZUNG 63

2.7 TRANSFER 68

3 ERGEBNISSE 69

LITERATUR 69

Wenn der Klimawandel auch in Nordhessen spürbar sein und vielfältige Anpassungsanforderungen stellen wird, kommt es darauf an, durch frühzeitige Anpassungen einerseits Schäden zu mindern und Kosten zu sparen und andererseits Chancen für neue Produkte und Dienstleistungen zu eröffnen und die Wirtschaftskraft der Region im Wettbewerb mit anderen zu stärken.

Die Klimafolgen sind vielfältig und treffen viele verschiedene Lebensbereiche, sie sind regional und saisonal unterschiedlich und erfordern deshalb sehr spezifische und differenzierte Anpassungsmaßnahmen. Sie entwickeln sich dynamisch, sind nicht präzis vorhersagbar, sondern im Detail und in ihren lokalen Auswirkungen noch vielfach ungewiss. Vorsorglich sollte man sich jedoch auf eine höhere Variabilität des Wetters und ein häufigeres und stärkeres Auftreten von Wetterextremen einstellen. Daher wird es bei den Anpassungsmaßnahmen vor allem um eine hohe Flexibilität möglicher Reaktionen und eine allgemeine Stärkung der Widerstandskraft der natürlichen und gesellschaftlichen Systeme gehen.

Die Region Nordhessen hat durch das Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ im Rahmen der Fördermaßnahme KLIMZUG die Chance erhalten, sich zu einer Modellregion für Klimaanpassung zu entwickeln. In diesem

Beitrag wird dargestellt, welche Zielsetzungen das Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Klimaanpassung in Regionen zukunftsfähig gestalten (KLIMZUG)“ verfolgte und welche Möglichkeiten es bot. Vor allem aber wird beschrieben, wie das Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen (KLIMZUG-Nordhessen)“ diese Chancen nutzte, um Klimaanpassung in Nordhessen zu erforschen und zusammen mit der Region Nordhessen umzusetzen, um diese zu einer Modellregion für Klimaanpassung zu entwickeln.

1 Das Programm „Klimaanpassung in Regionen zukunftsfähig gestalten (KLIMZUG)“

Die Folgen des Klimawandels treffen „in Deutschland auf eine hoch entwickelte und komplexe Infrastruktur, die durch künftige Extremwetterlagen empfindlich getroffen werden könnte. Gleichzeitig bietet der langfristige Klimawandel neue Chancen in Bereichen wie Landwirtschaft oder Tourismus. Deshalb ist es an der Zeit, sich als Gesellschaft auf die klimatischen Veränderungen der Zukunft vorzubereiten.“[1] Diese global verursachten Probleme müssen auf regionaler und lokaler Ebene angegangen werden.[2]

Um die regionalen Klimaanpassungsbedarfe genauer zu bestimmen, Klimaanpassungslösungen zu erforschen, Klimaanpassungsstrategien zu erarbeiten und in der Region auch umzusetzen, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Jahr 2007 ein Förderprogramm „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ (KLIMZUG) ausgeschrieben. Das Ministerium verfolgte damit mehrere Ziele:

- Wissen über Klimafolgen in Regionen erhöhen: Für den „zeitgerechten Umgang mit dem Klimawandel“ sind „neueste wissenschaftliche Erkenntnisse (zu) berücksichtigen“.[3]
- Regionale Klimaanpassungsstrategien entwickeln: „Mit der Entwicklung (oder Weiterentwicklung) von regionalen Kooperationsnetzwerken sollen wissenschaftliche, planerische, technische und unternehmerische Stärken der beteiligten Akteure gebündelt sowie ein aktiver Aufbau von Strukturen für einen neuen zeitgerechten Umgang mit Klimawandel, speziell: einer verbesserten Anpassung an Klimatrends und Extremwetter, geleistet werden.“[4]

---

1 Ellwardt; in: Institut für die deutsche Wirtschaft, 2011, Grußwort.
2 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.
3 BMBF, www.klimzug.de.
4 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.

- Regionale Klimaanpassungsstrategien umsetzen: „Mit der Entwicklung (oder Weiterentwicklung) von regionalen Kooperationsnetzwerken sollen wissenschaftliche, planerische, technische und unternehmerische Stärken der beteiligten Akteure gebündelt sowie ein aktiver Aufbau von Strukturen für einen neuen zeitgerechten Umgang mit Klimawandel, speziell: einer verbesserten Anpassung an Klimatrends und Extremwetter, geleistet werden.“[5]

- Bewusstseinsbildung in der Region fördern: „Konzepte des Informations- und Knowhow-Transfers bilden einen integrativen Teil der zu fördernden Netzwerke. Da der Umgang mit Klimawandel in einer Region darüber hinaus auch wesentlich von den dort lebenden Bürgern getragen wird, spielen in diesem Kontext außerdem Bildungsaspekte und Capacity Building eine Rolle.“[6] Hierfür ist notwendig, dass eine hohe Akzeptanz bei den Akteuren erreicht wird.[7]

- Regionale Innovationen fördern: Durch die Projekte sollen „die Entwicklung und Nutzung neuer Technologien Verfahren und Strategien zur Anpassung an Klimawandel in Regionen vorangetrieben werden“.[8]

- Wettbewerbsfähigkeit der Regionen stärken: „Zukunftsfähiges ‚lokales Handeln’ bedeutet Wettbewerbsvorteile für die Regionen.“[9] Ziel ist es daher, in der Region langfristig tragfähige Netzwerke anzulegen und durch sie die Wettbewerbsfähigkeit einer Region auch unter zukünftigen Klimabedingungen sicherzustellen und zu stärken.[10]

- Modelle für andere Regionen gewinnen: Durch innovative Lösungen sollen in mehreren Regionen Anpassungsnetzwerke etabliert werden, die für andere Regionen in Deutschland und außerhalb als Vorbilder dienen können. Dadurch soll die Vorreiterrolle Deutschlands im internationalen Umfeld gestärkt werden.[11]

In einem zweistufigen Wettbewerb, für den ca. 50 Anträge eingereicht worden waren, hat das BMBF 2008 sieben Regionen ausgewählt, um sie als Modellregionen für den Klimawandel für einen Zeitraum von fünf Jahren mit einer Unterstützung von insgesamt 83 Mio. € zu fördern. Sie sollten als Modellregionen einen er-

5 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.
6 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.
7 Institut für die deutsche Wirtschaft, 2011.
8 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.
9 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.
10 BMBF, www.klimzug.de.
11 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.

heblichen Impuls für die Entwicklung weiterer Landesteile in Deutschland, aber auch über Deutschlands Grenzen hinaus geben.

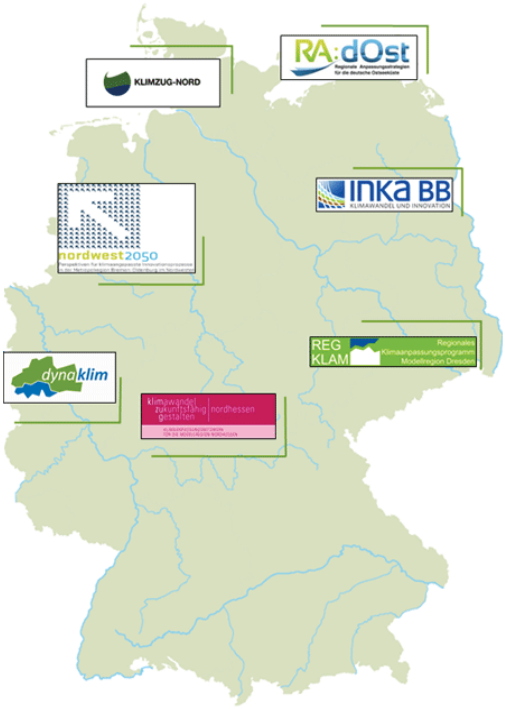


Abbildung 1: Die sieben KLIMZUG-Modellregionen

Mit KLIMZUG hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) somit keine reinen Forschungsprojekte gefördert, sondern Modellregionen, in denen Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung, Politik und Bürger in der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien eng zusammen arbeiten müssen.[12] Diese Anpassungsstrategien sollten von den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen getragen werden. Dabei mussten die wissenschaftlichen Projekte in den Regionen neue Anforderungen erfüllen. Sie mussten transdisziplinär und transformativ sein: transdisziplinär, weil sie die Anforderungen der Klimaanpassung und die Lösungen zu ihrer Erfüllung zusammen mit den Wissensträgern der Praxis erarbeiten mussten, transformativ, weil sie die Bedingungen zur Umsetzung ihrer Lösungen untersuchen und berücksichtigen sowie sich an den Veränderungen der Wirklichkeit beteiligen mussten.

[12] Institut für die deutsche Wirtschaft, 2011.

Bereits in der Ausschreibung wurde festgehalten: „Kernstück jeder regionalen Initiative ist eine klare Innovationsstrategie, die insbesondere auf Planungs- und Umsetzungsaspekte sowie auf den Transfer von Know-how abzielt. Eine aktive Rolle der politischen Entscheidungsträger der jeweiligen Regionen ist daher zwingend erforderlich.“ [13] Daher war die „die Bildung und Implementierung von Netzwerken in Regionen … das wesentliche Instrument von KLIMZUG“.[14]

2 Das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen

Auch Nordhessen gehört zu den sieben Modellregionen.[15] Mitte September 2008 wurde der von der Universität Kassel und dem regionalen Wirtschaftsförderungsverband „Regionalmanagement Nordhessen GmbH“ koordinierte Antrag positiv beschieden. Rund 10 Mio. € standen für fünf Jahre dem Verbundprojekt aus insgesamt 27 Teilprojekten zur Verfügung. Davon wurden neben einer zentralen Koordination 18 Forschungsvorhaben und neun Praxisprojekte zum Thema Klimaanpassung finanziert. Das Verbundsprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ endete am 30. Juni 2013.[16]

2.1 Zielsetzung

Der Ausschreibung entsprechend verfolgte KLIMZUG-Nordhessen das übergeordnete Ziel, die Region Nordhessen zur Modellregion für eine frühzeitige Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu entwickeln. Um diese zentrale Zielsetzung zu erreichen, wurden mehrere Teilziele verfolgt.[17]

- Der Aufbau und Ausbau eines Klimaanpassungsnetzwerks sollte eine enge Verschränkung von Anpassungsforschung und Anpassungsumsetzung ermöglichen. Hierzu sollte eine Governanceformation mit neuen Institutionen entwickelt, etabliert und erprobt werden, die sich auch auf andere Regionen übertragen lässt.
- Ausgehend von den regionalen Anpassungserfordernissen, die sich aus den zu erwartenden Klimaänderungen ergeben, sollten die wissenschaftlichen Teilprojekte fachliche Lösungsvorschläge zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in den Bereichen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft, Energie, Verkehr, Gesundheit und Tourismus erforschen und entwickeln.

13 BMBF, Förderbekanntmachung, 2007.
14 BMBF, www.klimzug.de.
15 BMBF, www.klimzug.de.
16 www.klimzug-nordhessen.de.
17 S. Antrag vom 30.1.2008.

- Die entwickelten Strategien, Strukturen, Instrumente, Maßnahmen, Produkte und Dienstleistungen zur Anpassung an Klimaänderungen sollten in Entscheidungsprozesse von Verwaltung, Politik und Wirtschaft integriert und beispielhaft in der Region umgesetzt werden.

2.2 Partner

Das Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen" wurde von der Universität Kassel und der Regionalmanagement Nordhessen GmbH durchgeführt. An dem Verbundprojekt waren folgende Projektpartner beteiligt:

Die wissenschaftliche Arbeit von KLIMZUG-Nordhessen konnte an die bereits durchgeführten Forschungsaktivitäten und Forschungskooperationen innerhalb und außerhalb der Universität Kassel anknüpfen.[18] Denn zu Fragen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung arbeiteten in der Universität Kassel seit vielen Jahren unterschiedliche Fachgebiete und das „Center for Environmental Systems Research (CESR)[19] interdisziplinär eng zusammen. Diese schlossen sich zum 1. März 2009 zum „Kompetenzzentrum für Klimaschutz und Klimaanpassung – Competence Centre for Climate Change Mitigation and Adaptation (CliMA)" als fachbereichsübergreifenden Forschungsverbund in Form einer zentralen wissenschaftlichen Einrichtung zusammen.[20] Das CliMA bündelt nicht nur die Kompetenzen zur Forschung zu Klimaschutz und Klimaanpassung aus derzeit 35 Fachgebieten und dem CESR, sondern führte seit 2009 auch das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen für die Universität Kassel durch. Entsprechend seiner hohen Umweltkompetenz bearbeitete das CliMA 14 Teilprojekte, in denen insgesamt 17 Professuren aus sechs Fachbereichen mit ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beteiligt waren.

Mit der Hochschule Fulda[21] hat die Universität Kassel einen Kooperationsvertrag seit 2005. Die Kooperation hat bisher unter anderem zu zwei gemeinsamen Masterstudiengängen geführt. Ein dritter ist in Vorbereitung. Als Ergebnis dieser Kooperation waren drei Fachgebiete des Fachbereichs „Pflege und Gesundheit" der Hochschule Fulda mit den beiden Teilprojekten „Strategien zur Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken alter Menschen" und „Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen" im Netzwerk KLIMZUG-Nordhessen verankert.

---

18 www.uni-kassel.de/uni/umwelt/.
19 www.usf.uni-kassel.de/cesr/.
20 www.uni-kassel.de/uni/umwelt/clima.html.
21 www.fh-fulda.de.

Ein weiterer Partner im Bereich der Forschung war die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) in Göttingen.[22] Sie betreibt als gemeinsame Forschungseinrichtung und Dienststelle der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein praxisnahe forstliche Forschung und berät Waldbesitzer, Forstbetriebe, Verwaltungen und die Politik. In KLIMZUG-Nordhessen befasste sich die NW-FVA mit der „Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda“.

Schließlich übernahm die Abteilung Energiesysteme des Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)[23] das Forschungsprojekt „Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die Behaglichkeit in Räumen“. Ansonsten konzentriert sich diese Abteilung mit ihrer Projektgruppe in Kassel auf die Bereiche der rationellen Energieverwendung, der regenerativen Energieerzeugung und des umweltbewussten Bauens.

Die regionale Umsetzung in Richtung Wirtschaft wurde in Kooperation mit dem Regionalmanagement Nordhessen[24] durchgeführt. Die Kernaufgabe des Regionalmanagements ist der Aufbau von Wachstums- und Innovationsclustern in den Themenbereichen „Mobilitätswirtschaft“, „Tourismus und Gesundheit“ sowie „Dezentrale Energietechnologien und Energieeffizienz“. In jedem Cluster haben sich mittlerweile feste Kooperationsstrukturen etabliert. Diese Cluster repräsentieren die wichtigsten und innovationsstärksten Wirtschaftsbereiche der Region.[25] In KLIMZUG-Nordhessen war das Regionalmanagement außerdem verantwortlich für die drei Praxisprojekte „Klimaanpassungsmanager“, „Tourismusdestinationen im Klimawandel: Herausforderung und Masterplan zur strategischen Anpassung“ sowie „Klimawandel und Gesundheit: Anpassungsmaßnahmen der Bevölkerung und der Infrastrukturen der Gesundheitsvorsorge“.

Das Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien (deENet e.V.)[26] ist ein regionales Unternehmens- und Technologienetzwerk, das das Ziel verfolgt, die Region Nordhessen zu einem international anerkannten Standort für Anwendung, Forschung und Entwicklung sowie Produktion und Dienstleistung im Bereich dezentraler Energieversorgungssysteme und Energieeffizienz zu machen. Das deENet war Partner der Praxisprojekte „Klimaanpassungsmanager“ und „Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel“.

---

22 www.nw-fva.de/.
23 www.ipb.fraunhofer.de/.
24 www.regionnordhessen.de; s. näher Kap. V: Roßnagel, Steffens.
25 S. näher Kap. I: Benz, Roßnagel, Rötzel.
26 www.deenet.org.

Das Netzwerk Mobilitätswirtschaft in Nordhessen (MoWiN.net e. V.)[27] des Regionalmanagements fördert und entwickelt Wissenschaft, Forschung und Wirtschaftskooperationen auf dem Gebiet der Mobilitätswirtschaft. MoWiN.net war mit folgenden Projekten Teil des KLIMZUG-Nordhessen-Verbundes „Klimaanpassungsmanager" und „Umsetzung der Klimaanpassung in der Mobilitätswirtschaft der Region Nordhessen mit dem Schwerpunkt betriebsbezogener Verkehre".

Schließlich ist die Limón GmbH[28] ein Wirtschaftspartner von KLIMZUG-Nordhessen. Sie erforscht und entwickelt Innovationen in Produkten und Dienstleistungen für Unternehmen. Die Kernkompetenzen, mit denen sich Limón im Rahmen des Teilprojekts „Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel" einbrachte, liegen in der Simulation von Material- und Energieflüssen, der Energieeffizienz in der Produktion, der Steuerung von Produktions- und Energieanlagen und den Prüfsystemen für verfahrenstechnische Anlagen.

Für die regionale Umsetzung in Richtung Verwaltung waren das Regierungspräsidium Kassel und die sechs nordhessischen Gebietskörperschaften (Stadt Kassel und die fünf Landkreise Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg, Waldeck-Frankenberg und Kassel Partner des Projekts.[29] Sie realisierten in diesem Modellvorhaben die Steuerung und Umsetzung der Klimaanpassung in regionalen Verwaltungsstrukturen und in der Kommunalpolitik. Sie waren außerdem in KLIMZUG-Nordhessen eingebunden über die Praxisprojekte „Klimaanpassungsbeauftragte (KAB)" und „Gezielte Prävention von Hitze bedingten Gesundheitsschäden bei alten Menschen in der Kommune".

Im Bildungsbereich kooperierten die Bildungsträger der Region unter dem Dach des HessenCampus[30] im Rahmen des Klimaanpassungsnetzwerks Nordhessen. Operativ übernahm die vhs Region Kassel[31] den Transfer aus der Forschung in Bildungsangebote und unterstützte die Bildungsaktivitäten in Berufs- und Lebenswelt. Sie verstand sich als Schnittstelle von regionalwirtschaftlichen Bildungsbedürfnissen, der Entwicklung nutzerorientierter Bildungsangebote und der Förderung individueller Bildungsorientierung. Im Rahmen der von ihr getragenen „Klimaanpassungsakademie" wurden in den Themenbereichen Klimawandel und Klimaanpassung exemplarische und übertragbare Erfahrungen gesammelt, um deren Ergebnisse zu einer breiten Anwendung zu bringen.

---

27 www.mowin.net/.
28 www.limon-gmbh.de/limon-gmbh/.
29 S. näher Kap. I: Benz, Roßnagel, Rötzel.
30 www.hessencampus.de/initiative_kassel/.
31 www.vhs-region-kassel.de/.

Die vier Hauptträger des Verbundprojekts, die Universität Kassel sowie die nordhessische Wirtschaft, die nordhessischen Gebietskörperschaften und Hessencampus Kassel mit ihren Mitgliedern und Untergliederungen werden durch das Regionalmanagement repräsentiert und sind an diesem beteiligt. Sie bildeten bereits vor der Antragstellung ein gut funktionierendes Netzwerk für die regionale Entwicklung. Dieses Netzwerk sollte im Rahmen der Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen zu einem Klimaanpassungsnetzwerk weiterentwickelt werden.[32]

2.3 Struktur

Um die Ziele des Verbundprojekts erreichen zu können, wurde für seine transdisziplinäre und transformative Durchführung eine Struktur gewählt, die eine klare Zuordnung der Aufgaben zu einzelnen Partnern und Funktionsbereichen ermöglichte, aber auch Rückkopplungen und Kooperationen erzwang.[33] Die Durchführung des Verbundprojekts „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ erfolgte aus diesem Grund in vier ineinander greifenden funktionellen Arbeitsbereichen:

- Im Arbeitsbereich S (*Szenarien*) wurden unter Beteiligung der Betroffenen die großskaligen Klimaszenarien regionalisiert und auf einzelne Klimafunktionen und lokale Betrachtungsebenen konkretisiert. Aus diesen wurden die regionalen Anpassungsbedarfe auf der Grundlage der zu erwartenden Klimaänderungen bestimmt.[34] Die beiden Szenarienprojekte beschrieben quasi die inhaltlichen Aufgaben, die die anderen Arbeitsbereiche zu erfüllen hatten. Diese wurden entsprechend der Arbeitsergebnisse der anderen Arbeitsbereiche konkretisiert und fortentwickelt. Dadurch ergibt sich ein Gesamtbild der Klimaanpassung Nordhessens, in dem thematische Einzelszenarien in den Teilvorhaben zu einer gemeinsamen Perspektive zusammenführt werden.

- Im Arbeitsbereich L (*Lösungen*) wurden auf der Grundlage der jeweiligen Kenntnis der Anpassungsbedarfe fachliche Lösungsvorschläge für die vom Klimawandel betroffenen Sachbereiche Ressourcenbewirtschaftung (Agrar-, Wasser- und Forstwirtschaft), Tourismus und Gesundheit, Verkehr und Energienutzung erforscht und entwickelt.[35] Dies geschah in enger Kooperation mit relevanten Umsetzungsakteuren. Die Vorschläge waren Gegen-

[32] S. hierzu ausführlich Kap. V: Roßnagel, Steffens.
[33] S. Antrag vom 30.1.2008.
[34] S. hierzu 2.5.
[35] S. hierzu 2.5.

stand der gesellschaftswissenschaftlichen Untersuchungen sowie Gegenstand und Grundlage der Umsetzung. Sie wurden entsprechend der Ergebnisse aus den anderen Arbeitsbereichen fortentwickelt.

- Der Arbeitsbereich G (*Gesellschaft*) beruhte auf der Erkenntnis, dass sich gute Lösungsvorschläge nicht von selbst umsetzen, sondern auf gesellschaftliche Interessen und Strukturen stoßen, die ihre Umsetzung behindern oder unterstützen. Daher wurden im Arbeitsbereich G Untersuchungen durchgeführt, auf welche fördernden und hemmenden gesellschaftlichen Faktoren politischer, rechtlicher, wirtschaftlicher und psychologischer Natur die Lösungsvorschläge stoßen, und Handlungsempfehlungen erarbeitet, wie die erforderlichen Verhaltensänderungen erreicht werden können.[36] Sie wurden projektbegleitend in die „*Lösung*s- und *Umsetzungs*-Bereiche" rückgekoppelt.
- Im Arbeitsbereich U (*Umsetzung*) wurden die Lösungen des Arbeitsbereichs L unter Berücksichtigung der Erkenntnisse des Arbeitsbereichs G – unter Betreuung durch die Klimaanpassungsbeauftragten und –managern[37] – exemplarisch in den regionalen Wirtschaftsclustern, in den nordhessischen Gebietskörperschaften sowie in der Klimaanpassungsakademie umgesetzt. Im Antrag waren sechs Umsetzungsprojekte und drei Projekte zur Realisierung der drei Governanceinnovationen[38] vorgesehen. Im Laufe der Projektdurchführung gelang es jedoch 17 Lösungsvorschläge in die Praxis umzusetzen.[39] Die Umsetzungen – sowohl die einzelnen Umsetzungsprojekte als auch die Fortentwicklung der Governanceformation – wurden wissenschaftlich begleitet und evaluiert und die Ergebnisse an die anderen Arbeitsbereiche rückgekoppelt. Dadurch wurden die Umsetzungen kontinuierlich überprüft, fein justiert und verbessert.

Im Rahmen des Gesamtprojekts hatte die Forschung somit die Aufgabe, wichtige Anpassungsbedarfe der Region zu erkennen und gemeinsam mit Entscheidungsträgern und Betroffenen zu bewerten. Durch die einzelnen thematischen Forschungsprojekte waren Lösungen zu erarbeiten, indem die Fragestellungen mit zuständigen Vertretern aus der Praxis konkretisiert und wissenschaftlich bearbeitet wurden. Die wissenschaftlichen Ergebnisse waren für ihre Praxisumsetzung zusammen mit den Umsetzungspartnern sowie mit den Klimaanpassungsbeauftragten und -managern zu anwendungsgerechten Umsetzungsvorschlägen und

36 S. hierzu 2.5.
37 S. zu diesen sogleich unter 2.4.
38 S. zu diesen sogleich unter 2.4.
39 S. hierzu unter 2.6.

zusammen mit der Klimaanpassungsakademie zu didaktisch geeigneten Bildungsangeboten fortzuentwickeln. Dabei kam es nicht nur darauf an, sachlich geeignete Lösungen zu entwickeln, sondern auch Hindernisse und Unterstützungsmöglichkeiten in Wirtschaft und Gesellschaft zu erkennen und daraus Vorschläge für Handlungskoordinationen und Akzeptanzsicherung zu erarbeiten und deren Erfolg zu evaluieren. Die so gewonnenen Erkenntnisse wurden mit dem ausländischen Transferpartner ausgetauscht.[40]

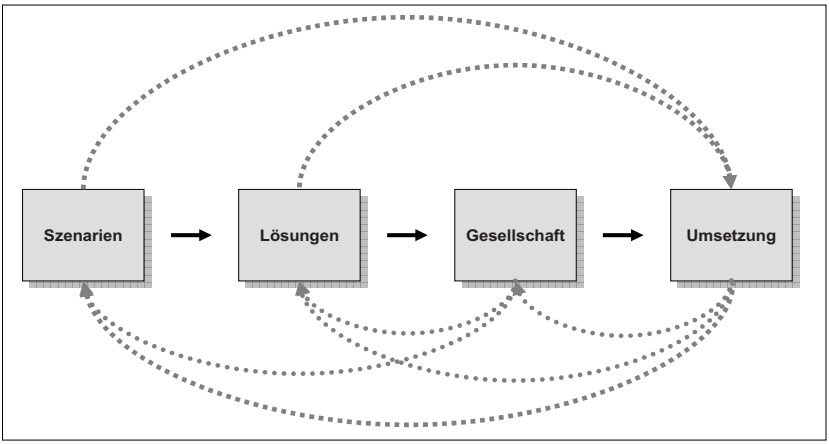


Abbildung 2: Struktur des Verbundprojekts

2.4 Governanceformation und Governanceinnovationen

Damit die Ziele des Vorhabens KLIMZUG-Nordhessen mit der gewählten Struktur erreicht werden konnten, war eine Governanceformation[41] aufzubauen, die zur Abstimmung und Koordination der vielen Einzelbeiträge drei Aufgaben erfüllte: Forschung und Umsetzung musste so koordiniert und aufeinander bezogen werden, dass sie inhaltlich und zeitlich eng verflochten waren. Um für die Klimaanpassung der Region dringende Anpassungsbedarfe zu erkennen und zu deren Befriedigung Lösungsvorschläge zu entwickeln, waren vielfältige Forschungsbeiträge zu koordinieren. Um die daraus entstandenen Vorschläge in Verwaltung und Wirtschaft, Bildung und Alltagshandeln umzusetzen, war die Aufgabe zu lösen, die richtigen Praxisakteure zu finden, sie zur Mitarbeit zu bewegen, geeignete Maßnahmen zur Anpassung zu ergreifen und die erforderlichen Wirkungen zu erzielen.

---

40 S. näher 2.7.

41 Zum Begriff der Governance s. Kap. IV: Bauriedl, Görg, Baasch.

Forschungs- und Umsetzungsprojekte sind dabei das Material der Governance zur Klimaanpassung. Sie ermitteln die Anpassungsbedarfe, erforschen Lösungswege und erarbeiten Vorschläge und Empfehlungen. Schon die Ermittlung und Bewertung der Anpassungsbedarfe erfordern Strukturen und Instrumente der Koordination zwischen Forschern, Entscheidern und Betroffenen. Die Erforschung der Lösungswege und erst recht die Formulierung von praxistauglichen Vorschlägen und Empfehlungen setzt eine geordnete Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis voraus. Der Bedarf an Handlungskoordination nimmt jedoch erheblich zu, wenn die Vorschläge und Empfehlungen dann in der Praxis umgesetzt werden sollen. Denn dies muss in sehr differenzierten gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, administrativen und politischen Strukturen erfolgen, in denen mit unterschiedlichen Interessen auf verschiedenen Ebenen und Sektoren agiert wird.

Um das zentrale Ziel des Vorhabens zu erreichen, eine geeignete Governanceformation zur Klimaanpassung in Nordhessen zu entwickeln und zu etablieren, konnte auf der bestehenden vorbildlichen Governanceformation zur allgemeinen Regionalentwicklung aufgebaut werden. Diese war hinsichtlich der Aufgabe der Klimaanpassung zu konkretisieren und fortzuentwickeln. Die wesentlichen Träger des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen, die Universität Kassel, die nordhessische Wirtschaft und die nordhessischen Gebietskörperschaften waren bereits als Gesellschafter des Regionalmanagements mit einander verbunden und koordinierten ihre Aktivitäten zur regionalen Entwicklung. Auf dieses gut funktionierende Netzwerk konnte für die genannten Koordinationsaufgaben zurückgegriffen werden. Es wurde während der Durchführung des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen durch die neuen zusätzlichen Aufgaben zu einem Klimaanpassungsnetzwerk weiterentwickelt.[42] Die im Rahmen dieses Netzwerks bestehenden Kontakte wurde ausgebaut und für die Erfüllung der oben genannten Aufgaben, insbesondere für die Bildung der Umsetzungsverbünde,[43] genutzt.

Zur Koordination des gesamten Verbunds, zur Steuerung der zentralen Aktivitäten und zur Kommunikation nach außen und innen wurden folgende Leitungsgremien etabliert: Das *Steuerungsteam*, das die zentralen Verbundentscheidungen traf und die dezentralen Aktivitäten koordinierte bestand aus einem Sprecher (Prof. Roßnagel, auch die Bereiche Szenarien und Gesellschaft zuständig), einem weiteren Vertreter der Wissenschaft (Prof. Wachendorf, zuständig für den Bereich Lösungen), einem Vertreter der Praxis (Dr. Hoppe-Kilpper, zuständig für den Bereich Umsetzung) und dem Gesamtkoordinator (Steffens[44]). Das Steuerungsteam

42 S. hierzu ausführlich Kap. V: Roßnagel, Steffens.
43 S. näher 2.6.
44 Bis Februar 2010 Frau Dr. Schaller.

wurde durch eine *Koordinationsstelle*, die aus dem Gesamtkoordinator, drei Bereichskoordinatoren (Benz,[45] Dr. Henschke,[46] Molnar[47]), einer Pressereferentin (Wagner) und einer Sachbearbeiterin (Grabe) bestand. Das Steuerungsteam wurde durch einen *Beirat* unterstützt, dem halbjährlich die Entwicklung des Verbundprojekts vorgestellt wurde und der dessen Fortentwicklung mit Rat und Tat unterstützte. Im Beirat waren die überregionale Wissenschaft (Prof. Hanjürgens vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig/Halle als Sprecher des Beirats, Prof. Kromp-Kolb, Universität für Bodenkunde, Wien, und Dr. Müschen/Priv. Doz. Daschkeit, Umweltbundesamt), die Landes- und Regionalpolitik (Herr Schweer vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Regierungspräsident Dr. Lübcke und Landrat Neupärtl vom Landkreis Schwalm-Eder) sowie die regionale Wirtschaft (Herr Spengler für die Industrie und Handelskammer Kassel) und Zivilgesellschaft (Dr. Peters für die nordhessischen Umweltverbände) vertreten. In der *Mitgliederversammlung* trafen sich halbjährlich die Teilprojektleiter und die Mitarbeiter von KLIMZUG-Projekten. Sie informierten sich über die neuesten Verbundentwicklungen und trafen Grundsatzentscheidungen zur weiteren Fortführung des Verbunds.

Für den notwendigen Informationsaustausch und die inhaltliche Koordination wurden drei Veranstaltungsformate entwickelt und umgesetzt.[48] In sieben *Verbundworkshops* wurde die verbundinterne inhaltliche Information und Kommunikation unterstützt.[49] Sie dienten vor allem dazu, jedem Teilprojekt einen Überblick über die gesamten Entwicklungen im Verbund zu bieten. In diesen Workshops informierten daher vor allem die einzelnen Teilprojekte über ihre jeweiligen Forschungs- oder Umsetzungsergebnisse. Sie dienten aber auch dazu, notwendige Kooperationen zwischen den Teilprojekten zu besprechen und abzustimmen. In vier jährlichen *Regionalforen* und in der Abschlusskonferenz wurde den interessierten Entscheidungsträgern in Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft der Region in thematischen Schwerpunkten Zwischenergebnisse aus dem KLIMZUG-Verbund präsentiert und mit ihnen diskutiert. Die Regionalforen dienten vor allem dazu, das Bewusstsein über die Notwendigkeit der Klimaanpassung zu stärken, über Anpassungsbedarfe zu informieren und Anpassungsmöglichkeiten zu erörtern. Da sie auf eine Verbreiterung von Klimaanpassungswissen in der Region zielten, fanden die Regionalforen auch in unterschiedlichen Orten der Region statt – 2010 in Bad Hersfeld, 2011 in Borken und 2012 in Bad Wildungen. Im Rahmen

45 Bis September 2010 Herr Dr. Mostert.
46 Bis 2010 Frau Dr. Sieg.
47 Bis März 2010 Herr Steffens.
48 S. zu diesen als Instrumente der Vernetzung auch Kap. V: Roßnagel, Steffens.
49 Drei Verbundworkshops fanden bereits 2008 statt, um möglichst schnell zu einer ausreichenden Kohärenz zwischen der Teilprojekten von KLIMZUG Nordhessen zu gelangen.

des Wissenstransfers mit dem Waldviertel in Österreich[50] fanden während der Projektlaufzeit vier *Waldviertelkonferenzen* statt, zwei im Waldviertel und zwei in Nordhessen, nämlich in Witzenhausen und in Kassel.

Die Forschungs- und Umsetzungsprojekte zur Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien für die Region Nordhessen sollten unter Einbeziehung aller relevanten Akteure erfolgen. Die Verbreitung und Verankerung dieser Strategien, Instrumente und Aktivitäten erforderten eine nachhaltige Netzwerkkonstruktion, die spezielle Beratungskompetenzen bot, Kooperationsverbünde mit der regionalen Wirtschaft strukturierte sowie einen umfassenden Ansatz zur Implementierung der Thematik in allen relevanten Bildungsbereichen entwickelte und erprobte.[51] Um diese drei Aufgaben zu unterstützen wurden im Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen" folgende Governanceinnovationen etabliert und erprobt, um die bestehende Governancestruktur fortzuentwickeln und zu effektivieren.

- *Klimaanpassungsbeauftragte* (KAB) der Gebietskörperschaften (Frau Dr. Bornholdt, Frau Müller, Frau Schneider, Frau Burck und Herr Schmidt) als Schnittstellen zwischen Forschung und Verwaltung: Die zentrale Aufgabe der KAB war es, die Forschungs- und Umsetzungsprojekte zur Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien unter Einbeziehung aller relevanten Akteure zu vernetzen, zu begleiten und zu unterstützen. Sie sollten die Klimaanpassungsaktivitäten innerhalb der Verwaltungen und zwischen Verwaltung, Wissenschaft und Bildung koordinieren. Fünf KAB waren für fünf Jahre im Regierungspräsidium Kassel, in der Stadt Kassel und in den fünf Landkreisen Kassel, Waldeck-Frankenberg, Hersfeld-Rotenburg, Schwalm-Eder und Werra-Meißner beschäftigt. Dabei teilten sich die Stadt und der Landkreis Kassel sowie die Landkreise Hersfeld-Rotenburg und Schwalm-Eder jeweils einen Klimaanpassungsbeauftragten. Sie hatten eine besondere Bedeutung für die Etablierung und Durchführung der Umsetzungscluster.[52]

- *Klimaanpassungsmanager* (KAM) des Regionalmanagements als Schnittstellen zwischen Forschung und Wirtschaft. Jeweils ein Klimaanpassungsmanager war für eines der Cluster des Regionalmanagements „Tourismus und Gesundheit" (Frau Schulte), „Mobilitätswirtschaft" (Herr Kluger[53]) sowie „Dezentrale Energietechnologien" (Herr Kallok[54]), zuständig. Sie waren das

50 S. hierzu näher 2.7.
51 S. zu dieser Netzwerkstruktur auch Kap. V: Roßnagel, Steffens.
52 S. hierzu näher 2.6.
53 Ab September 2012 Frau Gläser.
54 Ab März 2011 Herr Dr. Jäckel und ab April 2012 Frau Hasberg.

Bindemitglied zwischen Regionalentwicklung, Wirtschaftsclustern, Unternehmen und Forschung. Sie wirkten unmittelbar organisatorisch in den Umsetzungsprojekten „Energiebereitstellung“, „Tourismusstrategien“, „Mobilitätswirtschaft“, „Gesundheitsschutz“, „Solare Trocknung“ und „Cluster Gesundheit“ mit.

- *Klimaanpassungsakademie* (KAA) (Frau Nutz und Frau Wild[55]) der vhs Kassel als Bildungsträger für Aus- und Weiterbildung zu Themen der Klimaanpassung. Ihre Aufgabe bestand darin, die in KLIMZUG-Nordhessen gewonnenen Erkenntnisse in Bildungsangebote zu überführen und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die Klimaanpassungsakademie entwickelte sich zu einer Informations- und Kommunikationsdrehscheibe für das weite Themenspektrum Klimawandel, Klimaschutz und Klimaanpassung. In ihren vielfältigen Veranstaltungen trafen sich Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft, Verwaltung, Politik und vielen aktiven, engagierten Gruppen zum Austausch und erörterten Themen des Klimawandels. Sie ermöglichte vielen Interessierten, ihre Fragen, Perspektiven und Anregungen zum Thema „Klimawandel in Nordhessen“ einzubringen und Konzepte für die Gestaltung der Zukunft der Region zu entwerfen. Diese wurden auf unterschiedlichen Ebenen kultureller Ausdrucksformen umgesetzt.

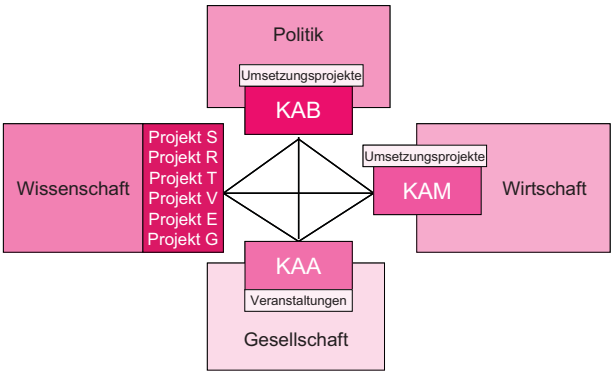


Abbildung 3: Funktionen der Governanceinnovationen

Diese neuen Institutionen waren in die bestehenden Strukturen und Abläufe ihrer Anstellungsorganisation einzupassen. Sie mussten einen jeweils geeigneten Modus ihrer Aufgabenwahrnehmung entwickeln und erproben. Hierfür waren unterschiedliche Formen der Koordination und Absprachen untereinander und mit

[55] Bis 2011 Frau List-Ivankovic.

Vertretern ihrer Anstellungsorganisationen erforderlich. Zudem mussten Möglichkeiten und Formen der Einarbeitung in thematische Schwerpunkte sowie der Kommunikation zwischen den Governanceinnovationen und den Forschungsbereichen sowie den Governanceinnovationen und der Verwaltung, der Wirtschaft und den Bildungsinstitutionen sowie den Bürgern gefunden werden.[56]

2.5 Forschung

Im Rahmen des Gesamtprojekts hatten die Forschungsprojekte die Aufgabe, wichtige Anpassungsbedarfe der Region zu erkennen und für diese umsetzungsfähige Lösungen zu erarbeiten und an der exemplarischen Umsetzung dieser Lösungsvorschläge mitzuarbeiten. Die 18 Forschungsprojekte waren in drei Arbeitsbereiche zusammengefasst:[57]

- Arbeitsbereich *Szenarien* (S),
- Arbeitsbereich *Lösungen* (L) und
- Arbeitsbereich *Gesellschaft* (G).

Innerhalb der Arbeitsbereiche untersuchten die Forschungsprojekte problem- und lösungsbezogene Anpassungsthemen. Diese sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

Im Arbeitsbereich *Szenarien* (S) befassten sich zwei Forschungsprojekte mit der Entwicklung von Klimaszenarien für die Region Nordhessen. Im Forschungsprojekt *„Kommunikation Klimaprojektionen, Integrative Systemanalyse und Szenarien, Bilanzierung“* (S1) wurden die Klimaszenarien für Deutschland und Europa für die Region Nordhessen konkretisiert und aus den Erkenntnissen über zu erwartende Klimaänderungen regionalen Anpassungsbedarfe abgeleitet.[58] Das Forschungsprojekt *„Auswirkung des globalen Klimawandels auf das Stadt- und Regionalklima“* (S2)[59] untersuchte die durch den Klimawandel bewirkten Veränderungen des Stadtklimas in Kassel und berücksichtigte dabei auch die Szenarien einer zukünftigen Siedlungsentwicklung. Es entwickelte außerdem interaktive Klimafunktionskarten für einzelne Klimafunktionen wie zum Beispiel Hitze-, Wind- und Niederschlagsbelastungen für Nordhessen. Diese Klimafunktionskarten können als Instrument für die Wirkungsprognose von Planungsentscheidungen genutzt werden.

Im Arbeitsbereich *Lösungen* (L) untersuchten zwölf Forschungsprojekte fachliche Lösungsvorschläge für vier vom Klimawandel betroffene Sachbereiche, nämlich

---

56 Zur Evaluation der Governanceinnovationen s. Kap. V: Bauriedl et al.
57 S. zu diesen näher 2.3.
58 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
59 S. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

Ressourcenbewirtschaftung (R), Tourismus und Gesundheit (T), Verkehr (V) und Energienutzung (E).

Im Sachbereich der Ressourcenbewirtschaftung (R) untersuchte das Forschungsprojekt *„Entwicklung und Evaluierung adaptierter Anbau- und Nutzungskonzepte für Energiepflanzen im Einflussgebiet nordhessischer Fließgewässer“* (R1) unter anderem, wie in Hanglagen trotz Klimawandel mit zunehmenden Starkregenereignissen Erosion vermieden, die Folgen von Ernteausfällen vermindert, die Ertragssituation verbessert und ein Beitrag zur Energiewende geleistet werden kann. Als Lösung für alle vier Probleme wurde ein Zwei-Kultur-Nutzungssystem entwickelt und erprobt.[60]

Das wasserwirtschaftliche *„Teilprojekt Klimawandel in Nordhessen – Folgen und Anpassungsmöglichkeiten für die Wasserwirtschaft am Beispiel von Eder und Fulda“* (R2) entwickelte neue Methoden und Werkzeuge, um den Zusammenhang zwischen Ergebnissen von Klimamodellen und Prognosen des Wasserhaushalts zu verbessern und daraus Verfahren und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel abzuleiten. Diese Erkenntnisse wurden auf das Flusseinzugsgebiet der Fulda und die zugehörigen Fließgewässer sowie das Gebiet der unteren Eder und der unteren Fulda zwischen Edersee und Zusammenfluss von Fulda und Werra zur Weser angewendet.[61]

Um langfristig einen Waldbestand zu sichern, der den negativen Folgen des Klimawandels widerstehen kann, erarbeitete das Teilprojekt *„Klimawandel in Nordhessen – Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda“* (R3) Entscheidungshilfen für eine standortgemäße Baumartenwahl unter den sich verändernden Klimabedingungen.[62]

Der Forschungsbereich Tourismus und Gesundheit (T) erforschte wissenschaftliche Fragestellungen des Klimawandels für die Tourismuswirtschaft in Nordhessen und für die Gesundheitsversorgung der Stadt- und Landbevölkerung in dieser Region. Das Forschungsprojekt *„Tourismusdestination Nordhessen im Klimawandel: Herausforderungen und Masterplan zur strategischen Anpassung“* (T1) führte eine Analyse der Betroffenheit des Tourismus in Nordhessen durch die Folgen der Klimaänderung und entwickelte eine Strategie zur Anpassung und Umsteuerung der touristischen Angebote sowie der Marketingaktivitäten der Destination.[63]

---

60 S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.
61 S. Kap. III: Theobald et al.
62 S. Kap. III: Fiebiger et al.
63 S. Kap. III: Hahne et al.

Vor dem Hintergrund der für Nordhessen gültigen Klimaszenarien, der Altersstruktur und der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung der Region untersuchte das Forschungsprojekt **„***Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken***“** (T2) die Funktionsfähigkeit der ambulanten medizinischen Versorgungsstrukturen in ländlichen Bereichen und entwickelte Anpassungsstrategien für spezifische Gesundheits- und Versorgungsprobleme vulnerabler Bevölkerungsgruppen. Im Mittelpunkt standen die gezielte Prävention hitzeassoziierter Gesundheitsrisiken bei alten Menschen sowie die Sicherung der Versorgung Pflegebedürftiger bei gefährdenden Wetterlagen.[64]

Eine Wissensbasis und qualifizierte Informationen für mögliche Schulungskonzepte, Bildungsmodule und Kompetenzstandards wurden durch das Forschungsprojekt **„***Lehr-/Lernmodule zur Klimaanpassung im Gesundheitswesen*“ (T3) entwickelt. Als ein wesentliches Ergebnis konzipierte es ein Qualitätssiegel, mit dem Versorgungs- und Pflegedienstleister ausgezeichnet werden, die ihre Betriebe im Hinblick auf die Herausforderungen des veränderten Klimas angepasst haben.[65]

Ein Vorhersagemodell zur besseren zeitlich-räumliche Extrapolation der Beziehung zwischen Klimawandel und der Inzidenz vektorassoziierter Krankheiten in Nordhessen war das Ziel des Forschungsprojekts *„Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen*“ (T4). Der besondere Ansatz lag dabei in der engen Einbeziehung der regionalen Bevölkerung in die Forschung, indem das Monitoring von Mücken und Zecken sukzessive von der regionalen Bevölkerung verantwortlich übernommen wird.[66]

Im Forschungsbereich Verkehr (V) werden die Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Verkehrsarten in Nordhessen analysiert und prognostiziert und entsprechende Anpassungsstrategien, die auf Maßnahmen des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements beruhen, abgeleitet. Der Einfluss von Klimaveränderungen auf die nordhessische Verkehrsinfrastruktur und vor allem auf das Verhalten von Verkehrsteilnehmern wurde durch das Forschungsprojekt *„Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr*“ (V1) analysiert.[67] Es definierte vor allem Anforderungen, die die Attraktivität des öffentlichen Nahverkehrs aufrecht erhalten und steigern können.

Das Forschungsprojekt **„***Umsetzung der Klimaanpassung in der Mobilitätswirtschaft der Region Nordhessen mit dem Schwerpunkt betriebsbezogener Verkehre*“ (V2)[68] unter-

64 S. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe und Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
65 S. Kap. III: Neuschäfer.
66 S. Kap. III: Schlott et al.
67 S. Kap. III: Holzapfel, Röhrig.
68 S. Kap. III: Sommer et al.

suchte für den städtischen Wirtschaftsverkehr alternative Möglichkeiten zur Verminderung von Luftschadstoffemissionen. Als Lösungsansatz und Anpassungsstrategien wurde ein Citylogistiksystem entwickelt, das durch Bündelung des Warentransports eine höhere Auslastung der LKW-Fahrten erreichen kann, und die Entlastungspotenziale von Fahrradkurierdienstleistungen analysiert.

Im Arbeitsbereich Energienutzung (E) beschäftigten sich die Forschungsprojekte mit den Konsequenzen der Klimaveränderungen auf unterschiedliche Formen des Energiebedarfs und der Energienutzung. Das Forschungsprojekt *„Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel“* (E1) entwickelte eine intelligente Steuerungseinheit, die mit einem neuronalen Netz zur Auswertung der Wettervorhersage gekoppelt ist und mit Hilfe einer dezentralen Energieversorgungseinheit Strom, Wärme, Kälte und Druckluft bereitstellt. Dadurch können vorausschauend optimale Produktionsbedingungen trotz Hitze oder starker Temperaturschwankungen gewährleistet werden.[69]

Das Teilprojekt „Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die Behaglichkeit in Räumen“ (E2) untersuchte das Raumklima in einer Schule sowie einem Altenheim in Kassel.[70] Sowohl die Nutzung von Gebäuden für den Schulbetrieb als auch als Aufenthaltsort für Senioren bringt verstärkte Herausforderungen hinsichtlich der Gewährleistung eines behaglichen Innenraumklimas mit sich. Die Untersuchung zeigte den Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumtemperatur, Klimatisierung, Frischluftzufuhr, Energieaufwand und Nutzerverhalten auf. Nur wenn diese Faktoren im Gesamtzusammenhang betrachtet werden, kann eine wirkungsvolle Klimatisierung gewährleistet werden.

Um in der Landwirtschaft dem erhöhten Energiebedarf für die Trocknung von Getreide oder Heu durch zunehmende Niederschläge klimagerecht zu begegnen, wurde durch das Forschungsprojekt *„Experimentelle Untersuchung und Demonstration von Sorptionsspeicheranlagen für die solargetriebene Niedertemperaturtrocknung“* (E3) eine solare Absorptions-Trocknungsanlage zur Trocknung von landwirtschaftlichem Erntegut entwickelt. Durch die Anlage können fossile Energieträger substituiert werden, der landwirtschaftliche Trocknungsbedarf wetterunabhängig gedeckt und mit geringer Luftfeuchtigkeit und vergleichsweise niedrigen Temperaturen eine schonende Trocknung gewährleistet werden.[71]

Im Arbeitsbereich *Gesellschaft* (G) untersuchten vier Forschungsprojekte gesellschaftlichen Faktoren, die für die Umsetzung von Lösungsvorschlägen zur Klimaanpassung fördernd oder hemmend wirken können. Sie gehen von der Erkenntnis

[69] S. Kap. III: Lang et al.
[70] S. Kap. III: Maas, Schneider.
[71] S. Kap. III: Jordan et al.

aus, dass Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Klimaanpassung ist, dass neben der Suche nach Anpassungslösungen auch die Einstellung und das Verhalten der Menschen sowie Strukturen und Verfahrensweisen in den Blick genommen und entsprechend darauf reagiert werden muss.

Das Forschungsprojekt „*Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen*" (G1) untersuchte die Herausforderungen und Lösungen zur Anpassung an den Klimawandel aus rechtswissenschaftlicher Sicht.[72] Dabei wurden zum einen wesentliche Herausforderungen und Charakteristika des Umgangs mit den Folgen des Klimawandels, wie zum Beispiel die Komplexität der Problemstellungen, die Unsicherheit der Prognosen sowie das zwingend regionale Handeln zur Anpassung an den Klimawandel, ermittelt.[73] Zum anderen wurden die Möglichkeiten und Grenzen der rechtlichen Steuerung analysiert und geeignete rechtliche Instrumente sowie unterschiedliche Möglichkeiten aufgezeigt und diskutiert, wie zur Bewältigung der ermittelten Herausforderungen Regelungen gestaltet werden sollten.

Das Forschungsprojekt „*Partizipation, Akzeptanz und Regionale Governance*" (G2) untersuchte, wie sich demokratisch legitimierte Lösungen zur Anpassung an den Klimawandel umsetzen und wie sich in diesem Zusammenhang Synergieeffekte bei unterschiedlichen Akteuren erreichen lassen.[74] Dabei wurden insbesondere Akteurskonstellationen betrachtet und es wurde aufgezeigt, wie Umsetzungskonflikte bearbeitet, Interessenabwägungen vorgenommen und durch zivilgesellschaftliche Partizipation Akzeptanz geschaffen werden kann.

Das Forschungsprojekt „*Unterstützung der regionalen Klimaanpassung durch umweltsozialwissenschaftliche Befragung und Szenarienbildung*" (G3)[75] ging den Fragen nach, wie Menschen veranlasst werden können, ihr Verhalten anzupassen und welche Motivationen dabei eine wesentliche Rolle spielen. Dabei wurde insbesondere untersucht, welche Bedeutung die Kommunikation im sozialen Umfeld für Motivbildungen und Verhaltensänderungen hat.

Das Verhalten von Unternehmen kann oft nicht mit dem Modell des „homo oeconomicus" erklärt werden. Auch sie durchleben Lernprozesse, verhalten sich Moden entsprechend und bilden Leitbilder und Orientierungen aus. Das Forschungsprojekt „*Klimawandel unternehmerisch gestalten*" (G4)[76] untersuchte, welche Chancen und Risiken sich für Unternehmen durch den Klimawandel ergeben und wie sie mit diesen umgehen. Dabei war das Interesse vor allem darauf ausgerich-

---

72 S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.
73 S. hierzu näher Kap. V: Henschke, Roßnagel.
74 S. Kap. IV: Bauriedl, Görg, Baasch.
75 S. Kap. IV: Ernst et al.
76 S. Kap. IV: Freimann, Mauritz, Walther.

tet, welche Möglichkeiten, mit diesen umzugehen, für die Unternehmen in Nordhessen bestehen.

Klimaszenarien (S)	Regionalisierung von Klimaszenarien (S1) Regionale Klimafunktionen (S2)
Lösungen (L)	**Ressourcenbewirtschaftung (R)** Landwirtschaft (R1) Wasserwirtschaft (R2) Forstwirtschaft (R3)
	Tourismus und Gesundheit (T) Tourismusmasterplan (T1) Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken (T2) Lehr-/Lernmodule im Gesundheitswesen (T3) Gesundheitsvorsorge gegen Krankheitsvektoren (T4)
	Verkehr (V) Personenverkehr (V1) Wirtschaftsverkehr (V2)
	Energienutzung (E) Energieeffizienz in der Produktion (E1) Behaglichkeit in Räumen (E2) Solare Trocknung (E3)
Gesellschaft (G)	Rechtsfragen der Klimaanpassung (G1) Anpassung politischer Strukturen (G2) Anpassung individuellen und kollektiven Verhaltens (G3) Anpassung wirtschaftlichen Handelns (G4)

Tabelle 1: Struktur der Forschungsprojekte

2.6 Vernetzung und Umsetzung

Die Anpassung der Region an den Klimawandel ist eine Querschnittsaufgabe.[77] Sie führt zu einem Handlungsbedarf in nahezu sämtlichen Sektoren und oftmals wirken sich Anpassungsmaßnahmen auf unterschiedliche Sektoren aus, so dass zum einen Synergien genutzt und zum anderen aber auch Interessenkonflikte gelöst werden müssen. Grundlage für eine erfolgreiche Anpassung der Region an den Klimawandel ist folglich eine enge Kooperation sowohl zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Verwaltung und Politik als auch zwischen unterschiedlichen Akteuren innerhalb der genannten Gruppen. Diese Zusammenar-

[77] S. Kap. V: Henschke, Roßnagel.

beit ist bereits notwendig, um den Anpassungsbedarf zu bestimmen, ist aber noch dringender, um geeignete Lösungsentwürfe zu erarbeiten, und noch mehr, diese in der Praxis umzusetzen. Grundlage und einen ersten Schritt in Richtung einer klimaangepassten Region ist eine themenspezifische Vernetzung aller notwendigen Institutionen und Akteure.[78]

Eine solche Vernetzung zwischen den Hauptakteuren – der Universität Kassel, der nordhessischen Wirtschaft sowie dem Regierungspräsidium und den nordhessischen Gebietskörperschaften – bestand schon vor dem Projekt vor allem durch die gemeinsamen Aktivitäten im Rahmen des Regionalmanagements und wurde für die Antragstellung themenspezifisch aktualisiert. Dieses Netzwerk sollte im Rahmen der Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen unter Einbezug der vielen relevanten Untergliederungen der Hauptakteure zu einem Klimaanpassungsnetzwerk weiterentwickelt werden.

Das erste Jahr des Verbundprojekts war vor allem davon geprägt, alle relevanten und interessierten Akteure über grundlegende Aspekte des Klimawandels in Nordhessen und seine möglichen Folgen sowie zu Zielen, Ansätzen und Methoden der Verbundvorhabens zu informieren. In der folgenden Zeit knüpfte jedes Teilprojekt seine eigenen Beziehungen zu den thematisch relevanten Fachleuten in Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Verwaltung und Politik und versuchte diese in die Bestimmung der Anpassungsbedarfs und in die Suche nach Anpassungskonzepten aktiv einzubeziehen. So entstanden vielfältige fach- oder problembezogene Netzwerke, die auf den jährlichen Regionalforen zusammengeführt wurden. In dieser Phase der Vernetzung nahmen auch die KAB und KAM ihre Funktion als Vermittler zwischen Wissenschaft und Praxis wahr. Die KAA und die Koordination des Verbundvorhabens entwickelten diverse Kommunikationstools, um die Zielgruppenansprache gezielt zu unterstützen.

Die Netzwerkbildung wurde vor allem dadurch unterstützt, dass die Verbundpartner aus Wissenschaft und Praxis von Anfang an in neun Umsetzungsprojekten eng kooperierten. Sie führten zu einer thematischen Schwerpunktsetzung und erforderten, Forschungsergebnisse mit konkreten Anpassungsbeispielen zu verknüpfen. Diese Umsetzungsprojekte waren von den Praxispartnern beantragt worden und wurden von diesen auch geleitet. Sie dienten der Umsetzung von Lösungsideen, die bei der Antragstellung im Prinzip bereits bekannt waren.[79]

Umsetzungsprojekte (U), die unmittelbar Fragen der regionalen Governance zur Klimaanpassung zum Gegenstand hatten, waren die Einführung und die Arbeit

78 S. hierzu und zum Folgenden näher Kap. V: Roßnagel, Steffens.
79 S. zur Umsetzung auch Kap. V: Henschke et al.

der drei Governanceinnovationen.[80] Die *Klimaanpassungsbeauftragten* (U1) waren beim Regierungspräsidium angestellt und hatten ihre Arbeitsplätze in den Gebietskörperschaften. Die *Klimaanpassungsmanager* (U2) hatten ihren Arbeitsplatz in den drei Wirtschaftsclustern des Regionalmanagements „Tourismus und Gesundheit“, „MoWin.net“ und „deENet“. Die *Klimaanpassungsakademie* (U3) war der vhs Kassel angegliedert.

Darüber hinaus waren sechs weitere mit Forschungsprojekten eng vernetzte Umsetzungsprojekte beantragt worden:

Das Umsetzungsprojekt *„Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel“* (U4) wurde von deENet beantragt und arbeitete mit Limon und den Forschungsprojekten E1, E3, G4 und S1 eng zusammen. Es realisierte die von E1 konzipierte Steuerungseinheit, die unter Auswertung von Wettervorhersagen mit Hilfe einer dezentralen Energieversorgungseinheit Strom, Wärme, Kälte und Druckluft entsprechend den jeweiligen Witterungsbedingungen bereitstellt.[81]

Das vom Cluster Tourismus des Regionalmanagements Nordhessen durchgeführte Umsetzungsprojekt *„Tourismusdestinationen im Klimawandel: Herausforderung und Masterplan zur strategischen Anpassung“* (U5) entwickelte in enger Zusammenarbeit mit dem Forschungsprojekt T1 einen Masterplan zur Anpassung und Umsteuerung der touristischen Angebote und Marketingaktivitäten der verschiednen Destinationen in Nordhessen.[82]

Das Cluster Mobilitätswirtschaft (MoWin.net.) des Regionalmanagements Nordhessen führte zusammen mit der Forschungsprojekten V1, V2, G2, G3 und G4 das Umsetzungsprojekt *„Umsetzung der Klimaanpassung in der Mobilitätswirtschaft der Region Nordhessen mit dem Schwerpunkt betriebsbezogener Verkehre“* (U6) durch und realisierte in mehreren Betrieben eine interne Mitfahrzentrale, die es den Mitarbeitern ermöglicht Fahrgemeinschaften zum Betrieb zu bilden.

Als weitere Anpassungsmaßnahme wurde durch das Umsetzungsprojekt *„Gezielte Prävention von Hitze bedingten Gesundheitsschäden bei alten Menschen in der Kommune“* (U7) vom Gesundheitsamt Region Kassel mit Unterstützung der Forschungsprojekte T2, T3 und S2 der Telefonservice „Sonnenschirm“ zur Information und Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefährdung auf der Basis ehrenamtlicher

[80] S. oben 2.4.
[81] S. Kap. III: Lang et al.
[82] S. Kap. III: Hahne et al.

Mitwirkung organisiert und eine Form von Nachbarschaftshilfe auf Stadtteilebene ins Leben gerufen.[83]

In dem Umsetzungsprojekt „*Demonstration von Sorptionsspeicheranlagen für die solargetriebene Niedertemperaturtrocknung*“ (U8) errichtete die Staatsdomäne Frankenhausen, ein Eigenbetrieb des Fachbereichs „Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, zusammen mit dem Forschungsprojekt E3 eine Demonstrationsanlage für die solare Sorptionstrocknung. Sie ermöglicht den Landwirten, auch bei wechselhaften oder dauerhaft feuchten Wetterlagen Güter zu ernten, die nur getrocknet lagerfähig sind, ohne dafür fossile Brennstoffe zu verwenden.[84]

Das Umsetzungsprojekt „*Klimawandel und Gesundheit: Anpassungsmaßnahmen der Bevölkerung und der Infrastrukturen der Gesundheitsversorgung*“ (U9) des Clusters Gesundheit des Regionalmanagements Nordhessen realisierte in enger Kooperation mit dem Forschungsprojekt T4 ein Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren durch viele Freiwillige in allen Landkreisen Nordhessens. [85]

Zur Mitte der Projektlaufzeit fand eine Klausursitzung statt, in der angesichts des transformativen Charakters von KLIMZUG-Nordhessen die Frage erörtert wurde, welche Ergebnisse umsetzungsfähig sein werden und bis zum Projektende umgesetzt werden sollten. Um diese Umsetzungen zu erreichen, sollte mit den Praxisakteuren ein ernsthafter, lösungsbezogener und ergebnisorientierter Prozess verfolgt werden. Als Governanceformation für die Umsetzung dieser Zielsetzung wurden *Umsetzungsverbünde* gegründet, erprobt und weiterentwickelt, die – zusätzlich zu den im Antrag bereits vorgesehenen Umsetzungsprojekten – praktische Maßnahmen zur Klimaanpassung in Nordhessen realisierten. Die Umsetzungsverbünde erhöhten die Zahl und die Vielfalt der noch während der Projektlaufzeit praktisch realisierten Anpassungsmaßnahmen auf insgesamt 17. Durch diese Umsetzungsverbünde wurde das Klimaanpassungsnetzwerk weiter entwickelt und gestärkt.[86]

Ziel eines Umsetzungsverbunds war jeweils die beispielhafte Realisierung einer im Verbund entwickelten Anpassungsmaßnahme vor Ort. Sie sollte eine breite interdisziplinär ausgerichtete wissenschaftliche Expertise aus den Bereichen Szenarien, Lösungen und Gesellschaft integrieren und durch lokale oder regionale Praxisakteure realisiert und ausgestaltet werden. Die Umsetzungsverbünde griffen regionalspezifische Anpassungsprobleme auf, integrierten themenspezifisch neue Erkenntnisse und führten sie zu integrierten Lösungen. Zu ihrer Realisierung ar-

---

83 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
84 S. Kap. III: Jordan et al.
85 S. Kap. III: Schlott et al.
86 S. hierzu sowohl Kap. V: Roßnagel, Steffens und Kap. V: Henschke et al.

beiteten jeweils die regionale Verwaltungseinheit, die thematisch befassten Forschungsprojekte und die Umsetzungsnetzwerke zusammen. Die KAB oder die KAM gewährleisteten durch ihre Koordinationsfunktion die Berücksichtigung lokalspezifischer, sektoraler oder branchenbezogener Belange und banden die relevanten Verwaltungs- und Wirtschaftsakteure ein. Die KAA unterstützte diese thematischen Verbünde durch Informationsmaterialien und Veranstaltungsformate, die diese jeweiligen Besonderheiten berücksichtigen. Die Umsetzungsverbünde setzten insgesamt den Grundsatz transdisziplinärer Zusammenarbeit um und verfolgten zielgerichtet die Transformation der lokalen Verhältnisse in Richtung Klimaanpassung. Sie erwiesen sich als ein geeigneter Ansatz für die kooperative Steuerung von Anpassungshandeln vor Ort.

Umsetzungsverbünde realisierten folgende Umsetzungen:[87]

- Erprobung eines Zwei-Kultur-Nutzungssystems für einen klimaangepassten Ackerbau mit zwei Ernten unterschiedlicher Energiepflanzen an zwei Standorten,
- Installation einer klimaangepassten Klima- und Lüftungsanlage in einem Klassenzimmer,
- Umsetzung von Nachbarschaftshilfekonzepten für Pflegebedürftige in entlegenen Ortschaften,
- Implementierung eines Qualitätssiegels für klimagerechte Pflegedienste und Vergabe des Siegels an einen Pilotbetrieb,
- Beispielhafte Ausstattung von Bushaltestellen mit Elementen zur Klimaanpassung,
- Kapazitätsentwicklung touristischer Leistungsträger hinsichtlich Klimawandel und -anpassung,
- Vorschläge zur Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen bei der Fortschreibung des Regionalplans 2017,
- Klimaanpassungsempfehlungen, Problemanalyse und Konzeption eines integrativen Vorhabens zur Bewältigung zentraler Hemmnisse bei der Klimaanpassung im Forst,
- Konzept für ein Niedrigwassermanagement der Fulda,

[87] S. ausführlich Kap. V: Henschke et al.

- Bereitstellung interaktiver Klimafunktionskarten als Planungshilfen im World Wide Web,
- Erprobung eines neuen Konzepts für die City Logistik in Kassel und Bad Hersfeld.

Die realisierten Umsetzungen bleiben erhalten, etwa die Hälfte der Umsetzungsmaßnahmen wird auch nach Beendigung des Verbundprojekts fortgeführt. Für andere wird nach Mitteln gesucht, sie weiterhin finanzieren zu können.

2.7 Transfer

Die Ergebnisse der Forschungsprojekte und die Erfahrungen in der Fortentwicklung der Governanceformation Nordhessen für die Anpassung an den Klimawandel sollten mit einer europäischen Partnerregion ausgetauscht werden, die vergleichbare Anpassungsbedarfe hat. Die Wahl des Waldviertels in Niederösterreich als Transferregion für das Vorhaben „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen" bot sich aus mehreren Gründen an.

Zum einen sind die topografischen und klimatischen Verhältnisse im Waldviertel denen in Nordhessen ähnlich. Das Waldviertel liegt zwischen der Wachau und der tschechischen Grenze auf einer Hochebene, die durch schlechte bis mittlere Agrarstandorte gekennzeichnet ist. Es weist mit seinen Flüssen Zwettl, Thaya und Kamp eine der dem mittleren Fuldatal vergleichbare Hochwasserproblematik auf.

Zum anderen war auch die Partnerregion mit ihren 230.000 Einwohnern in den 70er Jahren Abwanderungsgebiet und gilt in der heutigen Zeit als eine der österreichischen Zukunftsregionen. Das Waldviertel verfügte über eine ähnliche Governanceformation wie Nordhessen.

Drittens bestanden seit mehr als zwei Jahrzehnten intensiven Kooperationsbeziehungen zu Fragen der nachhaltigen und zukunftsfähigen Regionalentwicklung. Zwischen beiden Regionen fanden regelmäßige gegenseitige Besuche von Delegationen statt und wurden Workshops zur Regionalentwicklung (z.B. zu Schulfragen, Agrarförderung, Energie, Fremdenverkehr) zwischen dem Landkreis Kassel (Parlament und Regierung, Ausschuss und Kreistag), Vertretern von Kommunen und Regionalmanagement einschließlich Vertretern regionaler Unternehmen (HK, IHK) durchgeführt.

Schließlich wurde die österreichische Region als Projekt planerisch und wissenschaftlich von der Universität für Bodenkultur in Wien betreut, die Kooperationspartnerin der Universität Kassel ist.

Im Rahmen des Wissenstransfers mit dem Waldviertel fanden während der Projektlaufzeit vier jeweils zweitägige Konferenzen statt, zwei im Waldviertel und zwei in Nordhessen, in Witzenhausen und in Kassel. In diesen wurden sowohl fachliche als auch methodische, politische und verwaltungstechnische Frage der Klimaanpassung in beiden Regionen erörtert. Von KLIMZUG-Nordhessen unterstützte Versuche, für das Waldviertel in Österreich ebenfalls eine Projektunterstützung zu erlangen, schlugen leider fehl. Dies behinderte zwar nicht den Informationsaustausch, aber doch die Möglichkeiten des Waldviertels, Anregungen aus Nordhessen im Waldviertel umzusetzen und zu erproben.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Verbundprojekts „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ sind vielfältig. Festgehalten werden kann, dass das Projekt das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer Klimaanpassung erheblich verbreitert und gestärkt hat. Im Lauf des Projekts wurde ein Klimaanpassungsnetzwerk geschaffen, das auf einer guten Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik aufsetzen konnte und diese hinsichtlich der Aufgabe der Klimaanpassung verbreitert und vertieft hat. In diese konnten engagierte Bürger und Verbände integriert werden. Für dieses Netzwerk wurde eine für Klimaanpassung geeignete Form der regionalen Governance gefunden und weiterentwickelt. Mit den Klimaanpassungsbeauftragten, den Klimaanpassungsmanagern und der Klimaanpassungsakademie sowie den Umsetzungsverbünden wurden – bei Kritik im Detail[88] – geeignete Governanceinnovationen etabliert und erprobt. Die 18 Forschungsprojekte entwickelten in transdisziplinärer Kooperation mit Praxisakteuren einen großen Strauß von praktikablen Anpassungslösungen in vielen unterschiedlichen Handlungsfeldern. Mit 17 Umsetzungen von Klimaanpassungsmaßnahmen in der Region wurde auch die transformative Zielsetzung von KLIMZUG erfüllt.

Alle in diesen Überblicksbeitrag angesprochenen wissenschaftlichen und praktischen Ergebnisse werden in den folgenden Beiträgen ausführlich erläutert. Dabei folgt die Darstellung weitgehend der Struktur des Verbundprojekts.

Literatur

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Förderbekanntmachung: Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten (KLIMZUG) Regionen gewinnen im Wettbewerb – die Welt gewinnt mit!, Berlin 2007.

[88] S. Kap. V: Bauriedl et al.

Institut der Deutschen Wirtschaft (IW): Klimawandel in Regionen – Anpassungsstrategien für sieben Regionen, Köln 2011.

II

KLIMAWANDEL IN NORDHESSEN

REGIONALISIERUNG VON KLIMASZENARIEN

Alejandra Matovelle, Karl-Heinz Simon

ÜBERSICHT

1 EINFÜHRUNG 73
2 UNSICHERHEITEN REGIONALISIERTER KLIMAPROJEKTIONEN 74
3 LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON REGIONALISIERUNGSMODELLEN 78
4 KLIMAPROJEKTIONEN FÜR NORDHESSEN 79
4.1 RAHMENBEDINGUNGEN 79
4.2 VORGEHENSWEISE 82
5 KLIMAVERÄNDERUNGEN IN NORDHESSEN 82
5.1 LANGFRISTIGE KLIMAVERÄNDERUNGEN – DER TREND BIS 2100 83
5.2 MITTELFRISTIGE KLIMAVERÄNDERUNGEN –VERÄNDERUNG BIS 2040 86
5.3 EXTREMEREIGNISSE 91
5.4 GROßWETTERLAGE 93
5.4.1 Auswertung von Großwetterlagen 93
5.4.2 Ergebnisse 97
6 INTEGRATION DER AUSWERTUNGEN IN DEN TEILPROJEKTEN 101
LITERATUR 110

1 Einführung

Die Auswirkungen des Klimawandels, maßgeblich hervorgerufen durch die anthropogenen Treibhausgasemissionen und Landnutzungsänderungen, sind heute schon spürbar und werden sich in Zukunft noch drastisch verstärken. Da die Auswirkungen des Klimawandels von den regionalen und lokalen Gegebenheiten (wie z.B. Orografie, Landnutzung, Infrastruktur) abhängen, manifestieren sie sich von Region zu Region unterschiedlich und müssen dementsprechend auf einer regionalen Ebene ermittelt werden. Dazu ist es nötig, die Ergebnisse der globalen Klimamodelle mit einer kleineren räumlichen Auflösung zur Verfügung zu stellen. Regionalisierungsmodelle, mit unterschiedlichen so genannten Downscaling-Verfahren, erlauben es, zukünftige Klimaveränderungen räumlich zu spezifizieren. Die Ergebnisse der Regionalisierungsmodelle sind jedoch keine Vorhersagen über zukünftige Wettersituationen in der Region, da sie mit Unsicherheiten behaftet sind. Sie helfen jedoch, Trends zukünftiger Entwicklungen des Klimas

einzuschätzen und robuste Variationsspielräume und Wahrscheinlichkeitsbandbreiten dieser Entwicklungen darzustellen.

Innerhalb des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen wurden in den Bereichen Tourismus und Gesundheit, Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energienutzung und Verkehr Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel entwickelt. Hierzu können regionalisierte Klimaprojektionen wichtige Informationen liefern. Und so wurden die wichtigsten durch zwei unterschiedliche Regionalisierungsmodelle berechneten Klimavariablen und Klimakenntage für die Region Nordhessen ausgewertet.

2 Unsicherheiten regionalisierter Klimaprojektionen

Zur Entwicklung von Klimaanpassungsmaßnahmen in einer Region sind möglichst zeitlich und räumlich differenzierte Aussagen über die Veränderungen des Klimas hilfreich, so dass regionalisierte Klimaprojektionen als eine wichtige Quelle für solche Informationen gesehen werden. Solche Berechnungen sind jedoch keine Wettervorhersagen für die Zukunft auch wenn Klimamodelle Datenreihen für eine Vielzahl von Klimavariablen in einer zeitlichen Auflösung von Stunden und zum Teil auch sogar Minuten für stets kleinere Gitterzellen berechnen.[1] Der Grund liegt darin, dass der Berechnungsprozess einen gewissen Unsicherheitsgrad mitimpliziert, der unvermeidbar ist, so dass nur plausible, mögliche Entwicklungen generiert werden, nicht jedoch zeitlich und räumlich verlässliche Aussagen. Die schließlich verwendeten Informationen beruhen dann i.d.R. auf Mittelwerten, die aus mehreren Datenreihen oder auf der Grundlage von Ensembleauswertungen[2] gewonnen werden.

Generell kann der Berechnungsvorgang von Klimaprojektionen in drei Stufen eingeteilt werden: Definition der Annahmen über die sozioökonomischen und technologischen Entwicklungen Berechnung der Treibhausgasemissionen und -konzentrationen Berechnung der globalen und regionalen Klimaprojektionen. Jeder dieser Schritte ist mit unvermeidbaren Unsicherheitsfaktoren behaftet[3] wie in Abbildung 1 dargestellt.

---

1 Z.B. ist bei dem Regionalisierungsmodell CLM die räumliche Auflösung der Gitterzellen 12 km x 22 km.

2 Durch Ensembleberechnungen wird die gesamte Bandbreite an möglichen Klimaveränderungen wiedergegeben, denn es handelt sich hierbei um eine systematische Kombination von Berechnungen verschiedener Klimamodelle (Jacob et al. 2012).

3 Hawkins, Sutton 2009.

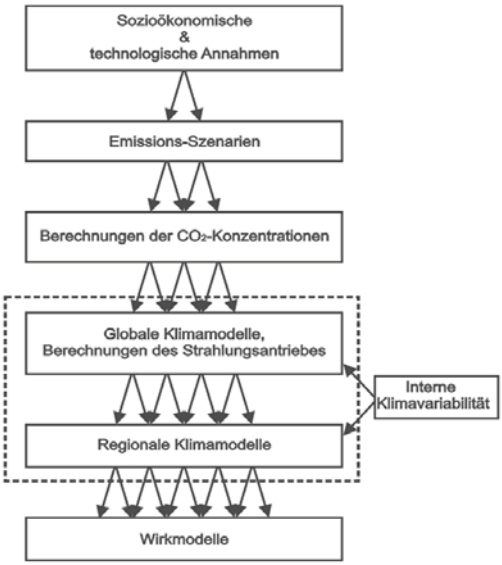


Abbildung 1: Sukzessive Zunahme an Unsicherheitsfaktoren bei der Berechnung regionalisierter Klimaprojektionen[4]

Die Unsicherheiten, mit denen die globalen und regionalisierten Klimaprojektionen verhaftet sind können in drei Kategorien eingeteilt werden, wie im Folgenden beschrieben wird:

Unsicherheiten der Emissionsszenarien

Die Treibhauskonzentrationen in der Atmosphäre haben Einfluss auf den Strahlungsantrieb und somit auf das Klima. Die Verläufe der Treibhausgasemissionen und der damit verbundenen zukünftigen Konzentrationen in der Atmosphäre sind jedoch ungewiss, da sie von den Entwicklungen mehrerer Treiber (sozioökonomische und technologische Entwicklungen u.a.) abhängen. In dem vom IPCC veröffentlichen Special Report on Emissions Scenarios (SRES)[5] werden in vier verschiedenen Szenarien (A1, A2, B1 und B2)[6] mögliche Entwicklungen dieser sozio-

[4] Die Zunahme an der Anzahl der Pfeile symbolisiert die Aufsummierung an Unsicherheiten mit jedem Schritt.

[5] IPCC 2000.

[6] Das A1-Szenario ist je nach Nutzung fossiler Energieträger wiederum in drei Gruppen unterteilt: A1B entspricht eine balancierte Nutzung zwischen fossilen und erneuerbaren Energieträgern, A1F eine intensive Nutzung fossiler Energieträger und A1T ist durch eine intensive Nutzung erneuerbarer Energieträger charakterisiert.

ökonomischen und technologischen Treiber beschrieben, und somit unterschiedliche Verläufe der Treibhausgasemissionen. Da diese beim Fortschreiten in die Zukunft zunehmend unberechenbarer werden, werden dann szenariospezifische Korridore möglicher Emissionsentwicklungen formuliert, wobei nicht ausgeschlossen werden kann, dass zukünftige Entwicklungen auch außerhalb dieser Korridore liegen können.[7] Die Emissionsmengen werden anschließend mittels Modellen in Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre übersetzt, die dann in die Modellierung der Klimaentwicklung einfließen.

In den kommenden Jahren werden die SRES-Szenarien durch vier neue Szenarien, die sogenannten RCP-Szenarien (Representative Concentration Pathways) ersetzt werden. Diese stellen die Bandbreite an Strahlungsantrieb dar, die den bislang in der Literatur beschriebenen Treibhausgasemissionen und -konzentrationen bis 2100 entspricht.[8] Sie werden dementsprechend nach den Strahlungsantrieb, der am Ende des Jahrhunderts durch den jeweiligen Pfad erreicht wird, benannt. So stellt RCP8.5 eine Entwicklung dar, in der keine politischen Klimaschutzmaßnahmen eingebracht werden und die Verbrennung fossiler Energieträger weiterfortgeführt wird, was dem A1 Szenario des SRES entsprechen würde. RCP6 und RCP4.5 beschreiben der heutigen Realität entsprechende Konzentrationspfade und können auf politischer Ebene mit den SRES-Szenarien A1 und B1 verglichen werden. RCP4.5 stellt einen Konzentrationspfad dar, der zum Erreichen des 2°C Zieles führt. Der RCP3.5 entspricht letztendlich einen Konzentrationspfad der sich durch den sofortigen Stopp aller Treibhausgasemissionen ergeben würde.[9] Ein wichtiger Unterschied zu den SRES-Szenarien ist, dass hier politische Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung mitberücksichtigt werden.

Unsicherheiten der internen Variabilität des Klimasystems

Das Klimasystem besteht aus unterschiedlichen Komponenten wie bspw. die Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre, die durch physikalische und chemische Wechselwirkungen miteinander gekoppelt sind. Durch diese Wechselwirkungen, die auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen stattfinden, entstehen innere Dynamiken, die das Klimasystem wenig vorhersagbar sein lassen. Zudem ist es nicht einfach, das Signal der internen Klimavariabilität von dem Signal der externen Treiberkräfte des Klimas zu trennen, da sich beide Signale überlagern. Um diese interne Variabilität herauszufiltern, die ggf. für kurze Zeitperioden den

7 Peters et al. 2012.
8 Van Vuuren 2011.
9 Otto 2012.

langjährigen Trend des Klimawandels gegenläufig erscheinen lassen können, werden in der Klimatologie Mittelwerte über mindestens 30 Jahre gebildet.

Unsicherheiten der Modelle

Modelle (sowohl globale als auch regionale) sind ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet, da sie die komplexen Dynamiken des Klimasystems nicht naturgetreu nachbilden können. Zum einen ist das Wissen über das Klimasystem sehr bruchstückhaft und zum anderen sind Modelle nicht in der Lage die ganze Komplexität der physikalischen Prozesse im Klimasystem darzustellen. Solche Prozesse werden in den Modellen durch vereinfachte Werte, Algorithmen und Parametrisierungen dargestellt. Da sie aber je nach Modell unterschiedlich charakterisiert werden, werden auch bei gleichen Eingangsdaten von den unterschiedlichen Modellen verschiedene Ergebnisse erzielt.

Wie in Abbildung 2 dargestellt sind regionalisierte Projektionen mit mehr Unsicherheiten behaftet als globale. Die Berechnungen der globalen Klimamodelle mit ihren Unsicherheiten sind die Eingangsdaten der Regionalisierungsmodelle. Die regionalisierten Berechnungen beinhalten dementsprechend die Unsicherheiten, die ihren Ursprung sowohl in den globalen als auch in den regionalen Modellen haben[10]. Zusätzlich sind Regionalisierungsmodelle nicht in der Lage die spezifischen Treiber einer bestimmten Region gänzlich zu berücksichtigen, was eine zusätzliche Unsicherheitsquelle für die regionalisierten Klimaprojektionen bedeutet.

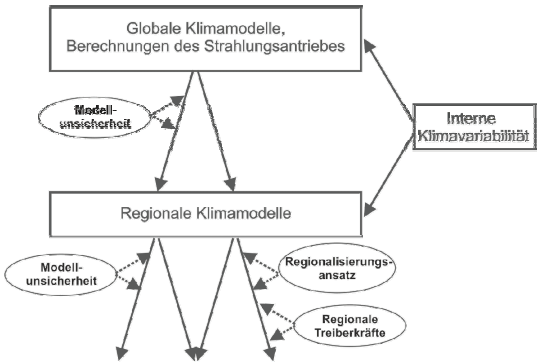


Abbildung 2: Unsicherheitsfaktoren bei den globalen und regionalen Klimamodellen[11]

Die relative Bedeutung der drei beschriebenen Quellen für Unsicherheit ist je nach

10 Giorgi 2005.
11 Eigene Darstellung auf Basis von Giorgi 2005.

betrachtetem Zeithorizont und räumlicher Skala unterschiedlich. Allgemein kann man sagen, dass für kurzfristige Zeithorizonte (ein bis zwei Jahrzehnte) sowohl auf der globalen als auch auf der regionalen Skala den Modellunsicherheiten und der internen Klimavariabilität die größte Bedeutung zukommt. Bei längeren Zeithorizonten nimmt die Unsicherheit der Szenarienaussagen zu. Abbildung 3 veranschaulicht wie sich die beschriebenen Zusammenhänge in den Projektionen am Beispiel der Temperatur verhalten – links für die globale, rechts für die regionale Ebene. Je nach berechnetem Klimaparameter verändert sich die Bedeutung der einzelnen Unsicherheiten. So sind bspw. bei den Niederschlagsprojektionen die Modellunsicherheiten von größerer Bedeutung als bei der Temperatur, da die erst genannte Größe generell viel schwieriger zu simulieren ist.

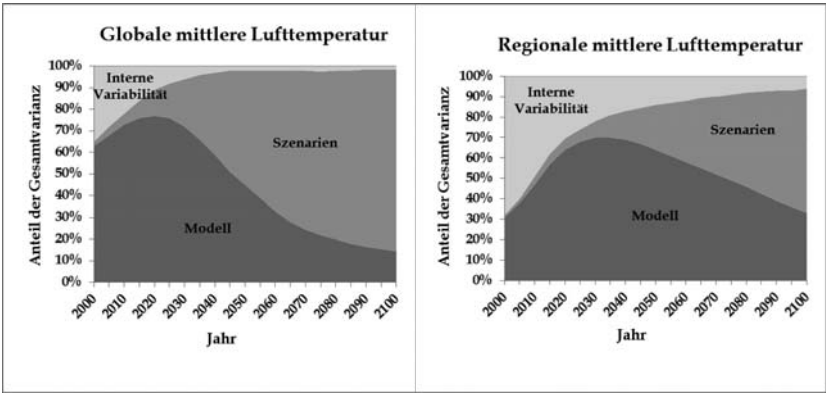


Abbildung 3: Relativer Anteil an Unsicherheiten in Klimaprojektionen je nach betrachtetem Zeithorizont am Beispiel der Lufttemperatur. Links auf globaler, rechts auf regionaler Ebene[12]

Beim Vergleich die Unsicherheiten der globalen und regionalen Klimaprojektionen, wird aus Abbildung 3 ersichtlich, dass bei den regionalisierten Klimaprojektionen die Modellunsicherheiten eine größere Bedeutung haben, als bei den globalen Projektionen.

3 Leistungsfähigkeit von Regionalisierungsmodellen

Die räumliche Auflösung die durch Regionalisierungsmodelle erreicht werden kann, variiert von Modell zu Modell und liegt zwischen einem 10 km und 25 km Raster. Methodisch gesehen existieren zwei Verfahren zur Regionalisierung globaler Klimaprojektionen, das dynamische und das statistische.

[12] Eigene Darstellung auf Basis von Hawkins, Sutton 2009.

Die dynamischen Regionalisierungsmodelle simulieren, ähnlich wie die globalen Klimamodelle, klimatische Zusammenhänge auf der Grundlage der regionalen physikalischen Prozesse in der Atmosphäre. Die globalen Klimasimulationen geben die Randbedingungen für diese Modelle vor. Dies bedeutet, dass sie die klimatische Entwicklung jenseits der Grenzen der zu untersuchenden Region darstellen. Mit diesen Informationen berechnet das Modell die klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes. Bei den statistischen Modellen werden statistische Zusammenhänge zwischen Großwetterlagen und gemessenen Werten an Klimastationen unter Einbeziehung der globalen Klimatrends für die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen ausgewertet.

4 Klimaprojektionen für Nordhessen

4.1 Rahmenbedingungen

Je nachdem, was für ein Ziel mit der Auswertung der Daten verfolgt wird, d.h. welche Informationen für Anpassungsmaßnahmen benötigt werden, werden unterschiedliche Bedingungen, unter denen die Klimaprojektionen ausgewertet werden, festgelegt. Das bedeutet, dass eine Aussage getroffen wird, welche Regionalisierungsmodelle berücksichtigt, welche Klimavariablen einbezogen und welche zeitliche Auflösung und Zeithorizont gewählt werden. Im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen wurden in Zusammenarbeit mit den einzelnen Teilprojekten und in Anlehnung an Nordwest 2050[13] diese Anforderungen für die zu untersuchende Region (s. Abbildung 4) festgelegt.

Klimamodelle:

Globales Klimamodell: ECHAM5-MPI-OM (Lauf 1)
Regionalisierungsmodelle: CLM (Lauf 1), WETTREG2010 (Lauf 00)
Emissionsszenario: A1B
Referenzperiode: 1961-1990
Zukunftszeitspanne: 2011-2040
Räumliches Untersuchungsgebiet:
CLM: 85 Gitterzellen
WETTREG2010: 37 Klimastationen

[13] Schuchard et al. 2010.

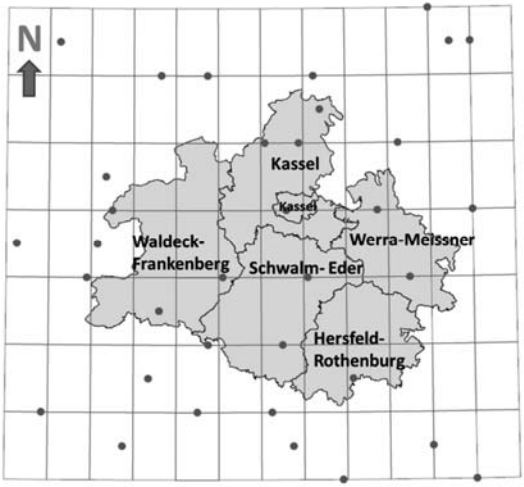


Abbildung 4: Modellregion KLIMZUG-Nordhessen: Landkreise und kreisfreie Stadt Kassel[14]

Globales Klimamodell

Das globale Klimamodell ECHAM5-MPI-OM war zu Beginn von KLIMZUG-Nordhessen das maßgebliche Globalmodell für die beiden Regionalisierungsmodelle. Dieses Modell wurde vom Max Planck Institut für Meteorologie in Hamburg entwickelt. [15]

Regionalisierungsmodelle

Im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen wurden die Ergebnisse der Regionalisierungsmodelle CLM und WETTREG2010 ausgewertet. Das dynamische Regionalisierungsmodell CLM (Climate Local Model) wurde von der BTU Cottbus, dem GKSS Research Centre Geestacht und dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung entwickelt.[16] WETTREG2010[17] (Wetterlagenbasierte Regionalisierungs-

[14] CLM-Gitterzellen (Linien) und WETTREG2010-Stationen (Punkte) als Grundlage für die Projektionen.

[15] Für eine detaillierte Beschreibung des globalen Modells ECHAM5-MPI-OM s. www.mpimet.mpg.de.

[16] Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH: Die CLM-Läufe wurden durchgeführt von der Gruppe Modelle & Daten, angesiedelt am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg in enger Zusammenarbeit mit den CLM-Entwicklern: Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU) GKSS Forschungszentrum in Geesthacht und Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Die Finanzierung erfolgte durch das BMBF im Rahmen des Förderschwerpunktes klimazwei. www.cec-potsdam.de.

[17] Kreienkamp et al. 2010.

methode) verwendet ein statistisches Verfahren (siehe Abschnitt 3). Mit den beiden Modellen kann die Bandbreite möglicher zukünftiger Trends der Klimaveränderung in der Region dargestellt werden.

Emissionsszenario

Wie auch in anderen KLIMZUG-Verbünden wurde das A1B Szenario zugrunde gelegt, das durch fortschreitende wirtschaftliche Entwicklung, ein Bevölkerungswachstum bis Mitte des 21. Jahrhunderts, die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von effizienten Technologien, die ausgeglichene Nutzung fossiler und nicht fossiler Energieträger und Globalisierungstendenzen in Wirtschaft, Kultur und Ausbreitung sozialer Normen charakterisiert ist. Es handelt sich hier um ein sogenanntes mittleres Szenario in dem die CO_2-Konzentrationen bis Ende des Jahrhunderts im mittleren Bereich der Bandbreite der SRES-Szenarien steigen.

Referenzperiode und Zukunftsspanne

Um Veränderungen des Klimas darzustellen wird eine Referenzperiode definiert, die repräsentativ für das gegenwärtige Klima ist, und die zukünftigen Veränderungen werden mit Zeitreihen aus dieser Periode verglichen. Der Vergleichszeitraum für ein repräsentatives Wetter der Gegenwart wurde von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) festgelegt und entspricht dem Zeitraum 1961-1990. Die projizierten Werte in diesem Zeitraum wurden auch in KLIMZUG-Nordhessen als Referenzperiode herangezogen.

Da die Planungshorizonte in der Politik und noch stärker in der Wirtschaft kurz- bis mittelfristig angelegt sind, sind mögliche Klimaveränderungen der nächsten Jahrzehnte zu betrachten.[18] So wurde innerhalb von KLIMZUG-Nordhessen die Zukunftsspanne 2011-2040 für eine nähere Auswertung festgelegt.

Räumliches Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet der Modellregion KLIMZUG-Nordhessen umfasst mit einer Fläche von ca. 6.900 km² 84 Gitterzellen des Regionalisierungsmodells CLM und 37 Klimastationen des Regionalisierungsmodells WETTREG2010. Die einzelnen CLM-Gitterzellen stellen eine Fläche von 12 km x 22 km dar. Abbildung 4 stellt das Untersuchungsgebiet dar.

[18] Ergänzt werden diese durch längerfristige Analysen z.B. für die Forstwirtschaft.

4.2 Vorgehensweise

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Rahmenbedingungen wurden die Klimavariablen Temperatur, Niederschlagssumme und Windgeschwindigkeit sowie die sogenannten Kenntage dieser Variablen ausgewertet. Klimakenntage sind wichtige klimatische Größen, die es erlauben, den Klimawandeltrend zu veranschaulichen und werden wie folgt definiert:

- *Eistage*: Tage mit einer Maximumtemperatur kleiner oder gleich 0°C
- *Frosttage*: Tage mit einer Minimumtemperatur kleiner oder gleich 0°C
- *Sommertage*: Tage mit einer Maximumtemperatur größer oder gleich 25°C
- *Heiße Tage*: Tage mit einer Maximumtemperatur größer oder gleich 30°C
- *Tropennächte*: Tage mit einer Minimumtemperatur größer oder gleich 20°C
- *Tage mit Schwüle*: Tage mit einem mittleren Dampfdruck von 18hPa oder mehr
- *Tage mit Starkregen*: Tage mit einer Niederschlagssumme größer oder gleich 20mm
- *Trockentage*: Tage mit einer Niederschlagssumme kleiner oder gleich 1mm
- *Tage mit Starkwind*: Tage mit einer mittleren Windgeschwindigkeit größer oder gleich 8m/s.

Für die Planung und Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel müssen mittelfristige Zeithorizonte in Betracht gezogen werden. Dies war der Grund warum die o.g. Variablen gemittelt für die Gesamtregion Nordhessen für die Zeitperiode 2011-2040 ausgewertet wurden. Um jedoch auch zusätzlich den Klimatrend bis Ende des Jahrhunderts einschätzen zu können, wurden die Daten dieser drei Variablen für den Zeithorizont bis 2100 zusätzlich ausgewertet. Zu weiteren räumlich differenzierten Aussagen über die Auswirkungen des globalen Klimawandels in der Region zu treffen wurde im Rahmen des Teilprojektes: Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Stadt- und Regionalklima (AUKAS) eine sogenannte Klimafunktionskarte[19] erstellt. Sie besteht aus mehreren Karten, die unterschiedliche Informationen über klimatische Verhältnisse in der Region beinhalten.[20]

5 Klimaveränderungen in Nordhessen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der beschriebenen Auswertungen wiedergegeben. Im ersten Teil wird der Trend bis 2100 für die Parameter Tempe-

[19] Katzschner, Kupski 2012.

[20] Zur Methodik zur Erstellung dieser Karte, sowie zur Beschreibung der darin enthaltenden Informationen s. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

ratur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit dargestellt. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse der detaillierten Auswertung für die Periode 2011-2040 wiedergegeben.

5.1 Langfristige Klimaveränderungen – Der Trend bis 2100

Die Ergebnisse der Regionalisierungsmodelle CLM und WETTREG2010 zeigen einen aufsteigenden Trend der durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur zwischen 1961 und 2100. Aus Abbildung 5 wird ersichtlich, dass sich in beiden Modellen die Temperatur erst ab 2040 stärker verändert.

Hinsichtlich des Niederschlags fallen die Ergebnisse der beiden Regionalisierungsmodelle unterschiedlich aus. Bis zum Ende des Jahrhunderts weist CLM keine signifikanten Änderungen des Niederschlages auf. WETTREG2010 zeigt einen eindeutigen abnehmenden Trend, wie in Abbildung 6 zu erkennen ist.

Abbildung 6 zeigt auch den Unterschied in den Schwankungsbreiten der beiden Modelle. Das liegt daran, dass WETTREG2010, als statistisches Modell, die jährlichen Schwankungen nicht so gut darstellen kann wie ein dynamisches Modell.

Beim Parameter Wind unterscheiden sich die Projektionen der beiden Modelle insofern, als CLM höhere mittlere Windgeschwindigkeiten berechnet als WETTREG2010. Jedoch weisen beide Modelle auf keine eindeutige Änderung im Trend der mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten hin (siehe Abbildung 7).

Zu vermerken ist an dieser Stelle, dass es sich bei der Windgeschwindigkeit um eine klimatische Größe handelt, die schwer zu modellieren ist. Die Aussagen, die durch Modelle gemacht werden können, sollten deswegen lediglich als allgemeine Trends betrachtet werden.

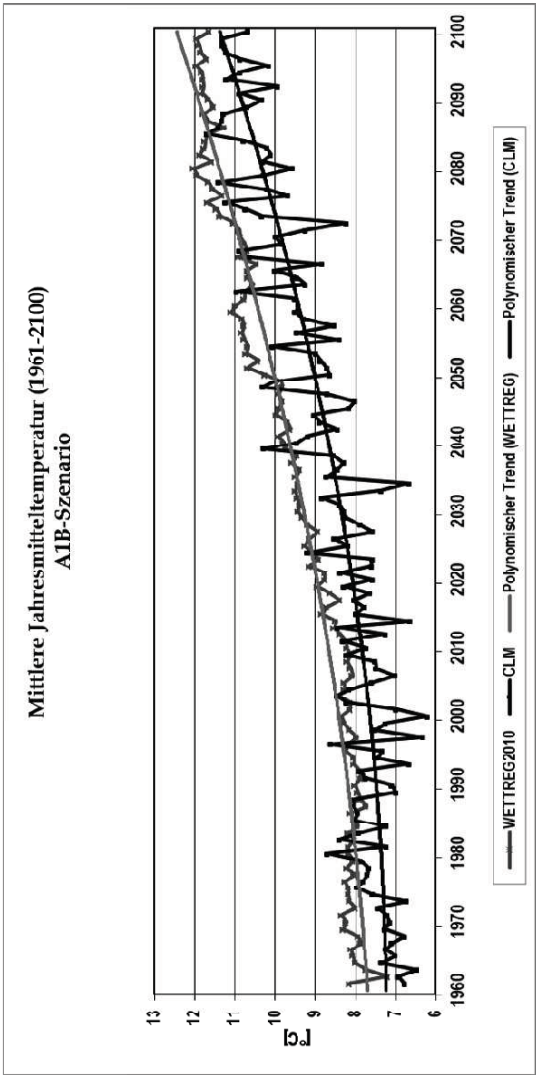


Abbildung 5: Trend der Jahresmitteltemperatur nach CLM und WETTREG2010 von 1961-2100

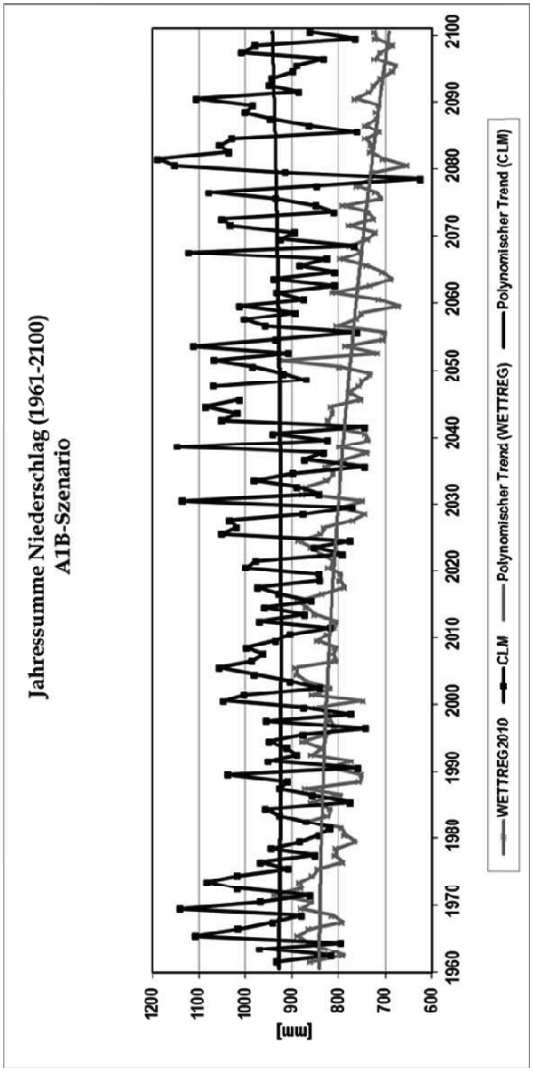


Abbildung 6: Trend der mittleren Niederschlagsjahressumme nach CLM und WETTREG2010 von 1961-2100

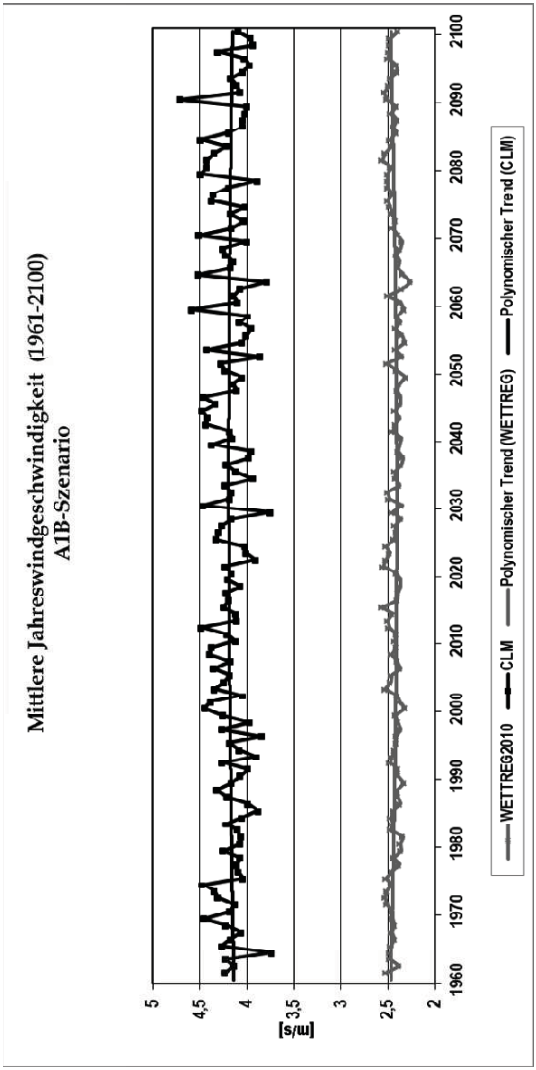


Abbildung 7: Trend der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit nach CLM und WETTREG2010 von 1961-2100

5.2 Mittelfristige Klimaveränderungen – Veränderung bis 2040

Für Nordhessen ist bis 2040 mit geringen Klimaveränderungen zu rechnen. Im 30-jährigen Mittel sind eine leichte Erwärmung und eine geringe Abnahme des Niederschlages zu erwarten. Das heißt jedoch nicht, dass dies für alle Jahreszeiten

zutrifft. Die Auswertungen für die Periode bis zum Jahr 2040 ergaben zusammengefasst folgende Klimaveränderungen in der Region:

- Zunahme der Jahresmitteltemperatur,
- Zunahme der Mitteltemperatur im Sommer, Herbst und Winter,
- Geringfügige Abnahme der Mitteltemperatur im Frühling (in WETTREG2010: geringfügige Zunahme),
- Zunahme der Sommertage und der Heißen Tage. Geringfügige bis keine Änderung in der Anzahl der Tropennächte,
- Abnahme der Eis- und Frosttage,
- Geringfügige Abnahme der jährlichen Niederschlagsmenge,
- Abnahme der Niederschlagsmenge im Sommer, Herbst und Winter (bei WETTREG2010: Zunahme im Winter),
- Zunahme des Niederschlages im Frühling (bei WETTREG2010: keine Änderung)
- Keine Änderung in der Anzahl der Starkregentage,
- Zunahme der Trockentage (bei WETTREG2010: Abnahme),
- Keine signifikante Änderung in der Anzahl der Starkwindtage.

In der folgenden Tabelle 1 werden die gemittelten Änderungen der Temperatur, des Niederschlages für die Zeitperiode 2011-2040 im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 dargestellt. Es werden die gemittelten Jahresänderungen sowie die jahreszeitlichen Änderungen für den meteorologischen Frühling (März, April, Mai), den meteorologischen Sommer (Juni, Juli, August), den meteorologischen Herbst (September, Oktober, November) und den meteorologischen Winter (Dezember, Januar, Februar) veranschaulicht.

Die Änderungen der Kenntage werden in den folgenden Tabelle 2 und 3 dargestellt.

Änderung der Mitteltemperatur (2011-2040 im Vergleich zu 1961-1990)

Modell	CLM	WETTREG2010
	[°C]	[°C]
Jahr	+0,7	+1,0
Frühling	-0,2	+0,3
Sommer	+1,0	+1,3
Herbst	+1,3	+1,2
Winter	+0,6	+1,3

Änderung des Niederschlages (2011-2040 im Vergleich zu 1961-1990)

Modell	CLM		WETTREG2010	
	[mm]	[%]	[mm]	[%]
Jahr	-16	-2	-20	-2
Frühling	+6	+3	+0	+0
Sommer	-11	-4	-17	-7
Herbst	-4	-2	-11	-5
Winter	-6	-3	9	5

Tabelle 1: Veränderung der Mitteltemperatur und des Niederschlages. Verglichen werden die 30-jährigen Mittel der Referenzperiode 1961-1990 mit der Periode 2011-2040

Kenntage	Änderung in Tagen (2011-2040 im Vergleich zu 1961-1990)	
	CLM	WETTREG2010
Eistage (Tmax.≤0°C)	-5	-6
Frosttage (Tmin. ≤0°C)	-15	-20
Sommertage (Tmax. ≥25°C)	+6	+15
Heiße Tage (Tmax. ≥30°C)	+5	+4
Tropennächte (Tmin. ≥20°C)	+0,5	-
Tage mit Schwüle (Dampfdruck ≥8hPa.)	+1	-2
Starkregentage (Niederschlag ≥20mm)	+1	0
Trockentage (Niederschlag ≤ 1mm)	+5	-2
Starkwindtage (Wind-geschwindigkeit≥8m/s)	+1	+1

Tabelle 2: Änderung der Anzahl der Kenntage. Verglichen werden die 30-jährigen Mittel der Referenzperiode 1961-1990 mit der Periode 2011-1040

Kenntage	Änderung der Spannweiten in Tagen/Jahr (von 1961-1990 auf 2011-2040)	
	CLM	WETTREG2010
Eistage (Tmax.≤0°C)	11-50 auf 2-52	8-38 auf 2-34
Frosttage (Tmin. ≤0°C)	61-110 auf 27-105	73-110 auf 51-100
Sommertage (Tmax. ≥25°C)	4-49 auf 8-63	7-27 auf 11-47
Heiße Tage (Tmax. ≥30°C)	0-19 auf 0-32	0-5 auf 2-13
Tropennächte (Tmin. ≥20°C)	0-3 auf 0-6	-
Tage mit Schwüle (Dampfdruck ≥8hPa.)	1-24 auf 1-23	0-8 auf 0-4
Starkregentage (Niederschlag >20mm)	0-4 auf 0-6	0-5 auf 0-4
Trockentage (Niederschlag ≤ 1mm)	141-206 auf 153-220	177-231 auf 169-220
Starkwindtage (Wind-geschwindigkeit≥8m/s)	1-15 auf 2-16	0-4 auf 0-4

Tabelle 3: Spannweiten (für CLM und WETTREG2010) die in den 30 Jahren der jeweiligen Perioden auftreten[21]

[21] Z.B.: Nach CLM lag in der Referenzperiode die Anzahl der Eistage/Jahr zwischen 11 und 50. In der Periode 2011-2040 ändert sich die Spannweite von 2 bis 52 Eistage/Jahr.

Die beschriebenen Ergebnisse der durchgeführten Auswertungen lassen erkennen, dass die mittelfristigen Veränderungen des Klimas in der Region des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen am deutlichsten in der Temperatur zu erkennen sind, sowohl in der Änderung der mittleren Jahrestemperatur (Tabelle 2) als auch in der Änderung der Frosttage und Sommertage (Tabelle 3). Die klimatische Größe Niederschlag weist keine große mittelfristige Veränderung. Für Starkregentage und Trockentage lassen sich aus den beiden Modellen keine eindeutigen Informationen ableiten. Beim Klimaparameter Windgeschwindigkeit lassen sich für die Region keine eindeutige Aussagen machen, da dieser Parameter schwer zu modellieren ist. Aus diesen Gründen werden in den folgenden Grafiken die mittelfristigen Änderungen dargestellt, die in der Region des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen, auch wenn geringfügig am eindeutigsten zu erkennen sind: Änderung der Temperatur (Abbildung 8), der Sommertage (Abbildung 9a/b) und Frosttage (Abbildung 10) und Änderung der Niederschlagssumme (Abbildung 11).

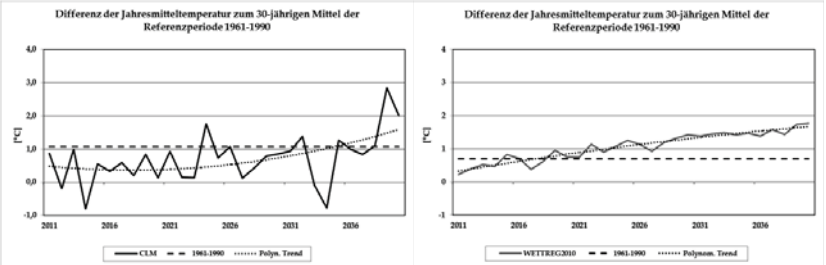


Abbildung 8: Vergleich zum 30-jährigen Mittel von 1961-1990 (gestrichelte Linie) sowie polynomischer Trend (gepunktete Linie). Oben nach CLM. Unten nach WETTREG2010

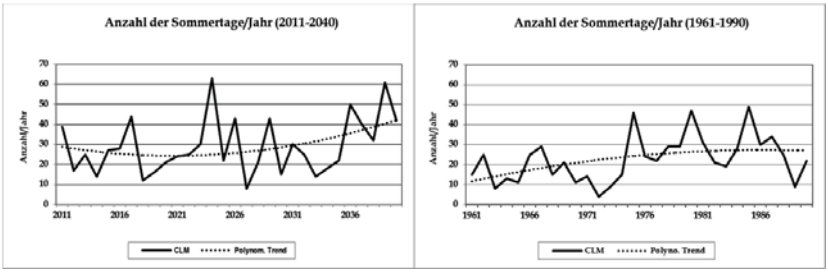


Abbildung 9a: Anzahl der Sommertage/Jahr. Links für die Referenzperiode. Rechts für die Periode 2011-2040[22]

[22] Die oberen beiden Grafiken stellen die Berechnungen nach CLM. Die unteren Grafiken für WETTREG2010.

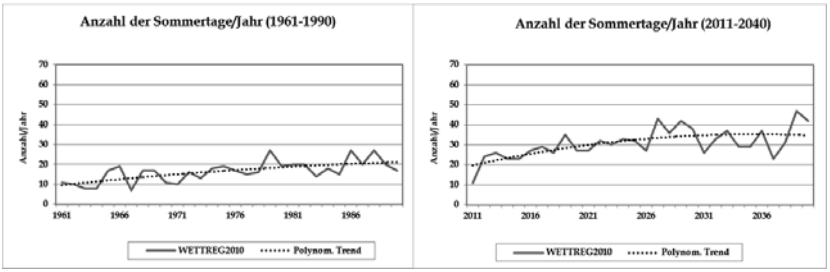
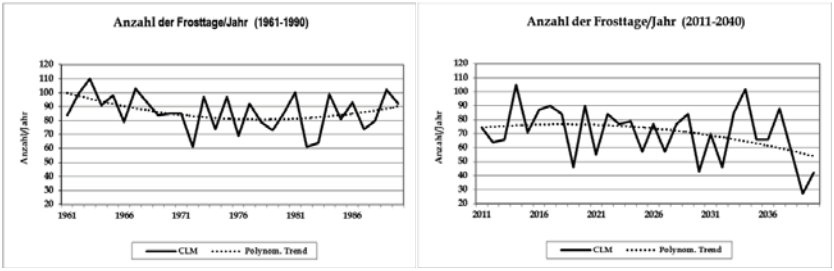


Abbildung 9b: Anzahl der Sommertage/Jahr. Links für die Referenzperiode. Rechts für die Periode 2011-2040[23]



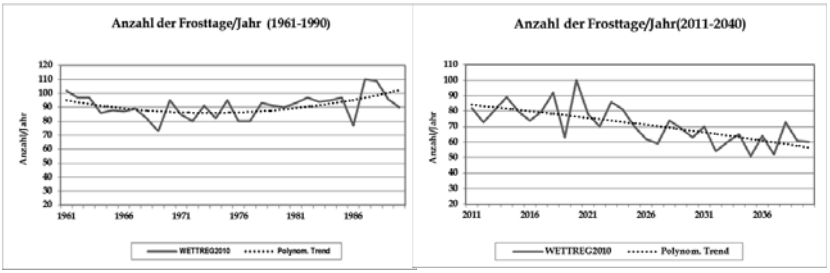


Abbildung 10: Anzahl der Frosttage/Jahr. Links für die Referenzperiode. Rechts für die Periode 2011-2040

[23] Die oberen beiden Grafiken stellen die Berechnungen nach CLM. Die unteren Grafiken für WETTREG2010.

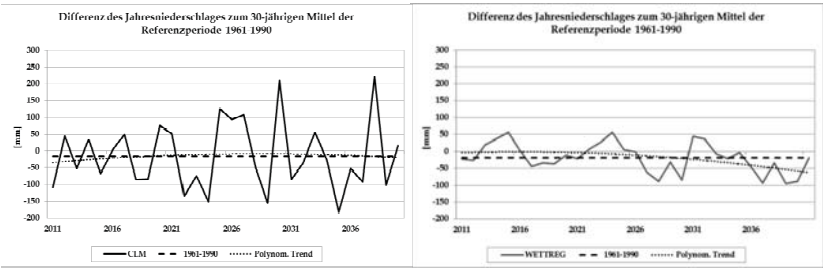


Abbildung 11: Differenz der mittleren Niederschlagsjahressummen im Vergleich zum 30-jährigen Mittel von 1961-1990 (gestrichelte Linie) sowie polynomischer Trend (gepunktete Linie)[24]

5.3 Extremereignisse

Wie der aktuelle IPCC-SREX-Sonderbericht[25] zeigt, liegen für Mitteleuropa noch relativ wenig gesicherte Erkenntnisse vor, ob und wie sich die Extremereignisse auf Grund des globalen Klimawandels ändern könnten oder sich auch schon in der Vergangenheit geändert haben. Zurzeit steht eine geringe Anzahl von Studien zur Verfügung, die die Änderungen in der Vergangenheit untersucht haben. Die folgende Tabelle 4 stellt diese Aussagen zusammengefasst dar.

Studie	Untersuchungs-region	Zeit-horizont	Aussage für Deutschland	Jahreszeit
Jonas et al. 2005	Deutschland	1901-2000	Zunahme extrem warmer Tage Rückgang extrem kalter Tage	Jahr
			Zunahme der Extremnieder-schläge mit jahreszeitlichen & regionalen Unterschiede Keine Veränderung extremer Windgeschwindigkeiten festge-stellt	Vor allem im Winter
Zolina et al. 2009	Europa	1950-2000	Steigender Anteil des Starknie-derschlages um 2%-4% oberhalb des 95. Perzentils/ Dekade.	Winter
			Insignifikant negative Änderun-gen bis keine.	Sommer
Lupikaska et al 2011.	Zentralöstliches Deutschland und Südpolen	1951-2006	Zunahme der Starkniederschläge	Jahr

[24] Oben nach CLM. Unten nach WETTREG2010.
[25] IPCC 2012.

Frich et al.2002 & Alexander et al 2006	Global		Erhöhung der Anzahl von Wärmeextreme Rückgang der Kälteextreme	Jahr
Weder 2012	Hessen	1950-2010	Aussage für Hessen: Leichte Abnahme der Frosttage Keine Veränderung in der Anzahl der Tage mit Schneedecke Leichte positive Veränderung der Anzahl der Sommertage Abnahme der Sturmereignisse	Jahr

Tabelle 4: Änderungen der Extremwetterereignisse in der Vergangenheit

Da Wetterextreme selten vorkommen sind lange Zeitreihen nötig, um robuste Aussagen über die Veränderung in der Vergangenheit oder in die Zukunft machen zu können. Zudem finden Extremwetterereignisse auf einer kleinen räumlichen Skala statt, so dass sie oft von den Messstationen nicht erfasst werden und auch die räumliche Auflösung der Regionalisierungsmodelle nicht fein genug ist, um aussagekräftige Ergebnisse zu simulieren.

Jedoch sind Extremwetterereignisse von hohem Interesse für die Klimaanpassung, da es hier genau darum geht, sich an Extreme anzupassen. Je präziser die Aussagen über die Intensität und Häufigkeit sowie Dauer und Ort sind, desto einfacher ist es Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln und umzusetzen.[26]

Hinzuzufügen ist, dass es bei der Anpassung an den Extremereignissen nicht auf einen Mittelwert oder Trend geachtet werden soll, sondern auf die Extremen einer Datenreihe (Abbildung 12).

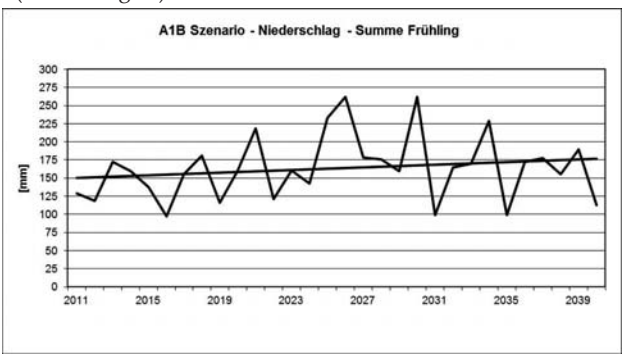


Abbildung 12: Darstellung bei den Extremen am Beispiel des Niederschlages

[26] Füssel 2007.

5.4 Großwetterlage

5.4.1 Auswertung von Großwetterlagen

Eine Großwetterlage wird nach Baur[27] als einen Zustand in der Atmosphäre beschrieben, der durch eine bestimmte Luftdruckverteilung charakterisiert ist, so dass dadurch bestimmte Luftströmungen in einem Gebiet über einen bestimmten Zeitraum herrschen. Während einer Großwetterlage kann sich das Wetter ändern, die typische Witterung der Region bleibt jedoch erhalten. So bestimmen das Auftreten, die Häufigkeit und die Reihenfolge bestimmter Großwetterlagen das Klima einer Region.

Die Modellregion KLIMZUG-Nordhessen liegt großklimatisch gesehen „im Grenzbereich zwischen dem mitteleuropäisch-maritimen und dem kontinentalem Wettertyp. Für die Witterung in der Region bedeutet das, dass sich häufig maritime Luftmassen aus Südwest und kalte kontinentale Luftmassen aus Nordost und Ost abwechseln. In der Klimaklassifizierung von Vladimir Köppen wird die Region in das „warmgemäßigte, immer feuchtes Regenklima“ eingestuft und liegt geografisch in der Zone der vorherrschenden Westwinde. So ist das Klima dadurch gekennzeichnet, dass sich Tief- und Hochdruckgebiete regelmäßig abwechseln. Für den Niederschlag bedeutet das, dass sich extreme Trocken- und Regenperioden in der Region nicht ergeben, da in allen Jahreszeiten Niederschläge vorkommen. Auch der Jahresverlauf der Temperatur ist relativ ausgeglichen ohne extreme Kälte- oder Hitzeperioden. Jedoch sind durch den Formenreichtum der Flächenoberflächengestaltung die klimatischen Verhältnisse sehr unterschiedlich. Typische Merkmale sind die Trockenheit und Wärme in den Senken sowie der Niederschlagsreichtum und die Kühle der Höhen. Die Westwinde sind die hauptsächlichen Niederschlagsbringer“.[28]

In der folgenden Abbildung 13 werden die klimatologischen Eigenschaften für Nordhessen im Vergleich zu Hessen und der Bundesrepublik veranschaulicht. Dargestellt werden die gemittelten monatlichen Werte der mittleren Temperatur und der Niederschlagssummen der Klimareferenzperiode für Nordhessen. Damit sollen die Werte an Temperatur und Niederschlag visualisiert werden, die repräsentativ für jeden Monat als „normal“ für die Region bezeichnet werden.

[27] Baur 1963.
[28] Fickenscher 2001: 5.

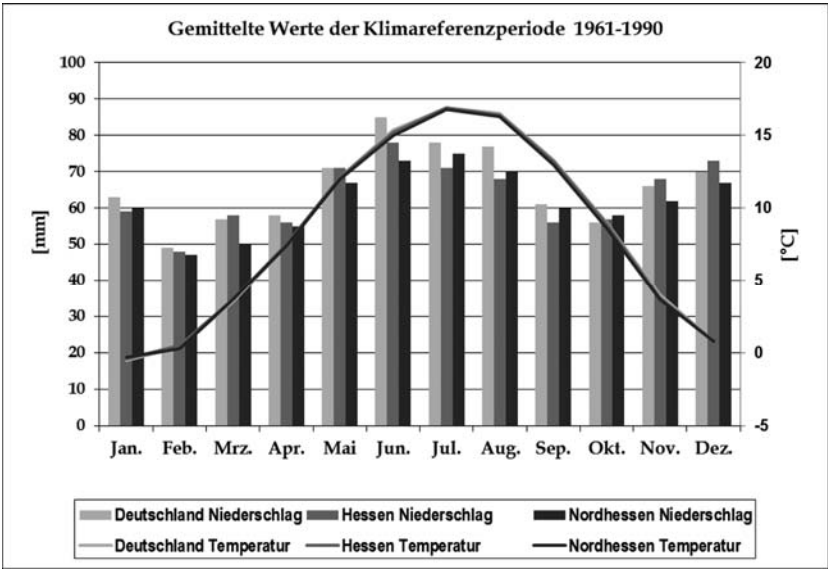


Abbildung 13: Gemittelte Monatswerte für die Klimareferenzperiode der Temperatur und der Niederschlagssummen für Deutschland, Hessen und Nordhessen im Vergleich[29]

Wie oben erwähnt wird das Klima von dem Auftreten der unterschiedlichen Großwetterlagen bestimmt. Laut DWD[30] wird der Klimawandel das Auftreten von Wetterlagen verändern. Verändern sich also die Häufigkeit der Wetterlagen verändern sich diesbezüglich die klimatischen Bedingungen in einer Region. Das wiederum kann Indizien liefern, wie sich der globale Klimawandel auf die Witterung einer Region auswirken könnte. Aus diesem Grund wurde für die Vergangenheit eine Auswertung des Auftretens bestimmter Wetterlagen die extreme Witterungen für die Modellregion KLIMZUG-Nordhessen mit sich bringen, durchgeführt. Dadurch sollte ein Einblick gewonnen werden, ob für die Vergangenheit in der Region Änderungen in der Witterung aufgetreten sind. Als Basis für die Auswertung galt der Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-2009).[31] Dieser enthält eine Beschreibung und statistische Auswertung über das Auftreten der Großwetterlagen über Europa, klassifiziert nach Hess & Brezowsky, für den Zeitraum zwischen 1881 und 2009.

Für die Region KLIMZUG-Nordhessen wurden insgesamt sieben Großwetterlagen, zwei für das Winterhalbjahr (Oktober bis März) und fünf für das Sommer-

[29] Eigene Darstellung nach Fickenscher 2001.
[30] S. www.dwd.de.
[31] Gerstengarbe 2010.

halbjahr (April bis September) ausgewertet. Die jeweiligen Bezeichnungen und Einordnung im Katalog der Großwetterlagen ist der Tabelle 5 zu entnehmen.

Zirkulationsform	**Großwettertyp**	**GWL**	
		Sommerhalbjahr	**Winterhalbjahr**
Zonal	West		
Gemischt	Südwest		
	Nordwest		
	Hoch Mitteleuropa	Hochdruckbrücke (Rücken) Mitteleuropa (BM) Hoch Mitteleuropa (HM)	
	Tief Mitteleuropa		
Meridional	Nord	Hoch Britische Inseln (HB) Nordlage Zyklonal (NZ)	
	Nordost		Nordostlage Zyklonal (NEZ)
	Ost		
	Südost	Trog Westeuropa (TRW)	Südostlage Antizyklonal (SEA)
	Süd		

Tabelle 5: Bezeichnung der ausgewerteten Großwetterlagen für die Region KLIMZUG-Nordhessen für das Sommer- und Winterhalbjahr[32]

Für das Winterhalbjahr wurden zwei Großwetterlagen ausgewertet, bei denen kalte und trockene Winter auftreten (NEZ, SEA). Für das Sommerhalbjahr wurden zwei Großwetterlagen ausgewertet, bei denen kühle und nasse Sommerhalbjahre auftreten (NZ, TRW), eine Großwetterlage bei der der Sommer kühl und trocken ausfällt (HB) und zwei Großwetterlagen bei denen das Sommerhalbjahr heiß und trocken ausfällt (BM, HM). Einen Überblick über den Witterungscharakter der jeweiligen Großwetterlagen sowie die mittlere Häufigkeiten ihres Auftretens im Jahr und die Monate wo die Häufigkeiten am kleinsten und am größten sind wird in der Tabelle 6 dargestellt.

[32] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.

Großwetterlage	Beschreibung	Häufigkeit	Min	Max
Hochdruckbrücke (Rücken) Mitteleuropa (BM)	Witterungscharakter: Trockenes heißes Wetter Temperatur: übernormal Niederschlag: unternormal	7,7%	Dez.	März, Mai
Hoch Mitteleuropa (HM)	Starke Erwärmung aufgrund mangelnder Luftbewegung. Witterungscharakter: Im Sommer und Herbst beständige Schönwetterperioden. Starke Niederschläge oder Gewitter. Temperatur: übernormal Niederschlag: unternormal	9,0%	April	Sept.
Hoch Britische Inseln (HB)	Durch Luftmassen aus nördlichen Richtungen gelingt kühle Polarluft nach Mitteleuropa. Witterungscharakter: überwiegend freundlich und trocken Temperatur: unternormal Niederschlag: normal-unternormal.	3,3%	Dez.	Juni
Nordlage Zyklonal (NZ)	Arktische kühle Polarluft gelingt nach Mitteleuropa. Witterungscharakter: Böige nördliche Winde. Sehr wechselhaft. Temperaturen: unternormal Niederschlag: übernormal-normal	2,9%	Nov.	Juni
Trog Westeuropa (TRW)	Warme tropische Luftmassen gelangen nach Mitteleuropa. Witterungscharakter: unbeständig aber nicht durchaus unfreundlich. Temperatur: übernormal. Niederschlag: übernormal. Nicht strukturiert	3,1%	Jan	Mai
Nordostlage Zyklonal (NEZ)	Warmluft von Russland gleitet westwärts auf mitteleuropäische Kaltluft. Witterungscharakter: bei meist starker Bewölkung kommt es zu ausgedehnten Niederschlägen In der kalten Jahreszeit fällt vielfach Schnee. Temperatur: unternormal Niederschlag: unternormal	1,9%	Nov.	April
Südostlage Antizyklonal (SEA)	Temperatur: unternormal Niederschlag: unternormal	2,1%	Aug.	Okt.

Tabelle 6: Beschreibung der ausgewerteten Großwetterlagen sowie deren Häufigkeit im Jahr[33]

[33] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010. Dargestellt werden auch die Monate in denen sie am meisten und am wenigsten auftreten.

5.4.2 Ergebnisse

In den folgenden Grafiken 14 bis 17 wird die Auswertung der Großwetterlagen für die jeweiligen Sommer- und Winterhalbjahre zusammengestellt.

Sommerhalbjahr (April bis September): Kühl und nass

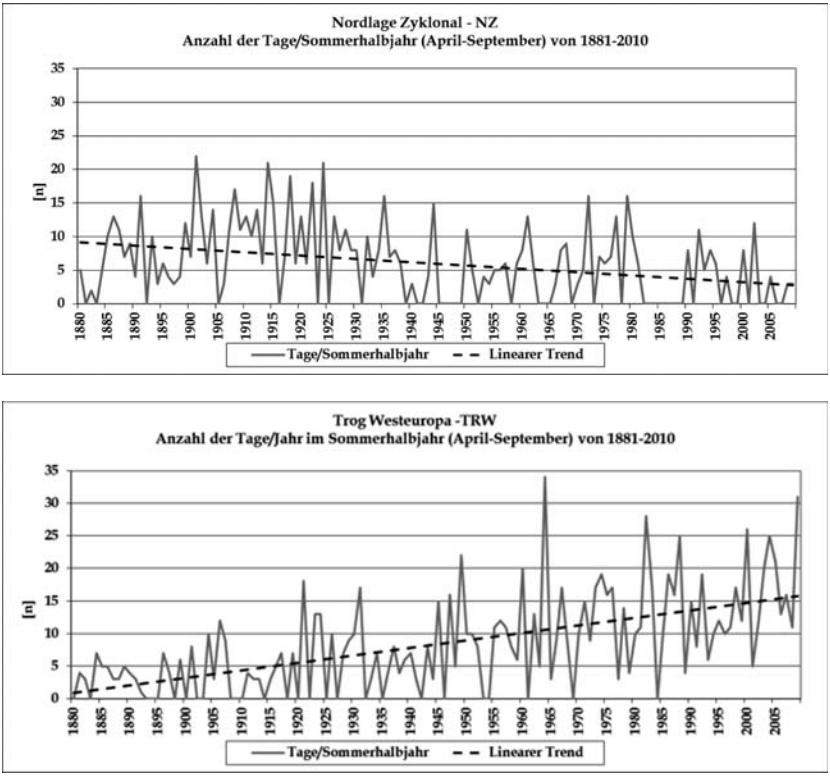


Abbildung 14: Trends der Häufigkeit im Auftreten von Großwetterlagen bei denen das Sommerhalbjahr kühl und nass ausfällt nach zwei unterschiedlichen Großwetterlagen. Oben: Nordlage Zyklonal (NZ), unten: Trog Westeuropa (TRW)[34]

[34] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.

Sommerhalbjahr (April – September): Kühl und trocken

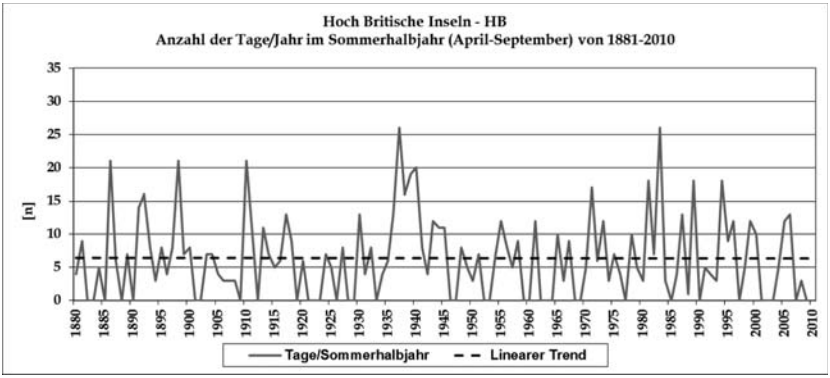


Abbildung 15: Trend der Häufigkeit im Auftreten von Großwetterlagen bei denen das Sommerhalbjahr kühl und trocken ausfällt[35]

Sommerhalbjahr (April – September): Heiß und trocken (bei HM auch Auftreten von Gewittern)

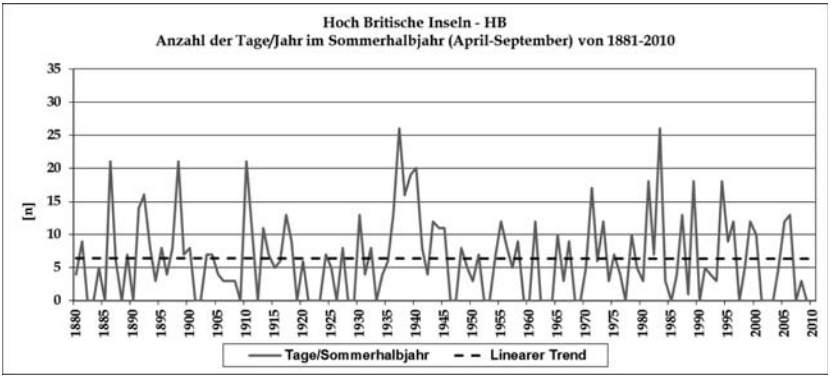


Abbildung 16a: Trends der Häufigkeit im Auftreten von Großwetterlagen bei denen das Sommerhalbjahr heiß und trocken ausfällt nach zwei unterschiedlichen Großwetterlagen. Hoch Britische Inseln (HB).[36]

[35] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.
[36] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.

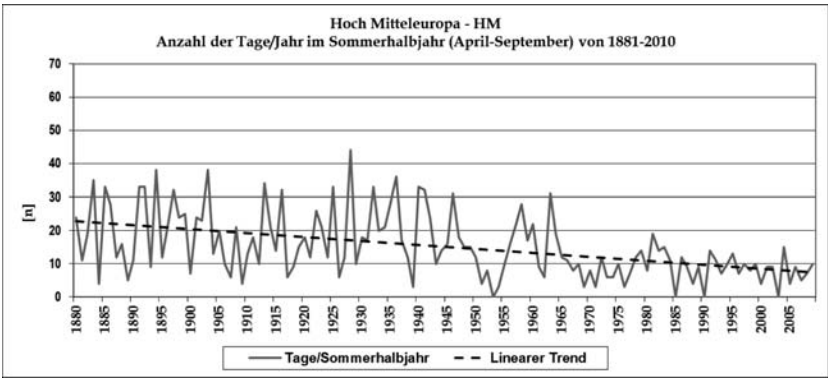


Abbildung 16b: Trends der Häufigkeit im Auftreten von Großwetterlagen bei denen das Sommerhalbjahr heiß und trocken ausfällt nach zwei unterschiedlichen Großwetterlagen. Hoch Mitteleuropa (HM).[37]

Winterhalbjahr (Oktober – März): Kalt und trocken

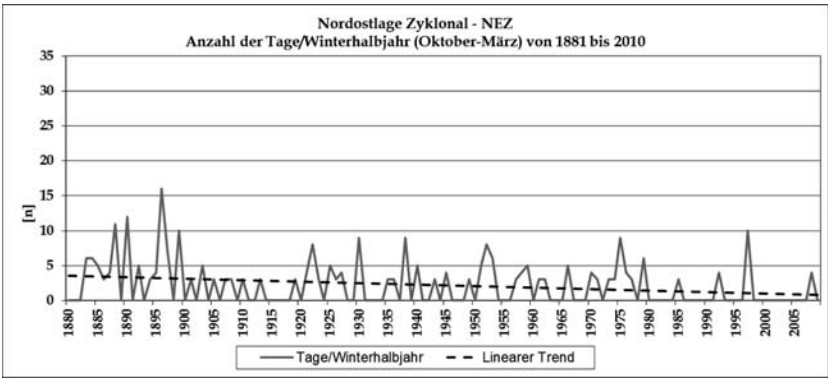


Abbildung 17a: Trends der Häufigkeit im Auftreten von Großwetterlagen bei denen das Winterhalbjahr kalt und trocken ausfällt nach zwei unterschiedlichen Großwetterlagen. Nordostlage Zyklonal (NEZ).[38]

[37] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.
[38] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.

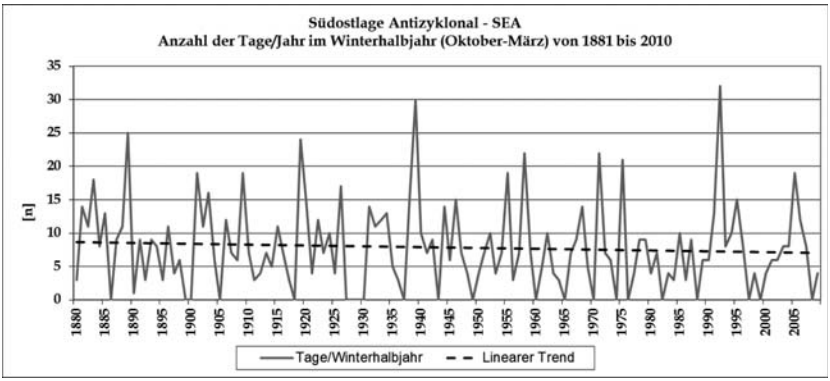


Abbildung 17b: Trends der Häufigkeit im Auftreten von Großwetterlagen bei denen das Winterhalbjahr kalt und trocken ausfällt nach zwei unterschiedlichen Großwetterlagen. Südostlage Antizyklonal (SEA).[39]

Aus den Auswertungen zu einer möglichen Änderung der Großwetterlagen in der Region können keine eindeutigen Trends für die Vergangenheit abgeleitet werden.

Für das Sommerhalbjahr zeigen die beiden ausgewerteten Großwetterlagen bei denen kühle und nasse Sommerhalbjahre auftreten gegenläufige Entwicklungen im Trend (Abbildungen 14). Das Gleiche gilt für die Großwetterlagen in denen heiße und trockene Sommer auftreten (Abbildung 16a/b). Die Großwetterlage, bei der die Sommerhalbjahre eher kühl und trocken ausfallen (Abbildung 15), zeigt keinen Trend. Für das Winterhalbjahr ist ein leichter Trend zur Abnahme an Großwetterlagen, bei denen kalte und trockene Winter auftreten, erkennbar. Der Trend kann aber eher als insignifikant eingestuft werden (Abbildung 17a/b). Tabelle 7 fasst nochmal die Ergebnisse der Auswertungen zusammen:

Winterhalbjahr (Oktober-März)	**Großwetterlage**	**Trend (1881-2010)**
Kalt & trocken	NEZ	Leichte Abnahme
	SEA	Leichte Abnahme

[39] Eigene Darstellung auf Basis von Gerstengarbe 2010.

Sommerhalbjahr (April-September)	Großwetterlage	
Kalt & nass	NZ	Abnahme
	TRW	Zunahme
Kühl & trocken	HB	Kein Trend
Heiß & trocken	HM (Gewitter)	Abnahme
	BM	Zunahme

Tabelle 7: Darstellung der Trends der ausgewerteten Großwetterlagen aufgeteilt nach unterschiedlichen Witterungen im Winter- und im Sommerhalbjahr

6 Integration der Auswertungen in den Teilprojekten

Die in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Auswertungen der Klimaprojektionen für die Region des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen wurden den Teilprojekten kommuniziert. Die Teilprojekte konnten hiermit in ihren jeweiligen Bereichen erste Klimafolgen identifizieren und Anpassungsmaßnahmen skizzieren. In enger Zusammenarbeit mit den einzelnen Teilprojekten wurden die unterschiedlichen Ausrichtungen, die verfolgt werden, bestimmt und eingegrenzt und diesen Ausrichtungen folgend der Bedarf an zusätzlichen Informationen herausgearbeitet. Je nach Bedarf wurden die Auswertungen der Klimaprojektionen an den einzelnen Teilprojekten angepasst und erweitert, indem zusätzliche Klimaparameter, langfristigere Zeithorizonte und unterschiedliche zeitliche Auflösungen von weiteren klimatischen Größen zur Verfügung gestellt wurden.

Zusammenfassend kann die Art der Informationen, die über den Klimawandel in der Region von den Teilprojekten benötigt wurden, in drei Kategorien eingeteilt werden. Die Ressourcenteilprojekte, die in ihren einzelnen Bereichen, die Folgen des Klimawandels mittels Wirkmodelle berechnet haben, benötigten detaillierte und zeitlich kleinaufgelöste Klimadaten der Zukunft, die in den jeweiligen Berechnungen miteingeflossen sind. In die Tourismus- und Gesundheitsteilprojekte sind allgemeine Informationen qualitativer und semiquantitativer Art, wie in den Abschnitten 5.1 bis 5.3. beschrieben, als Basis zur Entwicklung der Anpassungsmaßnahmen verwendet worden. Für diese Teilprojekte spielt der allgemeine Trend des Klimawandels in der Region eine wichtige Rolle, ohne, dass es notwendig ist, sehr detaillierte räumliche und zeitliche Informationen zur Verfügung zu haben. Bei den Energieprojekten wurden technische Anpassungsmaßnahmen ins Visier genommen. Es stellte sich so heraus, dass für diese Teilprojekte die sogenannten Testreferenzjahre (TRY) eine geeignetere Datenbasis für die Entwicklung der technischen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ist. Die TRY sind

vom Deutschen Wetterdienst zu Simulationen und Berechnungen in der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik entwickelt worden. Auf Basis von regionalisierten Berechnungen aus CLM, REMO, STAR, WETTREG2006 und WETTREG2010 wurde ein Datensatz für die Zukunftsspanne 2020-2050 berechnet. Dieser Datensatz besteht aus unterschiedlichen klimatischen Parametern in stündlicher Auflösung.[40] In den folgenden Tabellen 8 und 9 wird die Unterschiedlichkeit an Daten und Informationen, die in die einzelnen Teilprojekte eingeflossen ist, detailliert dargestellt. Tabelle 8 stellt die Rahmenbedingungen dar, unter denen die jeweiligen Teilprojekte ihre Anpassungsmaßnahmen entwickelt haben. In Tabelle 9 werden die Ergebnisse der ausgewerteten Daten zusammengefasst.

		RAHMENBEDINGUNGEN					
FELD	**Teilprojekt**	**IPCC-Emissions-Szenario**	**RCM**	**Lauf**	**Klimaparameter**	**Zeitliche Auflösung**	**Zeiträume bzw. Zeitscheiben**
SZENARIEN	**S1**-Kommunikation, Klimaprojektionen, Integrative Systemanalyse und Szenarien, Bilanzierung	A1B	CLM	1	Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit	Tageswerte	1971-1990 / 2011-2040
			WETTREG 2010	00			
	S2-Auswirkung des globalen Klimawandels auf das Stadt- und Regionalklima	A1B	WETTREG 2010	00	Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Strahlung	Tageswerte	1971-1990 / 2011-2040
RESSOURCEN	**R1**-Entwicklung und Evaluierung adaptiver Anbau- und Nutzungs-konzepte für Energiepflanzen im Einflussgebiet nordhessischer Fließgewässer	A1B	WETTREG 2010	Alle 10 (00-99)	Temperatur, Niederschlag, Strahlung, (optional Verdunstung)	Tageswerte	1961-2100

[40] S. www.bbsr.bund.de.

		RAHMENBEDINGUNGEN					
FELD	**Teilprojekt**	**IPCC-Emissions-Szenario**	**RCM**	**Lauf**	**Klimaparameter**	**Zeitliche Auflösung**	**Zeiträume bzw. Zeitscheiben**
	R2-Klimawandel in Nordhessen -Folgen und Anpassungsmöglichkeiten für die Wasserwirtschaft am Beispiel von Eder und Fulda	A1B	WETTREG 2010	Alle 10 (00-99)	Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit,	Tageswerte	1961-2100
	R3-Klimawandel in Nordhessen -Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungs-strategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda	A1B	WETTREG 2010	Alle 10 (00-99)	Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit, rel. Feuchte	Tageswerte	1961-2100
TOURISMUS / GESUNDHEIT	**T1**-Tourismusdestination Nordhessen im Klimawandel: Heraus-forderungen und Masterplan zur strategischen Anpassung	A1B	CLM	1	Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit	Tageswerte	1971-1990 / 2011-2040
			WETTREG 2010	00			
	T2-Strategien zur Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken alter Menschen	A1B	CLM	1	Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit	Tageswerte	1971-1990 / 2011-2040
			WETTREG 2010	00			

		RAHMENBEDINGUNGEN					
FELD	**Teilprojekt**	**IPCC-Emissions-Szenario**	**RCM**	**Lauf**	**Klimaparameter**	**Zeitliche Auflösung**	**Zeiträume bzw. Zeitscheiben**
	T3-Lehr-/Lernmodule zur Klimaanpassung im Gesundheitswesen						
	T4-Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen				Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Windgeschwindigkeit		1971-2000
VERKEHR	**V1**-Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr	A1B	CLM	1	Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit	Tageswerte	
			WETTREG 2010	00			
	V2-Anpassungsstrategien im städtischen Wirtschaftsverkehr						
ENERGIE	**E1**-Vorausschauende Energie-bereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel	A1B	Testreferenzjahre (basierend auf CLM, REMO, WETTREG 2010, STAR)		Temperaturen, Solare Einstrahlung	Stundenwerte	2011-2040

		RAHMENBEDINGUNGEN					
FELD	**Teilprojekt**	**IPCC-Emissions-Szenario**	**RCM**	**Lauf**	**Klimaparameter**	**Zeitliche Auflösung**	**Zeiträume bzw. Zeitscheiben**
	E2-Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die Behaglichkeit in Räumen	A1B	Testreferenzjahre (basierend auf CLM, REMO, WETTREG 2010, STAR)			Stundenwerte	2011-2040 2020-2050
	E3-Experimentelle Untersuchungen und Demonstration von Sorptionsspeicheranlagen für die solarbetriebene Nieder-temperaturtrocknung	A1B	Testreferenzjahre (basierend auf CLM, REMO, WETTREG 2010, STAR)		Strahlung, Temperatur, Niederschlag, rel. Feuchte	Stundenwerte	
GESELLSCHAFT	**G1**-Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen						
	G2-Partizipation, Akzeptanz und Regionale Governance						

		RAHMENBEDINGUNGEN					
FELD	**Teilprojekt**	**IPCC-Emissions-Szenario**	**RCM**	**Lauf**	**Klimaparameter**	**Zeitliche Auflösung**	**Zeiträume bzw. Zeitscheiben**
	G3-Unterstützung der regionalen Klimaanpassung durch umweltsozialwissenschaftliche Befragung und Szenarienbildung	A1B	CLM	1	Maximumtemperatur (Hitzetage)	Tageswerte	2001-2010, 2011-2020
	G4-Unternehmerische Wahrnehmungs- und Handlungsmuster						

Tabelle 8: Rahmenbedingungen zur Auswertung der Klimadaten für die jeweiligen Teilprojekte

			ERGEBNISSE		
FELD	**Teilprojekt**	**Impactmodell / Auswertungsverfahren**	**Ergebnisse**	**Region / Räumliche Auflösung**	**Zeitliche Auflösung**
SZENARIEN	**S1**-Kommunikation, Klimaprojektionen, Integrative Systemanalyse und Szenarien, Bilanzierung	IDP, Excel	Änderung der Temperatur, des Niederschlags und der Windgeschwindigkeit sowie deren klimatischen Kenntage, Trends	Nordhessen (Mittelwert)	Monatliche, jahreszeitliche und jährliche Mittel für 1961-1990 und 2011-2040
	S2-Auswirkung des globalen Klimawandels auf das Stadt- und Regionalklima	IDP, Excel, Rayman-Modell	Bioklimatische Karte (PET-Werte), Extremwetterkarte (Niederschlag & Wind)	Nordhessen	30-jährige Mittel für 2011-2040

			ERGEBNISSE		
FELD	**Teilprojekt**	**Impactmodell / Auswertungsverfahren**	**Ergebnisse**	**Region / Räumliche Auflösung**	**Zeitliche Auflösung**
RESSOURCEN	**R1**-Entwicklung und Evaluierung adaptiver Anbau- und Nutzungskonzepte für Energiepflanzen im Einflussgebiet nordhessischer Fließgewässer	1 Wirkmodell für Grünland, 1 Wirkmodell für Acker	Pflanzenzuwachs, Ertrag. Zusätzlich: Qualitätsparameter für Grünland Stickstoffgehalt im Boden und Pflanzen und Wasserhaushalt für Acker	Standort Witzenhausen	1981-2010, 2011-2040, 2041-2070 2071-2100
	R2-Klimawandel in Nordhessen - Folgen und Anpassungsmöglichkeiten für die Wasserwirtschaft am Beispiel von Eder und Fulda	Haushalts-modell Panta-rhei (Abflüsse), Hydro-dynamisches numerisches Modell (Wasserstände)	(Abflüsse und) Wasserstände	Abflüsse: Fulda-Einzugsgebiet Wasserstände: Edertalsperre bis Hann. Münden	2021-2050 2051-2080 2071-2100
	R3-Klimawandel in Nordhessen - Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda	WatSim /ETH, BWINPro/NM-FVA	Bilanz des Wasserhaushalts. Modellierung des Bodenwassergehaltes sowie die Ermittlung der relativen Transpiration als Indizes für Trockenstressperioden für die Waldbestände		1961-2100

			ERGEBNISSE		
FELD	**Teilprojekt**	**Impactmodell / Auswertungsverfahren**	**Ergebnisse**	**Region / Räumliche Auflösung**	**Zeitliche Auflösung**
TOURISMUS / GESUNDHEIT	**T1**-Tourismusdestination Nordhessen im Klimawandel: Herausforderungen und Masterplan zur strategischen Anpassung	Trends und Ergebnisse von S1 und S2	Qualitative und quantitative Beschreibung des Klimatrends	Nordhessen	
	T2-Strategien zur Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken alter Menschen	Trends und Ergebnisse von S1 und S2	Qualitative und quantitative Beschreibung des Klimatrends	Nordhessen	2011-2040
	T3-Lehr-/Lernmodule zur Klimaanpassung im Gesundheitswesen				
	T4-Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mücken-vektoren in Nordhessen				1971-2000
VERKEHR	**V1**-Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr	Trends und Ergebnisse von S1 und S2	Qualitative und quantitative Beschreibung des Klimatrends	Nordhessen	2011-2040
	V2-Anpassungsstrategien im städtischen Wirtschaftsverkehr				

			ERGEBNISSE		
FELD	**Teilprojekt**	**Impactmodell / Auswertungsverfahren**	**Ergebnisse**	**Region / Räumliche Auflösung**	**Zeitliche Auflösung**
ENERGIE	**E1**-Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel			TRY-Region 7 (Kassel)	
	E2-Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die Behaglichkeit in Räumen			TRY-Region (Kassel)	1988-2007, 2020-2050
	E3-Experimentelle Untersuchungen und Demonstration von Sorptionsspeicheranlagen für die solarbetriebene Niedertemperaturtrocknung			TRY-Region (Kassel)	
GESELLSCHAFT	**G1**-Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen				
	G2-Partizipation, Akzeptanz und Regionale Governance				

			ERGEBNISSE		
FELD	**Teilprojekt**	**Impactmodell / Auswertungsverfahren**	**Ergebnisse**	**Region / Räumliche Auflösung**	**Zeitliche Auflösung**
	G3-Unterstützung der regionalen Klimaanpassung durch umweltsozialwissenschaftliche Befragung und Szenarienbildung	Agentenbasiertes Modell (Bevölkerungs-modell zur Nachbaschaft-shilfe)	Potential für Nachbarschaftshilfe (nach SINUS-Millieus und Stadtteilen)	Kassel (potentielle Erweiterung auf Nordhessen)	2001-2010, 20112020
	G4-Unternehmerische Wahrnehmungs- und Handlungsmuster	Klimatrends. Extremereignisse			

Tabelle 9: Ergebnisse nach Auswertung der Klimaprojektionen in den unterschiedlichen Teilprojekten und deren zeitlichen und räumlichen Auflösung

Literatur

Alexander et al. (2006): Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. In: Journal of Geophysical Research, 111 (5): 22 S.

Baur, F (1963): Großwetterkunde und langfristige Vorhersage. Frankfurt.

Frich, P et al. (2002): Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. In: Climate Research 19 (3), 193-212.

Fickenscher, G. (2001): Donnerwetter! Das Wetter in Nordhessen. Gudensberg: Wartberg Verlag.

Füssel, H.-M. (2007): Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. In: Sustainability Science 2, 265-275.

Gerstengarbe, F.-W. (2010) (Hrsg.): Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-2009). Nach Paul Hess und Helmut Brezowsky, 7.Verbesserte und ergänzte Auflage, Potsdam.

Giorgi, F. (2005): Climate Change Prediction. In: Climatic Change 73 (3), 239–265.

Hawkins, E./ Sutton, R. (2009): The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. In: Bulletin of the American Meteorological Society 90 (8), 1095-1107.

IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B./ Barros, V./ Stocker, T.F. et al. Cambridge, UK und New York, NY, USA, IPCC: 582.

Jacob, D./Bülow, K./ Kotove, L./Moseley, C./ Petersen, J/ Rechild, D. (2012): Regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland – Ensemble Simulationen für die Klimafolgenforschung. CSC Report 6.

Jonas, M./ Staeger, T./ Schönwiese, C.-D. (2005): Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen: Schwerpunkt Deutschland. Climate Change 07/05, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Katzschner, L./ Kupski, S. (2012): Regionalklimakarten und ihre Nutzung für Klimaanpassungsmaßnahmen. In: Mahammadzadeh, M./ Chrischilles, E. (Hrsg.): Klimaanpassung als Herausforderung für die Regional- und Stadtplanung – Erfahrungen und Erkenntnisse aus der deutschen Anpassungsforschung und -praxis. KLIMZUG-Working Paper, Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln, 72-77. http://www.klimzug.de (Zugriff: 28. Februar 2013).

Kreienkamp, F./ Spekat, A./ Enke, W. (2010): Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Modell WETTREG2010, Bericht. http://www.anpassung.net (Zugriff: 28. Februar 2013).

Lupikasza, E./ Hänsel, S./ Matschullat, J. (2011): Regional and seasonal variability of extreme precipitation trends in southern Poland and central-eastern Germany1951-2006. In: International Journal of Climatology 31 (15), 2249-2271.

Nakićenović, N./ et al. (2000): Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Otto, F. 2012: Einflussfaktoren und Auswirkungen des Klimawandels zwei Szenarien. Online Akademie, Friedrich Ebert Stiftung. http://library.fes.de/pdf-files/akademie/online/09116.pdf (Zugriff: 28 Februar 2013).

Peters, R./ Andrew R./ Boden, T. et al. (2012): The Challenge to keep global warming below two degrees. In: Nature Climate Change 3, 4-6.

Van Vuuren, D. P./ Edmonds, J./ Kainuma, M. et al. (2010): The representative concentration pathways: an overview. In: Climatic Change 109 (1-2), 5-31.

Weder, Ch. M. (2012): Erstellung einer Statistik über Extremereignisse und Klimaveränderung in Hessen. Diplomarbeit.

Zolina, O./ et al. (2009): Improving estimates of heavy and extreme precipitation using daily records from European rain gauges. In: Journal of Hydrometeorology 10 (3), 701-716.

Auswirkung des globalen Klimawandels auf das Stadt- und Regionalklima

Lutz Katzschner, Sebastian Kupski, Sabrina Campe

Übersicht

1 Einleitung ... 113

2 Rahmenbedingungen ... 114

2.1 Klimafunktionskarten als Hilfsmittel um zukünftige Entwicklungen darzustellen . 117

3 Klimafunktionskarte für die Region Nordhessen ... 118

3.1 Thermische Analyse ... 118

3.2 Funktionsanalyse ... 119

3.3 Funktionssynthese ... 121

3.4 Charakterisierung von Einzelaspekten/ -kriterien ... 122

3.5 Bewertungssynthese und Einschätzungen ... 122

3.6 Legende ... 122

4 Bioklimatische Analyse ... 124

4.1 Thermischer Index als Grundlage der Charakterisierung ... 125

4.2 Herleitung des Klimas und der Klimaänderung ... 126

4.3 Klimagenerierung ... 127

4.4 Verwendete Klimasignale ... 128

5 Extremwetter-/ Risikokarten ... 131

6 Umsetzungen in die Stadt- und Regionalplanung ... 134

6.1 Interaktiver Klimaplanatlas Nordhessen ... 135

6.2 Leitfadenentwicklung ... 135

Literatur ... 137

1 Einleitung

Eine Klimafunktionskarte (KFK) stellt ein klimaökologisches Gutachten dar, welches für eine bestimmte geografische Verortung angefertigt wird. Hauptsächlich werden diese Gutachten für Ballungsräume und größere Städte erstellt. Grundlage ist stets die Analyse der Ist-Situation, also eine möglichst präzise Abbildung der realen Klimafunktionen im Untersuchungsraum. Für diese komplexe Aufgabe ist eine entsprechende Datenbasis Grundvoraussetzung. Aus klimaökologischen Ge-

sichtspunkten sind Faktoren, wie Höheninformationen und Fließgewässer ein erster Anhaltspunkt, um die natürlichen Bedingungen abzubilden. Analog hierzu spielen natürlich die anthropogenen Einflüsse eine entscheidende Rolle. Gerade in den Städten hat die vom Menschen verursachte Veränderung der Erdoberfläche den größten und in den meisten Fällen auch negativen Einfluss. Deshalb werden ebenso Daten bezüglich der Flächennutzung und Gebäudeinformationen benötigt. Je detaillierter die Eingangsdaten vorliegen, umso präziser und kleinteiliger können die Analysen ausfallen.

Neben diesen Geoinformationen ist das Wissen klimarelevanter Parameter ebenso von Bedeutung. Besonders die Belüftung eines verdichteten Stadtgebietes, der eine sehr hohe positive Wirkung nachweisbar ist, hängt von der Lage in Bezug auf das regionale Zirkulationssystem ab. Aber auch lokale und kleinräumige Zirkulationen entwickeln sich durch physikalische Prozesse und können im Rahmen einer Klimafunktionskarte berechnet werden. Hier ist allerdings ein Messdatensatz für die Kalibrierung der Ergebnisse notwendig. Neben kontinuierlichen, stationären Messungen sollten auch mobile Messkampagnen bei entsprechenden Wetterlagen durchgeführt werden, die eine vergleichsweise hohe räumliche Auflösung haben. Weitere Klimaparameter lassen sich durch die geografische Lage des Untersuchungsraumes ableiten.

2 Rahmenbedingungen

Bei der Verknüpfung verschiedenster Sachinformationen ist die Gewichtung bzw. die Einflussnahme der einzelnen Faktoren von sehr großer Bedeutung. Da diese Faktoren aus klimatischen Gründen von Untersuchungsraum zu Untersuchungsraum unterschiedlich sind, besteht derzeit noch kein automatisiertes System zur Erstellung einer Klimafunktionskarte.[1] Diesbezüglich können nur systematische Vorgehensweisen von Fallbeispielen herangezogen werden, da die klimatische Einordnung in den jeweiligen übergeordneten Kontext stets an das Gebiet angepasst werden muss.

Klimatische Rahmenbedingungen sind sehr heterogen, was durch die geografische Lage, der absoluten Höhen über dem Meeresspiegel des Untersuchungsgebietes oder durch eine kontinentale bzw. maritime Beeinflussung verursacht wird. Neben diesen übergeordneten Faktoren gibt es eine Vielzahl kleinräumiger Einflüsse. Auf einer kleineren Skala können unterschiedliche Effekte wie Binnenseen oder Tallagen die örtlichen klimatischen Verhältnisse stark prägen. Somit ist eine

[1] Lohmeyer 2008.

vorgeschaltete klimatische Einschätzung unumgänglich, wobei entsprechend ein größerer Ausschnitt als der abgegrenzte Untersuchungsraum zu betrachten ist.

Nordhessen liegt in einer gemäßigten Klimazone und wird in der Regel von den deutschen Mittelgebirgen geprägt. Somit ist die vorherrschende Windrichtung Westen. Die Besonderheit im Untersuchungsraum ist eine ausgeprägte Gebirgslandschaft mit vielen Höhenzügen und Flusstälern.

Das verwendete Datenmaterial für die Berechnungen beinhaltet topografische Karten, ein digitales Geländemodell (DGM), die Flächennutzungen, verschiedene Luftbilder und Thermalbefliegungen, klimaökologische Studien, sowohl kontinuierliche Messstationsdaten als auch räumlich hoch aufgelöste Messkampagnen. Aus der Vielzahl der Eingangsdaten werden unterschiedliche Themenkarten generiert, welche in einem darauffolgenden Schritt durch verschiedene Geo-Analyse-Prozesse in unterschiedlichen Gewichtungen miteinander verschnitten werden (siehe Abbildung 1). Bei allen Berechnungen kam das Programm ArcGIS Desktop Version 9.3.1 der Firma ESRI mit den Erweiterungen SpatialAnalyst und 3dAnalyst zum Einsatz.

Nach der Gruppierung der Themenkarten in die beiden klimatischen Komponenten Dynamik und Thermik, die beide unterschiedlichen Einfluss auf unterschiedlichen Ebenen des Regionalklimas haben, wird durch geeignete Funktionen und anschließenden Generalisierungen das Produkt in Form der Klimafunktionskarte aggregiert. In diesem Beispiel als farbig unterschiedene Klimatopsausweisung.

Die dynamische Komponente beinhaltet die Luftbewegungen und damit die Frischluft- und Kaltluftabflüsse, die physikalisch bedingt, auch ohne Antrieb der regionalen Strömungsbedingung entstehen und der Hauptwindrichtung, die bei entsprechenden Wetterlagen die Zirkulation bestimmt. Eine zusätzliche, entscheidende Themenkarte der Dynamik ist die Einflussnahme der Hangwinde. Diese Strömungen entstehen durch das Berg-Tal-Wind-System, das tagesperiodisch auftritt und gerade bei einem ausgeprägten Relief an Mächtigkeit gewinnen kann.[2] Die entsprechende Themenkarte wurde auf Grundlage des DGM und der Strömungsmessdaten angefertigt. Weitere Kriterien wie Rauhigkeitslängen der Erdoberfläche wurden ebenfalls in diese Rechenschritte integriert um das Belüftungssystem realgetreu darzustellen und die tatsächlichen Wirkungsgrade mit Hilfe der Messdaten zu kalibrieren.

[2] Häckel 1985.

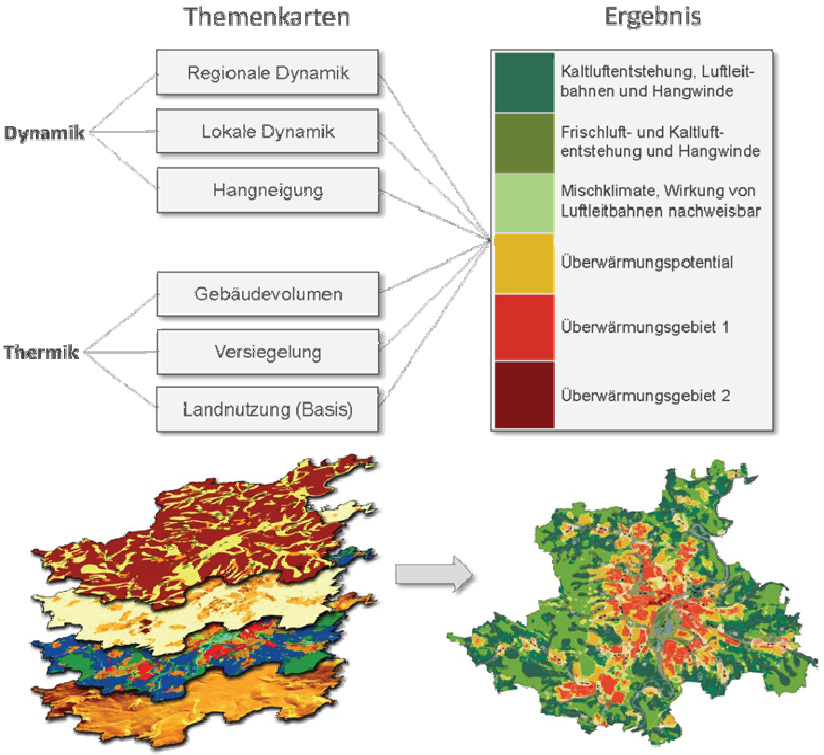


Abbildung 1: Schematisches Anwendungsbeispiel der Gruppierung unterschiedlicher Themenkarten in die klimatischen Komponenten Dynamik und Thermik mit anschließendem Ergebnisbeispiel.

Das klimatische Wechselspiel setzt sich neben der Belüftungssituation zusätzlich noch aus der thermischen Eigenschaft der Erdoberfläche zusammen. Da diese Komponente die Basis darstellt und dementsprechend flächendeckend kartiert sein muss, wurde als Grundlage die aktuelle Flächennutzungskartierung verwendet um eine vorab Kategorisierung vornehmen zu können. Dieser detaillierte Eingangsdatensatz wird mit weiteren Themenkarten ergänzt, wobei der Oberflächenversiegelungsgrad Aufschluss über die Wärmespeicherkapazität geben, und Freiflächen mit niedriger Oberflächenrauhigkeit Kaltluftentstehungsflächen darstellen. In diesem Zusammenhang ist die Albedo der Oberfläche eine zentrale Größe, da unterschiedliche Reflexions- und Absorptionsverhalten maßgeblich den Wärmehaushalt der städtischen Grenzschicht bestimmen.[3] In diesen Themenfeld ist

[3] Oke 2006.

der Effekt der Wärmeinsel Stadt besonders gut erkennbar, denn durch die Erwärmung der künstlichen Baumaterialien, gekoppelt mit der hohen Wärmespeicherleistung und der langsamen Abkühlrate, werden gerade in den Nachtstunden höhere Lufttemperaturen als im unbebauten Umland verursacht.[4]

Aufgrund der zum Teil sehr genauen Themenkarten entstehen durch die GIS Berechnungen sehr kleinräumige Ergebnisse, die in diesem Maßstab allerdings nicht aussagekräftig sind und zu Fehlinterpretationen führen können. Deshalb werden Nachbarschaftsanalysen mit unterschiedlichen Kriterien angeschlossen um Klimatope abzubilden, die auf einem regionalklimatischen Maßstab abgestimmt sind und eine Genauigkeit von ca. 1:100.000 bis 1:400.000 aufweisen. Analog zu dieser Generalisierung werden die ermittelten Werte in 7 Klimatopstypen kategorisiert um eine übersichtliche und aussagekräftige Klassifizierung bereitzustellen.

2.1 Klimafunktionskarten als Hilfsmittel um zukünftige Entwicklungen darzustellen

Neben der Darstellung der aktuellen klimatischen Verhältnisse können darauf aufbauend auch Prognosen über zukünftige Veränderungen modelliert werden. So können zum Beispiel klimatische Veränderungen, verursacht durch den globalen Klimawandel, skizziert werden. Hierzu wird die Klimafunktionskarte mit den analysierten Klimatopeigenschaften mit prognostizierten Klimatrends der aktuellen Projektionen erweitert.

Grundlage der regionalen Klimaprojektionen sind die globalen Simulationen der ECHAM5 Reihe (A1b Szenario), die durch das dynamische Regionalisierungsmodell CCLM und das statistische Modell WETTREG2010 verfeinert wurden. Diese großräumigen Mittelungsdaten wurden anschließend analysiert und die relevanten Parameter mit den Klimatopkategorien verschnitten.[5]

Die Hauptannahme der zukünftigen klimatischen Ereignisse ist eine Zunahme an austauscharmen Hochdruckwetterlagen. Daraus ergeben sich eine Zunahme der jährlichen Einstrahlungssumme, sowie länger andauernde Strahlungsperioden. In diesem Zusammenhang kommt der Albedo der Erdoberfläche eine höhere Bedeutung zu und die Klimaveränderung in Form von einer Steigerung der Hitzebelastung nimmt zu. Ausgehend von dieser Annahme wurden den Klimatopen spezifische Attributwerte zugeordnet, die ein realistisches downscaling der regionalen Projektionen auf einen anwendertauglichen Maßstab ermöglichen. Deutliches Ergebnis ist eine Zunahme in den ohnehin benachteiligten Gebieten mit einem ho-

[4] Hupger, Kuttler 2006; Baumüller et al. 1993.
[5] S. oben.

hen Anteil künstlicher Baumaterialien, im Gegenzug sind unversiegelte Bereiche mit Vegetation nicht so stark betroffen. Konsequenzen sind eine ungleichmäßige Belastungssteigerung der schon aktuell benachteiligten Stadtgebiete.

3 Klimafunktionskarte für die Region Nordhessen

Die Klimafunktionskarte stellt eine klimatische Analyse für den Bereich der Modellregion KLIMZUG-Nordhessen dar. Dieser Bereich umfasst die fünf nordhessischen Landkreise (Landkreis Kassel, Werra-Meißner-Kreis, Landkreis Waldeck-Frankenberg, Schwalm-Eder-Kreis, Landkreis Hersfeld-Rotenburg) sowie die Stadt Kassel. Für diese ungefähr 6.900 km2 große Fläche wurde mittels eines geografischen Informationssystems (GIS) eine KFK, die aus mehreren Themenkarten besteht, angefertigt. Die Hauptkarte, auf deren Teilergebnissen die weiteren Karten basieren, zeigt die thermische Klimatopverteilung sowie das klimarelevante System der Luftleitbahnen im Untersuchungsraum. Die Bioklimakarten treffen Aussagen auf die klimatischen Bedingungen im human-biometeorologischen Kontext, d.h. bezogen auf die Auswirkungen auf den Menschen, sowohl in der Gegenwart als auch in 30 Jahren. Der Umfang der Klimaanalyse wird von der Extremwetter-/ Risikokarte komplettiert, die Risikoflächen in Bezug auf Starkregen und Starkwind bewertet.

Anhand der Klimafunktionen und der analysierten Klimatopstypen ist eine statistische Verfeinerung (statistisches Downscaling) vorhandener regionaler Klimamodelle gegeben. Dies ermöglicht, die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels auf einen regionalen und anwenderorientierten Maßstab, bezogen auf das thermische Empfinden der Menschen, herunter zu brechen.

3.1 Thermische Analyse

Die thermische Analysekarte ist eine Themenebene der Klimafunktionskarte und beinhaltet eine Klimatopsabgrenzung und –charakterisierung. Eine Einteilung in sieben Klassen ermöglicht über Farbzuordnungen eine genaue Identifikation der betrachteten Bereiche. Die Karte stellt flächendeckende Informationen in einem Raster von 100 Metern dar, die aufgrund der klimatischen Wechselwirkungen jedoch nicht parzellenscharf interpretiert werden dürfen. Ein angemessener Betrachtungsmaßstab liegt zwischen 1:100.000 und 1:400.000 und sollte nicht unterschritten werden.

Zur Erstellung der Karte wurde eine Methodik angewandt, die GIS-basiert aus vier aufeinander folgenden Teilphasen besteht (siehe Diagramm 1).



Diagramm 1: Schematische Darstellung der Einzelschritte

In dem ersten Arbeitsschritt werden die Eingangsparameter für die thermische und dynamische Funktionsanalyse aufbereitet und erstellt. Im Anschluss daran werden diese beiden Komponenten des Regionalklimas miteinander verschnitten, so dass eine kombinierte Betrachtung generiert wird. Diese zum Teil sehr kleinteiligen Ergebnisse ermöglichen eine Generalisierung und damit auch eine Charakterisierung unterschiedlicher klimatischer Räume anhand einzelner Aspekte, die zum Schluss mit einer klimatischen Bewertung versehen werden.

3.2 Funktionsanalyse

Zunächst werden die Eingangsparameter unabhängig von meteorologischen Messungen erhoben. Erst im Anschluss werden Messdatensätze zur Kalibrierung der unterschiedlichen Klimatope und zur Validierung der Aussagen verwendet. Das standardisierte Schema für die Erstellung einer Klimafunktionskarte wird in Abbildung 2 verdeutlicht.

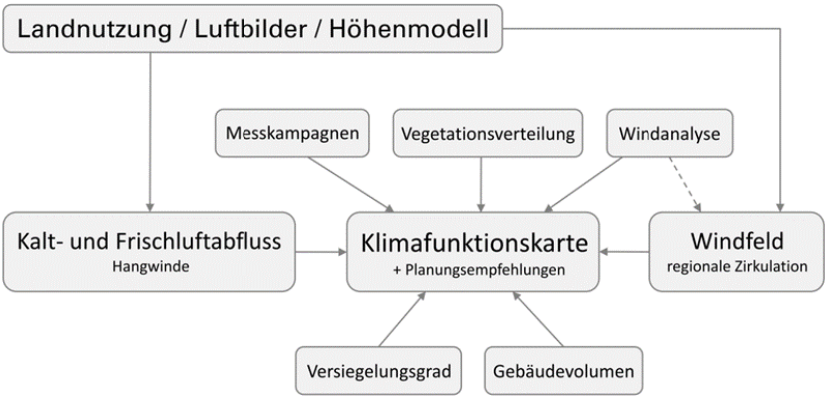


Abbildung 2: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte[6]

Im Richtlinienblatt des VDI 3785 Bl. 1 und 3787 Bl. 1 wird die Methodik erläutert und die Ergebnisse in eine nachvollziehbare Form gebracht. Trotz der umfassend vorliegenden Datenlage ist es aufgrund der Komplexität und insbesondere der zeitlichen Abhängigkeit der Eingangsgrößen bisher nicht möglich, eine komplett automatische Erstellung dieser Karten durchzuführen. Wichtungsfaktoren sind

[6] Nach Lohmeyer 2008.

eine wichtige Hilfsgröße dabei.[7] Der Erfahrung und Fachkenntnis der Bearbeiter kommt deshalb eine große Bedeutung zu.

Folgende Eingangsdaten werden verwendet*:*

- *Relieftypisierung:* Herausarbeitung klimatisch relevanter topografischer Faktoren (z.B. Höhenrücken, Täler, Hangneigungen, Exposition) und daraus ableitend Luftleitpotentialbestimmung auf Basis des digitalen Höhenmodells von Luftbildern und topografischen Karten als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische und dynamische Analyse.
- *Strukturtypisierung:* Herausarbeitung der v.a. nutzungsbedingten Rauhigkeiten, differenziert nach klimatischer Relevanz (z.B. potentielle Barrierewirkung bzw. Kanalisierung von Luftmassen) auf Basis der Flächennutzung, topografischen Karten sowie Luftbildern als wichtiges Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.
- *Abflussbahnen und Abflussrichtungen:* Herausarbeitung der orografisch bedingten Schneisen, die in Abhängigkeit von der Relieftypisierung und der Strukturtypisierung berechnet werden konnten und als ergänzender Faktor für die dynamische Analyse eingesetzt werden.
- *Nutzungstypisierung:* Herausarbeitung der thermischen Bedeutung unterschiedlicher Oberflächennutzungen und Zusammenfassung klimatisch ähnlicher Nutzungen (z.B. potentielles Kaltluftentstehungsgebiet, potentielles Überwärmungsgebiet) auf Basis der Flächennutzung sowie der Luftbilder als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.
- *Versiegelung der Oberflächen:* Herausarbeitung der versiegelten Bereiche und Generalisierung bestimmter Gebietstypen. Zweidimensionale Betrachtung auf Grundlage der Flächennutzung sowie der ATKIS-Datensätze (Verkehrsflächen) als Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.
- *Meteorologische Messungen***:** Kalibrierung von Klimatopen und statistische Auswertung von Datensätzen und damit auch Bewertung von Häufigkeiten.

Die Analyse erfolgt zunächst zweigleisig, unterteilt nach dynamischen und thermischen Aspekten. Anschließend wird die gegenseitige Einflussnahme im Sinne einer Wirkungsanalyse untersucht und entsprechend eingearbeitet.

[7] Lohmeyer 2008.

Dynamische Analyse

Verknüpfung der dynamisch (und lufthygienisch) relevanten Erhebungsebenen untereinander (und damit Bestimmung z.B. der spezifischen Aktivität von Kalt-/ Frischluftentstehungsgebieten). Verifikation durch Daten aus meteorologischen Messungen zur Herausarbeitung der Strömungsverhältnisse.

Thermische Analyse

Verknüpfung der thermischen (und lufthygienischen) Nutzungseigenschaften untereinander sowie mit den dynamischen Einflussfaktoren des Reliefs und der Strömungsstruktur (Bestimmung z.B. des Auftretens von Kaltluftseen und des Abkühlungseinflusses auf Überwärmungsbereiche). Verifikation durch Daten aus meteorologischen Messungen zur Herausarbeitung der thermischen Verhältnisse.

3.3 Funktionssynthese

Die Klimafunktionskarte stellt die Verknüpfung der dynamischen und thermischen Themenebenen in Bezug auf klimaökologische Potentiale, Defizite und Funktionen dar und symbolisiert damit eine idealtypische Wiedergabe der real existierenden flächenbezogenen, klimaökologischen Situation als Ausgangsbasis für die klimaökologische Bewertung. Hier werden letztendlich Klimatope, also Flächen gleicher regionalklimatischer Eigenschaften, generiert. Abbildung 3 verdeutlicht die komplexen Bezüge unterschiedlicher Themenebenen und zeigt als Ergebnis generalisierte Aussagen der Klimafunktionskarte.

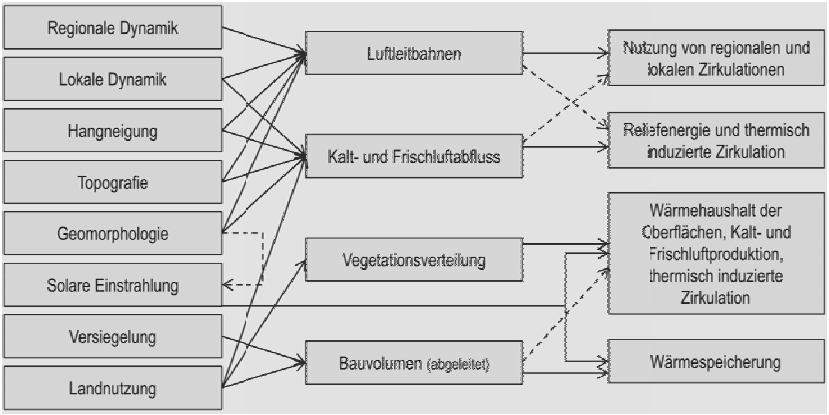


Abbildung 3: Eingangsdaten und Verarbeitungsschritte zur Generierung der KFK Nordhessen

3.4 Charakterisierung von Einzelaspekten/ -kriterien

Auf Basis der Funktionsanalyse und der -synthese sowie unter der Annahme von KLIMZUG-Nordhessen spezifischen Fragestellungen erfolgt eine Bewertung sowohl der klimaökologischen Potential- als auch der Defizitbereiche. Hierzu werden insgesamt sieben einzelne Bewertungskriterien herangezogen, separat betrachtet und bewertet. Dies dient als Ausgangsbasis für die zusammenfassende Gesamtbewertung. Zudem wird die dynamische Komponente in Form der Luftleitbahnen integriert.

3.5 Bewertungssynthese und Einschätzungen

Anhand der vorliegenden Karte können die Flächen in Nordhessen lokalisiert werden und mittels der Legende in deren klimatischen Wirkbereich eingeordnet werden. Dieses Wissen um die unterschiedlichen Einflüsse des komplexen Systems erlaubt eine fachlich korrekte und dennoch anwenderfreundliche Nutzung der Karte bei sämtlichen Planungsentscheidungen. Somit ist eine Kombination mehrerer Instrumente in Form von Handlungsleitfäden, die auf der Klimatopsanalyse basieren, gut umsetzbar.

3.6 Legende

Die Legende der Klimafunktionskarte (thermische Analyse) ist aufgrund der eindeutigen Farbgebung sehr leicht dekodierbar und beinhaltet neben der Bezeichnung der Klimatope eine Beschreibung deren Eigenschaften. Sie ist unterteilt in klimaökologische Potentialbereiche und klimaökologische Defizitbereiche. Außerdem ist die Ebene der Luftleitbahnen bei dem fertigen Produkt dargestellt, obwohl die klimatischen Wirkungen schon in der Klimatopsanalyse mit eingegangen sind. Dies dient lediglich einer besseren Orientierung und zur Verständigung über Wirkzusammenhänge.

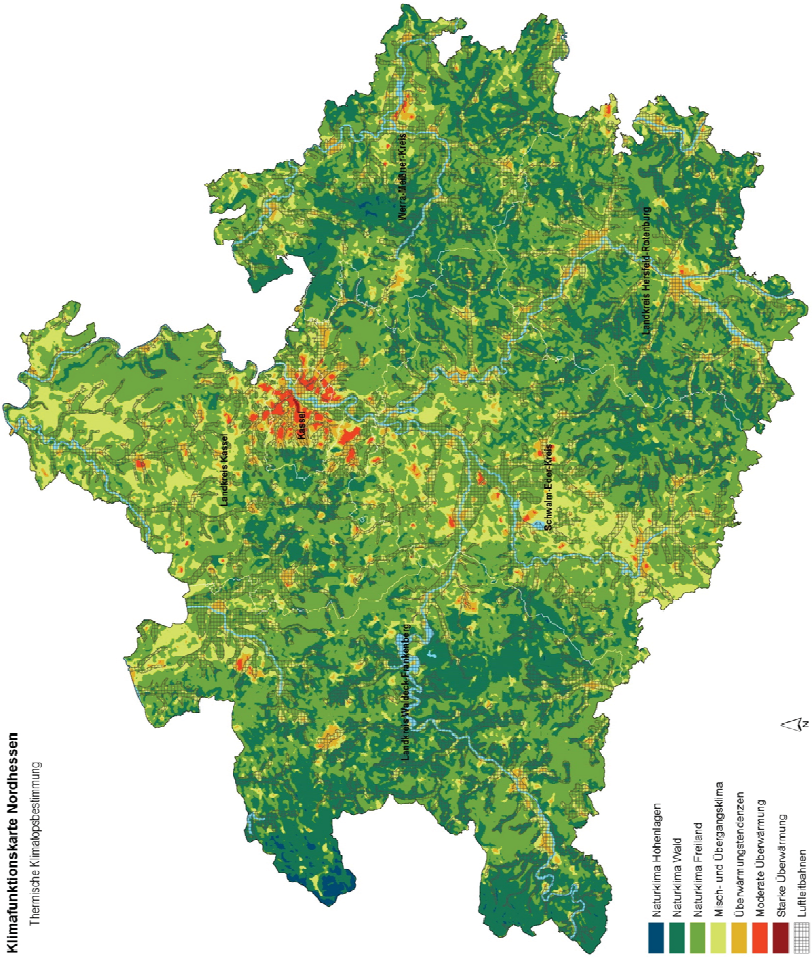


Abbildung 4: Klimafunktionskarte für die Modellregion Nordhessen

Klimatop	Beschreibung
Naturklima Höhenlagen (Klimaökologischer Potentialbereich)	• Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete, • Höhenlagen, Kuppen mit deutlicher Überhöhung zum restlichen Untersuchungsgebiet, • aufgrund der Höhe eine Reduzierung der Lufttemperatur durch adiabatische Veränderung, • exponierte Bereiche für Wind und Niederschlag, • fern ab von Emissionsquellen.
Naturklima Wald (Klimaökologischer Potentialbereich)	• Hauptsächlich Frischluftentstehungsgebiete, • tendenziell hochgelegene Flächen, die durch Vegetation und/oder Hangneigung ausgezeichnet sind und somit zu einer reduzierten Lufttemperatur gegenüber dem regionalen Durchschnitt führen, • keine dauerhaften Emissionsquellen.
Naturklima Freiland (Klimaökologischer Potentialbereich)	• Kaltluftentstehungsgebiete mit direkter Ausgleichswirkung auf Ungunsträume, • Naturbereiche, die günstige thermische Eigenschaften besitzen, z.T. auch siedlungsnah, • geringe Emissionen und hoher Freiflächenanteil.
Misch- und Übergangsklima (Klimaökologischer Konfliktbereich)	• Pufferzonen zwischen Defizit- und Potentialbereichen, • durchaus mit Bebauung und sonstigen Nutzungen belegt aber überdurchschnittlich positive Parameter wie Hangneigung, geringe Versiegelung und/oder Freiflächennähe.
Überwärmungstendenzen (Klimaökologischer Defizitbereich	• Stadtrandklima, Überwärmungsgebiete, • baulich geprägte Flächen mit hohen Vegetationsanteil und/oder geeignete topografische Lage, • Emissionen durch Verkehr, Industrie und Hausbrand möglich.
Moderate Überwärmung (Klimaökologischer Defizitbereich)	• Städtisches Überwärmungsgebiet, • hauptsächlich stark verdichtete Räume, die eine ungünstige topografische Lage und dadurch verbundene ungünstige Belüftungssituationen verursachen, • Anreicherung von Luftschadstoffen.
Starke Überwärmung (Klimaökologischer Defizitbereich)	• Innerstädtisches Überwärmungsgebiet, • sehr hohe bauliche Dichte einer Großstadt (Kassel), • hohes Bauvolumen, nahezu keine Vegetation, • sehr reduzierte Belüftung und zusätzlich hohe Emissionswerte.
Luftleitbahnen	• Teil des topografisch bedingten Belüftungs- und Zirkulationssystem, • wesentlicher Faktor für die bioklimatischen Verhältnisse und Lufthygiene.

Abbildung 5: Legende der Klimafunktionskarte

4 Bioklimatische Analyse

Um Aussagen über die klimatischen Verhältnisse treffen zu können, die direkt auf den Menschen wirken, wurde als Grundlage die KFK als Ausgangsdatensatz genommen. Darauf aufbauend wurden Klimadaten aus Messungen und Simulationen eingesetzt, um das thermische Empfinden des Menschen an dem konkreten Ort zu berechnen. Durch die Verwendung von Klimadaten, die aus Klimamodellierungen Daten für die Zukunft generieren können, war es im nächsten Schritt möglich, neben der Ist-Situation auch eine Zukunftsprognose für Nordhessen zu erstellen.

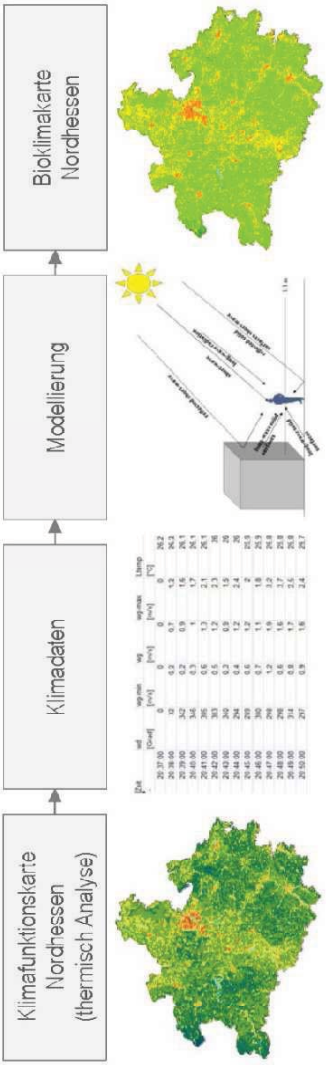


Abbildung 6: Modellaufbau zur Darstellung der prognostizierten Klimaerwärmung

4.1 Thermischer Index als Grundlage der Charakterisierung

Um die Eigenschaften und die Wirkung der Klimatope der Klimafunktionskarte auf den Menschen zu beschreiben und das Stressniveau zu ermitteln, wurde als Grundlage der thermische Bewertungsindex der ‚physiologisch äquivalenten

Temperatur' (PET)[8] angewandt. Die jeweiligen Kategorien reichen von Potentialbereichen (Reiz- und Schonklimatope), die eine besonders positive Wirkung auf das menschliche Wohlbefinden haben, über Mischklimatope bis hin zu Überwärmungsklimatopen, die negative Wirkungen auf den Menschen, sein Wohlbefinden und seine Gesundheit haben können.

Die PET bezieht sich auf das subjektive Empfinden der Menschen und wird der jeweiligen Kategorie, von kalt, kühl bis hin zu heiß und sehr heiß, zugeordnet. Dieser Index beinhaltet eine komplexe Zusammensetzung unterschiedlicher Klimaparameter (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und mittlere Strahlungstemperatur). Anhand von Vergleichsmessungen war es möglich, die Einstufung zu kalibrieren und auf die gesamte Fläche von Nordhessen zu übertragen. Beim Einsatz real gemessener Klimadaten ist somit die Abbildung der bioklimatischen Situation in der Realität möglich. Hierbei wurden Messreihen des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) in Kombination mit eigenen Messdaten angewandt, um das Bioklima der Ist-Situation darzustellen.

Dieses Verfahren beinhaltet die Möglichkeit, neben real gemessenen Daten auch modellierte Wetterdaten aus Klimamodellen einzuspeisen und somit das Bioklima der Zukunft zu generieren. Somit konnte eine Gegenüberstellung der thermischen Bedingungen der Ist-Situation mit der Situation der Zukunft erfolgen.

4.2 Herleitung des Klimas und der Klimaänderung

Im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen wurde in dem Handlungsfeld Szenarien mit den regionalen Klimamodellen CLM[9] und WETTREG2010[10] gearbeitet. Beide Modelle werden mit den Informationen des globalen Modells ECHAM-5 angetrieben, welches in diesem Fall auf dem IPCC-Emissionsszenario A1B[11] basiert. Durch die Verwendung der Klimaprojektionen konnte ein Ausblick auf die zukünftige Veränderung der thermischen Situation innerhalb der Klimatope der Klimafunktionskarte gegeben werden. Für den Anwender bedeutet dies, dass die Abgrenzung und Zugehörigkeit der Klimatopseinteilungen unverändert bleibt, die Prognose des Klimawandels wird innerhalb der Tabelle skizziert. Somit ist eine Veränderung innerhalb einer bestimmten Struktur oder Fläche am besten nachvollziehbar.

Für die Analyse und Darstellung der Ist-Situation wurden Daten für die Zeitspanne der klimatischen Normalperiode von 1971-2000 verwendet. Das Klima der Zu-

---

8 Höppe 1999.
9 S. Quellenverzeichnis Projektionen.
10 S. Quellenverzeichnis Projektionen.
11 IPCC, 2007.

kunft ergibt sich aus den Daten der Vergleichsjahre 2011-2040. WETTREG hat für die deutschen Mittelgebirge und gerade für Kassel sehr gute Werte im direkten Vergleich mit Messdaten berechnet.[12] Diese Validierungsangaben beziehen sich ebenfalls auf die Auswertung der Sommermonate und bilden sehr realitätsnahe Ergebnisse ab. Das bedeutet, dass die Änderung der Wetterlagen (häufigeres Vorkommen autochthoner Wetterlagen) eine Erhöhung der solaren Einstrahlungssumme hervorruft. Daraus ergibt sich eine höhere Bedeutung der Albedo, was den schon vorhandenen Stadt-Umlandeffekt[13] in Zukunft noch intensivieren wird.

4.3 Klimagenerierung

Für die Berechnungen der klimatischen Bedingungen innerhalb der Klimatope wurden Daten aus den Kontrollläufen und Zukunftsläufen von WETTREG 2010 für das Untersuchungsgebiet verwendet. Da sich die oben beschriebene Berechnung des PET-Wertes auf eine komplexe Formel bezieht, die aus humanbioklimatologischen Gründen nicht über einen Zeitraum gemittelt werden können, wurden aus den zur Verfügung stehenden Datensätzen die maximalen Lufttemperaturen für die Höhe 2 Meter über den 30jährigen Zeitraum gemittelt. Auf Mittelwerte weiterer Parameter wurde verzichtet und zur Erstellung des ‚Klimas' basierend auf PET wurden Windgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Lage, Topografie, Orografie, Höhe, Neigung und Rauhigkeit ermittelt.

Die mittlere Strahlungstemperatur wurde generell für den 21.06. um 13:00 MESZ zu einer Hochdruckwetterlage (maximale solare Einstrahlung) kalkuliert. Hierbei wird für die Region Nordhessen der Wert der Globalstrahlung von 790 W/m2 verwendet. Wobei der Anteil der diffusen Strahlung bei 30% liegt.

Als vernachlässigbar wird der Einfluss der Luftfeuchtigkeit und des Dampfdrucks bei diesem Betrachtungsmaßstab und den Eingangsdaten angesehen, so dass dieser Wert über alle Klimatope mit 50% relative Luftfeuchtigkeit angesetzt wurde.

Um die Werte des thermischen Indexes zu berechnen, wurde das Computermodell RayMan[14] in der Version 1.2 verwendet. Neben den oben beschriebenen Eingangswerten wurden die Daten der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Luftleitbahnen und Höhe über NN verwendet. Zusätzlich wurden die unterschiedlichen Flächennutzungen durch den Albedo-Wert[15] in Abhängigkeit der Klimatope angewandt.

---

12 Spekat et al. 2007.
13 Kuttler 2009.
14 Matzarakis et al. 2000.
15 Oke 2006.

Für die weitere Berechnung wird von einem Standardmensch (männlich; 1,75 m groß; 35 Jahre; 75 kg) ausgegangen mit einem mittleren Arbeitsumsatz von 80 W und einem Wärmedurchgangswiderstand der Bekleidung von 0,9 clo.

4.4 Verwendete Klimasignale

Um die klimatischen Verhältnisse der aktuellen Situation mit denen der zukünftigen Prognose innerhalb der jeweiligen Klimatope zu vergleichen, wurde nach dem Schema in Abbildung 7 vorgegangen.

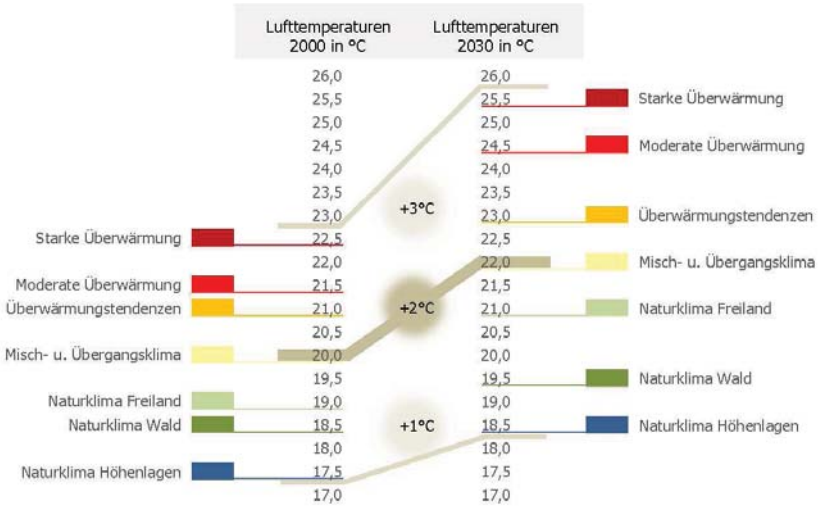


Abbildung 7: Generierung der Klimadaten

Ausgehend von einem deutlichen Stadt-Umlandeffekt, der sich aus einer messtechnischen Analyse während einer Hochdruckwetterlage im Sommer in Nordhessen einstellen kann, wurde dieses Verhältnis auf die Klimatopsverteilung der Klimafunktionskarte übertragen. Ausgewertet wurden zwei Messstationen des hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, die sich in den beiden voneinander entferntesten der analysierten Klimatope befanden. Die Messstation ‚Witzenhausen Wald' befindet sich laut Verteilung der Klimatope in einem Bereich, der dem Reizklimatop zugeordnet ist, während die Station ‚Kassel Mitte' eindeutig in die Kategorie Überwärmungsklimatop 2 fällt. Aus diesen Vergleichs- und Kalibrierungsmessungen wurde ein Temperaturgradient bei einer Hitzewelle im Jahr 2008 von 5°C ermittelt (siehe Diagramm 2). Dieses Verhältnis ergibt die Spannweite der anzusetzenden Lufttemperaturen zur Berechnung der physiologisch äquivalenten Temperatur. Als mittlerer Eingangswert wird eine Lufttempe-

ratur von 20°C für das „neutrale“ Klimat des Misch- und Übergangsklimatops angesetzt, das durch ein Spektrum von -2,5°C bis zu +2,5°C erweitert wird.

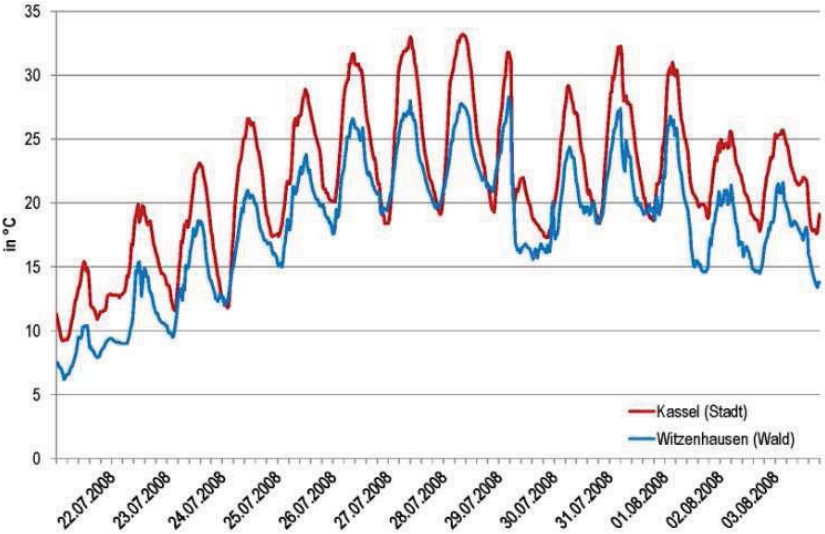


Diagramm 2: Auswertung der Vergleichsmessung Sommer 2008, Stadt-Umland Effekt in Nordhessen

Um eine Abschätzung der zukünftigen Veränderungen geben zu können, wurde das mittlere Klimaänderungssignal für Nordhessen ermittelt. Die daraus ergebenen Veränderungen der Lufttemperaturen sind ebenfalls in Abbildung 7 dargestellt. Durch die prognostizierte Zunahme der Lufttemperatur und der solaren Einstrahlungssumme, was eine Erhöhung des Temperaturgradienten (Stadt-Umland) bewirkt, wird für die Erstellung des Datensatzes der Zukunft von den oben gezeigten Werten ausgegangen. Es ergibt sich eine Vergrößerung der Spannweite zwischen Gunst- und Ungunstklimaten. Dabei ist davon auszugehen, dass die Temperaturerhöhung nicht linear verläuft, was einen einheitlichen Anstieg der Lufttemperatur zur Folge hätte, sondern eine unterschiedliche Temperaturzunahme in den Klimatopen zu erwarten ist. Die Reiz- und Schonklimatope erfahren folglich eine abgemilderte Zunahme, die Überwärmungsklimatope hingegen sind durch einen höheren Anstieg als das mittlere Klimaänderungssignal vermuten lässt gekennzeichnet.

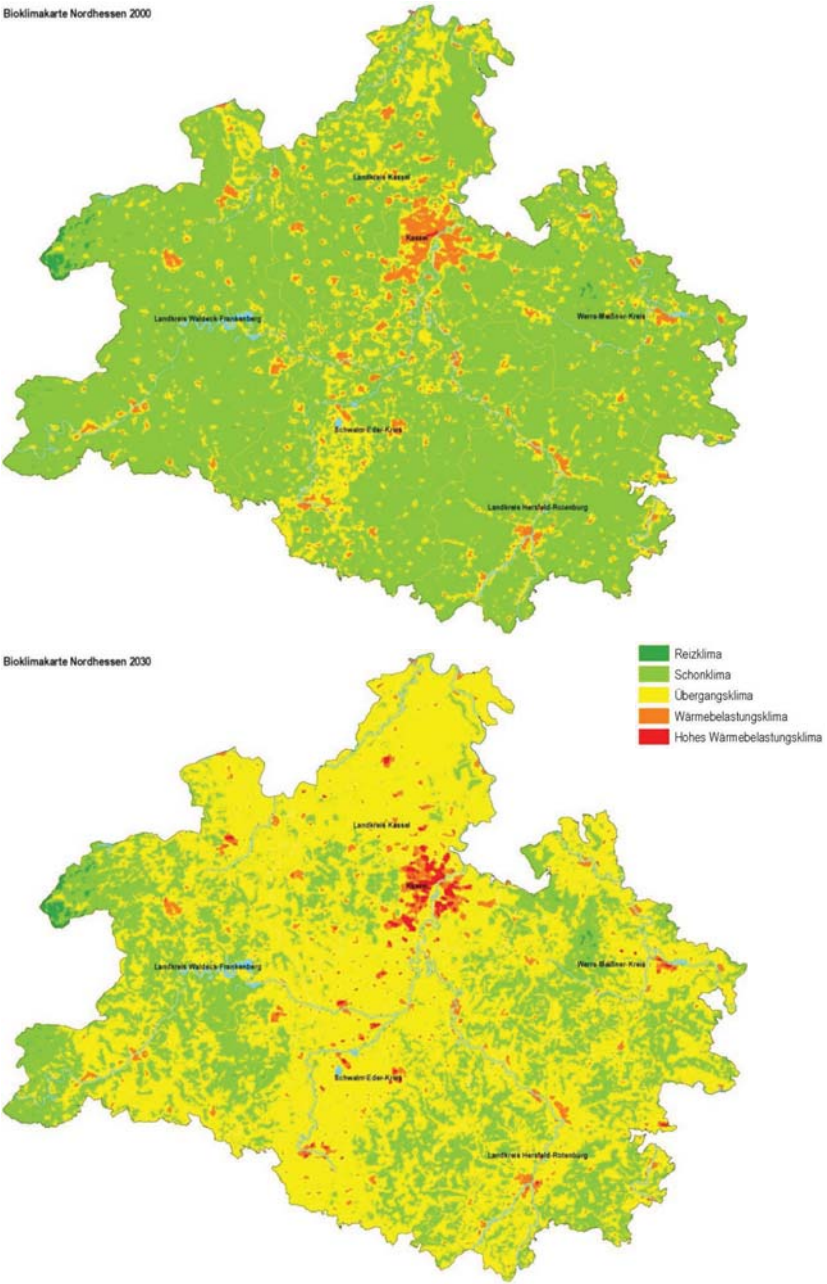


Abbildung 8: Vergleich der Bioklimakarten Nordhessen 2011 und 2030. Hier dargestellt: 2030

5 Extremwetter-/ Risikokarten

Ein weiterer Themenkomplex der Klimafunktionskarte Nordhessen ist die Ebene der potentiellen Extremwetterereignisse in Form von Starkregen und Starkwind. Diese Themenebenen wurden nur indirekt durch die Daten der Regionalmodelle generiert, da es große Schwankungen und Unsicherheiten bei dem Parameter Niederschlag gibt und auch in der Verteilung der Windverhältnisse nicht immer gleiche Ergebnisse generiert werden. Aus diesem Grund sei an dieser Stelle auf das Teilprojekt ‚Kommunikation Klimaprojektionen, Integrative Systemanalyse und Szenarien, Bilanzierung' verwiesen,[16] dessen Hauptannahmen folgendermaßen lauten:

- Zunahme der Starkregenereignisse im Sommer
- Abnahme der Niederschlagsumme im Sommer
- Abnahme der Niederschlagsumme im Winter
- Zunahme der Spitzen in der Windgeschwindigkeit (Böen) in Kuppenlagen.

Aufgrund der räumlichen Auflösung der Regionalmodelle ist es zur Zeit nicht möglich, solide räumliche Verteilungen des Niederschlags auf einem komplex orografisch gegliederten Gelände zu berechnen. Durch die Gitterzellen der dynamischen Modelle werden die Einflussfaktoren wie Kuppen, Täler und Hangneigung mit nur einem Mittelwert belegt, was bei lokalen Fragestellungen nur eine ungenügende Genauigkeit bedeutet. Lediglich durch die Interpolation der Höhenabhängigkeit gelingt es dem statistischen Regionalmodell WETTREG diese systemverschuldete Ungenauigkeit teilweise zu umgehen. Leider werden bei dieser Methode nur die Höhenunterschiede betrachtet, eine Abhängigkeit der Wetterlage und der Windrichtung bleibt aus.

Ähnlich ungenau sind die Aussagen zur Windgeschwindigkeit. Betrachtet man die Verteilung in gesamt Nordhessen wird deutlich, wie homogen die Berechnungen ausfallen (siehe Abbildung 9). Grund hierfür sind erneut die sehr groben topografischen Informationen der Regionalmodelle. Eine Differenz von unter 1 m/s im Mittel über gesamt Nordhessen scheint unrealistisch, was die Verwendung der Modelldaten in diesem Arbeitsschritt als nicht brauchbar darstellt.

[16] S. Kap. II: Matovelle, Simon.

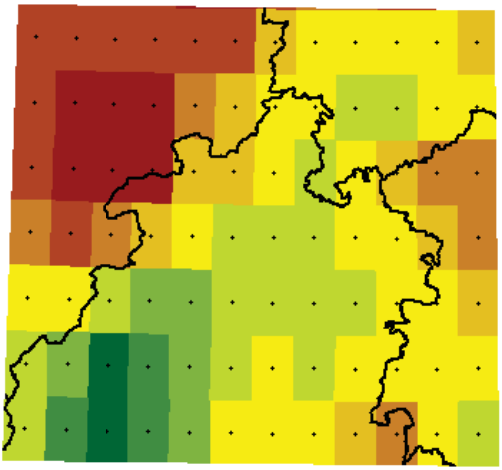


Abbildung 9: Jährliche Windgeschwindigkeit in Nordhessen 2011-2030 (idp, CLM)

Um dennoch Aussagen bezüglich der Windverteilung treffen zu können, wurde über den Weg der zukünftigen Wetterlagenbestimmung[17] eine Abhängigkeit der Windrichtung/Topografie berechnet, wodurch Luv- und Lee-Effekte berücksichtigt werden konnten.

Durch die physikalischen Bedingungen ist eine einfache höhenbedingte Betrachtung des Niederschlagniveaus nicht ausreichend. Durch die Eigenschaften des Steigungsregens und des Regenschattens spielen also Luv- und Leeseite eines Höhenzuges eine entscheidende Rolle. In Abbildung 10 ist das Prinzip des Regenschattens bei einer entsprechenden Wetterlage schematisch dargestellt.

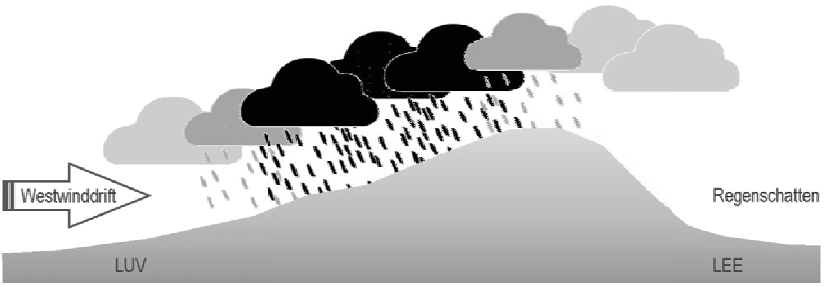


Abbildung 10: Prinzip des Regenschattens bei bestimmten Windrichtungen

[17] Kreienkamp et al. 2010.

Diese Verhältnisse werden in der angefertigten Karte flächendeckend für das Untersuchungsgebiet Nordhessen generiert und zur anwendungsfreundlichen Verortung in Abhängigkeit mit dem digitalen Höhenmodell der Region in Abbildung 11 dargestellt.

Die Eingangsdaten sind:

- **Höhenabhängigkeit:** Auf Grundlage des digitalen Höhenmodells wurden Bereiche mit besonderer Exposition herausgefiltert.
- **Relieftypisierung:** Herausarbeitung der orografischen Faktoren (z.B. Höhenrücken, Täler, Hangneigungen, Exposition) auf Basis des digitalen Höhenmodells als wichtiges Ausgangsprodukt für die Niederschlags- und Windanalyse.
- **Wetterlagen:** Auswertung der WETTREG 2010 basierten Wetterlagen für den zukünftigen Betrachtungszeitraum unter Einschränkung der Daten für die Jahreszeit Sommer.

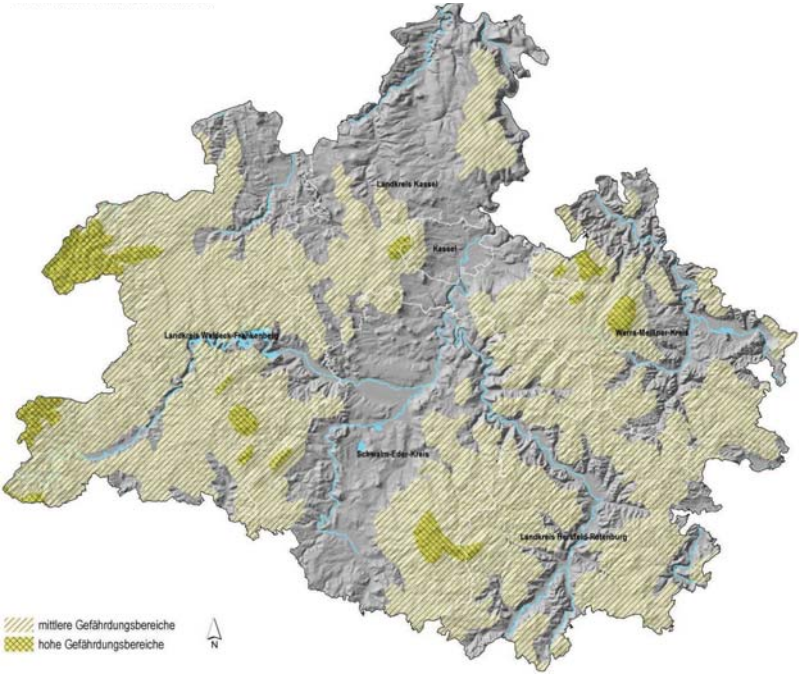


Abbildung 11: Extremwetter-/ Risikokarte für die Modellregion Nordhessen

Die ‚Extremereignis-/ Risikokarte' zeigt die Bereiche in Nordhessen, die bei einem sommerlichen Extremwetterereignis mit Starkregen und hohen Windgeschwindigkeiten, besonders betroffen sind. Unterteilt wird hierbei in zwei Kategorien (‚mittlere Gefährdungsbereiche' und ‚hohe Gefährdungsbereiche'). Bei der Analyse wurde neben der absoluten Höhe auch der LUV-Effekt der jeweiligen Erhöhung einberechnet, so dass sich die Flächen im ersten Schritt ausgedehnt haben. Diese Vergrößerung wurde im Anschluss mit der analysierten Wetterlage mit einer Anströmung aus südwestlicher Richtung (225°) verschnitten, so dass in einem weiteren Schritt die potentiellen Flächen in die entsprechenden regenzugewandten Positionen verschoben wurden. Diese Modellierung bestand aus einer Abhängigkeit der Höhe, Ausrichtung und der Neigung der jeweiligen Fläche.

6 Umsetzungen in die Stadt- und Regionalplanung

Die inhaltliche Auswertung orientierte sich an der Klimafunktionskarte und den darüber gelagerten Funktionen. Neben dem Bioklima sind auch die Extremereignisse räumlich aufgelöst, Belastungsräume, Schonklimate und Reizklimate sind aus der Erfassung der Klimafunktions- und Bewertungskarte zu entnehmen. Für folgende Teilprojekte war die Klimafunktionskarte mit spezifischen Aussagen von Bedeutung:

- Identifizierung von betroffenen Regionalklimaten für Tourismus[18] (Ausweisung von Heil und Luftkurorten, Prädikatisierungsverfahren) und Landwirtschaft (Identifizierung erosionsgefährdeter Zonen).[19]
- Identifizierung von human-biometeorologisch signifikantem Extremwetter mit negativen Auswirkungen auf den „Human Comfort";[20] Wärme und Hitzeinseln.[21]

Das Modell ENVI-met[22] wurde für die Universität Kassel weiterentwickelt und validiert. Dazu wurden 2011 in Kassel weitere Erhebungen durchgeführt. Neben dem Untersuchungsgebiet Entenanger waren der Opernplatz und der Königsplatz ausgewählte Untersuchungsgebiete.

Im Sommer wurde eine Messkampagne, kombiniert mit Nutzerbefragungen zur Bewertung der mikroklimatischen Verhältnisse in Abhängigkeit von differenzierten Ausstattungsmerkmalen eines innerstädtischen Platzes, durchgeführt. For-

18 S. Kap. III: Hahne et al.
19 S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.
20 S. Kap. III: Maas, Schneider.
21 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
22 S. envimet.com.

schungsinteresse bestand darin, physische Platzeigenschaften wie Ausstattung, Dimension und Verhältnisse in Bezug auf das Mikroklima sowie das subjektive Empfinden der Nutzer weiter zu vertiefen. Der Platz wurde nach Kriterien der Übertragbarkeit auf andere Städte ausgewählt und steht für typische Stadtstrukturen und eine räumlich definierbare Abgrenzung.[23]

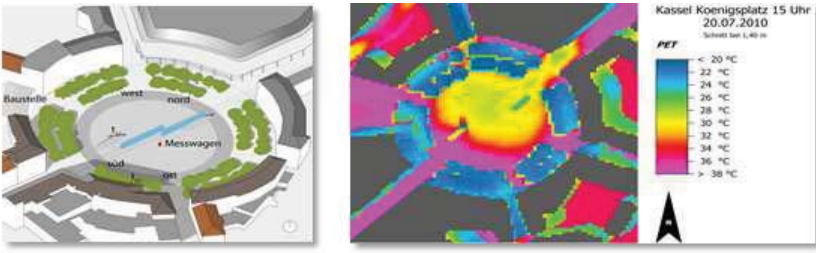


Abbildung 12: Freiraumausstattung Königsplatz und ENVI-met Berechnungen von PET

6.1 Interaktiver Klimaplanatlas Nordhessen

Der Interaktive Klimaatlas Nordhessen ist eine interaktive GIS Plattform. Dieses Anwendungstool[24] wurde für Planer entwickelt und hilft dabei, die klimatischen Bedingungen und Klimatrends lokal zu verorten sowie um die Klimaeigenschaften schnell zu erfassen. Die Plattform ermöglicht es, Klimafunktionskarten verständlich und lokal darzustellen. Bewertet werden die Klimaeigenschaften aus der Klimafunktionskarte in Abhängigkeit der Flächennutzung. Die thermische Belastung als „heat load" findet in allen Karten Verwendung. Dazu stehen die Klimafunktionskarte, Bioklimakarte und Risikokarte zur Verfügung.

6.2 Leitfadenentwicklung

In Diskussionsrunden und Unterarbeitsgruppen mit den Teilprojekten und den Klimaanpassungsbeauftragten wurden die Erkenntnisse aus den Analysen dargestellt und in planerisches Handeln übersetzt. Daraus ist im Wesentlichen der Handlungsleitfaden entstanden, der die Klimakarten als Grundlage hat.

Um der Zielsetzung des Leitfadens gerecht zu werden, wurden anhand einiger bereits veröffentlichter Leitfäden Klimaanpassungsmaßnahmen identifiziert, die eine rechtliche Umsetzung erfordern und bei denen Handlungsspielraum für Planungsinstitutionen besteht. Durch Gespräche mit Akteuren der Planung wurden

[23] Weitere Information s. Campe, Kupski 2010.

[24] Das Anwendungstool ist unter folgender Adresse aufrufbar: www.uni-kassel.de/fb6/umet/cms/KLIMZUG_Nordhessen.html

Probleme und Fragen in der Planungspraxis aufgenommen, gleichzeitig dienten diese auch dazu, das Maßnahmenpaket der vorhandenen Leitfäden zu ergänzen.

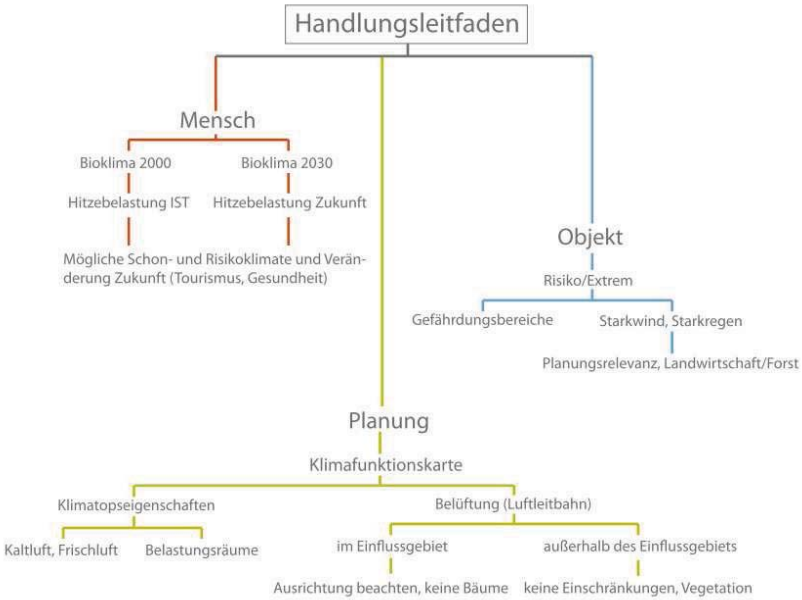


Abbildung 13: Aufbau des Handlungsleitfadens – Regionaler Klimaatlas Nordhessen mit Klimaszenarien

Durch die Zuordnung zu und Trennung von Objekten oder Planungsaufgaben kann im Weiteren durch die Beschreibung der Klimatope aus der Klimafunktionskarte, wie sie auch aus der interaktiven Plattform abgeleitet werden kann, eine Umsetzungsstrategie entwickelt werden. Das Schema erlaubt es, die Planungsaufgaben direkt mit globalen Klimaauswirkungen einer lokalen Situation zu verbinden, da die Auswirkungen sich direkt auf einen Planungsraum beziehen. Die daraus entstehenden Aufgaben, wie Förderung der Belüftung, Frischluftzufuhr oder Wärmespeicherung sind über die Ausweisung von Klimaräumen regionalplanerisch umsetzbar.

Anhand der Klimaanalyse im Zweckverband Raum Kassel und den dort auftretenden Klimaverschiebungen, hauptsächlich der Charakteristik der städtischen Wärmeinsel im Gebiet des Zweckverbands Raum Kassel, wird das Vorgehen ersichtlich.

Kategorie	Name	Beschreibung	Empfehlungen
1	**Frisch- und Kaltluft-entsthungsgebiet**	Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich; Größtenteils mit geringer Rauhigkeit und entsprechender Hangneigung.	Bereichsabhängig
2	**Frischluftentstehungs-gebiet**	Flächen ohne Emissionsquellen; Hauptsächlich mit dichten Baumbestand und hoher Filterwirkung.	Bereichsabhängig
3	**Misch- und Übergangs-klimate**	Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil, geringe und diskontinuierliche Emissionen; Pufferbereiche zwischen unterschiedlichen Klimatopen.	Bereichsabhängig
4	**Überwärmungspotential**	Baulich geprägte Bereiche mit viel Vegetation in den Freiräumen.	Bereichsabhängig
5	**Überwärmungsgebiet 1**	Dichte Bebauung mit wenig Vegetation in den Freiräumen.	Bereichsabhängig
6	**Überwärmungsgebiet 2**	Stark verdichtete Innenstadtbereiche/City	Bereichsabhängig
	Kaltluftabfluss und Ventilationsfläche	Nächtliche Hangwinde, Flächen mit geringer Rauhigkeit als Luftleitbahnen; Belüftungs- und Zirkulationssystem.	Bereichsabhängig
	Überströmungsbereiche	Reduzierte Wirkung im bodennahen Bereich; Überströmung partieller Siedlungsbereiche in Luftleitbahnen.	Bereichsabhängig

Abbildung 14: Legende der Klimakarte



Abbildung 15: Klimaanalyse Zweckverband Raum Kassel in ihrer räumlich- zeitlichen Entwicklung

Literatur

Baumüller, J.; Hoffmann, U.; Reuter, U. 1998: Städtebauliche Klimafibel – Hinweise für die Bauleitplanung. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

Campe S.; Kupski S. 2010: Klimatologische Untersuchung eines innerstädtischen Platzes- Auswertung der Messkampagne zum thermischen Empfinden der Nutzer des Königsplatzes in Kassel im Sommer 2010. UVP Report 25 Ausgabe 2+3 2011.

Häckel, H. 1985: Meteorologie, UTB Ulmer Verlag, Stuttgart.

Höppe, P. 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeorol. 43, 71-75.

Hupfer P. ; Kuttler, W. 1998: Witterung und Klima B.G. Teubner Stuttgart.

IPCC Fourth Assessment Report (AR4), Climate Change 2007.

Mayer, H.; Bruse M.; Drey, Ch.; Katzschner, L. 2009: Hitzestress im Stadtquartier, in: Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen, Institut der deutschen Wirtschaft, Medien GmbH Köln.

Kreienkamp F.; Spekat A.; Enke W. 2010: Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Modell WETTREG2010; Umweltbundesamt 2010.

Kuttler, W. 2009: Zum Klima im urbanen Raum. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2008, 6-12,. Offenbach am Main.

Lohmeyer, A. 2008: Klimafunktions- und Klimaplanungskarten, Lohmeyer Aktuell, 20/2008, Karlsruhe.

OKE, T. R. 2006: Boundary layer climates. Routledge. London. New York.

Zweckverband Raum Kassel ZRK (2010): Klimafunktionskarte Zweckverband Raum Kassel 2009 mit Zukunftsprognosen; ZRK 2010.

Klimaprojektionen:

CLM: Die CLM Läufe wurden durchgeführt von der Gruppe Modelle & Daten, angesiedelt am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg in enger Zusammenarbeit mit den CLM-Entwicklern: Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU) GKSS Forschungszentrum in Geesthacht und Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Die Finanzierung erfolgte durch das BMBF im Rahmen des Förderschwerpunktes klimazwei.

Wettreg: Meteo-Research/ CEC Potsdam GmbH i. A. des Umweltbundesamtes, 2006.

III

HANDLUNGSFELDER DER KLIMAANPASSUNG

Anpassungsstrategien an den Klimawandel in der Landwirtschaft am Beispiel des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen in Nordhessen

Rüdiger Graß, Burga Thies, Michael Wachendorf

Übersicht

1 Einleitung ... 141

2 Aktuelle Situation und Verwundbarkeitsanalyse des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen in Nordhessen ... 142

3 Anpassungsstrategien im Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen in Nordhessen ... 143

3.1 Einzugsbereich von Fließgewässern - Hanglagen ... 143

3.2 Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern ... 144

4 Zielsetzung, Methodik ... 145

5 Ergebnisse und Diskussion ... 148

5.1 Einzugsbereich von Fließgewässern ... 148

5.2 Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern ... 154

6 Umsetzungsaktivitäten – Wissenstransfer Ergebnisse ... 161

7 Gesamtdiskussion und Bewertung der Ergebnisse ... 164

8 Transfermöglichkeiten in andere Regionen – Empfehlungen ... 165

Literatur ... 166

1 Einleitung

Angesichts unterschiedlicher Projektionen[1] der klimatischen Entwicklung ist in Mitteleuropa zukünftig mit wärmeren und niederschlagreicheren Wintern sowie trockeneren Sommern mit wiederkehrenden extremen Hitze- und Trockenperioden zu rechnen. Diese Entwicklung wird auch in Nordhessen erwartet.[2] Ferner wird die Zunahme von Starkregenereignissen mit der Folge von starker Bodenerosion und Nährstoffausträgen besonders in hängigen Lagen und – bei Überschwemmungen – in Tallagen von Fließgewässern prognostiziert. Neben positiven Auswirkungen, die durch z.B. verlängerte Vegetationsperioden zu erweiterten Handlungsmöglichkeiten sowie unter Umständen zu höheren Erträgen führen

[1] Z.B. IPCC, 2007.

[2] S. Kap. II: Matovelle/Simon; Kap. II: Katzschner/Kupski/Campe.

können, ist vor allem mit negativen Beeinträchtigungen zu rechnen: Steigerung des Ernterisikos aufgrund von Trockenheit und Wetterextremen, verstärkte Bodenerosion, Zunahme von Krankheiten und Schädlingen, Auftreten neuer Schädlinge usw.[3] Generell ist mit einer Zunahme unbeständiger Witterungslagen zu rechnen, die die Planung von Anbausystemen erschwert. Diese Entwicklung stellt die Landwirtschaft vor große Herausforderungen, die Anpassungsmaßnahmen für landwirtschaftliche Anbau- und Nutzungssysteme erfordern,[4] um eine umweltgerechte und ertragreiche Landwirtschaft zu ermöglichen.

Am Beispiel des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen wurden im Forschungsprojekt „Entwicklung und Evaluierung adaptierter Anbau- und Nutzungskonzepte für Energiepflanzen im Einflussgebiet nordhessischer Fließgewässer" am Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe der Universität Kassel exemplarische Anpassungsstrategien für die Mittelgebirgsregion Nordhessen mit ihren zahlreichen Fließgewässern untersucht, weiterentwickelt und zum Zweck der Demonstration in Kooperation mit regionalen Akteuren umgesetzt.

2 Aktuelle Situation und Verwundbarkeitsanalyse des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen in Nordhessen

In den nordhessischen Mittelgebirgen werden die hängigen Lagen als ackerbauliche Standorte genutzt und dienen zugleich als Einzugsbereich für die Speisung der Fließgewässer, wodurch sie hinsichtlich des Grundwasser- und Bodenschutzes (Nährstoffaustrag und Erosion) besondere Bedeutung erlangen. In den letzten Jahren wurden in Nordhessen verstärkt landwirtschaftliche Biogasanlagen installiert, so dass in den fünf nordhessischen Landkreisen derzeit 71 landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb sind. Diese stellen für die Landwirte eine zusätzliche Einnahmequelle dar und liefern einen bedeutenden Beitrag zum Ausbau erneuerbarer Energieträger. Einhergehend mit dieser Entwicklung hat auch der Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen zugenommen, der vor allem aufgrund derzeitiger ökonomischer Vorzüglichkeit auf dem Anbau von Silomais basiert. Dieser wird in bisherigen Anbausystemen im Zeitraum Mitte bis Ende April ausgesät und Ende September geerntet. Dabei liegt der Boden vor dem Maisanbau über Winter häufig brach. Schätzungen der landwirtschaftlichen Fachbehörden zufolge werden zwischen 60 und 75% der Maisflächen in Nordhessen in dieser herkömmlichen Art bewirtschaftet. Nach der Maissaat kann der Mais aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung und eines Reihenabstandes von 75 cm erst nach eini-

[3] Graß et al., 2010.
[4] Schaller/Weigel, 2007.

gen Wochen selbst den Boden durch Bewuchs vor Erosion schützen und Nährstoffe in bedeutendem Umfang aufnehmen. Daher ist Mais als eine vergleichsweise anfällige Kultur hinsichtlich Bodenerosion und Nährstoffauswaschung einzustufen, wenn er in herkömmlichen Anbausystemen angebaut wird. Diese Anfälligkeit wird durch Starkregenereignisse vergrößert, die häufig im Zeitraum nach der Saat auftreten. Bisherige Lösungsansätze, wie Reduzierung der Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau sowie Untersaaten, haben in der Praxis nur wenig Anwendung gefunden.[5] Allein die Maßnahme der Reduzierung des Reihenabstandes wird verstärkt in der Praxis genutzt. Für hängige Lagen müssen innovative, an den Klimawandel angepasste Anbausysteme sowohl einen ganzjährigen Bodenschutz als auch gesicherte Erträge gewährleisten. Ferner ist neben der Nutzung der winterlichen Bodenfeuchte eine geeignete Arten- und Sortenwahl notwendig, um Anbaurisiken aufgrund von Trockenperioden zu minimieren.

In den Tallagen der Mittelgebirge befinden sich entlang der Fließgewässer Areale, die bei einer Zunahme von Starkregenereignissen häufiger überschwemmt zu werden drohen. In diesen Gebieten muss ein besonders guter Bodenschutz gewährleistet sein, um Bodenab- und Nährstoffausträge zu minimieren.[6] Auch hier stellt der herkömmliche Silomaisanbau ein besonders vulnerables Anbausystem dar, das der Gefahr von Bodenerosion und Nährstoffauswaschung durch Überschwemmungen unterliegt. Für diese Standorte in den Überschwemmungsgebieten müssen Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden, die eine ganzjährige Bodenbedeckung möglichst ohne Bodenbearbeitung und nur mit geringer Nährstoffzufuhr über die Düngung beinhalten.

3 Anpassungsstrategien im Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen in Nordhessen

3.1 Einzugsbereich von Fließgewässern – Hanglagen

Als Anpassungsmaßnahme für die hängigen Lagen wurde im Projekt KLIMZUG-Nordhessen ein Zweikulturnutzungssystem geprüft, das den kombinierten Anbau einer Winterung und Sommerung in einem Jahr bei Reduzierung der Bodenbearbeitung beinhaltet.[7] Als Erstkulturen können winterharte Getreidearten wie Roggen oder Triticale, andere Getreide oder Gräser sowie Leguminosen angebaut werden. Diese können in Reinkultur oder im Mischanbau kultiviert werden. Die Erstkulturen werden Ende September ausgesät und bilden vor Winter einen bodenschützenden Bewuchs aus. Ferner werden vor Winter Nährstoffe entzogen

[5] Graß, 2003.
[6] Richter et al., 2011.
[7] Graß/Scheffer, 2005; Stülpnagel et al., 2008.

und vor Auswaschung geschützt. Mit Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr beginnen die Pflanzen mit der Biomasseentwicklung und werden Ende Mai als Ganzpflanze geerntet. Dieser Ganzpflanzenaufwuchs wird zur energetischen Verwertung siliert. Nach der Ernte wird der Boden nur flach mit der Scheibenegge bearbeitet, so dass weiterhin Erntereste der Erstkulturen an der Bodenoberfläche bleiben, zugleich aber für die nachfolgende Sommerkultur ein geeignetes Saatbett bereitet wird. Ferner werden so die Bodenkapillaren geschlossen, wodurch eine Verdunstung des Bodenwassers vermindert wird. Die Aussaat der Zweitkultur (=Sommerung) findet direkt nach der Ernte der Erstkultur Ende Mai/Anfang Juni statt. Dabei können neben Silomais und Sonnenblumen auch Hirsearten, Gräser sowie Leguminosen genutzt werden. Ferner muss auf Verträglichkeit mit den Erstkulturen geachtet werden. Die Zweitkulturen werden im Herbst Anfang Oktober geerntet.

Mit der zweifachen Ernte sind höhere Erträge und viele positive ökologische Aspekte verbunden (Nährstoffentzug, Bodenschutz, Artenvielfalt).[8] Auch der Mischanbau verschiedener Arten verstärkt diese Effekte. Allerdings ist mit zweifacher Aussaat und Ernte auch ein höherer Aufwand im Vergleich zu herkömmlichen Anbausystemen verbunden, der durch höhere Erträge ausgeglichen werden muss. Dies gilt vor allem dann, wenn wie derzeit die besondere ökologische Verträglichkeit von Anbausystemen kaum honoriert wird.

3.2 Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern

Für die landwirtschaftliche Nutzung von Böden in Überschwemmungsgebieten von Fließgewässern ist extensives Dauergrünland eine sehr gut geeignete Vegetationsform.[9] Das Dauergrünland bewirkt eine ganzjährigen Bodenbedeckung und einen ganzjährigen Nährstoffentzug. Wenn es extensiv bewirtschaftet wird, sinkt aufgrund der geringen Nährstoffzufuhr als Folge verminderter Düngung das Risiko von Nährstoffabtrag oder -auswaschung. Solche ökologisch wertvollen Grünlandaufwüchse werden allerdings in der Viehfütterung aufgrund hoher Ligningehalte und geringerem Futterwert kaum noch eingesetzt, so dass auch hier die energetische Verwertung eine sinnvolle Alternative darstellen kann.

Bei der energetischen Nutzung sind Qualitätsparameter wie Lignin- oder Aschegehalt ebenfalls von großer Bedeutung, da sie signifikanten Einfluss auf die Energieausbeute – z.B. bei der Biogaserzeugung – oder auf Verbrennungseigenschaften – z.B. bei der Heuverbrennung – haben. Um negative oder hemmende Einflussgrößen dieser Inhaltsstoffe des extensiven Grünlands bei der energetischen Ver-

[8] Graß/Scheffer, 2005.
[9] Richter et al, 2011.

wertung zu reduzieren und zugleich die Energieausbeute zu erhöhen, wurde an der Universität Kassel die Integrierte Festbrennstoff- und Biogaserzeugung aus Biomasse (IFBB-Verfahren)[10] entwickelt. Dieses IFBB-Verfahren ist im Kontext der Klimaanpassung im Überschwemmungsgebiet ein elementarer Baustein.

4 Zielsetzung, Methodik

Im Rahmen der Untersuchungen im agrarwissenschaftlichen Teilprojekt wurden zunächst die im vorherigen Kapitel beschriebenen Anpassungsmaßnahmen in zweijährigen Feldversuchen erforscht. Dabei wurde ihre Eignung unter aktuellen klimatischen Verhältnissen geprüft. Es wurden umfangreiche Daten zur Bestandsentwicklung, zur Stickstoffdynamik in Boden und Pflanze, zum Pflanzenertrag und zum Wassergehalt im Boden erhoben. Diese Daten bildeten die Basis für die sich anschließende Phase der Modellierung, mit der mittels Simulationen die Entwicklung der konzipierten Anbausysteme unter veränderten klimatischen Bedingungen abgeschätzt und die Eignung der entwickelten Anpassungsmaßnahmen überprüft werden sollte.

Einzugsbereich von Fließgewässern

Zur Untersuchung eines Zweikulturnutzungssystems als Anpassungsmaßnahme für den Energiepflanzenanbau wurde mit der Aussaat 2008 ein zweijähriger Feldversuch am Versuchsstandort der Universität Kassel in Neu-Eichenberg bei Witzenhausen angelegt. Dabei wurden vergleichend zwei Anbausysteme für Energiepflanzen untersucht.

Variante 1 entspricht dem herkömmlichen Anbau mit verbessertem Bodenschutz durch den Zwischenfruchtanbau. Variante 2 bildet das angepasste Zweikulturnutzungssystem ab.

Sämtlicher Stickstoffdünger wurde in Form von Kalkammonsalpeter ausgebracht. Alle Varianten wurden im Split-plot-Design mit vierfacher Wiederholung angelegt. Sie wurden hinsichtlich ihrer Bestandsentwicklung, der Ertragsdynamik und der Trockenmasseerträge untersucht. Ferner wurden über die Entnahme von Bodenproben die Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden (N_{min}-Werte) sowie die Bodenwassergehalte zu verschiedenen Zeitpunkten ermittelt.

[10] Wachendorf et al., 2009; Richter et al., 2010.

1) Hauptkulturnutzungssystem - Abfrierende Zwischenfrucht (Senf) mit nachfolgender Sommerung (Mais, Sonnenblumen, Hirse, Sudangras):

	August	**Ende April**	**Mitte Mai**
Saat	Senf (Sinapis arvensis L.)	Mais (Zea mays L.), Sonnenblumen (SB) (Helianthus annuus L.)	Hirse (Sorghum sudanense L. x Sorghum bicolor L.), Sudangras (Sorghum sudanense L.)
Bodenbearbeitung	Pflug, Kreiselegge	Grubber, 2 x Kreiselegge	
N-Düngung	55 kg ha^{-1}	145 kg ha^{-1} Mais; 95 kg ha^{-1} SB	145 kg ha^{-1}
Pflanzenschutz	keiner	3-4 Hackvorgänge	

** Angegeben sind die Sollwerte, die Düngung erfolgte abzgl. der Nmin-Werte.*

Tabelle 1: Anbaudaten Hauptkulturnutzung

2) Zweikulturnutzungssystem - Winterharte Zwischenfrucht (Roggen) als Erstkultur, Ernte Ende Mai mit nachfolgender Sommerung (Mais Sonnenblume, Hirse, Sudangras) als Zweitkultur mit reduzierter Bodenbearbeitung:

	September	**Ende Mai**
Saattermine	Aussaat Roggen (Secale cereale L.)	Aussaat Sommerungen: Mais, Sonnenblumen (SB), Hirse, Sudangras
Bodenbearbeitung	Pflug, Kreiselegge	Scheibenegge, Kreiselegge
N-Düngung*	122 kg ha^{-1}	145 kg ha^{-1}; 95 kg ha^{-1} SB
Pflanzenschutz	keiner	2 Hackvorgänge

** Angegeben sind die Sollwerte, die Düngung erfolgte abzgl. der Nmin-Werte.*

Tabelle 2: Anbaudaten Zweikulturnutzung

Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern

Im Überschwemmungsgebiet der Werra in Witzenhausen wurden 2008 auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsstandort „Am Sande“ umfangreiche Feldversuche mit verschiedenen Grünlandsaatmischungen durchgeführt. In einer vollständig randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen wurden folgende Varianten untersucht:

Ansaatmischung	Anzahl der Arten	Hauptarten
Rohrglanzgras (RG)	1 Gras	Phalaris arundinacea
Diversitätsmischung (DM)	11 Gräser 24 Kräuter 1 Leguminose	Alopecurus pratensis, Festuca nigrescens, Silene dioica, Centaurues jacea, Lotus pedunculatus
Standardmischung (SM)	5 Gräser 2 Leguminosen	Festuca pratensis, Phleum pratense, Trifolium hybridum, Trifolium repens

Tabelle 3: Charakterisierung der drei verwendeten Ansaatmischungen

Diese wurden jeweils ohne und mit einer N-Düngung von 100 kg ha^{-1} und Jahr angebaut. Die Düngung erfolgte mit Hühnermist.

Die Bestände wurden im Rahmen einer Zweischnittnutzung nach dem 1. Juli das erste Mal und Anfang Oktober das zweite Mal gemäht. Die jeweiligen Aufwüchse wurden hinsichtlich ihrer Bestandsentwicklung, der Ertragsdynamik und der Trockenmasseerträge untersucht. Da diese Aufwüchse einer energetischen Verwertung zugeführt werden sollten, wurden auch Inhaltsstoffe und die Faserfraktionen bestimmt. Diese sind besonders wichtig bei der Beurteilung der Eignung der Aufwüchse für unterschiedliche energetische Wandlungsverfahren, wie z.B. die Integrierte Festbrennstoff- und Biogaserzeugung aus Biomasse (IFBB-Verfahren).[11]

Modellierung

Für Grünland wurde das Modell FOPROQ[12] in Kooperation mit dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel eingesetzt. Für ackerbauliche Kulturen wurde das Pflanzenwachstumsmodell HERMES[13] in Zusammenarbeit mit Dr. K.-C. Kersebaum vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF) installiert. Der Aufbau der Modelle beinhaltete unter anderem die Eingabe von Standorteigenschaften, Management- und Wetterdaten der entsprechenden Versuchsjahre 2009 und 2010.

Die Modelle wurden anhand der in den Feldversuchen erhobenen Daten kalibriert. Die Anpassungsgüte wurde anhand statistischer Indizes bewertet. In Zusammenarbeit mit dem Center for Environmental Systems Research der Universität Kassel (CESR) wurden die Klimamodelldaten (ECHAM5/MPIOM, IPCC-Emissionsszenario A1B) der Regionalisierung WETTREG 2010 (Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH – CEC)[14] aufbereitet und anschließend in die

11 Wachendorf et al., 2009.
12 Kornher et al., 1991.
13 Kersebaum, 1995.
14 Kreienkamp et al., 2010.

Modelle eingepflegt. Dabei stellte das CESR die spezifischen Klimamodelldaten der zu den Versuchsstandorten am nächsten gelegenen Wetterstation Göttingen zur Verfügung. Die Regionalisierung WETTREG liefert 10 verschiedene Realisierungen (Lauf 1 bis 10), wobei im Folgenden die Simulationsergebnisse exemplarisch nur mit einer dieser 10 Realisierungen dargestellt werden, da eine hohe Übereinstimmung der 10 WETTREG-Läufe gezeigt werden konnte.

Die Anpassungsmaßnahmen wurden hinsichtlich der Reduktion eines klimabedingten Anbaurisikos und des Einflusses auf den Nährstoff- und Wasserhaushalt untersucht. In einem ersten Schritt wurden Trend- und Regressionsanalysen für eine zukünftige Ertragsentwicklung bis 2100 durchgeführt. Des Weiteren erfolgte für das Grünland eine Untersuchung unterschiedlicher Schnittzeitpunkte für den ersten Aufwuchs hinsichtlich Ertragsbildung und Qualität der Biomassen. Für die Ackerkulturen wurde eine gestaffelte Verfrühung der Aussaattermine der Sommerungen bzw. Erntetermine für die Erstkultur Winterroggen hinsichtlich der Ertragsentwicklung unter veränderten Klimabedingungen geprüft.

Ökonomische Bewertung

Die Ergebnisse der Zweikulturnutzungssysteme als Anpassungsmaßnahmen im Einzugsbereich der Fließgewässer wurden ökonomisch im Rahmen einer Deckungsbeitragsberechnung vergleichend zur herkömmlichen Hauptkulturnutzung bewertet. Daraus resultierend wurde die Kenngröße der variablen Kosten je Tonne Biomasse (trocken) ermittelt, die einen direkten Vergleich der Produktionsverfahren zulässt. Diese Vergleiche wurden für die beiden Feldversuchsjahre 2009 und 2010 sowie beispielhaft für die simulierten Erträge im Jahre 2080 durchgeführt.

Für die untersuchten Grünlandbestände auf den Überflutungsflächen wurden ebenfalls Deckungsbeiträge gerechnet und die variablen Kosten je Tonne Biomasse (trocken) ermittelt. Allerdings wurden hier allein die drei verschiedenen Grünlandbestände miteinander verglichen, eine Gegenüberstellung zu Daten einer herkömmlichen Nutzung, wie z.B. dem Getreideanbau, erfolgte hier nicht.

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Einzugsbereich von Fließgewässern

In den zweijährigen Feldversuchen (2008-2010) wurden die Erträge der verschiedenen Varianten der Zweikulturnutzung im Vergleich zu den herkömmlichen Hauptkulturnutzungssystemen erhoben. Die Zweikulturnutzungsvarianten erreichten dabei z.T. deutlich höhere Erträge als die Hauptfruchtvarianten. In Ab-

bildung 1 sind die gemessene Entwicklungsdynamik der Bestände und die gemessenen Trockenmasseerträge für das Jahr 2010 beispielhaft abgebildet. Diese höheren Erträge sind notwendig, um den höheren Aufwand aufgrund zweimaliger Saat und Ernte im Jahr auszugleichen. In 2009 waren die höheren Erträge des Zweikulturnutzungssystems bei der Variante mit Mais gegenüber der Hauptkulturnutzung nicht so stark ausgeprägt. Mit diesen beiden Jahren wird der jahresbedingte Einfluss auf die Ertragsbildung deutlich. Dieser Aspekt ist für die Ertragsmodellierung von großer Bedeutung, bei der die Erträge auf Datenbasis aktueller Erhebungen unter zukünftigen klimatischen Bedingungen simuliert werden. Die in den Feldversuchen erhobenen Daten bildeten die Grundlage für die Kalibrierung und Parametrisierung des Modells HERMES. In Tabelle 4 sind die Kenngrößen der Bewertung der Anpassungsgüte aufgeführt. Dabei wird deutlich, dass diese auf einem hohen Niveau liegt.

Beispielhaft für das Jahr 2010 ist in Abbildung 1 die Biomasseentwicklung der geprüften Varianten in Haupt- und Zweikulturnutzungssystemen anhand der vergleichenden Darstellung von gemessenen und simulierten Daten aufgeführt. Zwischen den geprüften Kulturen bestehen leichte Unterschiede in der Güte der Übereinstimmung. Diese Daten bildeten die Grundlage für die Simulationen unter veränderten klimatischen Bedingungen, die in Abbildung 2 (Simulationen (1961 bis 2100, WETTREG Lauf 1) des TM-Ertrages der geprüften Kulturarten im Haupt- und Zweikulturnutzungssystem) dargestellt sind.

Dies ist den simulierten Klimamodelldaten zufolge auf die zunehmende Sommertrockenheit mit einhergehender Wasserknappheit für die Pflanzen zurückzuführen. Die Erstkultur Winterroggen weist hingegen einen positiven linearen Trend auf (Änderung des TM-Ertrages, lineare Regression 2011 - 2100: + 5,8 t ha^{-1}, R^2 = 0,80). Der Winterroggen kann als Erstkultur die Winterfeuchte gut ausnutzen und profitiert zusätzlich von dem prognostizierten früheren Beginn der Vegetationsperiode durch höhere Temperaturen im Frühjahr. Die Minimumtemperatur für das Wachstum des Winterroggens ist im Modell mit 3°C eingestellt. Die Anzahl der Wachstumstage (Tage über 3°C) nimmt im Zeitraum 2011 bis 2100 um 30% zu (33 Tage). Außerdem könnte der prognostizierte Anstieg der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre einen positiven Düngeeffekt auf den Winterroggen als C3-Pflanze haben. Ein Vergleich der beiden geprüften Anbausysteme zeigt demnach, dass die Erstkultur Winterroggen im Zweikulturnutzungssystem den Ertragsrückgang der Zweitkultur kompensiert und somit ein höherer Gesamtjahresertrag als in Hauptkulturnutzung erreicht werden kann. Der nicht realistisch erscheinende Rückgang der TM-Erträge der Sonnenblume bis auf 0 t ha^{-1} in einigen Jahren hängt mit der recht hohen Seneszenz der Sonnenblume während der Abreife zusammen, wie sie im Modell eingestellt ist, damit eine Anpassung für die Versuchsjahre 2009 und

2010 möglich war. Hierbei zeigen sich die Grenzen exakter Simulationsmöglichkeiten.

	TM-Ertrag				
	Winterroggen	Silomais	Sonnenblume	Hirse	Sudangras
MAE (t ha^{-1})	0.53	1.74	1.58	1.82	1.44
MBE (t ha^{-1})	-0.32	0.67	0.21	1.40	0.01
r^2	0.99	0.95	0.80	0.89	0.86
Steigung	0.85	0.78*	0.79*	0.77*	0.75*
Achsenabschnitt	0.45*	3.19*	2.29*	3.29*	2.37*

*statistisch signifikant verschieden von 0.0 für Achsenabschnitt und 1 für Steigung bei α = 0.05.

Tabelle 4: Statistische Kenngrößen zur Bewertung der Anpassungsgüte bei der Simulation des TM-Ertrags für die geprüften Kulturarten (MAE: Mittlerer absoluter Fehler, MBE: Mittlerer systematischer Fehler, r^2: Bestimmtheitsmaß) mit dem Modell HERMES.

Aufgrund der prognostizierten höheren Temperaturen im Frühjahr und dem früheren Beginn der Vegetationsperiode erfolgte eine modellhafte Untersuchung zur Verfrühung der Aussaattermine für die Sommerung und gleichzeitiger Verfrühung der Ernte des Winterroggens im Zweikulturnutzungssystem. Dabei wurden die Modellsimulationen mit einer gestaffelten Aussaatverfrühung von 5 bis 30 Tagen durchgeführt. Die Ergebnisse für Silomais sind in Abbildung 3 dargestellt. Unterschiedliche Symbole zeigen die Dekadenmittelwerte einer Ertragsänderung gegenüber den Aussaatterminen unter heutigen Bedingungen. Eine Verfrühung der Aussaat bei der Hauptkultur Silomais würde keine deutliche Ertragsänderung bewirken. Für die Dekade 2051 bis 2060 wird sogar ein leichter Rückgang der Erträge simuliert. Im Zweikulturnutzungssystem hat eine Verfrühung der Aussaat des Silomaises jedoch eine Ertragssteigerung zur Folge, was bei einer gleichzeitigen früheren Ernte eine Ertragsminderung beim Winterroggen bedeutet. Für den Jahresertrag im Zweikulturnutzungssystem wird bei vorgezogenem Saattermin der Zweitkulturen insgesamt ein Ertragsrückgang prognostiziert. Die durch eine frühere Ernte bedingten Ertragsrückgänge der Erstkultur werden trotz längerer Wachstumsphase der Zweitkultur und den damit verbundenen Ertragszuwächsen nicht kompensiert.

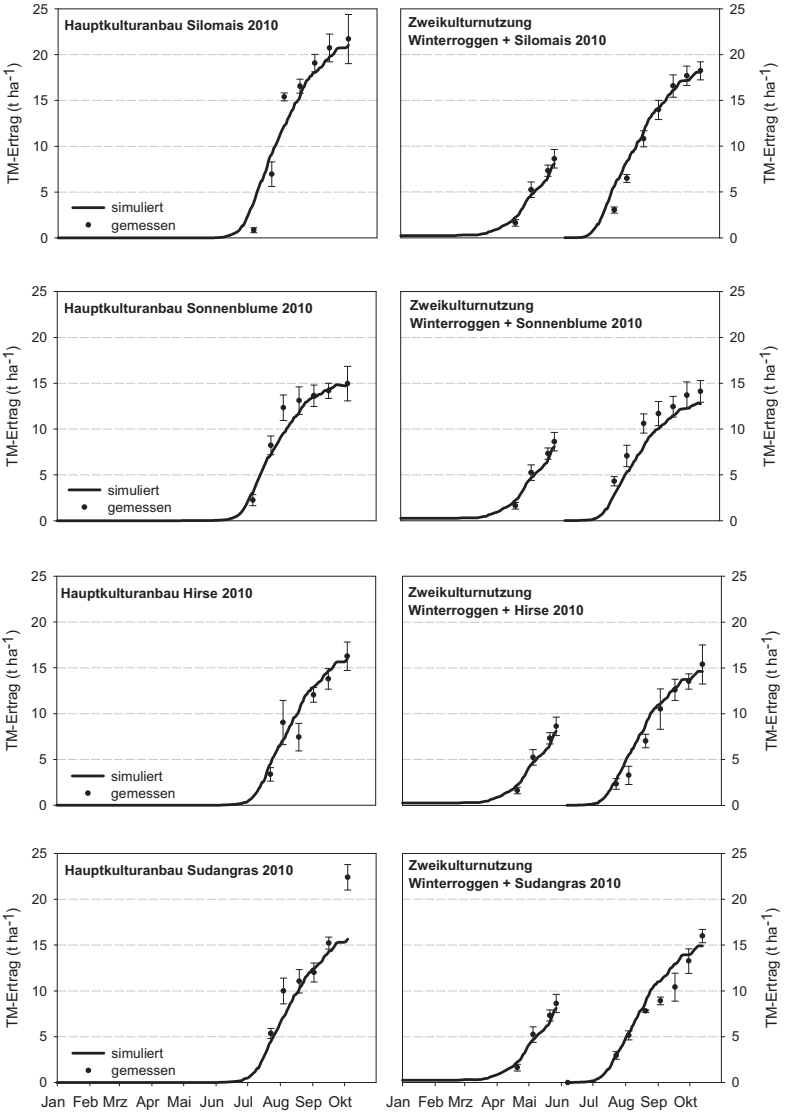


Abbildung 1: Biomasseentwicklung für die geprüften Anbausysteme Hauptkulturanbau und Zweikulturnutzungssystem im Jahr 2010. Darstellung der gemessenen (Fehlerbalken der Standardabweichung) und mit dem Modell HERMES simulierten Werte nach erfolgter Parametrisierung und Validierung.

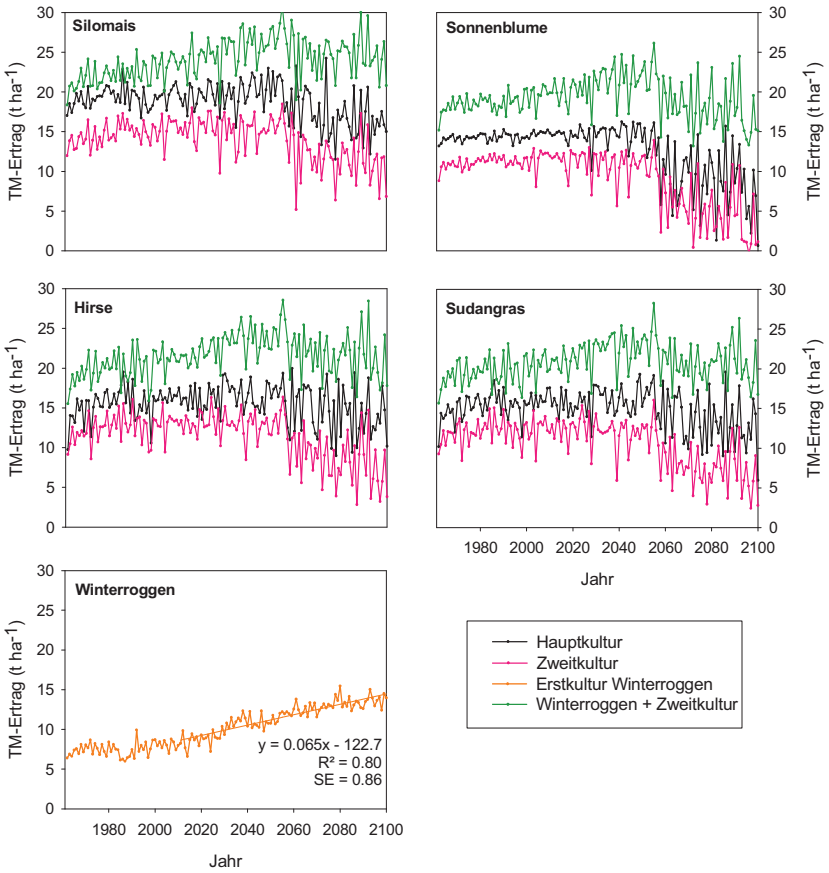


Abbildung 2: Simulationen (1961 bis 2100, WETTREG Lauf 1) des TM-Ertrages der geprüften Kulturarten im Haupt- und Zweikulturnutzungssystem

Die Ergebnisse der Modellsimulationen mit Klimamodelldaten belegen, dass das Zweikulturnutzungssystem als angepasstes Anbausystem neben einer Reduzierung der Bodenerosion und Nährstoffauswaschung durch eine ganzjährige Bodenbedeckung auch eine sicherere Ertragsbildung gewährleisten kann. Somit stellt es ein robustes Anbausystem hinsichtlich der prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels dar. Dennoch sollten bei der Wahl des Anbausystems immer die Standorteigenschaften berücksichtigt werden und auch im Hinblick auf die Klimaänderungen sollte eine standortangepasste Sortenwahl erfolgen.

Die ökonomische Bewertung der Anpassungsmaßnahmen erfolgte anhand des Vergleichs der Kosten der Biomasseproduktion. In Abbildung 4 sind die Deckungsbeiträge für die Anbausysteme Zweikultur- und Hauptkulturnutzung der geprüften Pflanzenarten in den Jahren 2009, 2010 und 2080 dargestellt. Die negativen Werte werden durch die Anrechnung der variablen Kosten verursacht, denen – wie im Feldfutterbau üblich – kein Erlös gegenüber gestellt wird. Mais verursacht aufgrund seiner hohen Ertragsleistung derzeit nahezu die geringsten variablen Kosten. Deutlich wird dabei der direkte Zusammenhang zwischen Höhe des Ertrags und der Kosten. Je höher der Ertrag, umso weniger negativ ist der Deckungsbeitrag und umso geringer sind die variablen Kosten. Bei der Zweikulturnutzungsvariante Roggen-Mais im Jahr 2010 sind aufgrund des höheren Ertrages niedrigere variable Kosten als im Jahr 2009 entstanden (Abbildung 1). Für das Jahr 2080 wurden die Daten anhand der simulierten Erträge ermittelt. Aufgrund der sich verändernden Erträge infolge der Ertragssteigerung der Winterkultur Roggen und des Ertragsrückgangs der Sommerkulturen verändern sich auch die Deckungsbeiträge zugunsten der Zweikulturnutzungssysteme.

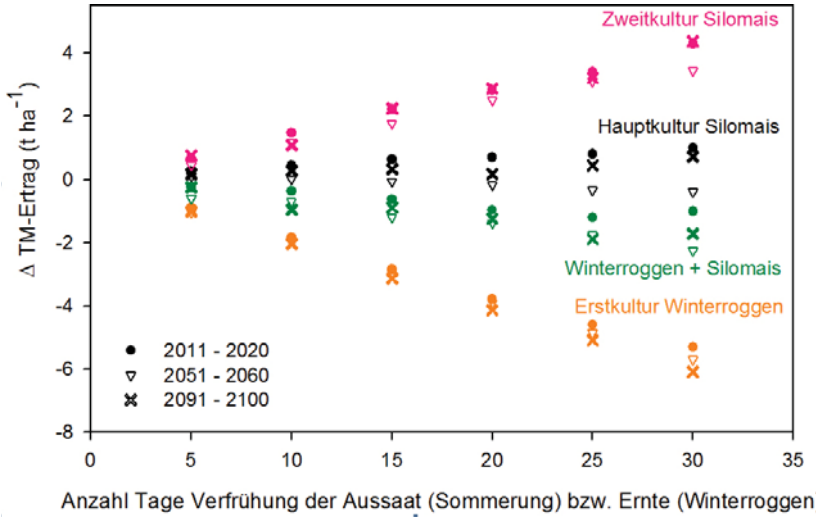


Abbildung 3: Differenz der simulierten TM-Erträge in Abhängigkeit einer Verfrühung des Aussaattermins für Silomais bzw. des Erntetermins der Erstkultur Winterroggen (5 bis 30 Tage früher als unter Versuchsbedingungen), Dekadenmittelwerte (2011 bis 2020, 2051 bis 2060 und 2091 bis 2100).

Neben den ökologischen und ertragsstabilisierenden Vorteilen wirkt sich das Zweikulturnutzungssystem diesen Berechnungen und den Ertragssimulationen zufolge langfristig auch ökonomisch positiv aus. Einschränkend muss beachtet

werden, dass für 2080 die zugrunde liegenden Kosten mit aktuellen Datensätzen kalkuliert worden sind.

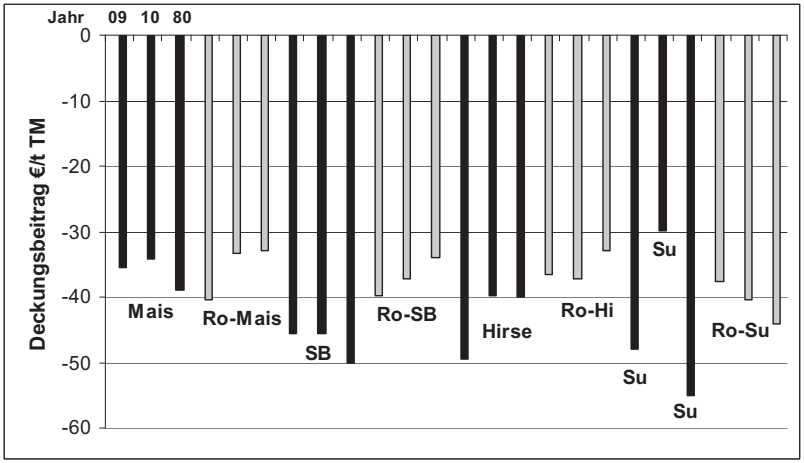


Abbildung 4: Deckungsbeitrag in € t^{-1} TM der geprüften Pflanzenarten Mais, Roggen (Ro) Sonnenblume (SB) Hirse (Hi) und Sudangras (Su) in den beiden Anbausystemen Hauptkulturnutzung (z.B. Mais) und Zweikulturnutzung (z.B. Roggen (Ro-Mais) in den Jahren 2009 (linke Säule), 2010 (mittlere Säule) und 2080 (rechte Säule).

5.2 Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern

Beispielhaft für das Jahr 2009 sind die Ertragsentwicklung und die Erträge zu den jeweiligen Schnittzeitpunkten des 1. und 2. Aufwuchses in Abbildung 5 abgebildet. Diese Werte aus den Jahren 2009 und 2010 bildeten eine wesentliche Grundlage für die Modellierung der Erträge unter simulierten klimatischen Bedingungen.

Tabelle 5 zeigt statistische Kenngrößen sowie Bestimmtheitsmaß r^2, Steigung und Achsenabschnitt aus der Regressionsanalyse zur Bewertung der Anpassungsgüte für die drei geprüften Ansaatmischungen (Standard (STA), Diversität (DIV), Rohrglanzgras (RG)). Simuliert wurden der Trockenmasse (TM)-Ertrag und die Qualitätsparameter Rohproteingehalt (RP) und Säure-Detergenz-Faser (ADF) sowie Neutral-Detergenz-Faser (NDF) und Rohfaser.[15] Für alle Parameter konnte eine hohe Anpassungsgüte erreicht werden.[16]

[15] Beide hier nicht dargestellt.
[16] S. r^2 0,55 - 0,88.

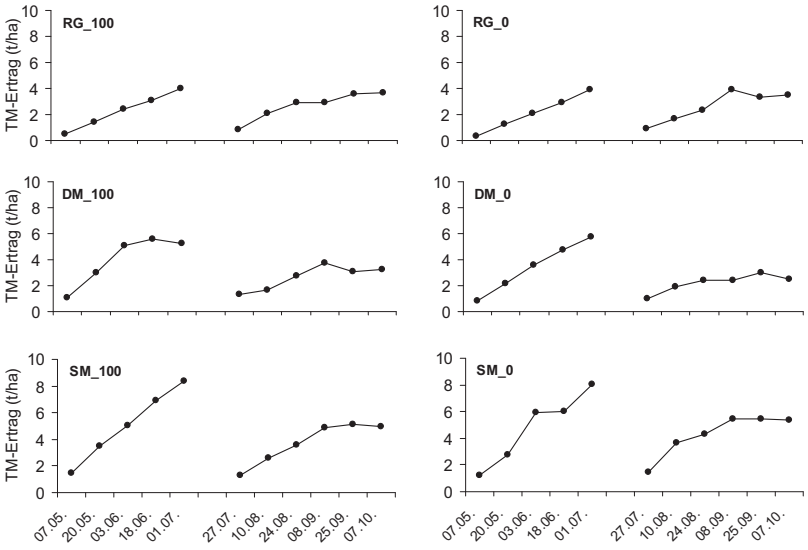


Abbildung 5: Ertragsentwicklungen der Standardmischung (SM), der Diversitätsmischung (DM) und des Rohrglanzgrases (RG) ohne (0) und mit (100) N-Düngung (kg/ha), 1. und 2. Aufwuchs, Witzenhausen 2009.

	Standardmischung			Diversitätsmischung			Rohrglanzgras		
Index	TM-Ertrag ($t\ ha^{-1}$)	Rohprotein RP ($g\ kg^{-1}$ DM)	ADF ($g\ kg^{-1}$ DM)	TM-Ertrag ($t\ ha^{-1}$)	Rohprotein RP ($g\ kg^{-1}$ DM)	ADF ($g\ kg^{-1}$ DM)	TM-Ertrag ($t\ ha^{-1}$)	Rohprotein RP ($g\ kg^{-1}$ DM)	ADF ($g\ kg^{-1}$ DM)
MAE	1.04	12.60	21.80	0.58	9.30	23.20	0.67	11.55	21.16
MBE	-0.04	-0.83	2.91	0.01	1.41	5.67	0.02	0.65	0.38
r^2	0.72	0.81	0.60	0.78	0.88	0.55	0.58	0.85	0.67
Steigung	0.72*	0.80*	0.69*	0.78*	1.12	0.59*	0.56*	0.88*	0.66*
Achsenab.	1.31*	26.08*	110.8*	0.68*	-11.32	156.6*	1.16*	15.38*	101.8*

*statistisch signifikant verschieden von 0.0 für Achsenabschnitt und 1 für Steigung bei $\alpha = 0.05$.

Tabelle 5: Statistische Kenngrößen zur Bewertung der Anpassungsgüte bei der Simulation von TM-Ertrag und den Qualitätsparametern Rohprotein und ADF (MAE: Mittlerer absoluter Fehler, MBE: Mittlerer systematischer Fehler, r^2: Bestimmtheitsmaß der linearen Regression) mit dem Modell FOPROQ.

Der mittlere absolute Fehler sowie der systematische Fehler sind relativ gering, mit Ausnahme von ADF. Hier zeigten die Simulationsläufe für das Jahr 2010 im zweiten Aufwuchs keine Übereinstimmung mit den Daten.[17] Daraufhin wurden die Daten noch einmal eingehend geprüft und die Richtigkeit bestätigt. Es war nicht möglich, das Modell so zu kalibrieren, dass diese von den Daten vorgegebenen großen Unterschiede in den ADF-Verläufen simuliert werden konnten (siehe

[17] Hier nicht dargestellt.

auch Abbildung 6). Deshalb wurde, parallel zu den Simulationen von NDF- und Rohfasergehalten,[18] die Anpassung auch entsprechend der Daten aus 2009 festgelegt.

In Abbildung 6 sind am Beispiel der Diversitätsmischung die Anpassungsergebnisse für den TM-Ertrag sowie die Qualitätsparameter Rohprotein und ADF für die Versuchsjahre 2009 und 2010 dargestellt. Die Simulationsläufe für die Versuchsjahre sind bis auf die ADF-Werte in 2010[19] plausibel und können somit als Grundlage für eine Modellierung von Ertrag und Qualitätsparametern unter Einsatz von Klimamodelldaten dienen.

In Abbildung 7 sind die Simulationsergebnisse für den TM-Ertrag der drei Ansaatmischungen getrennt für die zwei Aufwüchse und den sich daraus ergebenden Gesamtertrag dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Gesamterträge von 2011 bis 2100 keinen (Standardmischung (STA) und Rohrglanzgras (RG)) oder nur einen sehr geringen positiven Trend (Diversitätsmischung (DIV)) aufwiesen. Für den 1. und 2. Aufwuchs lassen sich hingegen jeweils signifikante Trends feststellen. Die Regressionsanalyse in Tabelle 6 zeigt weiterhin Anstiege im TM-Ertrag für den ersten Aufwuchs von 23,9% (STA), 22,1% (DIV) und 28,1% (RG) und Ertragsrückgänge für den zweiten Aufwuchs von -29,8% (STA), -18,5% (DIV) und -27,7% (RG). Die drei Ansaatmischungen zeigen sehr ähnliche Reaktionen in der Richtung und Stärke der Trends. Bei Rohrglanzgras (Abbildung 7c) hat dies zur Folge, dass die zwischen 1961 und 2010 auf einem Ertragsniveau verlaufenden Aufwüchse sich bis zum Ende des Jahrhunderts um ca. 2 t ha^{-1} unterscheiden.

		Standardmischung				Diversitätsmischung				Rohrglanzgras			
		Achsenab.	Steigung	r^2	SE	Achsenab.	Steigung	r^2	SE	Achsenab.	Steigung	r^2	SE
TM-Ertrag	gesamt	2.3	0.005	0.01	1.24	-4.5	0.006*	0.06	0.66	1.7	0.003	0.01	0.74
	1. Aufwuchs	-29.8*	0.018*	0.19	0.99	-18.0*	0.011*	0.19	0.61	-17.8*	0.011*	0.20	0.57
	2. Aufwuchs	32.2*	-0.013*	0.17	0.77	13.5*	-0.005*	0.23	0.25	19.6*	-0.008*	0.16	0.48
Rohprotein RP	gesamt	304.6*	-0.101*	0.34	3.68	170.4*	-0.050*	0.37	1.72	173.5*	-0.045*	0.22	2.24
	1. Aufwuchs	148.3*	-0.037*	0.23	1.74	103.8*	-0.024*	0.23	1.14	204.4*	-0.064*	0.23	3.03
	2. Aufwuchs	127.1*	0.007*	0.22	0.33	80.3*	0.007*	0.19	0.37	20.1	0.035*	0.17	2.02
ADF	gesamt	133.5*	0.133*	0.41	4.22	239.4*	0.089*	0.37	3.03	14.2	0.161*	0.41	5.04
	1. Aufwuchs	281.5*	0.071*	0.23	3.38	316.2*	0.060*	0.23	2.85	199.8*	0.084*	0.23	4.02
	2. Aufwuchs	416.3*	-0.026*	0.26	1.13	408.8*	-0.011*	0.26	0.26	314.7*	-0.006*	0.26	0.27

r^2: Bestimmtheitsmaß der linearen Regression mit Steigung und Achsenabschnitt, SE: Standard error
* statistisch signifikant verschieden von 0.0 für Achsenabschnitt und Steigung a = 0.05

Tabelle 6: Regressionsanalyse für TM-Ertrag, Rohprotein und ADF (WETTREG Lauf 1) 2011 bis 2100 für die geprüften Ansaatmischungen Standard, Diversität und Rohrglanzgras

Aufwuchs 1 könnte demnach von einem prognostizierten früheren Beginn der Vegetationsperiode mit höheren Temperaturen profitieren. Der Bodenwasserspeicher ist zu Beginn der Vegetationsperiode voll gefüllt. Der Ertragsrückgang im zweiten Aufwuchs innerhalb der Simulationen lässt sich auf die von

[18] Hier nicht dargestellt.
[19] S. oben.

WETTREG2010 ab ca. 2050 prognostizierten Rückgänge in der Niederschlagssumme während der Vegetationsperiode zurückführen.

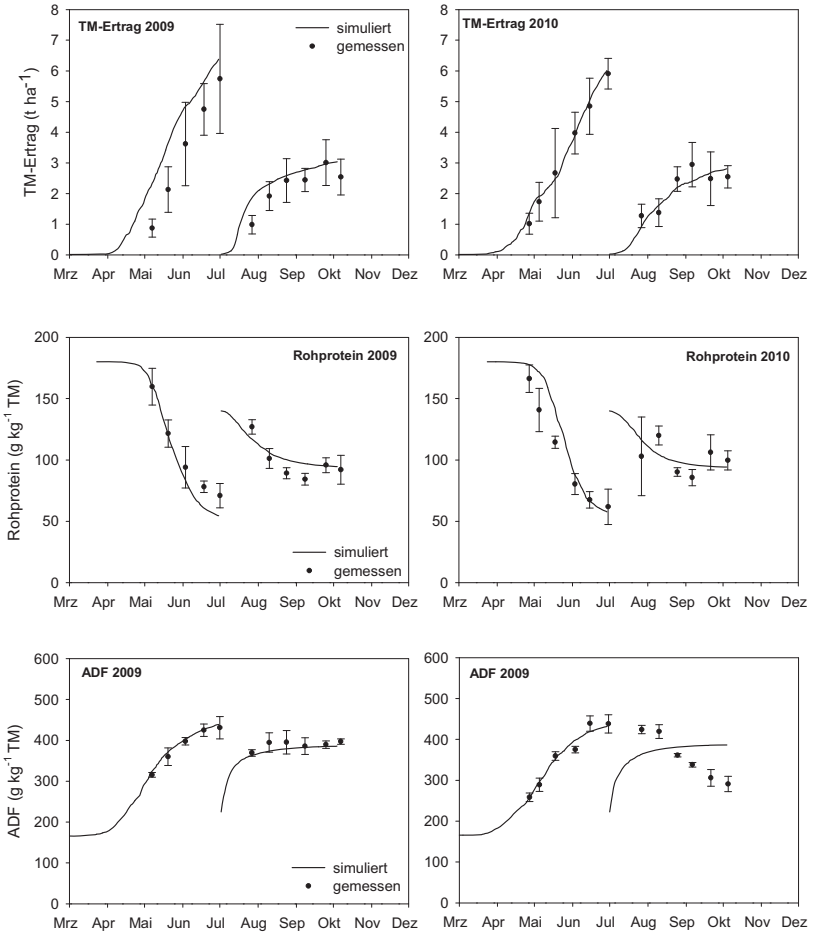


Abbildung 6: TM-Ertrag, Rohprotein- und ADF-Gehalt für die Diversitätsmischung in den Versuchsjahren 2009 und 2010 – Darstellung der gemessenen (Fehlerbalken der Standardabweichung) und mit FOPROQ simulierten Werte nach erfolgter Modellvalidierung.

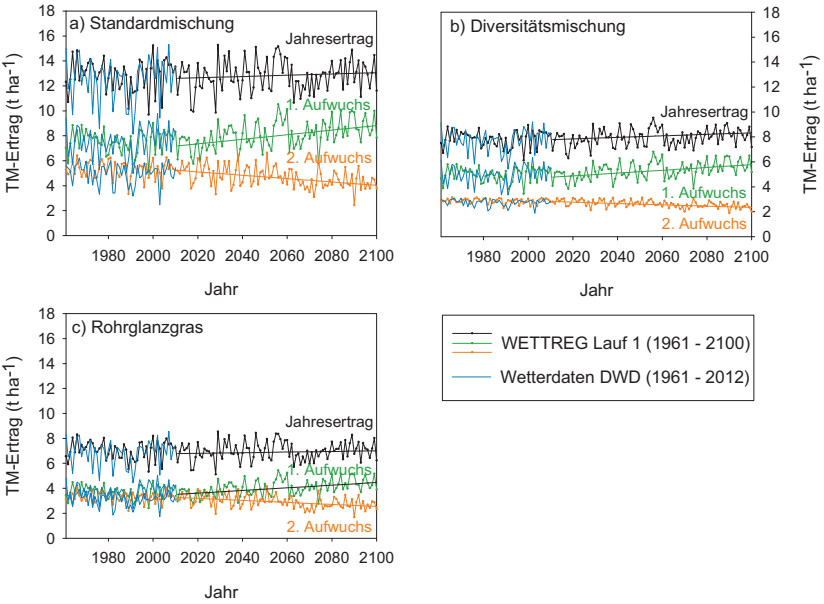


Abbildung 7: FOPROQ-Simulation des TM-Ertrages von 1961 bis 2100 mit WETTREG-Daten (Lauf 1) und von 1961 bis 2010 mit historischen Wetterdaten des DWD für den ersten und zweiten Aufwuchs sowie der Jahresertrag für die drei geprüften Ansaatmischungen Standard (a), Diverstiät (b) und Rohrglanzgras (c).

Im Weiteren wurde untersucht, wie sich eine Verschiebung des Schnittzeitpunktes des ersten Aufwuchses auf die Biomassebildung der Ansaatmischungen auswirkt. Neben dem aus den Feldversuchen vorgegebenen Erntetermin am 01. Juli (Tag 182), wurden die FOPROQ-Simulationen mit zwei frühen Schnittzeitpunkten durchgeführt (01. Juni und 15. Juni). In Abbildung 8 sind die Ergebnisse für den TM-Ertrag am Beispiel der Standardmischung dargestellt. Eine Verfrühung der Ernte resultiert in einem Rückgang der Erträge für den ersten Aufwuchs (b) und einem leichten Anstieg der Erträge des 2. Aufwuchses (c). Der gesamte Jahresertrag (a) kann allerdings durch einen frühen Schnittzeitpunkt nicht erhöht werden. Die Qualtitätsparameter Rohprotein (RP) und ADF unterscheiden sich bei einer Betrachtung der unterschiedlichen Schnittzeitpunkte für die frühen Termine im ersten Aufwuchs sowie im gesamten Jahresertrag deutlich im Niveau.[20] Der RP-Gehalt der Biomassen ist bei einem frühen Schnitt deutlich höher und der ADF-Gehalt ist niedriger, was sich aufgrund des großen Ertragsanteils des 1. Aufwuchses auch im gesamt Jahresertrag widerspiegelt. Die RP- und ADF-Gehalte des 2.

[20] Nicht dargestellt.

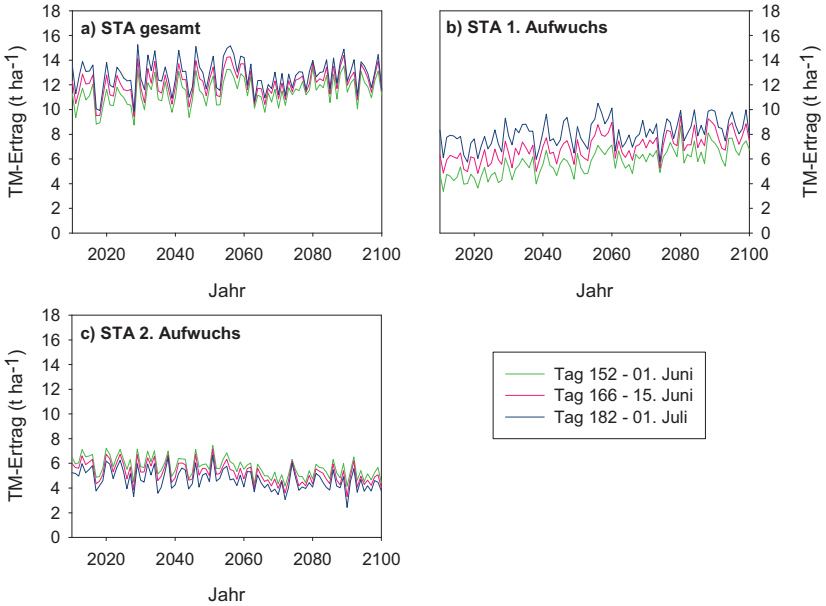


Abbildung 8: FOPROQ-Simulationen für den TM-Ertrag von 1961 bis 2100 für unterschiedliche Schnittzeitpunkte des 1. Aufwuchses (01. Juni, 15. Juni und 01. Juli) der Standardmischung[21]

Aufwuchses zeigen jedoch kaum Variabilität. Dieser reduzierte ADF-Gehalt wirkt sich positiv hinsichtlich der energetischen Verwertungsrichtung Biogas aus, da höhere Gasausbeuten generiert werden können. Für andere Konversionsverfahren wie Heuverbrennung oder die Integrierte Festbrennstoff- und Biogaserzeugung aus Biomasse ist dieser Aspekt von untergeordneter Bedeutung.

Die steigende CO_2-Konzentration in der Atmosphäre wirkt sich auf die Wachstumsprozesse von Grünlandbeständen aus. Das hier verwendete Modell hat den CO_2-Anstieg nicht integriert, sodass bei der Interpretation der Ergebnisse dies berücksichtigt werden muss. Hierzu existieren hinreichend Untersuchungen, die ein weites Spektrum an Ergebnissen liefern. In einem Schweizer FACE-Experiment[22] wurde ein Ertragszuwachs für Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) von durchschnittlich 7% und für Weißklee (*Trifolium repens*) von 10 bis 20% ermittelt. Eine erhöhte CO_2-Konzentration könnte also in Zukunft zu einem Ertragsanstieg für den gesamten Jahresertrag führen.

[21] Dargestellt sind der gesamt Jahresertrag (a) und die Erträge für den 1. (b) und 2. (c) Aufwuchs.
[22] Hebeisen et al., 1997.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Bereich der Überflutungsflächen von Fließgewässern eine Umwandlung von Ackerflächen in Extensivgrünland eine geeignete Anpassungsmaßnahme hinsichtlich des Boden- und Gewässerschutzes darstellen kann. Die prognostizierten Klimaänderungen wirken sich insgesamt positiv auf den Jahresertrag aus, da der erste Aufwuchs von einem guten Wasserangebot im Winter und Frühjahr, sowie einem früheren Beginn der Vegetationsperiode und höheren Temperaturen profitiert. Die Wahl der Grünlandbestandestypen und der Schnittzeitpunkte richten sich danach, ob der Fokus auf die Biodiversität, den Ertrag oder die Qualität gelegt wird. Energetische Konversionssysteme müssen entsprechend dieser Fokussierung ausgewählt werden.

Der ökonomische Vergleich der unterschiedlichen Grünlandbestände wurde anhand der Deckungsbeitragsberechnung und damit der variablen Kosten je erzeugter Tonne Biomasse (t) vorgenommen (Tabelle 7). Die niedrigsten Managementkos-

	Ertrag (t TM ha^{-1})	Rohrglanzgras (RG)			Diversitäts-mischung (DM)			Standardmischung (SM)		
	Jahr	2009	2010	2080	2009	2010	2080	2009	2010	2080
	1. Schnitt	3,8	5,2	4,2	5,0	5,9	5,7	7,7	11,1	8,5
	2. Schnitt	3,0	2,7	2,7	2,8	2,5	2,5	4,7	4,9	4,4
	Gesamt	6,8	7,9	6.9	7,8	8,4	8,2	12,4	16,0	12,9
Betriebs-kosten (€/t TM+Jahr)	Management	50,6	43,5	49,8	44,1	40,9	41,9	27,7	21,5	26,8
	Management + Prämien									
		28,5	24,5	28,1	24,9	23,1	23,6	15,6	12,1	15,0

Tabelle 7: Variable Kosten des Managements der untersuchten Grünlandbestände für die Jahre 2009, 2010 und 2080 in Abhängigkeit der Erträge, ohne und mit Berücksichtigung von Prämienzahlungen („Management + Prämien").

ten sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung von Prämienzahlungen zur Grünlandbewirtschaftung fallen auch 2080 bei der Standardmischung an. Dies hängt unmittelbar mit den höheren Erträgen zusammen, die als Gesamtertrag sich in 2080 den Simulationen zufolge nur gering verändern. Lediglich die Zusammensetzung aus 1. und 2. Schnitt verändert sich zugunsten des 1. Schnittes. Die dabei insgesamt entstehenden Kosten bleiben gleich.

Für eine ökonomische Gesamtbewertung der untersuchten Grünlandbestände wäre die Berücksichtigung von Energieausbeute und Konversionseffizienz verschiedener Wandlungsverfahren notwendig, was im Rahmen der vorliegenden Unter-

suchungen nicht durchgeführt werden konnte. Anderen Untersuchungen[23] zufolge kann auch mit extensiven Grünlandbeständen bei der Nutzung geeigneter Konversionsverfahren eine ökonomisch rentable Energieerzeugung erfolgen.

6 Umsetzungsaktivitäten – Wissenstransfer Ergebnisse

Im Handlungsfeld Landwirtschaft wurden zur Verbesserung des Wissenstransfers im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen in 2011/2012 im Schwalm-Eder-Kreis und im Landkreis Waldeck-Frankenberg Umsetzungsverbünde gegründet, die sich mit den in den Landkreisen aktuellen Themen Bodenerosion und Nährstoffauswaschung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit dem Schwerpunkt des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen beschäftigen. Dabei sollen hinsichtlich des Klimawandels angepasste Anbausysteme im Ackerbau demonstriert werden, die neben der Reduzierung der genannten Probleme Bodenerosion und Nährstoffauswaschung auch die Stabilisierung der Erträge zum Ziel haben. Während in Waldeck-Frankenberg in 2012 die Konzeption eines Demonstrationsvorhabens für die Anbauperiode 2012/2013 im Mittelpunkt stand, wurde im Schwalm-Eder-Kreis bereits im Frühjahr 2012 mit der Anlage eines Demonstrationsvorhabens begonnen.

Insgesamt geht es darum, mit angepassten Landnutzungsformen und –techniken die Robustheit landwirtschaftlicher Anbausysteme gegenüber den mit dem Klimawandel zu erwartenden Witterungsextremen (Starkregen und extreme Trockenheit) zu erhöhen. Solche Anbausysteme und -techniken sollen im Rahmen von Demonstrationsvorhaben Interessierten aus der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung sowie Akteuren im Kontext Naturschutz präsentiert werden.

Maßgebliche Akteure des Umsetzungsverbundes waren neben den KLIMZUG-Teilprojekten, die sich mit Landwirtschaft befassen (Agrar- und Rechtswissenschaften), und den Klimaanpassungsbeauftragten der Landkreise die Leiter der Fachbereiche bzw. Fachdienste Landwirtschaft, Wasser und Boden sowie der Unteren Naturschutzbehörde sowie der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) über den regionalen Pflanzenbauberater. In Waldeck-Frankenberg waren noch der Kreisbauernverband, der Maschinenring und ein Ingenieurbüro im Rahmen der Wasserschutzgebietsberatung beteiligt.

Im Landkreis Waldeck-Frankenberg wurde in 2012 in mehreren Treffen der beteiligten Akteure das Demonstrationsvorhaben zur Anbauperiode 2012/2013 abgestimmt und vorbereitet. Im Herbst 2012 wurden erste Varianten ausgesät.

[23] Bühle et al., 2012.

Im Schwalm-Eder-Kreis wurde am Standort Homberg (Efze)/Mardorf eine Demonstrationsfläche mit entsprechenden Anbausystemen und –varianten angelegt. Dabei wurde aufgrund des Beginns im Frühjahr 2012 eine Reduzierung der geplanten Varianten auf Sommerkulturen vorgenommen. Ferner wurden Dauerkulturen etabliert, die im zweiten Standjahr 2013 für eine erste Ernte erntereif sein werden.

Im Rahmen von zwei Vortragsveranstaltungen und Besichtigungen der Demo-Fläche in Mardorf/Homberg (Efze) wurde diese 2012 ca. 100 Teilnehmenden präsentiert.

Folgende Varianten wurden ausgesät:

Nr.		Nr.	
1)	Mais, Saat 21. April (75 cm Reihenabstand), Sorte Torres	7)	Sonnenblume, Saat 25. Mai, Sorte Astrid
2)	Mais, Saat 21. April (37,5 cm Reihenabstand), Sorte Torres	8)	Sommergerste (Saatstärke: 250 kg/ha)
3)	Mais, Saat 25. Mai (75 cm Reihenabstand), Sorte Sensation	9)	Sommergerste+Hafer (Saatstärke 201 +107 kg/ha
4)	Mais, Saat 25. Mai (75 cm Reihenabstand), Sorte Mosaic	10)	Sommergerste+Erbse (Saatstärke 306+120 kg/ha)
5)	Sorghum-Hirse, Saat 28. Mai, 20 Körner/m2; Sorte Goliath	11)	Sommertriticale+Erbse (Saatstärke 313+126 kg/ha)
6)	Sorghum-Hirse, Saat 28. Mai, 27 Körner/m2; Sorte Biomass 150	12)	Sommertriticale (Saatstärke 264 kg/ha)

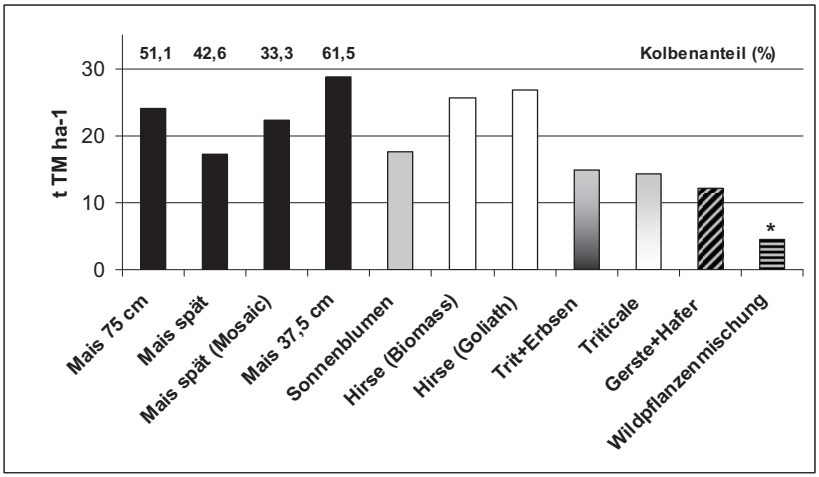
Tabelle 8: Varianten der Sommerkulturen des DEMO-Vorhabens in Mardorf, 2012.

Am 18.09.2012 wurden zur Ernte die Sommerungen beprobt und hinsichtlich ihres Ertrags und weiterer Parameter analysiert. Dazu wurden in jeder Demo-Parzelle gleichmäßig verteilt acht Proben geschnitten, die je nach Variante einen Flächenumfang zwischen 0,336 und 1,125 m^2 hatten.

In Abbildung 9 sind die Trockenmasseerträge des Demo-Vorhabens zum Erntezeitpunkt 18.09.2012 und die Kolbenanteile der Maisvarianten dargestellt. Den höchsten Biomasseertrag erzielte mit 28,8 t TM/ha die Maisvariante mit einem engeren Reihenabstand von 37,5 cm (Aussaat am 21.04.2012, Sorte „Torres“) gefolgt von den beiden Hirsevarianten. Deutlich wurde, dass der Silomais aufgrund seiner hohen Ertragsleistungen auch bei dem Demo-Vorhaben hervorstach. Der engere Reihenabstand von 37,5 cm beim Mais führte neben dem höheren Ertrag auch zu einem höheren Kolbenanteil von 61,5% sowie zu einer optimaleren Standraumverteilung, was eine frühere Bodenbedeckung und damit einen verbesserten

Bodenschutz durch den Mais zur Folge hat. Die Gefahr von Bodenerosion kann dadurch gemindert werden.

Die Spätsaatvarianten für Mais mit einer Aussaat am 25.05.2012 zeigten deutliche Sortenunterschiede, wobei die Sorte Mosaic mit 22,3 t TM/ha den höheren Ertrag erzielte. Dies belegt die Bedeutung der Sortenwahl bei der Spätsaat. Die Sonnenblumen ereichten mit 17,6 t TM/ha einen vergleichbaren Wert wie die andere Spätsaatvariante der Maissorte Sensation. Die Erträge der Getreide-Ganzpflanzensilagen (Saat am 28.05.2012) lagen zwischen 12 und 15 t TM/ha, während der geringste Ertrag bei der Wildpflanzenmischung mit 4,5 t TM/ha erzielt wurde. Allerdings wurde diese Mischung auf einem anderen Standort mit schlechterer Bodenqualität angebaut, was neben Trockenstress nach der Aussaat einhergehend mit ungünstiger Saatbettbereitung die Bestandsentwicklung ebenfalls hemmte.



** Wildpflanzenmischung wurde auf anderem, deutlich schlechterem Standort angebaut*

Abbildung 9: Trockenmasseerträge aller Varianten und Kolbenanteile bei Silomais zur Ernte am 18.09.2012, (in Klammern Sortennamen), DEMO-Vorhaben Mardorf 2012

Die Ergebnisse müssen einschränkend vor dem Hintergrund interpretiert werden, dass der Erntetermin am 18. September sehr früh gewählt war (aufgrund eines anstehenden Rodetermines mit dem Lohnunternehmer), wodurch die mögliche Vegetationszeit bis Mitte Oktober nicht ausgeschöpft wurde. Dadurch hätten besonders die später gesäten Mais- und Hirsevarianten sowohl einen höheren Ertrag als auch höhere Kolbenanteile und Trockenmassegehalte erreicht. Hinzu kommt, dass die Systeme, die den Anbau einer winterharten Erstkultur beinhalten, aufgrund des Beginns des Demo-Vorhabens im Frühjahr 2012 nicht vollständig abgebildet

werden konnten. Zu den Erträgen des spät gesäten Maises, der Hirse und der Sonnenblumen sowie der Varianten mit Getreide-GPS müssten noch die potenziellen Erträge der Winterungen addiert werden, die auf dem Standort zwischen 6 und 10 t TM/ha liegen dürften. Ebenso hätten bei Ausschöpfung der vollen Vegetationsperiode höhere Kolbenanteile und TM-Gehalte realisiert werden können.

Die höchsten TM-Gehalte wurden bei den Getreide-Ganzpflanzensilagen mit zum Teil deutlich über 40% erzielt, die zu diesem Zeitpunkt größtenteils bereits das Ende der Vollreife erreicht hatten. Bei den Maisvarianten wurden TM-Gehalte von 31,3% bei dem Engsaatmais (37,5 cm Reihenabstand) und von 29,3% bei dem Standardmais erreicht. Der spät gesäte Mais erzielte TM-Gehalte von 22,0 (Mosaic) und 24,4% (Sensation). Sonnenblumen und Hirse erreichten TM-Gehalte zwischen 17,2 und 18,6%, ähnlich wie die Wildpflanzenmischung mit 19,6%. Hier hätte ebenfalls das Ausschöpfen der Vegetationsperiode zu höheren Werten geführt, die eine bessere Silierung der Biomasse ermöglichen.

7 Gesamtdiskussion und Bewertung der Ergebnisse

An den Klimawandel angepasste Anbausysteme sollten eine höhere Robustheit gegenüber Witterungsextremen wie Trockenheit und Starkregenereignissen sowie gegenüber veränderter Niederschlagsverteilung aufweisen. Eine solche Robustheit zeichnet sich durch stabile Erträge, ganzjährigen Bodenschutz und ganzjährigen Nährstoffentzug aus. Für hängige Einzugsbereiche nordhessischer Fließgewässer wurde dazu das Anbausystem „Zweikulturnutzung" untersucht. In den Überschwemmungsgebieten der Fließgewässer wurde die Etablierung von extensivem Grünland als Anpassungsmaßnahme geprüft. Die auf Feldversuchen basierenden modellgestützten Simulationen ergaben für beide Landschaftsausschnitte, dass die gewählten Anpassungsmaßnahmen auch unter zukünftig prognostizierten Klimabedingungen stabile Erträge erzielen können.

Im Zweikulturnutzungssystem wird das Anbaurisiko auf zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten wachsende Kulturen verteilt. Dadurch können die vorhergesagten Ertragseinbußen der Sommerungen (Abbildung 2: Simulationen 1961 bis 2100, WETTREG Lauf 1) des TM-Ertrages der geprüften Kulturarten im Haupt- und Zweikulturnutzungssystem) durch die Winterkultur Winterroggen ausgeglichen werden. Diese profitiert von erhöhten Niederschlägen und Temperaturen während des Winters sowie einer verlängerten Vegetationsperiode. Grover et al. stellten in ihren Untersuchungen ebenfalls fest, dass der Anbau verschiedener Pflanzen bzw. die Etablierung von Fruchtfolgen zur Ertragsstabilität beitragen.[24] Daher

[24] Grover et al., 2009.

kann gegenüber dem herkömmlichen Standardanbauverfahren Silomais mit dem Zweikulturnutzungssystem neben ökologischen Vorteilen[25] auch eine höhere Ertragsstabilität erreicht werden. Dies erhöht die Attraktivität für Landwirte, eine solche Anpassungsmaßnahme auf dem eigenen Betrieb umzusetzen und eine verbesserte ökologische Verträglichkeit zu erreichen. Förderlich dafür sind auch die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung anhand des Vergleichs der variablen Kosten. Dabei verursachen die Zweikulturnutzungssysteme bei den Ertragssimulationen für das Jahr 2080 aufgrund der stabileren und höheren Erträge geringere Anbaukosten als die vergleichbaren Hauptkulturnutzungssysteme.

In den Überschwemmungsgebieten der Fließgewässer wurde deutlich, dass bei allen geprüften Grünlandvarianten die Jahreserträge auch unter veränderten zukünftigen klimatischen Bedingungen stabil bleiben können. Allerdings wird den Simulationen zufolge der Ertrag im 1. Aufwuchs zu- und im zweiten Aufwuchs abnehmen, so dass sich eine Veränderung der Ertragsdynamik einstellen könnte. Dies ist vermutlich mit erhöhten Niederschlägen und Temperaturen während der Wintermonate sowie einer verlängerten Vegetationsperiode zu erklären. Ein dauerhaft etablierter Grünlandbestand kann dabei die Winterfeuchtigkeit effektiv nutzen. Der ganzjährige Bewuchs erzielt einen ganzjährigen Bodenschutz und Nährstoffentzug, wodurch Witterungsextreme auch unter zukünftigen klimatischen Bedingungen abgemildert werden.[26]

Die im Projekt KLIMZUG-Nordhessen ermittelten Ergebnisse sind standortbezogen für die Standorte Neu-Eichenberg und Witzenhausen zu bewerten. Dies ist bei der Übertragung auf andere Standorte zu berücksichtigen. Für einen verbesserten Wissenstransfer wurde in dem Projekt mit der Gründung von Umsetzungsverbünden ein effektives Instrument entwickelt. Mit der Anlage von Demonstrationsvorhaben konnten die für den Ackerbau entwickelten Anpassungsmaßnahmen für andere Standorte verändert und genutzt werden. Die damit verbundene Öffentlichkeitsarbeit bestätigte die Notwendigkeit und die Erfolgspotenziale eines standortbezogenen Ansatzes des Wissenstransfers.

8 Transfermöglichkeiten in andere Regionen – Empfehlungen

Landwirtschaftliche Anbausysteme müssen immer standort- und betriebsbezogen gestaltet werden. Daher ist ein direkter Transfer der im Projekt KLIMZUG-Nordhessen untersuchten Anpassungsmaßnahmen nur eingeschränkt möglich. Allerdings sind die ergriffenen Maßnahmen in modifizierter – an die jeweiligen regionalen Bedingungen angepasster – Weise geeignet, um landwirtschaftliche

[25] Graß/Scheffer, 2005.
[26] Schaller/Weigel, 2007.

Anbausysteme hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels robust zu gestalten. Dies konnte bereits in den Umsetzungsverbünden im Rahmen des KLIMZUG-Nordhessen Projektes gezeigt werden.

Hinsichtlich der Konzeptionierung von Umsetzungsmaßnahmen zur Verbesserung des Wissenstransfers kann die im Handlungsfeld Landwirtschaft entwickelte Strategie der Umsetzungsverbünde als erfolgreich bewertet und weiterempfohlen werden. Die Einbeziehung regionaler Akteure von Beginn an erwies sich dabei als elementarer Baustein.

In 2013 werden in beiden Landkreisen die Demonstrationsvorhaben durchgeführt und es ist geplant, diese im Rahmen von Feldbegehungen der interessierten Öffentlichkeit zu präsentieren. Ferner soll die Fortführung der Demo-Vorhaben über die Laufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus konzeptioniert und organisiert werden. Die Beantragung entsprechender Fördergelder erfolgte bereits.

Die Einschränkung der Standortbezogenheit der Ertragssimulationen könnte im Rahmen von Sensitivitätsanalysen ein Stück weit überwunden werden. In diesem Zusammenhang sollen weitere Aktivitäten unternommen werden, um den Wissenstransfer noch weiter voranzubringen.

Literatur

Bühle L., Wachendorf M. und Möller D., 2012: Economic assessment of the integrated generation of solid fuel and biogas from biomass (IFBB) in comparison to different energy recovery, animal-based and non-refining management systems. Bioresource Technology, S. 312-323.

Graß R., 2003: Direkt- und Spätsaat von Silomais - Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation Universität Kassel. Cuvillier-Verlag, Göttingen.

Graß R., Scheffer K., 2005: Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. Natur und Landschaft 9/10, S. 435-439.

Graß R., Richter F., Thies B. und Wachendorf M., 2010: Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel am Beispiel des Energiepflanzenbaus im Einzugs- und Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern - KLIMZUG Nordhessen. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Bd. 22, 295-296.

Grover K.K., Karsten H.D., Roth G.W., 2009. Corn Grain Yields and Yield Stability in Four Long-Term Cropping Systems. Agronomy Journal. Volume 101, Issue 4, 940-946.

IPCC, 2007: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. www.ipcc.ch. Abgerufen am 20.8.2013.

Hebeisen T., Lüscher A., Zanetti S., Fischer B.U., Hartwig U.A., Frehner M., Hendrey G.R., Blum H. und Noesberger J. (1997): Growth response of Trifolium repens L and Lolium perenne L as monocultures and bi-species mixture to free air CO2 enrichment and management. Global Change Biol. 3 (2), 149-160.

HMUELV, 2011: Landwirtschaft in Hessen, Zahlen & Fakten 2011. Hrsg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Kersebaum K.C., 1995: Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. *Ecol Model* 81:145–156.

Kornher A., P. Nyman und F. Taube, 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das wirtschaftseigene Futter, 37, 232-248.

Kreienkamp F., Spekat A. und Enke W., 2010: Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Simulationsmodell WETTREG2010. Abschlussbericht des Umweltbundesamtes UBA, 48 S.

Richter F., Fricke T., Wachendorf M., 2010: Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass.III. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on solid fuel properties and on energy and greenhouse gas balances. Grass and Forage Science, 65, 185-199.

Richter F., Graß R. und M. Wachendorf, 2011: Energetische Nutzung extensiver Grünlandflächen in Überschwemmungsgebieten von Fließgewässern im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG Nordhessen. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, Band 1, 217-220.

Schaller M. & Weigel H.-J., 2007: Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. - Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research – Sonderheft 316, 247 S.

Stülpnagel R., von Buttlar C., Heuser F., Wachendorf M., 2008. Chancen der Fruchtfolgeerweiterung im Energiepflanzenbau durch das Zweikultur-Nutzungssystem. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 20, 174-177.

Wachendorf M., Richter F., Fricke T., Graß R., Neff R., 2009: Utilisation of semi-natural grassland through an integrated generation of solid fuel and biogas from biomass I: Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. Grass and Forage Science, 64/2, 132-143.

Anpassungsstrategien in der Wasserwirtschaft

Stephan Theobald, Anne Siglow, Alexander Rötz, Frank Roland, Klaus Träbing, Christian Bouillon

Übersicht

1 Einleitung ... 169
2 Untersuchungsgebiet ... 172
3 Vulnerabilitäten ... 173
3.1 Wasserdargebot-/Verfügbarkeit ... 173
3.2 Hochwasser ... 174
3.3 Niedrigwasser ... 175
3.4 Gewässerökologisches Leitbild der Gewässerentwicklung ... 175
4 Klimawandel und Abflussszenarien ... 176
4.1 Verknüpfung von Wasserhaushaltsbetrachtungen mit den Klimamodellen ... 176
4.2 Veränderung des Abflussregimes ... 177
4.3 Belastbarkeit der Modellergebnisse für Extremereignisse ... 181
5 Anpassungsstrategien ... 182
5.1 Änderung der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet ... 182
5.2 Änderung des Betriebes von wasserbaulichen Anlagen ... 186
5.3 Änderung der Nutzung von Fließgewässer und Talaue ... 190
5.4 Weitere Anpassungsmaßnahmen ... 193
6 Zusammenfassung und Ausblick ... 198
Literatur ... 200

1 Einleitung

Ausgehend von globalen Klimaszenarien unter Voraussetzung bestimmter Parameter wie zum Beispiel Wachstum der Weltbevölkerung, Wachstum der Industrie, Schadstoffemission, liegen Abschätzungen des Klimas vor. Für Nordhessen zeigen die Projektionen[1] Temperaturanstiege und eine Verschiebung des Niederschlagsverhaltens.

[1] S. Kap. II: Matovelle, Simon.

In der wasserwirtschaftlichen Wirkungskette der Fließgewässer (s. Abbildung 1) bilden sich die Abflüsse im Einzugsgebiet über klimawandelbeeinflusste Niederschläge und die flächig auftretende Abflussbildung und -konzentration. Diese Prozesse werden von der Beschaffenheit des Einzugsgebiets und damit auch von der Landnutzung geformt. Dem Wasserkreislauf folgend schließt sich der Abfluss- und Strömungsvorgang in den Fließgewässern an. Hierbei bestehen als wesentliche örtliche hydraulische Parameter die Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und Überschwemmungsflächen. Diese Parameter werden von wasserbaulichen Maßnahmen wie dem Betrieb der wasserbaulichen Anlagen mit geprägt. Zudem bestimmen sie die Nutzbarkeit der Fließgewässer und ihrer Talauen. Entsprechend der verschiedenen Verknüpfungen der naturräumlichen und anthropogenen Einflüsse in der wasserwirtschaftlichen Wirkungskette können Anpassungsstrategien auf den verschiedenen räumlichen Hauptbezügen Einzugsgebiet, Fließgewässerverlauf, Talaue sowie wasserbauliche Maßnahmen und Anlagen abgeleitet werden.

Die forst- und landwirtschaftliche Nutzung beeinflusst den Prozess der Niederschlag-Abflussbildung. Die gezielte Änderung derselben ist daher eine mögliche Anpassungsstrategie. Generell zielen diese Maßnahmen auf eine positive Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes ab. Im Detail ist zu betrachten, wie hochwasserverursachender Oberflächenabfluss – beispielsweise durch gesteigerte Infiltration von Niederschlagswasser – vermieden werden kann.

Wasserbauliche Anlagen mit Einfluss auf das Abflussgeschehen und das Strömungsverhalten von Fließgewässern, beispielsweise große Speicheranlagen wie Talsperren, sind für die längerfristige Abflusssteuerung einsetzbar. Kleinere Stauanlagen wie Wehre können nur zur kurzfristigen Abflusssteuerung verwendet werden. Sowohl für die Nutzungen als auch den Gewässerschutz können diese Stauanlagen durch betriebliche Adaptionen einen Beitrag für die Anpassungsstrategien erbringen.

Die Nutzungen der Fließgewässer einschließlich der Aue unterliegen insbesondere durch Hochwasserereignisse einer starken Behinderung. Die daraus folgenden Aspekte hinsichtlich möglicher neu festzulegender Bemessungsabflüsse und Nutzungseinschränkungen sind unter dem Aspekt des Klimawandels zu bewerten und soweit möglich sind entsprechende Empfehlungen auszusprechen.

Hochwasser spielt in der gesamten Region Nordhessen eine wesentliche Rolle. Insbesondere im Winter und Frühjahr treten an der Fulda mit ihren Nebengewässern Eder, Schwalm und Haune immer wieder Extremereignisse auf. Zusätzlich zu der genannten Hochwasserproblematik liegen bereits heute durch extreme Niedrigwassersituationen starke Beeinträchtigungen der Schifffahrt an der Ober-

weser vor. In diesem Zusammenhang hat die Edertalsperre die Aufgabe der Niedrigwassererhöhung der Oberweser, sie trägt zudem auch zum Hochwasserschutz, der Wasserkraftnutzung und dem Tourismus bei. Somit besitzt die Edertalsperre aufgrund ihrer Steuerungsfunktion für die Eder, untere Fulda und Oberweser aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine besondere Bedeutung.

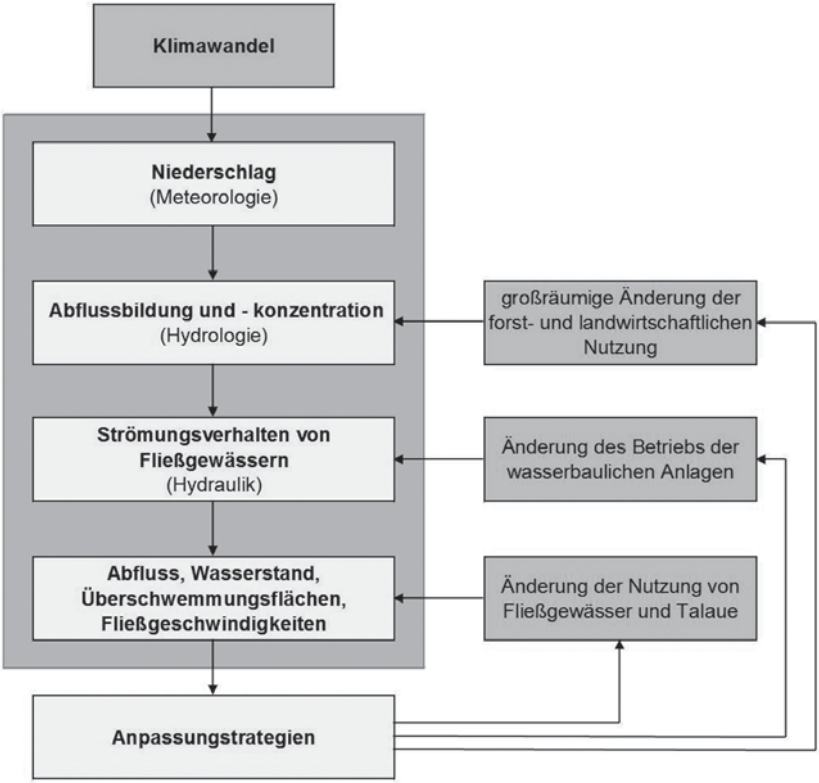


Abbildung 1: Wasserwirtschaftliche Wirkungskette „Klimawandel und Anpassung“

Aus der wasserwirtschaftlichen Wirkungskette ergeben sich Ansätze und Methoden zu Anpassungsmaßnahmen. Diese und weiterführende Umsetzungsmöglichkeiten werden im Folgenden aufgezeigt. Die Entwicklung von Simulationswerkzeugen und die Einbeziehung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse ist dabei ein stetiger Prozess. Damit basieren regionale Entwicklungs- und Planungsprozesse immer auch auf dem derzeitigen Stand der Technik bzw. der Wissenschaft.

2 Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet in der Region Nordhessen wird das Einzugsgebiet der Fulda (A_{EO} = 6.947 km²) mit ihren größeren Nebenflüssen Eder, Schwalm und Haune betrachtet.[2] Das zum Großteil in Hessen gelegene Einzugsgebiet der Fulda ist ein Teil des nordhessischen Mittelgebirges und von Gebirgsachsen mit stark variierenden Höhenlagen durchzogen (100 bis 800 m ü. NN). Die Eder bildet den Hauptzufluss der Fulda, sie entspringt im Südosten von Nordrhein-Westfalen und durchfließt in Hessen den Landkreis Waldeck-Frankenberg, bevor sie die Edertalsperre und den Affolderner See mit dem Ablaufpegel Affoldern durchläuft.[3] Nach weiteren etwa 44 km Lauflänge mit einem mittleren Gefälle von etwa 1,2‰ mündet die Eder bei Edermünde-Grifte südlich von Kassel auf 143 m ü. NN in die aus Richtung Südosten kommende Fulda.

Der Mittelwasserabfluss der Eder am Pegel Fritzlar wird mit MQ = 23,8 m³/s angegeben. Nach dem Zusammenfluss von Eder und Fulda beträgt der Mittelwasserabfluss am Pegel Guntershausen / Fulda MQ = 58 m³/s. Der darauffolgende rund 45 km lange Abschnitt der Fulda weist ein mittleres Gefälle rund 0,5‰ auf. Am Ende der Gewässerstrecke und des Projektgebietes fließt die Fulda mit der Werra zusammen. Der Mittelwasserabfluss der Fulda kurz vor dem Zusammenfluss in Hann. Münden beträgt rund MQ = 67 m³/s.

Die hydrologischen und hydraulischen Bedingungen des betrachteten Gewässerabschnitts sind maßgeblich durch den Betrieb der Edertalsperre geprägt, die sich direkt oberhalb der Gewässerstrecke befindet. Das Modellgebiet ist durch eine Vielzahl von Brücken, Wehranlagen (beweglich und unbeweglich), seitlichen Zuflüssen und innerstädtischen Bereichen wie der Stadt Kassel charakterisiert. Weitere Staustufen befinden sich auch im Oberlauf der Fulda, die in erster Linie zur energetischen Gewinnung aus Wasserkraft errichtet wurden. Wesentliche Hochwasserschutzeinrichtungen sind neben der Edertalsperre auch die Antriffttal- und die Haunetalsperre sowie die Hochwasserrückhaltebecken Treysa-Ziegenhain und Heidelbach (Schwalm). In Kassel trägt die Flutmulde zur Hochwasserentlastung bei.

[2] S. Abbildung 2.
[3] S. Abbildung 6.

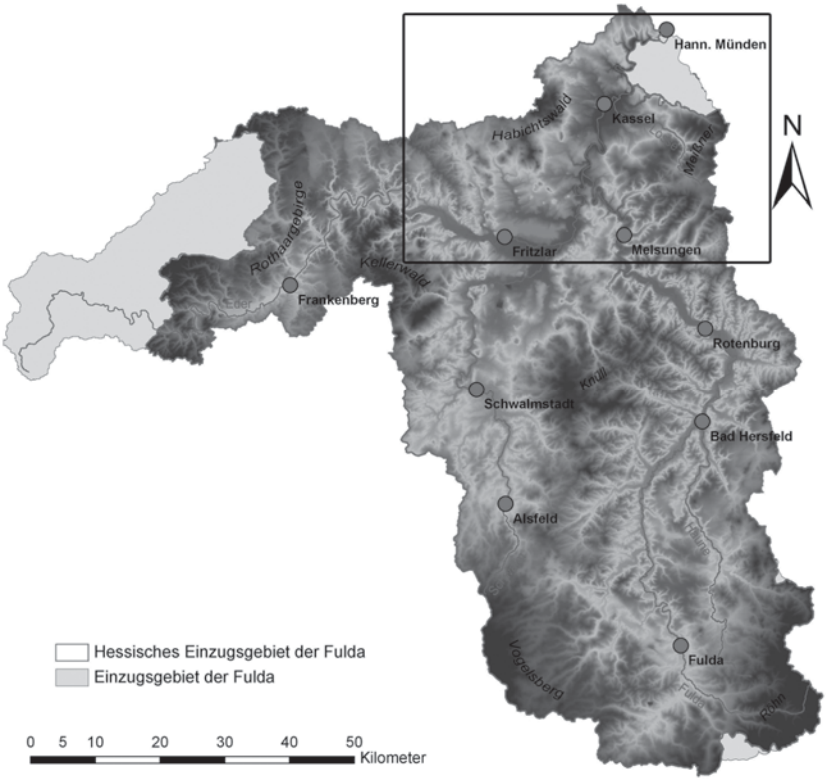


Abbildung 2: Projektgebiet

3 Vulnerabilitäten

3.1 Wasserdargebot-/Verfügbarkeit

Hochwasser und Niedrigwasser sind Extremsituationen mit kurz- und mittelfristigen Auswirkungen. Für die langfristige wasserwirtschaftliche Planung ist die Dynamik der Wassermengensituation von besonderer Bedeutung. Der Wasserhaushalt ist vielfältigen Eingriffen ausgesetzt, wie sie sich in einer Nutzungskonkurrenz gegenüber der Ressource Wasser äußern. Beispielhaft sind diese Nutzungskonflikte an der Edertalsperre zu beobachten, deren Aufgabe die Niedrigwasseraufhöhung mit Zusatzwirkungen für Hochwasserschutz und Energieerzeugung sind. Hinzu kommen vor allem touristische Nutzungsansprüche. Die Talsperrenbewirtschaftung ist damit von stetig variierenden Randbedingungen betroffen.

Neben den anthropogenen Nutzungsansprüchen können auch die Klimaveränderungen zu unerwünschten Effekten auf die Wasserquantität und Wasserqualität führen. Möglich sind Zunahmen der Niedrigwasserperioden und des Hochwasserrisikos bis hin zu stärkeren Abflussschwankungen und einer geänderten Saisonalität.

3.2 Hochwasser

Historische Hochwassermarken und alte Chroniken belegen seit vielen hundert Jahren immer wieder Hochwassersituationen im Einzugsgebiet der Fulda. Oftmals waren damit große materielle und immaterielle Schäden verbunden. Allen voran durch den Betrieb der Edertalsperre seit dem Jahr 1914, aber auch durch weitere bauliche Schutzmaßnahmen (wie z.B. Hochwasserrückhaltebecken), konnte die Hochwassergefahr deutlich reduziert werden. Dennoch zeigen die seit Mitte des 20. Jahrhunderts vorliegenden Pegelaufzeichnungen, dass trotz der bestehenden technischen Hochwasserschutzanlagen und der Flächenvorsorge (z.B. Bereitstellung natürlicher Überflutungsräume) immer wieder mit Hochwassern zu rechnen ist. Das Schadenspotenzial setzt sich dabei aus der großflächigen Beeinträchtigung der Schutzgüter – wie menschliche Gesundheit, Umwelt, wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte – zusammen.

Das bestehende Hochwasserregime ist an das klimatische Regime in den Einzugsgebieten geknüpft und äußert sich durch den mittleren jahreszeitlichen Hochwassergang und das Auftreten von Extremhochwasser. Großflächige advektive Niederschläge werden in der Regel durch atlantische Tiefdruckgebiete bei vorherrschender westlicher Anströmung ausgelöst. An den Hauptgewässern im Einzugsgebiet der Fulda besteht eine deutliche Empfindlichkeit gegenüber diesen flächendeckenden Niederschlägen, insbesondere auch im Zusammenwirken mit Schneeschmelze. Zusätzlich resultieren Niederschläge aus konvektiven Starkregenereignissen mit räumlich und zeitlich begrenzten hohen Niederschlagsintensitäten. Die Ursache von extremen Überschwemmungen an kleineren Nebengewässern sind häufig solche gewitterartigen Ereignisse. Im Speziellen sind davon auch die Siedlungsbereiche betroffen, deren hoher Versiegelungsgrad und begrenzte Kapazität der Kanalisation punktuell immer wieder zu Überflutungen führen kann. Starkregenereignisse bergen ein großes Gefahrenpotential auf lokaler Ebene, da je nach Gegebenheiten auch Sturzfluten mit oberflächig wild abfließendem Oberflächenwasser möglich sind. Eng damit verbunden sind die Risiken erhöhter Bodenerosion. Bezogen auf das jeweilige einzelne Ereignis ist das Schadenspotenzial bei großflächigen regionalen Hochwasserereignissen größer als das bei kleinräumlichen lokalen Überflutungen.

3.3 Niedrigwasser

Wesentliche gewässerunmittelbare niedrigwasserbezogene Nutzungsaspekte sind die Sicherung der Schifffahrt und die Verfügbarkeit von Brauchwasser, während gewässermittelbare Nutzungen die Aufnahme von siedlungswasserwirtschaftlichen Einleitungsabflüssen sowie die Entnahme und Rückgabe von wasserkraftgenutzten Durchflüssen sind. In der Regel sind im Gewässernetz Aspekte von Freizeit und Erholung zwar von nachrangiger Bedeutung, aber im zu betrachtenden Fall der unteren Eder, die durch den Edersee als regional besonders wichtigen Stausee geprägt wird, besitzen diese Gesichtspunkte im lokalen und regionalen wirtschaftlichen und sozialen Geschehen eine gewisse Rolle. Übliche nutzungsbezogene Niedrigwasserprobleme sind zu geringe Verdünnung des Abwassers, zu geringe Mindestwasserabgaben, zu hohe Wassertemperaturen für zusätzliche Wärmelast oder zu geringe Abflüsse für weitere dauerhafte Entnahmen.

Die gewässerökologischen Verhältnisse sind bei Niedrigwasser durch reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten, verringerte Fließtiefen und entsprechend kleinere sedimentierbare Korngrößen bestimmt. Hierdurch reduzieren sich die Lebensräume der schnellströmenden Bereiche (lotisches Pelagial und Benthal) ebenso wie die des durchströmten Porenraums der Gewässersohle (Hyporheal). Bei Niedrigwasser fällt der Wasserspiegel auf sein geringstes Niveau, so dass hierdurch die maximale Grundwasservorflut, die größte Ausdehnung an amphibischen (semiaquatischen) Pionierflächen sowie die minimale Ausdehnung von aquatischem Volumen und Benthal auftreten.

Es muss an dieser Stelle ausdrücklich für die verschiedenen Elemente der Fließgewässerbiozönosen auf die Vielzahl an ökologischen Faktoren wie Substrat, Chemismus, Beschattung oder Temperatur in ihrer räumlichen und zeitlichen Veränderlichkeit hingewiesen werden. Diese hängen oft nicht oder nur gering vom Strömungs- und Abflussverhalten der Gewässer ab, weshalb eine Verengung der ökologischen Bewertung auf die Abflussverhältnisse zu einer unzulässig vereinfachten Betrachtung führen kann.

3.4 Gewässerökologisches Leitbild der Gewässerentwicklung

Unter Hinblick auf wesentliche naturschutzfachliche und wasserwirtschaftliche Ziele, wie sie beispielsweise in der EU-Wasserrahmenrichtlinie[4] verankert sind, ist als Leitbild der Gewässerentwicklung im Sinne eines Idealbildes der sehr gute ökologische Zustand so definiert, dass er „bei dem jeweiligen Oberflächengewäs-

[4] Europäische Union 2000: 38.

sertyp keine oder nur sehr geringfügige anthropogene Änderungen" aufweist.[5] Bei Bewertung des Klimawandels als äußeren, gewässertypübergreifenden irreversiblen Faktor, beispielsweise in Analogie zur anthropogenen Auelehmbildung, muss das Leitbild für geänderte klimatische Bedingungen im Sinne des heutigen potenziell-natürlichen Gewässerzustands (hpnG) fortgeschrieben werden.

4 Klimawandel und Abflussszenarien

4.1 Verknüpfung von Wasserhaushaltsbetrachtungen mit den Klimamodellen

Als Instrument für zukünftige Abflussprognosen in Flusseinzugsgebieten werden im Bereich der Wasserwirtschaft Wasserhaushaltsmodelle (WHM) verwendet. Ausgehend von den Emissionsszenarien, sowie globalen und lokalen Klimamodellen wie WETTREG und REMO[6] bilden die prognostizierten Zeitreihen von Klimaelementen wie Niederschlag oder Temperatur Antriebsgrößen, um die wasserhaushaltlichen Komponenten wie Verdunstung und Abfluss bzw. deren Teilkomponenten zu beschreiben.

Diese hierarchische Verknüpfung von Modellen wird als „Modellkette" bezeichnet. Die Annahmen, die hier auf jeder dieser Ebenen getroffen werden müssen, bergen Unsicherheiten, die entlang der Modellkette zu einer Bandbreite an Ergebnissen führen. Daher sind die resultierenden statistischen Aussagen mit Unsicherheiten versehen. Aussagen zum zukünftigen Abflussgeschehen stellen einen hohen Anspruch an die Verfügbarkeit und Qualität vorhandener Messdaten, wie sie bei der Beurteilung der Plausibilität durch die Modellierung des Ist-Zustandes angewendet werden.

Ergebnis der Simulationen sind unter anderem Abflusszeitreihen an ausgewählten Pegeln. Anhand eines Vergleichs der hydrologischen Kenngrößen auf Basis der simulierten Zeitreihen von Ist-Zustand und Zukunft werden Veränderungen im Abflussgeschehen abgeschätzt. Bei der Auswertung wird, wie bei der Klimabewertung, dekadenweise vorgegangen, d.h. die hydrologischen Kennwerte wie MQ,[7] MNQ[8] oder MHQ[9] werden beispielsweise für einen 30-jährigen Zeitraum (z.B. 2021 bis 2050) ermittelt und den Kennwerten aus einem ausreichend langen Vergleichszeitraum zu Grunde gelegt.

---

5 BGBl. I 2011, 1439 - 1447.
6 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
7 MQ: Mittlerer Abfluss.
8 MNQ: Mittlerer Niedrigwasserabfluss.
9 MHQ: Mittlerer Hochwasserabfluss.

Für die hessischen Flussgebiete wurden im Rahmen des Forschungsprojektes INKLIM 2012 innerhalb der Projektbausteine II und II plus mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Abflussverhältnisse betrachtet.[10] Als Grundlage wurde das Wasserhaushaltsmodell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Modell) verwendet.[11] Auf Basis des globalen Zirkulationsmodells ECHAM5 dienten mittels des statistischen Regionalmodells WETTREG (Szenarien: A1B, A2 und B1) simulierte Klimadaten als Modellinput. Ergebnisse des dynamischen Regionalmodells REMO zeigen beim Vergleich mit der räumlichen Verteilung beobachteter Niederschläge gebietsweise eine deutliche Überschätzung, so dass im Weiteren von einer Verwendung der REMO-Klimaprojektionen abgesehen wurde. Die Auswertung der täglichen Abflussreihen basiert auf der prozentualen Veränderung der mittleren monatlichen Kennwerte für den Niedrigwasser- (MoMNQ), Mittelwasser- (MoMQ) sowie den Hochwasserabfluss (MoMHQ) und existiert für ausgewählte Pegel hessischer Flusssysteme.

Insgesamt treten bei verschiedenen Untersuchungen mit unterschiedlichen Modellketten punktuell abweichende Ergebnisse auf, so beispielsweise im Vergleich zu den neueren Studien der Modellkette ECHAM5-CCLM4.8-LARSIM.[12] Die unterschiedliche Entwicklung der Abflüsse resultiert dabei aus der unterschiedlichen Abbildung des Niederschlagsverhaltens mit den Klimamodellen.

4.2 Veränderung des Abflussregimes

Saisonale Verschiebung des Abflussgeschehens

Für den beispielhaft betrachteten Gewässerausschnitt der Eder mit dem Pegel Fritzlar und die Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM zeigen die mittleren Abflussverhältnisse MQ bis Ende des 21. Jahrhunderts eine zunehmende Tendenz, die den Trend der prognostizierten Niederschlagsentwicklung widerspiegelt. Dabei gehen deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten hervor.

Während in den Wintermonaten der Abfluss zunimmt, ist für die restlichen Monate des Jahres tendenziell von einer Abflussminderung auszugehen. Damit verschärfen sich die Gegensätze innerhalb eines Jahres. Leichte Unterschiede bestehen bei Ergebnissen der Klimaprojektionen auf Basis der Szenarien zwischen den Szenarien A1B, A2 und B1. Insgesamt zeigt sich jedoch ein ähnliches Bild.

Zusammenfassend ergibt sich analog zum zukünftigen Rückgang der sommerlichen und der Zunahme der winterlichen Abflüsse eine tendenziell ebensolche

10 HLUG 2005; HLUG 2008.
11 Bremicker 2000.
12 Brahmer 2013.

Entwicklung der mittleren Hoch- und Niedrigwasser, wohingegen sich der gesamte Jahresabfluss nur geringfügig verändert (bis ca. 5% bis Ende des 21. Jahrhunderts). Allen betrachteten Szenarien ist diese Verschiebung gemeinsam, lediglich die konkrete Ausprägung unterscheidet sich.

Die neueren Ergebnisse zur der Modellkette ECHAM5-CCLM4.8-LARSIM zeigen am Beispiel des Pegels Grebenau/ Fulda eine vergrößerte Spannweite der Abflusswerte, ohne dabei eine prinzipielle saisonale Verschiebung zu erwarten.[13]

Ergebnisse aus den aktuellen Studien des LWI[14] zu den Oberläufen der Gewässer zeigen uneinheitliche Entwicklungen. Mit einem Anstieg bis zu 10% im Winter ergeben die Simulationen mit den ECHAM5-WETTREG2010-PANTARHEI Klimadaten (Szenario A1B, Referenzperiode 1970 bis 2000) eine weniger ausgeprägte Abflussänderung. Im Frühling weisen die meisten Pegel im Einzugsgebiet von Eder, Schwalm und Fulda einen leichten Rückgang auf. Im Sommer und Herbst werden dagegen bis zum Jahr 2100 erhebliche Abflussverminderungen bis unter 50 Prozent des Vergleichszeitraumes simuliert. Ein räumlicher Schwerpunkt des Abflussrückgangs ist vor allem das Einzugsgebiet der oberen Eder. Anhand dieser kurzen Auswertung wird die Bandbreite der Ergebnisse in Abhängigkeiten der verschiedenen Modellvarianten deutlich.

Tendenzielle Entwicklung von Hoch- und Niedrigwasser

Die Untersuchungen der Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM ergeben prinzipiell für das hessische Gebiet eine Hochwasserverschärfung, die vor allem in den Wintermonaten als wahrscheinlich gilt.[15] Dabei ist von einer Tendenz zu häufigerem Auftreten kleiner und mittlerer Hochwasser (HQ_2 bis HQ_5) auszugehen. Bezogen auf die Entwicklung der mittleren Hochwasserverhältnisse MHQ in den Monaten Dezember bis Februar, gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1961 bis 1990, zeigen die Ergebnisse am Pegel Fritzlar eine prozentuale Zunahme von 10% für das Szenario A1B bis zu 16% für B1 (14% für A2) bis zum Jahr 2050. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts setzt sich der Trend fort und es ergeben sich Änderungen in der Größenordnung von 25% für A2 bis zu 38% für das Szenario A1B (30% für B1). In den verbleibenden Monaten ist bis zum Jahr 2100 eine stetige Abnahme des MHQ erkennbar. Es muss aufgrund der Intensivierung des Wasserhaushaltes durch eine erhöhte atmosphärische Erwärmung mit zunehmenden sommerlichen Starkniederschlägen gerechnet werden. Dies könnte sich in einer Häufung lokaler Hochwässer in den Nebengewässern und Siedlungsbereichen zeigen.

13 Brahmer 2013.
14 Riedel 2013.
15 HLUG 2005.

Ähnlich wie der tendenziell stetige Rückgang der sommerlichen Abflüsse verhält sich der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ. Am Pegel Fritzlar bedeutet dies beispielsweise gegenüber 1961 bis 1990 eine szenarienübergreifende, prozentuale Abnahme von etwa 12% bis zum Jahr 2050 und von etwa 18% bis 2100. Im Herbst ergeben sich leichte Unterschiede zwischen den Szenarien, wobei sich ebenfalls ein abnehmender Trend von 5% (B1) bis 14% (A1B) bis Ende der ersten und von 15% (B1) bis 18% (A1B) bis Ende der zweiten Hälfte des Jahrhunderts offenbart. In den verbleibenden Monaten eines Jahres zeigen die Ergebnisse im Winter keine und im Frühjahr keine signifikante Verschärfung der Niedrigwassersituation (< 3%).

Allen Szenarien der Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM ist die tendenzielle Zunahme der Winterhochwasser und die Abnahme der Sommer- und Herbstniedrigwasserabflüsse gemeinsam. Die neueren Ergebnisse zur der Modellkette ECHAM5-CCLM4.8-LARSIM[16] zeigen am Beispiel des Pegels Grebenau/ Fulda teilweise eine gewisse Zunahme des Niedrigwassers im Winter und Frühjahr und eine gering veränderte Situation im Sommer und Herbst. Das Hochwasser im Winter und Frühjahr verhält sich ähnlich, ohne dass sich die Situation so deutlich verschärft wie in der Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM.

Jahresdauerlinien des Abflusses

Für weitere Auswertungen und Aussagen wird vereinfachend und plausibel angenommen, dass die mittleren jährlichen Niedrigwasserabflüsse MNQ um typischerweise 15% abnehmen und die mittleren jährlichen Hochwasserabflüsse um typischerweise 20% zunehmen.

Die statistische Beschreibung des Abflusses über eine entsprechende Darstellung als langjährige Jahresdauerlinien des Abflusses ist für verschiedene Nutzungen und gewässerökologische Aspekte wie die Wasserkrafterzeugung oder Gewässerentwicklung eine übliche Methode. Zur Berücksichtigung klimatischer Veränderungen wurden ausgewählte Jahresdauerlinien des Abflusses transformiert. Grundlage der Transformation bilden die Ergebnisse aus dem INKLIM II+-Projekt[17] zu den Hauptwerten MNQ, MQ und MHQ sowie die Annahme, dass sich die Unterschreitungstage dieser Hauptwerte nicht ändern. Aufgrund einer hohen Streuung der einzelnen Ergebnisse und der Unsicherheiten[18] wurden für diese Untersuchung vorläufig pauschale Anpassungsfaktoren angesetzt.

16 Brahmer 2013.
17 HLUG 2008.
18 Vgl. oben.

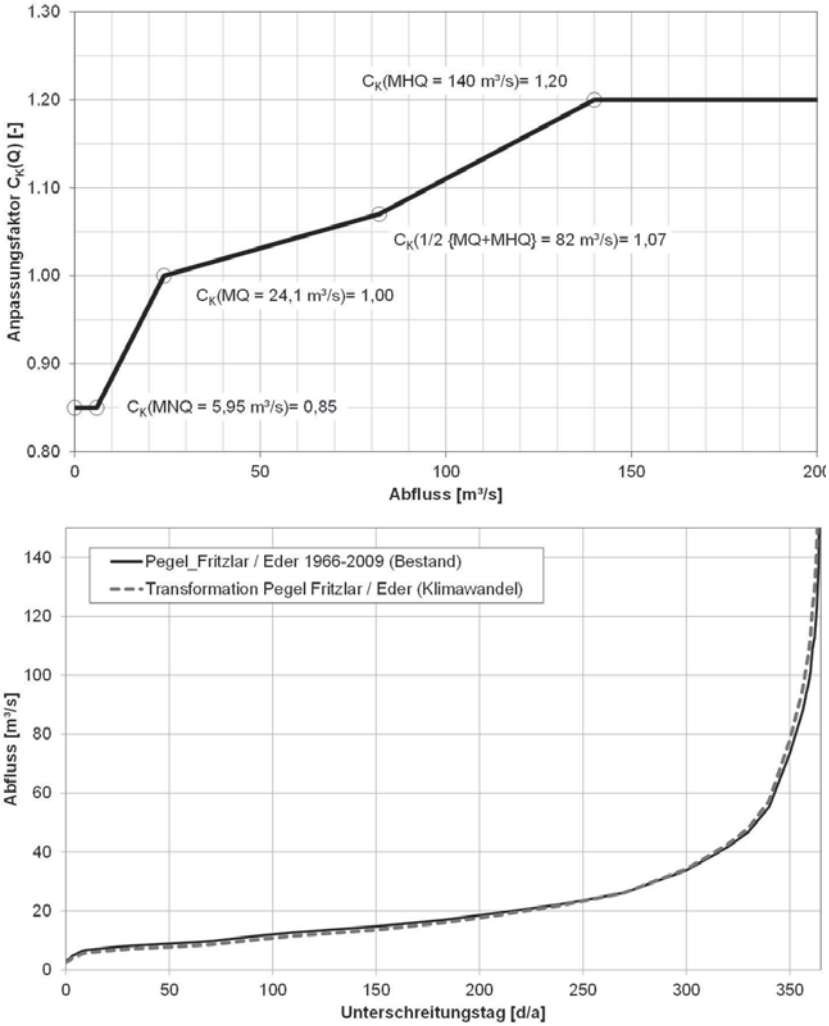


Abbildung 3: Transformation der Abflussdauerlinie am Pegel Fritzlar zur Ermittlung klimabedingter Auswirkungen[19]

[19] Oben: vorläufig gewählte Anpassungsfaktoren in Abhängigkeit vom Abfluss. Unten: Bestandsdauerlinie und transformierte Dauerlinie.

Diese Anpassungsfaktoren sind somit Ergebnis der Interpretation der Ergebnisse von INKLIM II+. Für die Abflüsse bis MNQ und kleiner wird eine Minderung um 15% auf 85% angesetzt. Für alle Abflüsse gleich und größer dem MHQ wird eine pauschale Zunahme von in der Regel 20% berücksichtigt. Der mittlere Jahresabfluss MQ wurde nicht verändert. Für den Abflussbereich zwischen MNQ und MHQ wird abschnittsweise linear interpoliert. Eine so generierte Jahresdauerlinie muss als Bedingung einen mittleren jährlichen Abfluss einhalten. Hierzu wird eine weitere Stützstelle bei $Q = 1/2 \cdot (MQ+MHQ)$ transformiert. Die Anpassung hängt vom Verlauf der Abflussdauerlinie ab und wird iterativ bestimmt. Das Beispiel des Pegels Fritzlar (Eder) ist in Abbildung 3 dargestellt.

Exemplarisch wurden die Jahresdauerlinien des Abflusses der Pegel der Fulda (Hettenhausen, Kämmerzell, Bad Hersfeld, Grebenau, Guntershausen), der Eder (Auhammer, Schmittlotheim, Affoldern und Fritzlar), der Schwalm (Alsfeld, Röllshausen und Uttershausen) sowie der Efze (Hebel) betrachtet.

Neuere Ergebnisse zur Modellkette ECHAM5-CCLM4.8-LARSIM[20] zeigen gegenüber den oben gewählten Anpassungen am Beispiel der Jahresabflussdauerlinie des Pegels Grebenau/ Fulda keine wesentliche Abnahme des Niedrigwassers und eine leichte Vergrößerung der höheren Abflüsse als Ergebnis der Abflusszunahme im Winter und Frühjahr.

4.3 Belastbarkeit der Modellergebnisse für Extremereignisse

Neben INKLIM 2012 haben eine Reihe von Studien gezeigt,[21] dass Klimamodelle über große Gebiete gemittelt die Klimagrößen ohne bedeutsame Abweichungen wiedergeben. Abgesehen von den mittleren Abflussverhältnissen ist aus Sicht der Wasserwirtschaft auch die Veränderung von Extremwerten wichtig. Plausibilitätsbetrachtungen bei der Analyse von Extremkennwerten zeigen dabei große Schwierigkeiten durch die Bandbreite der Klimaprojektionen. Dies kann sowohl zu einer deutlichen Überschätzung als auch Unterschätzung führen. Zudem decken die derzeitigen Rechenkapazitäten nur eine begrenzte räumliche und zeitliche Auflösung ab. Hierdurch können insbesondere konvektive Starkregenereignisse mit lokal hohen Niederschlagsintensitäten kaum abgebildet werden.

Die genannten Defizite der Klimamodelle führen hinsichtlich der Hochwasserabflüsse zu einem sehr unsicheren Änderungssignal. Dabei führen die simulierten Abflussdaten auf Grundlage der verschiedenen Szenarien insbesondere für mittlere und seltenere Wiederkehrintervalle ($>HQ_{50}$) zu einer großen Spannweite an

[20] Brahmer 2013.
[21] Vgl. KLIWA.

Ergebnissen. Für die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten und die Bemessung von wasserbaulichen Anlagen ist beispielsweise der einhundertjährliche Hochwasserabfluss HQ_{100} ein wichtiger Bemessungswert. Quantitative Aussagen zur Höhe und zur Eintrittswahrscheinlichkeit sind nach derzeitigem Erkenntnisstand sehr unsicher. Fachlich belastbare Änderungen der bisher verwendeten Werte für Bemessungshochwasserereignisse wie das HQ_{100} sind nicht möglich.

Extreme Niedrigwassersituationen sind primär die Folge von längeren Trockenperioden. Diese Extremsituationen lassen sich in Klimaprojektionen im Gegensatz zu Hochwässern besser modellieren. Wegen der Unterschiede der zu Grunde gelegten Emissionsszenarien und weiteren Modellannahmen sind die quantitativen Ergebnisse ebenfalls unsicher.

5 Anpassungsstrategien

5.1 Änderung der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet

In der wasserwirtschaftlichen Wirkungskette beeinflusst die forst- und landwirtschaftliche Nutzung die Umwandlung von Niederschlag in Abfluss. Deshalb besteht in der Änderung der Flächennutzung eine mögliche Anpassungsstrategie. Dabei soll in der Hochwasserentstehung die Bildung von Oberflächenabfluss vermieden und unter anderem die Infiltration von Niederschlagswasser gesteigert werden. Für die Realisierbarkeit dieser Szenarien sind die gegenwärtig von den Landwirten praktizierten Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen entscheidend. Als erster Ansatz wurde eine als realisierbar erachtete Änderung der landwirtschaftlichen Nutzflächen gewählt und der Einfluss auf den Hochwasserabfluss im Fuldaeinzugsgebiet quantifiziert.[22]

Methodik und Umsetzung

Der Betrachtung liegt die Annahme zu Grunde, dass sich eine geänderte Bodenbearbeitung positiv auf das Infiltrationsvermögen der Böden auswirkt, deren Retentionseigenschaften verbessert wird und damit zur Reduzierung der Hochwasserscheitel beiträgt. Die Flächenumwandlung wurde anhand der klassifizierten potenziellen Erosionsgefährdung (E1 gering bis E6 hoch) wie folgt angesetzt:

[22] Weiß 2009.

- Umstellung der Ackerfläche (E2 – E4) auf konservierende Bewirtschaftung
- Umwandlung der Ackerflächen (E5 – E6) in Grünland oder extensive Grünlandbewirtschaftung bei kleinen Flächengrößen
- Umwandlung der Ackerflächen, die in einer HQ_{100}-Überschwemmungsfläche liegen.

Auf Grundlage dieser Vorgaben wurden beispielsweise für das Einzugsgebiet der Eder 27% und das der Fulda 25% der Ackerflächen einer Nutzungsänderung unterzogen, die wiederum einen Anteil von 34% bzw. 30% der Gesamteinzugsgebietsfläche ausmachen.

Hydrologische Wirkung der landwirtschaftlichen Maßnahmen

Für die hydrologischen Untersuchungen im gesamten Einzugsgebiet der Fulda wurde das konzeptionelle Niederschlag-Abfluss-Modell NAXOS[23] des Leichtweiß-Instituts der TU Braunschweig (LWI) verwendet. Die hydrologische Wirkung der Maßnahmen lässt sich beispielhaft anhand der Hochwasseränderung verschiedener Wiederkehrintervalle (HQ_2 bis HQ_{200}) nachvollziehen.

Bei der Bewertung von Landnutzungsänderungen ist die örtliche Verteilung der Schadenspotenziale für Hochwasser zu berücksichtigen. Besiedelte Flächen, die von Hochwasser aus Fließgewässern direkt bedroht werden, befinden sich in Tallagen. Für die Hauptgewässer belegen die Analysen, dass die getroffenen Maßnahmen lediglich zu geringen Effekten bei der Abflussreduzierung (< 4%) führen. Am Beispiel des hydrologischen Längsschnittes der Fulda liegen die Scheitelreduktionen bei zweijährlichen Hochwasserereignissen im Bereich von 0,5% bis knapp 2% und fallen für die im Sinne des Hochwasserschutzes relevanten Ereignisse mit einer Jährlichkeit von 100 und 200 Jahren auf typische Werte von kleiner 1,5% (vgl. Abbildung 4). Die Wirkung von realistisch umsetzbaren Landnutzungsänderungen auf die Extremhochwasserereignisse größerer Gewässer ist also als gering zu bewerten.

[23] Riedel 2003.

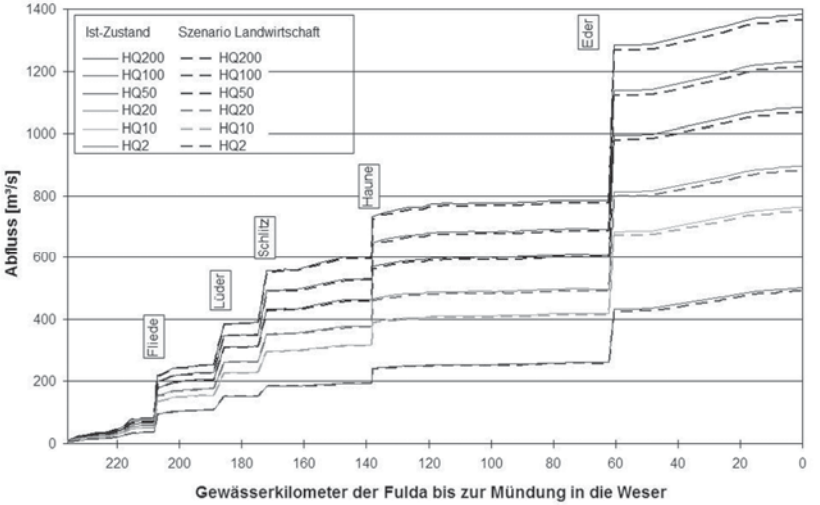


Abbildung 4: Scheitelabflussänderung von großen Gewässern bei Landnutzungsanpassungen am Beispiel der Fulda[24]

Abbildung 5 zeigt die Scheitelabflussreduzierung des Hochwasserereignis HQ_{10} für alle einzelnen Teilgebiete des Fuldaeinzugsgebiets. Diese bewegt sich im Bereich von wenigen Prozenten bis maximal 11%. Änderungen der Flächennutzung können praktisch nur örtlich beschränkt in ausgewählten Nebengewässern zum Hochwasserschutz beitragen. In der Zukunft könnte daher dort gegebenenfalls eine angepasste Bodenbearbeitung in die Konzepte des Hochwasserschutzes integriert werden. Eine großflächige Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen in Waldbestände stellt zwar eine langfristige Maßnahme zur verringerten Änderung des Hochwasserabflussregimes dar, reduziert aber durch erhöhte Verdunstung auch den Niedrig- und Mittelwasserabfluss und verschärft damit die Niedrigwasserproblematik.

[24] Weiß 2009.

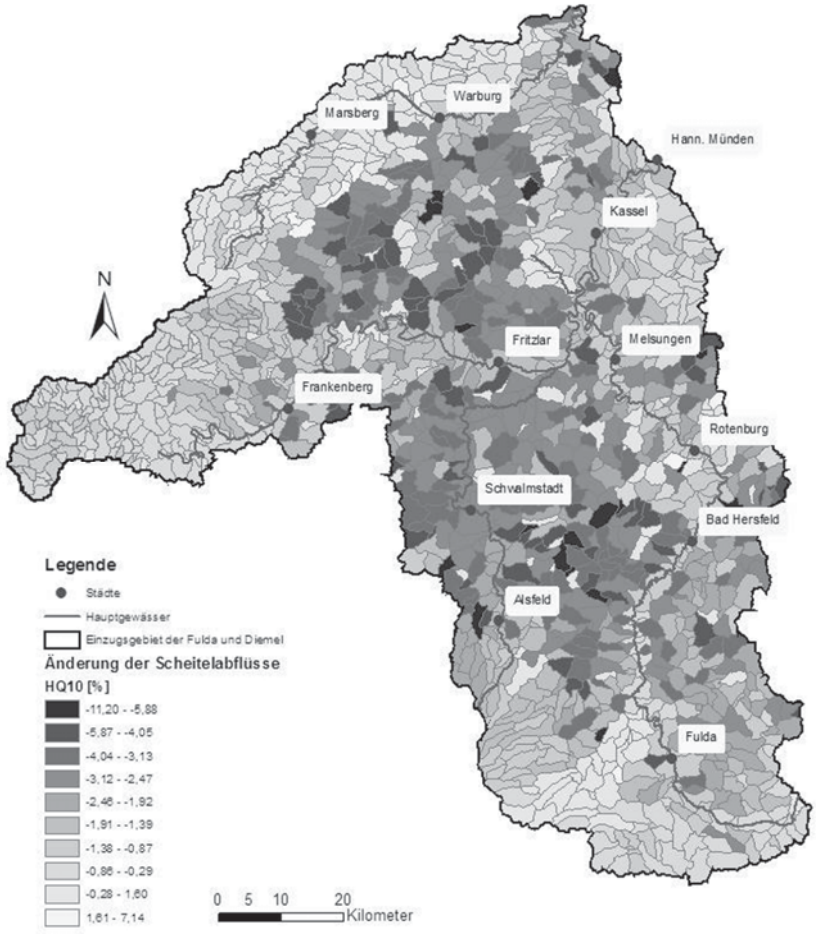


Abbildung 5: Änderung der Scheitelabflüsse von Teileinzugsgebieten bei Landnutzungsanpassungen am Beispiel des HQ_{10}[25]

[25] Weiß 2009.

5.2 Änderung des Betriebes von wasserbaulichen Anlagen

Große wasserwirtschaftliche Speicheranlagen wie Talsperren verändern mit der ganzjährigen Speicherbewirtschaftung die Abflussverteilung innerhalb des wasserwirtschaftlichen Jahres. Als typische Ziele im Betrieb solcher großen wasserbaulichen Anlagen kann Niedrigwasser aufgehöht und Hochwasser abgemindert werden. Das Beispiel der Edertalsperre zeigt dies gut.

Kleine wasserbauliche Stauanlagen können die Abflussverhältnisse wegen der im Vergleich zu Talsperren deutlich kleineren Speichervolumen nur kurzzeitig verändern. Demgegenüber werden die Strömungsverhältnisse jedoch dauerhaft im Mittel- und Niedrigwasserbereich verändert. Im Hochwasserbereich sind diese Anlagen hinsichtlich der Wirkungen auf die Abflussganglinie zu vernachlässigen. Typisches Beispiel sind die Wehre an der unteren Eder zwischen dem Edersee und der Mündung in die Fulda.

Methodik und Umsetzung

Für den Betrieb von wasserbaulichen Anlagen an der unteren Eder und der unteren Fulda kommt dem am Unterstrom des Edersees gelegenen Gewässerabschnitt der unteren Eder und der anschließende Abschnitt der unteren Fulda besondere Bedeutung zu.[26] In dem Modellgebiet befinden sich insgesamt 12 Stauanlagen, wobei davon fünf mit beweglichen Anlagenteilen ausgestattet sind. Bei den anderen Stauanlagen handelt es sich um feste, unbewegliche Wehranlagen, bei denen die Größe des Abflusses von der Wehrgeometrie und dem Wasserstand unmittelbar vor dem Wehr abhängig ist.

Für die Betrachtung der Niedrigwasserverhältnisse werden 2D-HN-Modelle unter stationären Randbedingungen eingesetzt. Der unmittelbare Betrieb der Stauanlagen zur Quantifizierung der Strömungsverhältnisse und deren Auswirkungen wird in einem instationären 1D-Modell mit entsprechend implementierten Betriebsregeln der vorhandenen Stauanlagen modellhaft abgebildet (Abbildung 6 und Abbildung 7). Es wurden insbesondere Szenarienrechungen zu Niedrig- und Mittelwassersituationen in Eder und Fulda durchgeführt (Abbildung 8).

[26] S. oben, sowie Abbildung 6.

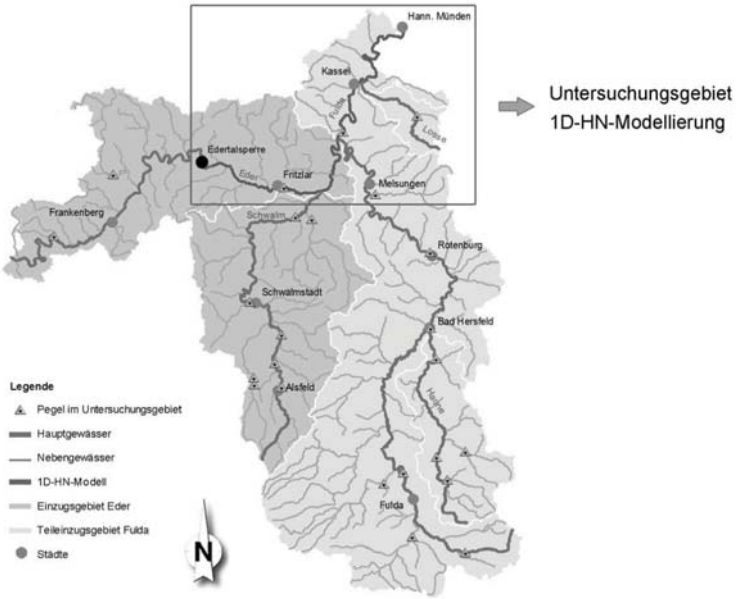


Abbildung 6: Einzugsgebiet der Fulda und Gewässerstrecke der 1D-HN-Modellierung

Angepasster Betrieb von Staustufen, Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken (HRB)

In Nordhessen können aus stärkeren Wetterextremen resultierende größere Abflussschwankungen durch Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren gedämpft werden. Dies führt bei Talsperren zu einer größeren betrieblichen Spannweite zwischen Hoch- und Niedrigwasserspiegel, was Zielkonflikte mit der Freizeit- und Erholungsnutzung auslösen kann.

Die Edertalsperre besitzt als Aufgabe die Niedrigwasseraufhöhung von Eder und Fulda zur Sicherung der Schifffahrt auf der Weser und verbindet hiermit Zusatzaspekte wie den Hochwasserschutz und in zunehmender wirtschaftlicher Bedeutung auch Bedürfnisse von Freizeit und Erholung. Wegen des erforderlichen Hochwasserschutzraumes kann die Talsperre innerhalb der Wintersaison nicht vollständig gefüllt werden, hier besteht ein offenkundiger Zielkonflikt. Deshalb sollte zukünftig durch ein adaptives Talsperrenmanagement mit einer zeitlich und räumlich differenzierten Bewirtschaftung dem stärker variierenden Abflussgeschehen entgegen gewirkt werden. Berücksichtigt werden dabei die wasserwirtschaftlichen Anforderungen der An- und Unterlieger und die gewässerökologischen Erfordernisse. Im Gegensatz zu Hochwasserereignissen entwickeln sich

Niedrigwasserereignisse wesentlich langsamer, so dass operative Anpassungsmaßnahmen bedeutend einfacher umsetzbar sind.

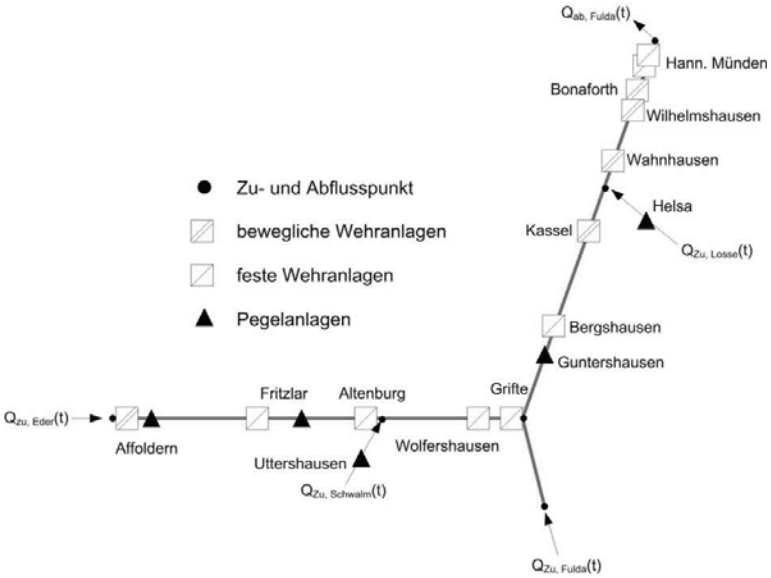


Abbildung 7: Modellsystem für den Betrieb der Staustufen

In einem Pilotprojekt wird dies bereits vom Wasser- und Schifffahrtsamt Hann. Münden mit einem geänderten Betrieb der Edertalsperre umgesetzt. Die Strategie dieser seit dem Jahr 2012 einsetzbaren Pilotmaßnahme beinhaltet eine verringerte Wasserabgabe der Edertalsperre, indem bei erkannbarer Trockenheit eine zeitliche Herabsenkung des ursprünglichen Steuerungsziels des Wasserstandes von 1,20 Meter am Pegel Hann. Münden erfolgt.

Unabhängig von den Nutzungskonflikten zwischen dem Hochwasserschutz und der Freizeit- und Erholungsnutzung müssen bei vergrößerten Hochwasserabflüssen die Bemessungsgrundlagen überprüft sowie gegebenenfalls die betroffenen Bauteile wie Hochwasserentlastung und berührten Betriebsregeln wie Regelabgabefestlegung angepasst werden. In der unteren Eder, die dem unmittelbaren Einfluss des Edersees unterliegt, ist die Problematik unerwünschter Temperaturerhöhungen wegen der Abgabe von sehr sommerkaltem Tiefenwasser aus dem Edersee mutmaßlich von nachrangiger Bedeutung. Eine Änderung dieser Betriebsweise erscheint derzeit nicht erforderlich.

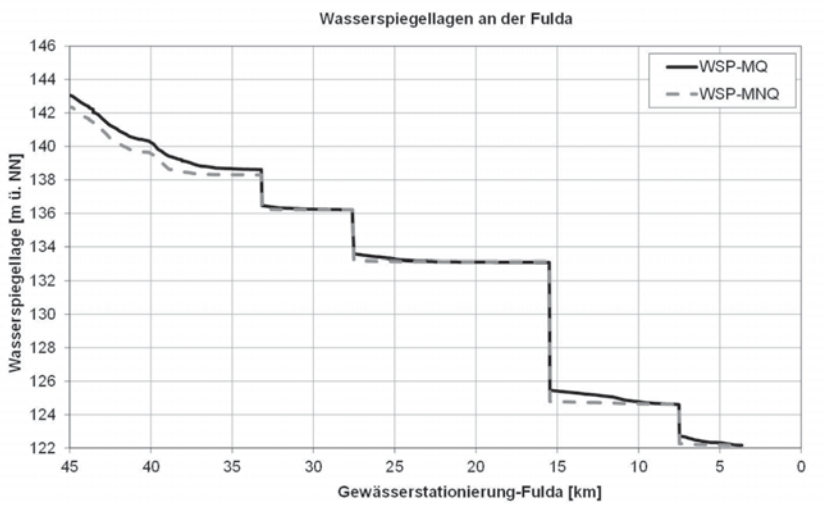


Abbildung 8: Wasserspiegellängsschnitt der unteren Fulda für MNQ und MQ

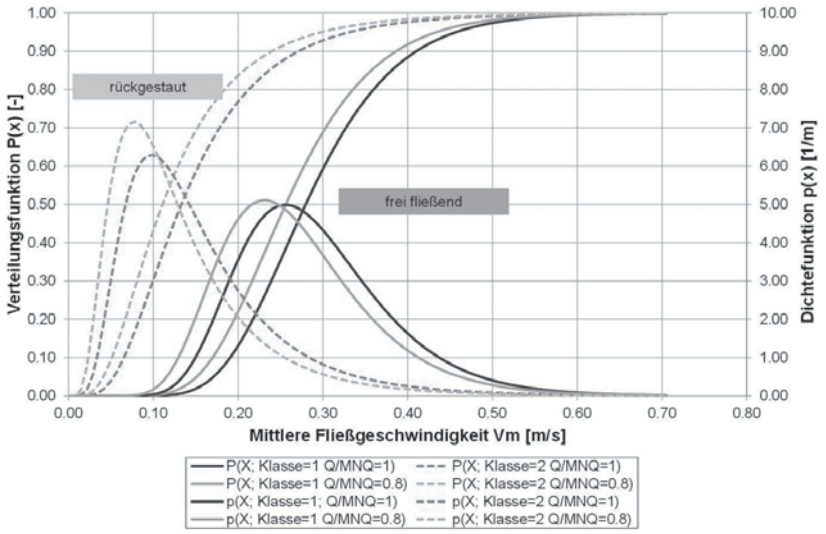


Abbildung 9: Abflussabhängige Klassifikationen für typische Gewässerbereiche der Eder – Mittlere Fließgeschwindigkeit Vm, Klasse 1&2 (oberhalb Schwalmzufluss, keine Wasserentnahme), Dichte- u. Verteilungsfunktion[27]

[27] Eichendorff 2012.

Für mittlere Niedrigwasserverhältnisse ist im Zusammenhang mit Staustufen eine abflussabhängige Betrachtung der drei typischen Gewässerbereiche frei fließend, rückgestaut und ausgeleitet möglich (Klasse 1, 2 & 3). Für diese typischen Gewässerbereiche können die Strömungsverhältnisse abflussabhängig klassifiziert werden. Da sich der Klimawandel auch in einer Abnahme der Niedrigwasserabflüsse äußern wird, kann die Verschiebung der abflussabhängigen Strömungsklassifikationen als Maß für die Wirkung des Klimawandels verwendet werden. Es zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen den typischen Gewässerbereichsklassen wesentlich größer sind als die Wirkung der klimawandelverursachten Niedrigabflussveränderung. Für die Untersuchung wurde eine Niedrigwasserreduktion von 20% auf 80% des MNQ gewählt (s. Abbildung 9).

5.3 Änderung der Nutzung von Fließgewässer und Talaue

Für die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten gemäß Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL[28]) sind zusätzlich zu den üblichen Bemessungsereignissen noch extreme Hochwasserszenarien berücksichtigt. Hierdurch wird die Gefährdung hervorgehoben, die bei einer immer möglichen Überschreitung des für viele Fälle zu berücksichtigenden HQ_{100}-Abflusses auftreten kann. Außerdem werden auch mögliche Effekte des Klimawandels und weitergehende Unwägbarkeiten der statistischen Ermittlungen verdeutlicht. Hier sind die Ergebnisse des KLIMZUG-Nordhessen-Projektes in den Hochwasserrisikomanagementplan (HWRMP) Fulda eingeflossen.

Auf Grundlage des aktuellen Wissens kann noch nicht belastbar beantwortet werden, ob und in welchem Umfang klimawandelverursachte Änderungen der Bemessungsabflüsse auftreten.[29] Verschiedene rechtlich verbindliche Anpassungsmaßnahmen, wie beispielsweise die Ausweitung von gesetzlich ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten, sind daher nicht möglich. Gleichwohl werden Empfehlungen bezüglich zusätzlicher Anpassungsstrategien gegeben.[30]

Methodik und Umsetzung

Zur Quantifizierung der Betroffenheit durch Hochwassergefahr und Hochwasserrisiko an Eder und Fulda unterhalb der Edertalsperre wurden weitere zusätzliche Extremereignisse im Sinne einer Sensitivitätsuntersuchung hydraulisch berechnet und ausgewertet. Diese Vorgehensweise ergibt sich aus den wenig belastbaren Ergebnissen der Klimastudien hinsichtlich Hochwasserereignisse. Anhand der pauschalen Erhöhung eines typischen Bemessungshochwassers (HQ_{100}) wurde eine

[28] Europäische Union 2000.
[29] S. oben, die Darstellung zu Vulnerabilität.
[30] S. unten, weitere Anpassungsmaßnahmen.

Auswertung der HN-Berechnungen vorgenommen. Für das Untersuchungsgebiet wurden stationäre 1D-HN-Modelle auf Grundlage eines hochaufgelösten DGM mit Daten im Wesentlichen aus Luftbildphotogrammetrie, Laserscanning und terrestrischen Vermessungen verwendet.

Für eine weitgehende Bearbeitung wurde eine GIS-Fachschale entwickelt. Diese umfasst zusätzlich programmierte und automatisiert ablaufende Funktionalitäten und Werkzeuge, die speziell an die Anforderungen von Fragestellungen hinsichtlich der HN-Modellierung (z.B. DGM-Erstellung, Ermittlung von Wassertiefen und Überschwemmungsflächen) angepasst sind.

Auswertung der Betroffenheit für Extremereignisse

Berechnet wurden die Wasserspiegellagen für das HQ_{10}, HQ_{100}, $1{,}1 \cdot HQ_{100}$, $1{,}2 \cdot HQ_{100}$, $1{,}3 \cdot HQ_{100}$, $1{,}4 \cdot HQ_{100}$, $1{,}5 \cdot HQ_{100}$ und $1{,}69 \cdot HQ_{100}$. Gemäß dem aktuellen Hochwasserrisikomanagementplan zum hessischen Einzugsgebiet der Fulda HWRMP Fulda[31] wurde das 1,3-fache des HQ_{100} als Extremszenario (HQ_{Extrem}) betrachtet. Demnach ist das 1,69-fache des HQ_{100} gleichbedeutend mit dem 1,3-fachen des HQ_{Extrem} und kennzeichnet hier den maximal betrachteten Hochwasserabfluss. Abbildung 10 stellt den Wasserspiegelanstieg für den Gewässerabschnitt der unteren Fulda und der unteren Eder graphisch dar. Der zu erwartende mittlere Wasserspiegelanstieg kann Hinweise auf die Hochwassergefahren geben. Demnach beträgt der mittlere Wasserspiegelanstieg vom HQ_{10} zum HQ_{100} für die untere Eder etwa 59 cm, während in der Fulda ein Anstieg von 160 cm resultiert. Die pauschale schrittweise Erhöhung des Berechnungsabflusses um 10% des HQ_{100} bedeutet jeweils einen Anstieg von ca. 15 cm an Eder, respektive rund 27 cm an der Fulda. Auffallend ist das Ausbleiben sprunghafter Anstiege vom 1,0-fachen zum 1,69-fachen des HQ_{100}.

Die Grundlage für eine qualitative Analyse der Betroffenheit der wirtschaftlichen Tätigkeiten im Untersuchungsgebiet bildet eine statistische Auswertung der Flächennutzungen in den Überschwemmungsgebieten für die Abflüsse von HQ_2 bis zum 1,3-fachen des HQ_{Extrem}. Je nach Hochwasserabflussereignis werden zwischen 1.130 ha und 3.640 ha der überfluteten Auenbereiche landwirtschaftlich genutzt. Deutlich geringere Anteile am Überschwemmungsgebiet entfallen auf die Siedlungs- und Industrieflächen, von denen im Verhältnis zu den anderen Flächennutzungen jedoch ein deutlich höheres Risikopotenzial ausgeht (s. Abbildung 11).

[31] Regierungspräsidium Kassel 2010.

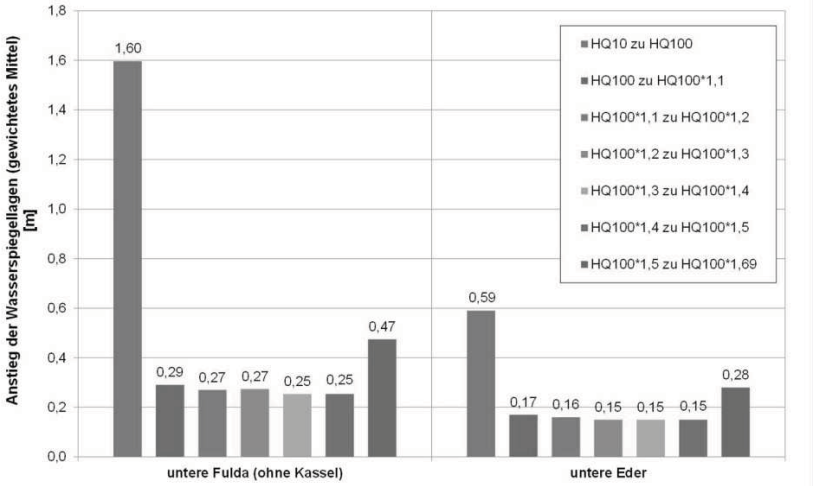


Abbildung 10: Darstellung des mittleren Wasserspiegelanstieges an Eder und Fulda

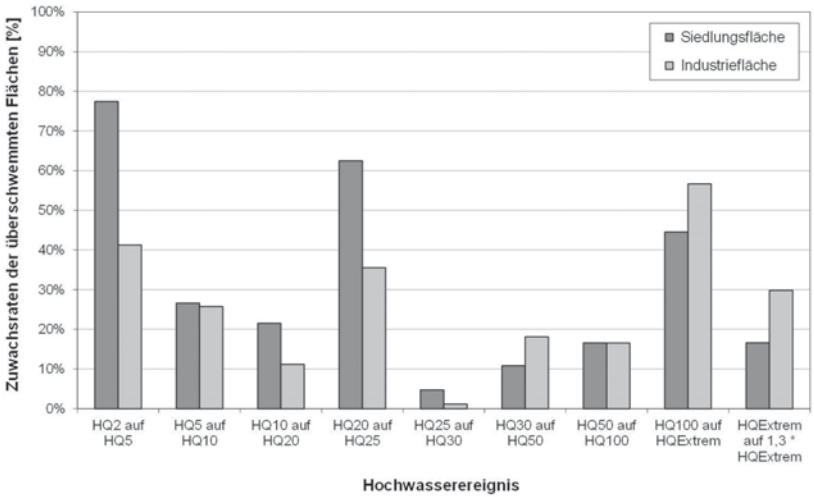


Abbildung 11: Zuwachsraten der überschwemmten Siedlungs- und Industrieflächen

Maßnahmen und Anpassungsstrategien

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass vom HQ_{100} über das HQ_{Extrem} bis zum 1,3-fachen HQ_{Extrem} ein durchgehender Anstieg der Wasserspiegellagen, Fließtiefen und Überschwemmungsflächen auftritt. Es gibt keinen Hinweis auf ein ab einem Abflussschwellenwert besonders ansteigendes Hochwasserrisiko. Die Ab-

leitung von prioritären Hochwasserschutzmaßnahmen sollte sich daher auch für den Klimawandel an den bereits im HWRMP Fulda genannten Schwachstellen orientieren.

Potenzielle Anpassungsmaßnahmen für Extremhochwasserereignisse erstrecken sich über das gesamte Spektrum des modernen Hochwasserrisikomanagements von der Flächenvorsorge, natürlicher Wasserrückhalt, technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge. Letzteres beinhaltet auch rechtliche Fragestellungen bei der Neuausweisung von Nutzflächen und dementsprechend auch die Bewusstseinsschaffung in der Bevölkerung. Die Anpassung von Bemessungswerten seltener Hochwasser ist bisher nicht begründbar. Für die Ausweitung von schwer reversiblen Nutzungen in der Talaue wird empfohlen, zu den bisher vorgegebenen Bemessungshochwasserabflüssen in den jeweiligen Einzelfällen zu prüfen, wie sich eine moderate Abflusserhöhung, beispielsweise um 10% bis 20%, auf die Wasserspiegellagen und örtlichen Vulnerabilitäten auswirkt. Falls bei solchen moderat erhöhten Berechnungsabflüssen eine zusätzliche erhebliche Steigerung der Gefährdung der vorgesehenen Nutzung entsteht, sollte eine örtliche Anpassung der Planung geprüft werden.

Die Handlungsoptionen zeigt der in Hessen ausgearbeitete Maßnahmentypenkatalog für Hochwasserrisikomanagementplanung am Beispiel des Hochwasserrisikomanagementplanes Fulda (HWRMP Fulda) auf. Hier sind bezüglich des Klimawandels keine prinzipiell neuen Maßnahmentypen zu benennen.

5.4 Weitere Anpassungsmaßnahmen

Maßnahmen der naturnahen Gewässerentwicklung

Für die naturnahe Gewässerentwicklung, die an sehr vielen Gewässern des Fuldagebiets ein wesentliches Ziel wasserwirtschaftlicher Maßnahmen gemäß Maßnahmenplan nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist, ändert sich mit dem Klimawandel eine Anzahl sehr wesentlicher ökologischer Randbedingungen wie beispielsweise die Hoch- und Niedrigwasserverteilung sowie die saisonale Abflussverteilung. Ausgehend vom gewässerökologischen Leitbild der Gewässerentwicklung und der Berücksichtigung des Klimawandels als äußeren, irreversiblen hydrologischen Faktor ändert sich das Leitbild der Fließgewässerbiozönosen mit den genannten abiotischen klimabedingten Faktoren.

Die derzeitige Gewässerentwicklung sieht aus Gründen der Kosteneffizienz als primäre Maßnahmengruppe zunächst die Förderung der Eigenentwicklung durch Initialmaßnahmen und erst in zweiter Priorität die ersatzweise Gestaltung des Gewässers, beispielsweise bei der Herstellung der Durchgängigkeit an anthropo-

genen Querbauwerken anstelle von deren Rückbau durch Errichtung von Fischauf- und abstiegsanlagen, vor. Sowohl das Grundprinzip von „Eigenentwicklung geht vor Gestaltung" als auch die einzelnen herstellenden Maßnahmen dürften auch weiterhin anwendbar sein, allerdings muss bei zunehmenden Extremereignissen für die eigendynamischen Entwicklungen auf die Vulnerabilität der menschlichen Nutzungen geachtet werden. Diese müssen entweder geschützt oder langfristig aufgegeben werden.

Im Zusammenhang mit der eigendynamischen Ufergehölzentwicklung sind die Wirkungen von Starkwindereignissen relevant. Dabei kann aus stehenden noch lebenden oder bereits abgestorbenen Gehölzen Bruchholz (Totholz) entstehen. Dieses ist in der Regel wegen seiner kosteneffizienten strukturverbessernden Wirkung aus gewässerökologischer Sicht äußerst wünschenswert, kann aber durch Treibgutverdriftung zu Verklausungen von hochwasserkritischen Abflussquerschnitten führen. In diesen Fällen sind Hochwasserstände und mögliche Folgeschäden nicht durch besonders große Abflüsse, sondern durch besonders verringerte Abflussquerschnitte verursacht. Zu solchen Verhältnissen müssen Erfahrungen zur angemessenen Gewässerunterhaltung, evtl. im Zusammenhang mit der Entwicklung von entsprechenden örtlichen Schutzstrategien für hochwasserkritische Stellen, gewonnen werden.

Auswirkung auf die Wasserkraftnutzung

Die sich ändernden hydrologischen Randbedingungen gemäß der Szenarienrechnungen der Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM[32] beeinflussen die Leistungsfähigkeit und Betriebsweise der Wasserkraftanlagen sowie die gewässerökologischen Anforderungen wie die Mindestwasserabgabe. Beispielhaft hierzu werden die Wasserkraftanlagen an Fulda, Eder und Schwalm betrachtet.

Insgesamt sind an diesen Gewässern 62 Wasserkraftanlagen mit einer Gesamtausbauleistung von rund 33,1 MW in Betrieb. Davon entfallen allein 20 MW auf die Wasserkraftanlage Hemfurth (Edersee). Der ganz überwiegende Anteil ist den Klein- und Kleinstwasserkraftstandorten zuzuordnen. Das Jahresarbeitsvermögen aus Wasserkraft an den betrachteten Gewässern beträgt derzeit rund 95 GWh/a und wurde auf Grundlage von Leistungsplanberechnungen ermittelt.

[32] HLUG 2008.

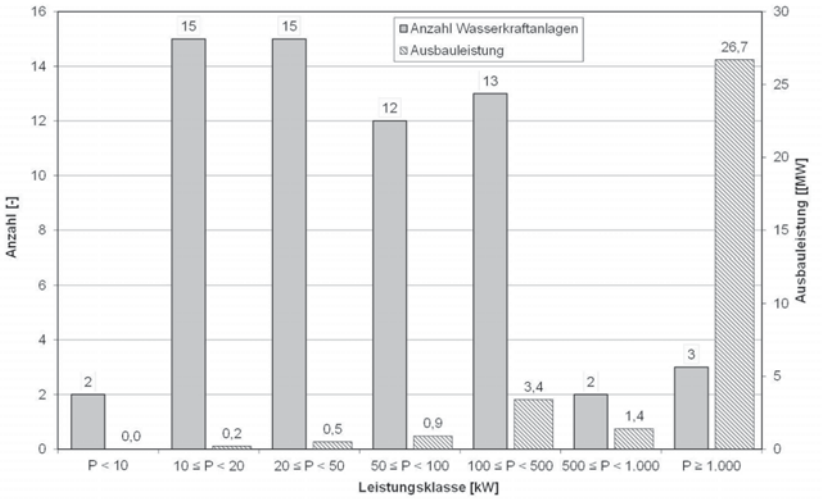


Abbildung 12: Anzahl und Ausbauleistung der Wasserkraftanlagen an Fulda, Eder und Schwalm bezogen auf unterschiedliche Leistungsklassen

Für die energetischen Berechnungen ist jedem WKA-Standort eine Jahresabflussdauerlinie zugeordnet. Mit den für die Beschreibung des Klimawandels generierten Dauerlinien[33] wurden für die einzelnen Wasserkraftstandorte energetische Berechnungen durchgeführt. An jedem Wasserkraftstandort wurde eine Restwasserabgabe von 1/3 MNQ angesetzt, um gewässerökologische und naturschutzfachliche Anforderungen einzuhalten. Als Ergebnis zur abschätzenden Wirkung des Klimawandels der Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM wird das Jahresarbeitsvermögen bei gleichbleibenden Restwasserabgaben angegeben. Das Arbeitsvermögen der Wasserkraftanlagen an Fulda, Eder und Schwalm reduziert sich bei abschätzender Berücksichtigung des Klimawandels gemäß der in Abbildung 13 dargestellten Ergebnisse von rund 95 GWh/a um 4 GWh/a auf rund 91 GWh/a. Dies entspricht insgesamt einem Verlust von rund 4,3%. Hingegen schwanken die energetischen Verluste an den Einzelstandorten in Abhängigkeit des Ausbaugrades zwischen 3% und 8%. Wegen der klimabedingten Änderung im hydrologischen Jahresverlauf sind zwischen MNQ und MQ leichte Ertragseinbußen zu erwarten.

[33] S. oben, Veränderung des Abflussregimes.

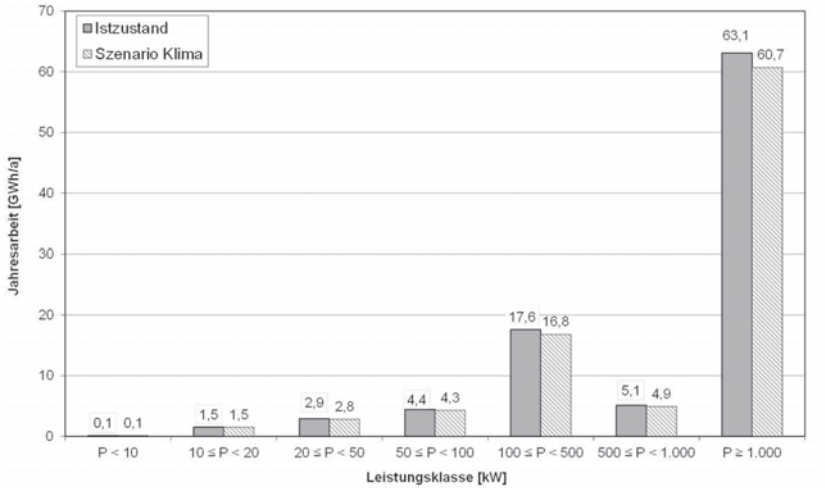


Abbildung 13: Verteilung des Jahresarbeitsvermögens der Wasserkraftanlagen an Fulda, Eder und Schwalm im Istzustand und im Szenario Klimawandel

Weitergehende Anpassungsmaßnahmen zum Betrieb von Wasserkraftanlagen sind die allgemeinen Standsicherheitsbetrachtung der Bauwerke, die Festlegung von gewässerökologisch begründeten Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken und die Einrichtungen zur Sicherung der Durchgängigkeit. Die hydrologisch begründete Anpassung der Mindestabflüsse lässt sich auf Grundlage der bestehenden und zukünftigen Pegelbeobachtung erst aus statistisch signifikanten Trends der Niedrigwasserbedingungen ableiten. Dieselbe Aussage gilt auch für die anderen auf Bemessungsabflüssen fußenden Anpassungsbegründungen. Die neueren Ergebnisse, beispielsweise der Modellkette ECHAM5-CCLM4.8-LARSIM[34] verdeutlichen diesen Sachverhalt am Beispiel der Jahresabflussdauerlinien des Pegels Grebenau/Fulda sehr gut.

Anpassungsmaßnahmen an Wasserbauwerken

Für alle wesentlichen Wasserbauwerke sind Bemessungen auszuführen. Hierzu zählen beispielsweise die Nachweise zur Standsicherheit oder Hochwasserentlastung. Soweit hochwasserbezogene Bemessungsabflüsse im Sinne von rechtsverbindlichen Nachweiswerten herangezogen werden, sind die bisher verwendeten Werte für Hochwasserereignisse (z.B. HQ_{100}) fachlich belastbar und (noch) nicht zu ändern.

[34] Brahmer 2013.

Bauliche Änderungen einschließlich der Neuerrichtung an Wasserbauwerken sollten zukünftig so ausgeführt werden, dass gegebenenfalls eine zusätzliche bauliche Anpassung auf höhere Bemessungsabflüsse konstruktiv möglichst einfach umgesetzt werden kann. Dementsprechend sollten auch die dafür notwendigen Randbedingungen, beispielsweise die bauwerksnahe Flächennutzung, dieser Forderung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit Rechnung tragen. Eine vorbeugende Überdimensionierung erscheint wegen der Unsicherheit der zukünftigen Trends nicht sinnvoll.

Hinsichtlich der Gewässerunterhaltung an Wasserbauwerken, wie beispielsweise Brücken, gelten die ebenfalls zur Gewässerentwicklung formulierten Anpassungsstrategien. Da in den meisten Fällen die Aufgabe des Wasserbauwerks weder möglich noch zielführend ist, sind erhöhte Unterhaltungsaufwendungen mit baulichen Anpassungen abzuwägen. So sind beispielsweise auch unter zunehmenden Hochwasserabflüssen die Kreuzungsbauwerke in ihrer Funktion vermutlich zu erhalten. Sollten an solchen Bauwerken erhöhte Hochwasserrisiken auftreten, sind ergänzende präventive (schutzwasserbauliche) Maßnahmen denkbar.

Sonstige ausgewählte Nutzungsaspekte: Abwassereinleitung, Brauchwasserentnahme, Freizeit und Erholung, Urbane Sturzfluten

Bei dem gemäß den Szenarien zu erwartenden Niedrigwassertrend[35] sollen siedlungswasserwirtschaftliche Einleitungen idealerweise immissionsbezogene Grenzwerte einhalten. Diese sind gegebenenfalls für geänderte Gewässerschutzziele zu entwickeln und zu übernehmen. Zu ihrer Einhaltung müssen erforderlichenfalls betriebliche und/oder bauliche Anpassungen an den entsprechenden siedlungswasserwirtschaftlichen Einrichtungen gemäß wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit durchgeführt werden.

Bei klimabedingt zu erwartenden, derzeit jedoch noch nicht belastbar anzugebenen Hochwasserverschärfungen, gibt es im Bereich der Flussüberschwemmungen zwischenzeitlich weitgehend abgestimmte Verfahren der Gefahren- und Risikoanalyse sowie der Darstellung in Gefahren- und Risikokarten. Entsprechende Untersuchungsmethoden und Darstellungen für den Überschwemmungstyp „Sturzflut“ sind für den kommunalen Raum noch nicht etabliert.

Ähnlich wie siedlungswasserwirtschaftliche Einleitungen sollten auch Brauchwasserentnahmen oder die Nutzung durch Freizeit und Erholung an der Belastbarkeit

[35] S. oben, Klimawandel und Abflussszenarien.

des Gewässers und den gemäß den betrachteten Klimaszenarien veränderten saisonalen Verschiebungen des Abflussgeschehens[36] ausgerichtet werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im wasserwirtschaftlichen Teilprojekt sind das Flusseinzugsgebiet der Fulda und die zugehörigen Fließgewässer betrachtet worden. Schwerpunkt weitergehender Betrachtungen ist das Gebiet der unteren Eder und der unteren Fulda zwischen Edersee und Zusammenfluss von Fulda und Werra zur Weser. Dieser Schwerpunkt ist wegen der herausragenden Beeinflussung durch wasserbauliche Maßnahmen und der einzugsgebietsweiten überregionalen Bedeutung der Nutzungen (Hochwasserschutz, Schifffahrt, Freizeit und Erholung) von besonderer Relevanz.

Die Analyse der Vulnerabilitäten bezieht sich sowohl auf die Extremereignisse in Hoch- und Niedrigwasser als auch auf die rahmengebende Betrachtung des Wasserdargebots (Nutzungsabgabe, Gewässerökologie, Leitbild der Gewässerentwicklung).

Die hydrologische Untersuchung verknüpft die Klimamodelle mit den Wasserhaushaltsmodellen. Die erzielten hydrologischen Ergebnisse umfassen vorläufige Aussagen zu den Hauptwerten des Abflusses und zu den Jahresdauerlinien ausgewählter Pegel des Fuldaeinzugsgebiets. Die Unsicherheiten bezüglich des Abflussverhaltens, insbesondere der zukünftigen Entwicklung von Extremwerten, sind ausgeprägt und können aus methodischen Gründen nicht vermieden werden. Grundsätzlich können nach dem derzeitigen Stand des Wissens noch keine geänderten Bemessungswerte für Hoch- oder Niedrigwasserereignisse belastbar angegeben werden.

Für die wasserwirtschaftliche Wirkungskette sind Anpassungsstrategien auf den Raumbezügen von Einzugsgebiet, Gewässerlauf und einzelner wasserbaulicher Anlagen formuliert. Dabei werden beispielsweise für Landnutzungsänderungen (Einzugsgebiet), Hochwasserschutzmaßnahmen (Gewässerlauf) sowie Wasserkraftnutzung und Talsperrenbetrieb (einzelne wasserbauliche Anlagen) die mutmaßlichen Auswirkungen des Klimawandels und entsprechende Anpassungsmaßnahmen dargestellt. Darauf aufbauend werden weitere Ansätze skizziert und ergänzende Betrachtungen aufgezeigt. Folgende Einzelaussagen lassen sich treffen:

- Durch Landnutzungsänderungen werden die schadbringenden Hochwasserereignisse an den Hauptgewässern des Fuldagebiets nur vernachlässigbar reduziert. Für einige Einzelfälle von kleineren Teileinzugsgebieten von Nebengewässern können größere Abflussreduzierungen auftreten, die in

[36] S. oben, Veränderung des Abflussregimes.

ihrer Wirkung durch das in der Regel geringere Schadenspotenzial relativiert werden. Eine großflächige Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen in Waldbestände reduziert durch erhöhte Verdunstung auch den Niedrig- und Mittelwasserabfluss und verschärft dadurch die Niedrigwasserproblematik.

- Die Edertalsperre als große wasserwirtschaftliche Speicheranlage besitzt als Aufgabe die Niedrigwasseraufhöhung von Eder und Fulda zur Sicherung der Schifffahrt auf der Weser und verbindet hiermit Zusatzaspekte wie den Hochwasserschutz und in zunehmender wirtschaftlicher Bedeutung auch Bedürfnisse von Freizeit und Erholung. Zur Verbesserung dieser Situation bei erkennbarer Trockenheit befinden sich entsprechende Ansätze zur adaptiven Steuerung der Edertalsperre bereits seit dem Jahr 2012 im realen Probebetrieb.
- Kleine wasserbauliche Stauanlagen sind im Hochwasserbereich hinsichtlich der Wirkungen auf die Abflussganglinie zu vernachlässigen, sie ändern jedoch im Mittel- und Niedrigwasserbereich dauerhaft die Strömungsverhältnisse. Für die Stauanlagen an der unteren Eder und der unteren Fulda wird empfohlen, die betriebliche Anpassungsfähigkeit der Stausteuerung zu einer Steigerung der Effizienz der aus der Edertalsperre abgegebenen Abflüsse zur Niedrigwasseraufhöhung der Weser zu nutzen.
- Für die Nutzungen in der Talaue wird empfohlen, unabhängig von den bisher vorgegebenen Bemessungshochwasserabflüssen in den jeweiligen Einzelfällen zu prüfen, ob sich eine moderate Abflusserhöhung nachteilig auf die Wasserspiegellagen und örtlichen Vulnerabilitäten auswirkt. Falls bei solchen moderat erhöhten Bemessungsabflüssen eine zusätzliche erhebliche Gefährdung der vorgesehenen Nutzung entsteht, sollte eine örtliche Anpassung der Planung geprüft werden.
- Für besondere klimabedingte Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Gewässerentwicklung ist nach jetzigem Kenntnisstand das Prinzip von „Eigenentwicklung geht vor Gestaltung“ beizubehalten.
- Für Wasserkraftanlagen im Fuldagebiet sind bei unterschiedlichen Modellketten abweichende Ergebnisse zu erwarten. Im Mittel wird bei der Modellkette ECHAM5-WETTREG2006-LARSIM[37] klimabedingte Reduktionen der erzeugten Energie in der Größenordnung von einigen wenigen Prozent ausgegangen, wobei die Ergebnisse zwischen den verschiedenen Wasserkraftanlagen individuell deutlich streuen.

[37] HLUG 2008.

- Für die Festlegung von geänderten Bemessungsabflüssen an Wasserbauwerken fehlen derzeit noch die belastbaren Grundlagen. Als Anpassungsstrategie sollte die bedarfsweise spätere bauliche oder betriebliche Ergänzung verfolgt werden. Dies gilt auch für weitere Aspekte wie siedlungswasserwirtschaftliche Einleitungen.

Die hier vorgestellten Methoden und Ergebnisse sind im fortlaufend bestehenden Kontakt mit Betroffenen und Beteiligten wie dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie, dem Regierungspräsidium Kassel, dem Wasser- und Schifffahrtsamt Hann. Münden, dem Wasserverband Schwalm, sowie Kommunen ausgetauscht und diskutiert worden. Dabei wurden Hinweise und Anregungen aufgenommen und in der Bearbeitung integriert. Zudem wurde der Austausch genutzt, um die Inhalte und Ergebnisse sowohl der Fach- als auch der breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Im Ausblick auf zukünftige Arbeiten ist die Weiterentwicklung und Verknüpfung von Analysewerkzeugen an der Schnittstelle zwischen HN-Modellen, GIS und Nutzungen ein wesentliches Element. Für den Betrieb von Stauanlagen eröffnet die fortschreitende Digitalisierung der Mess-, Steuer- und Regeltechnik neue Möglichkeiten für eine einzugsgebietsintegrierte Bewirtschaftung auf Grundlage vorgegebener und nachvollziehbarer Entscheidungskriterien, um so die adaptive Steuerung unabhängig von kurzfristigen Entscheidungen mit entsprechender Verantwortlichkeit vorzunehmen. Im Sinne des Hochwasserschutzes ist die ereignisbezogene Information der Öffentlichkeit während eintretender Extremereignisse auch im Sinne der Bewusstseinsbildung relevant und sollte durch die Entwicklung entsprechender Strukturen gefördert werden. Mit fortschreitenden Erkenntnissen der Klimaforschung werden die entsprechenden Szenarien auch aufgrund der fortgeschrittenen Rechnerleistungen für Anpassungsmaßnahmen in der Wasserwirtschaft detailgenauer und greifbarer.

Literatur

BGBl. I 2011, 1439 – 1447, Anlage 4 (zu § 5 Absatz 1 Satz 2, Absatz 2 Satz 2, § 9 Absatz 2 Satz 1), Einstufung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials.

Brahmer, G.: Untersuchungen zu klimawandelbedingten Änderungsmöglichkeiten im Abflussverhalten von hessischen Oberflächengewässern. Vortrag aus dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) zur Fortbildung im Talsperrenwesen, 11.04.2013, Kassel.

Bremicker, M.: Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele, Freiburger Schriften zur Hydrologie, Band 11, Institut für Hydrologie, Universität Freiburg, 2000.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Förderprogramm des BMBF „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX)“, Vorhaben: „Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS)“, Ereignis-Datenbank: http://www.urbanesturzfluten.de/. 2008.

Europäische Union: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL), ABl. EG Nr. L 327/1, 22.12. 2000.

Europäische Union: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (HWRM-RL), Abl. EU Nr. L 288 27-34, 6.11.2007.

Eichendorff, P.: Hydraulische Untersuchungen und statistische Analyse der hydraulischen Kenngrößen bei verschiedenen Niedrigwassersituationen an einem Gewässerabschnitt der Unteren Eder. Masterarbeit am Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kassel, 2012.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG): Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012 – Baustein II „Klimawandel und Klimafolgen in Hessen“, 2005.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG): Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012 – Baustein II plus „Klimafolgen in der Wasserwirtschaft“, 2008.

Regierungspräsidium Kassel, Dezernat Oberirdische Gewässer und Hochwasserschutz: Hochwasserrisikomanagementplan für das hessische Einzugsgebiet der Fulda. Kassel, 2010.

Riedel, G.: Handlungsfeld Ressourcen Wasserwirtschaft (R2), Klimawandel in Nordhessen – Folgen und Anpassungsmöglichkeiten für die Wasserwirtschaft am Beispiel von Eder und Fulda, Leichtweiß – Institut für Wasserbau, Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft, Technische Universität Braunschweig, 2013.

Riedel, G.: NAXOS – Niederschlag-Abfluss-Modell für x Operations-Systeme, Leichtweiß – Institut für Wasserbau, Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft, Technische Universität Braunschweig, 2003.

Theobald, S.: Numerische Simulation von Staustufenketten mit automatisiertem Betrieb. Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Dissertation, Mitteilungen 201, 1999, Universität Karlsruhe.

Wasserhaushaltsgesetz (WHG): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I, S. 2986, zuletzt geändert durch Gesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I, S. 2585), 2009.

Weiß, A.: „Beitrag unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren und Bewirtschaftungsformen der Landwirtschaft zur Reduzierung des Hochwasserabflusses“, Dissertation, Kasseler Wasserbau-Mitteilungen, Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft, Universität Kassel, 2009.

KLIMAWANDEL IN NORDHESSEN – ANALYSE DER WIRKUNGEN UND ABLEITUNG VON ANPASSUNGSSTRATEGIEN FÜR DIE FORSTWIRTSCHAFT AM BEISPIEL DER WÄLDER IM EINZUGSGEBIET DER FULDA

Caroline Fiebiger, Ralf-Volker Nagel, Johannes Sutmöller, Henning Meesenburg, Jan Evers, Johannes Eichhorn und Hermann Spellmann

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG ... 203

2 VULNERABILITÄT VON WÄLDERN DURCH DEN KLIMAWANDEL ... 205

3 WASSERHAUSHALT AUSGEWÄHLTER WALDSTANDORTE IN NORDHESSEN ... 208

3.1 EINFLUSS DER LANDNUTZUNG AUF DEN GEBIETSABFLUSS ... 211

3.2 WASSERHAUSHALT DES ZEITRAUMS 1961 - 2010 ... 213

3.3 EFFEKTE DER PROJIZIERTEN KLIMAÄNDERUNGEN ... 217

3.4 AUSWIRKUNGEN AUF DEN WASSERHAUSHALT DER WALDSTANDORTE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER WALDBEHANDLUNG ... 217

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR EINEN KLIMAANGEPASSTEN WALDBAU ... 221

5 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE FORSTLICHE PRAXIS ... 222

5.1 MAßNAHMEN ZUR STABILISIERUNG DER VORHANDENEN WÄLDER ... 222

5.2 SENKUNG BZW. VERTEILUNG DER RISIKEN ... 223

5.3 STANDORTSGEMÄßER KLIMAANGEPASSTER WALDUMBAU ... 225

5.4 BAUMARTENSPEZIFISCHE RISIKOKARTEN ... 226

6 UMSETZUNG DER PROJEKTERGEBNISSE ... 229

7 ALLGEMEIN ERREICHBARE ERGEBNISSE AUF DIESEM LÖSUNGSWEG UND IN DER UMSETZUNG ERREICHTE ERGEBNISSE ... 229

8 TRANSFERMÖGLICHKEITEN IN ANDERE REGIONEN, ANDERE PROBLEME IM SACHBEREICH UND AUF ANDERE SACHBEREICHE – EMPFEHLUNGEN ... 230

9 AUSBLICK ... 231

LITERATUR ... 231

1 Einleitung

Klimaprojektionen zufolge ist im Raum Nordhessen mit einer jahreszeitlichen Verschiebung von Niederschlägen und einer allgemeinen Erwärmung zu rechnen. Infolge ihrer Langlebigkeit können Wälder durch diese Entwicklung besonders

beeinflusst werden. Modellrechnungen zeigen, dass dieser Wandel infolge standörtlicher Unterschiede im Raum Nordhessen sehr verschieden auf die Wälder wirken kann. Darum muss bereits jetzt bei der forstwirtschaftlichen Planung besondere Sorgfalt auf die Wahrung und Förderung von Stabilität, Diversität und zukunftsfähiger Bestockung gelegt werden.

Die Rolle des Waldes ist in unserer Kulturlandschaft von zentraler Bedeutung. Seine Funktionen zur Verbesserung der Luft- und Wasserqualität, zur Abflussregulation, aber auch als Erholungsraum sind die Grundlage zur Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse und werden planerisch gezielt dafür eingesetzt. Darüber hinaus ist der Wald Lebensraum für viele Arten und Erwerbsquelle für viele Waldbesitzer und Arbeitnehmer. Die Forstwirtschaft liefert den nachwachsenden Rohstoff Holz, auf dem ein großer Wirtschaftszweig aufbaut. Die Sicherung der Stabilität und damit die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit und Produktivität der Wälder auch unter sich wandelnden Umweltbedingungen ist daher eine wesentliche Aufgabe zur Wahrung eigentümerspezifischer und gesellschaftlicher Interessen. Die besondere Bedeutung des Waldes für das Projektgebiet in den administrativen Grenzen der fünf nördlichsten hessischen Landkreise und der Stadt Kassel ist gekennzeichnet durch seine Flächenausdehnung von über 286.000 ha, was einem Flächenanteil von über 41% entspricht.[1] Das Gebiet umfasst mit dem Mitteldeutschen Trias-Berg- und Hügelland, dem Nordwesthessisches Bergland, und dem Nördlichen hessischen Schiefergebirge drei forstliche Wuchsgebiete und ist durch eine große Standortvielfalt gekennzeichnet. Die höhenzonalen Wuchszonen erstrecken sich von der randlichen Eichen-Mischwaldzone in der Niederhessischen Senke über die Untere und Obere Buchen-Mischwaldzone, die Untere Buchenzone bis hin zur Oberen Buchenzone im Wuchsbezirk Waldecker Upland[2]. Die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse variieren deutlich nach Topografie und Lage mit Übergängen von subatlantischer zu subkontinentaler Klimaprägung. Die aktuellen Jahresniederschläge reichen von unter 700 mm in der Nordhessischen Senke und im Ringgau bis deutlich über 1000 mm im östlichen Rothaargebirge[3]. Die standörtliche Vielfalt spiegelt sich in abwechslungsreichen Waldbildern wieder, die gegenwärtig von den Hauptbaumarten Buche und Fichte in Rein- und Mischbeständen dominiert werden. Ebenfalls eine gewisse Bedeutung besitzen aus waldgeschichtlichen Gründen die Kiefer und die Europäische Lärche sowie die Eiche, die häufig in Mischung mit Buche vertreten sind.

1 Hessisches Statistisches Landesamt 2012.
2 Hessen-Forst, FENA 2012.
3 Gauer, Aldinger 2005.

Zu den wichtigsten aktuellen Fragen der Waldökosystemforschung zählen die Auswirkungen des sich ändernden Klimas auf die Vitalität und Stabilität der Wälder. Für die Region Nordhessen ist nach dem derzeitigen Stand der Klimaforschung von einer Erhöhung der Jahrestemperaturen mit vor allem milderen Wintern und einer Umverteilung der Niederschläge zu höheren Winter- und geringeren Sommerniederschlägen auszugehen. Zukünftig ist dadurch vermehrt mit dem Auftreten von sommerlichem Trockenstress zu rechnen, wodurch die Vitalität und Produktivität der Wälder beeinträchtigt werden können. Häufigere und stärkere Trockenphasen wirken sich insbesondere auf das Wachstum[4] und das Abwehrverhalten gegenüber Pathogenen aus und können letztendlich zu einer erhöhten Baummortalität führen.

Eine pauschale Beurteilung des künftigen Trockenstressrisikos für die Wälder Nordhessens ist angesichts der orografischen, geologischen und waldstrukturellen Vielfalt nicht möglich und aufgrund der standörtlichen Determinierung waldbaulicher Entscheidungen auch nicht zielführend. Vielmehr sind in einem mehrstufigen Verfahren geeignete Indikatoren für potenzielle Trockenstressgefährdung zu ermitteln, standörtlich und räumlich differenziert darzustellen und darauf aufbauende Entscheidungshilfen und waldbauliche Empfehlungen für die forstliche Praxis abzuleiten.

2 Vulnerabilität von Wäldern durch den Klimawandel

Das Interesse an zukunftsorientierten klimatologischen Aussagen ist vor allem im Bereich der Klimafolgenforschung in den letzten Jahren stark gestiegen. Basierend auf den SRES-Szenarien des IPCC[5] wurden globale Klimamodelle wie ECHAM 4[6] entwickelt, die kleinmaßstäblich mögliche Trends der Klimaentwicklung bei unterschiedlichen Annahmen der globalen gesellschaftlichen Entwicklung aufzeigen. Um die Klimaentwicklungen von Regionen angemessen darzustellen, ist diese Auflösung zu grob. Für das Downscaling wurden verschiedene dynamische und statistische Verfahren entwickelt, die in unterschiedlichen regionalen Klimamodellen Anwendung finden. Beispiele regionaler Modelle sind COSMO-CLM[7], REMO[8] und das für die Untersuchungen in Nordhessen verwendete WettReg[9].

4 Lasch et al. 2002; Beck, Müller 2006; Spellmann et al. 2007; Spellmann et al. 2011.
5 IPCC 2000.
6 Roeckner et al. 1996.
7 Rockel et al. 2008.
8 Rockel et al. 2008.
9 Spekat et al. 2007.

Bereits unter den derzeitigen klimatischen Bedingungen kommt es an verschiedenen Waldstandorten während der Sommermonate temporär zu einem Niederschlagsdefizit, so dass eine optimale Verdunstung der Bäume nicht mehr gewährleistet ist. In der Regel konnten bisher jedoch zeitweilig auftretende Niederschlagsdefizite durch einen zu Beginn der Vegetationszeit ausreichend gefüllten Bodenwasserspeicher und ein angepasstes Transpirationsverhalten der Bäume kompensiert werden.

Der prognostizierte Klimawandel birgt für die Wälder Nordhessens jedoch das Risiko eines erhöhten Trockenstresses mit den Folgen eines verminderten Baumwachstums, einer herabgesetzten Vitalität bis hin zu einem Anstieg der Mortalität. Einen Eindruck der Auswirkungen von Trockenstress vermittelten die Reaktionen der Bäume auf das Extremjahr 2003. Im Folgejahr erhöhte sich in Hessen der Anteil stark geschädigter Bäume (Kronenverlichtung von mehr als 60%) auf fast 5%, was den Maximalwert der Zeitreihe 1984 - 2012 darstellt. Auch die Absterberate stieg nach dem Trockenjahr stark an.[10]

Ein vermehrtes Auftreten von Trockenstress und der damit verbundenen Risiken beruht in der Regel auf komplexen Wirkungen der projizierten Klimaveränderungen. Mit zunehmender Temperatur und bei ausreichender Wasserversorgung steigt die Transpiration. Gleichzeitig führen höhere Temperaturen zu einer Erhöhung der Interzeptionsverluste (Verdunstung von Nadel-, Blatt- und Stammflächen). Dadurch verringert sich die Menge an Niederschlag, die den Boden erreicht und als weitere Folge auch das pflanzenverfügbare Bodenwasser. Geht der Bodenwasservorrat zur Neige, sind Bäume in der Lage, die Transpiration durch das Schließen der Spaltöffnungen zu regulieren. Dies hat Konsequenzen für das Baumwachstum und Rückwirkungen auf das Regionalklima.[11] Aufgrund physiologischer Unterschiede ist die Sensitivität der Baumarten gegenüber Trockenstress differenziert zu betrachten.

Reduzierte Winterfröste beeinflussen die Konkurrenz zwischen den Baumarten und die Populationsdynamik von Pathogenen und Insektengemeinschaften.[12] Die Ausprägung auftretender Risiken hängt in erster Linie vom Ausmaß des Temperaturanstieges und der Veränderung der Niederschlagsmenge ab. Im Winter fallender Niederschlag wird je nach Wasserspeicherkapazität des Bodens zurückgehalten und steht den Pflanzen in der Vegetationszeit zur Verfügung. Durch Unterschiede der Bodeneigenschaften kann es bei gleichen klimatischen Voraussetzungen zu standortbedingten Unterschieden in Bezug auf das Trockenstressrisiko kommen.

10 Dammann et al. 2012.
11 Jasper et al. 2004.
12 Plasíl, Habermann 2012.

Steigende Temperaturen führen zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode.[13] Dadurch verkürzt sich die Zeitspanne der Vegetationsruhe, in der sich der Bodenwasserspeicher wieder füllen kann.

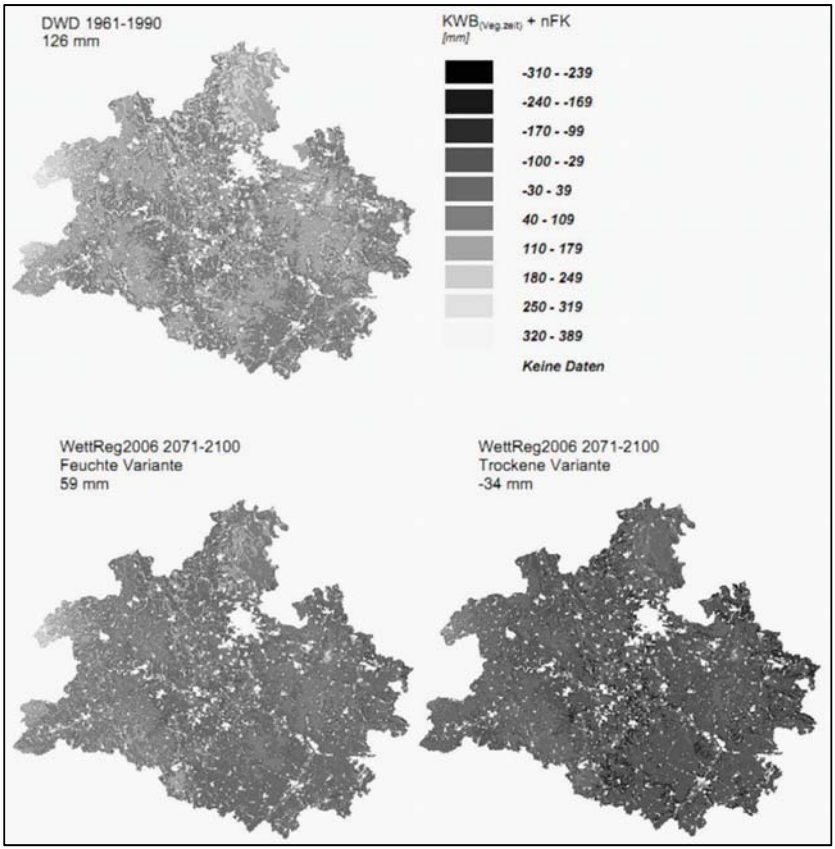


Abbildung 1: Abschätzung der Entwicklung des Trockenstressrisikos auf Basis der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) der Vegetationsperiode + nutzbare Feldkapazität (nFK) als 30-jährige Mittelwerte. Zusätzlich Angabe des Flächenmittels.

Um für das Projektgebiet flächendeckend ein zukünftiges Trockenstressrisiko abzuschätzen, wurde die Klimatische Wasserbilanz als Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung bei Grasbedeckung in der Vegetationszeit zuzüglich der Höhe des Speichervermögens des Bodens für pflanzenverfügbares Wasser (= nutzbare Feldkapazität nFK; Datengrundlage BÜK 1:50 000) als Indikator berechnet.

[13] Menzel, Fabian 1999; Walther et al. 2002; Menzel et al. 2003.

Wie aus Abbildung 1 links oben hervorgeht, war die Summe aus klimatischer Wasserbilanz der Vegetationszeit und pflanzenverfügbarem Bodenwasser mit einem Flächenmittel von +126 mm im Durchschnitt der Klimanormalperiode 1961-1990 ausreichend für eine uneingeschränkte Verdunstung.

Zur Beurteilung möglicher zukünftiger Klimawirkungen wurden Projektionen des regionalen Klimamodells WettReg[14] für das SRES-Szenario A1B[15] verwendet. WettReg berücksichtigt die bestehenden Unsicherheiten bezüglich der Projektion des Niederschlages in mehreren, gleich wahrscheinlichen Varianten. Im Projekt „Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda“ wurde die jeweils trockenste und feuchteste Variante benutzt, um einen Korridor zwischen den extremen Niederschlagsausprägungen aufzuspannen, innerhalb dessen sich die Entwicklung mit höherer Wahrscheinlichkeit vollzieht.

Bei Annahme von WettReg A1B, feuchte Variante, zeichnet sich für Nordhessen zum Ende des Jahrhunderts ein deutlich geringerer Wasserüberschuss ab (Flächenmittel: +59 mm). Bei Annahme der trockenen Variante von WettReg A1B tritt durch geringere Niederschläge im Mittel für das gesamte Gebiet sogar ein Defizit von -34 mm auf (Abbildung 1).

Anzumerken ist, dass die klimatische Wasserbilanz hier einheitlich auf Grundlage der potenziellen Verdunstung (Grasreferenz) berechnet wurde und somit keine Angabe des realen Bodenwasserdefizits eines mit Wald bedeckten Standorts liefert. Außerdem beziehen sich die Angaben auf einen 30-jährigen Mittelwert und lassen keine Aussagen über Extremjahre zu. Aussagekräftig bleibt jedoch die sich ergebende relative Rangfolge der einzelnen Standorte bezüglich ihres Wasserüberschusses und -defizits. Deshalb eignen sich die Ergebnisse dieser Analyse als Grundlage zur Identifizierung trockenstressgefährdeter Waldstandorte in Nordhessen. Auf ihrer Basis wurden Risikokarten für die wichtigsten Baumarten entwickelt, die als Entscheidungshilfe für die Forstwirtschaft im Folgenden vorgestellt werden.

3 Wasserhaushalt ausgewählter Waldstandorte in Nordhessen

Im Blickpunkt des Teilprojektes stehen die Auswirkungen erwarteter Klimaveränderungen auf die Wälder Nordhessens. Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Wälder wurden auf der Basis des flächenrepräsentativen Rasters der hessischen Bodenzustandserhebung (BZE II) durchgeführt (Abbildung 2).

[14] Spekat et al. 2007.
[15] IPCC 2000.

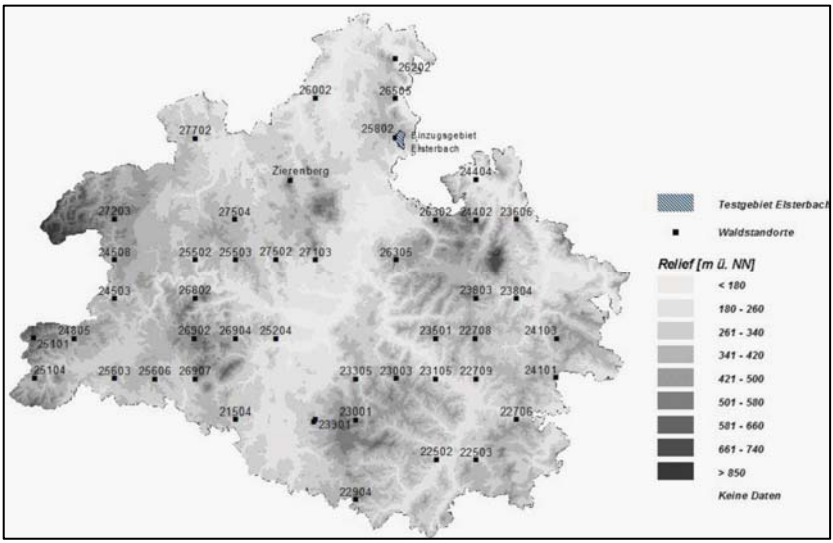


Abbildung 2: Projektgebiet mit Lage der ausgewählten Waldstandorte (Standorte der Bodenzustandserhebung (BZE II-Punkte) und Intensivmonitoringflächen (Level II-Flächen)) sowie des Kalibrier- und Testgebietes Elsterbach.

Bei der BZE handelt es sich um eine systematische Stichprobenerhebung zur Untersuchung des Zustandes von Waldböden[16]. Ergänzend wurden Intensivmonitoringflächen (Level II) der NW-FVA betrachtet. Die flächenmäßig mit Abstand bedeutendsten Waldbodentypen Nordhessens sind nach der Bodenübersichtskarte (BÜK 50) Braunerden (76%) und Pseudogleye (18%). Mit Anteilen von 69% Braunerden/Parabraunerden und 24% Pseudogleyen kann das BZE-Raster diesbezüglich als repräsentativ gelten. Ebenso sind die wichtigsten geologischen Ausgangssubstrate der Waldböden Nordhessens gut durch die Stichprobe abgebildet (63% basenarme Silikatgesteine, v.a. Mittlerer Buntsandstein, 30% basenreiche Gesteine, v.a. Basalt, 7% Lößlehm). Die Standorte befinden sich überwiegend in den mittleren und höheren Lagen Nordhessens in Höhen zwischen 220 m ü. NN und 560 m ü. NN mit Schwerpunkt zwischen 320 m ü. NN und 430 m ü. NN.

Der Wasserhaushalt von Wäldern lässt sich mit der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung

$$N = V + A + (R - B)$$

mit N = *Niederschlag*

[16] Evers, Paar 2012.

V = Verdunstung
A = Abfluss
R = Rücklage oder Speicher
B = Verbrauch

beschreiben.

Die Wasserhaushaltsmodellierung erfolgte mit dem Modell WaSiM-ETH[17]. Die für das Wasserhaushaltsmodell notwendigen gebietsbeschreibenden Informationen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die Regionalisierung der stationsbezogen vorliegenden Klimadaten erfolgte für nicht höhenabhängige Größen nach der Methode der Inversen Distanzwichtung (IDW), bei höhenabhängigen Größen (Niederschlag, Temperatur) durch eine lineare Kombination aus IDW und Höhenregression.[18] Die Verdunstung wurde nach dem Ansatz von Penman-Monteith[19] berechnet. Zur Simulation der Wasserflüsse in der ungesättigten Bodenzone wurde die Richards-Gleichung angewandt und die dafür benötigten Van Genuchten-Parameter[20] aus den Daten zu Bodenart, Skelettgehalt, Trockenrohdichte und Humusgehalt nach Renger et al.[21] abgeleitet.

Die Parametrisierung der Vegetation (Waldbestand) wurde durch die Kopplung des im Planungswerkzeug WaldPlaner[22] implementierten Waldwachstumsmodells TreeGrOSS mit dem Wasserhaushaltsmodell realisiert.[23] Die Bestände wurden in Fünfjahreszyklen mit dem WaldPlaner fortgeschrieben und die Ergebnisse am Ende eines Simulationszyklus an das Wasserhaushaltsmodell übergeben. So konnte die Dynamik der Waldentwicklung durch die Berücksichtigung von Wachstum, natürlicher Mortalität, Entnahmen, und Verjüngung in die Modellierung des Wasserhaushalts einfließen.

Das Wasserhaushaltsmodell wurde mithilfe langjähriger Datenreihen aus dem Einzugsgebiet Elsterbach (Abbildung 2) kalibriert. Angepasst wurden die Interzeption für den Zeitraum 1995 - 2003 und der Gebietsabfluss von 1995 - 2005. Dafür standen Daten von Freilandniederschlag und Kronentraufe in 14-tägiger Auflösung und Gebietsabflüsse in täglicher Auflösung zur Verfügung. Die Güte des Modells wurde an einem unabhängigen Datensatz von Pegelabflussmessun-

17 Schulla 2012.
18 Schulla 2012.
19 Penman 1948; Monteith 1965.
20 Van Genuchten 1976.
21 Renger et al. 2009.
22 Hansen 2006.
23 Sutmöller et al. 2011.

gen für den Zeitraum 1972 - 1995 validiert. Der Nash-Sutcliffe-Koeffizient[24] als Modellgütekriterium bestätigte mit einem Wert von 0,7 die gute Anpassung.[25]

Parameter	Auflösung	Quelle
Niederschlag, Temperatur, Rel. Luftfeuchte, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit	täglich	DWD (1961 - 2009), WettReg A1B, Varianten feucht und trocken (1961 - 2100)
Gelände	25 m 100 m	DHM25
Boden	46 Standorte 1:50 000	BZE II, Level II BÜK 50 5 Bodenprofile im Kalibriergebiet
Vegetation	5 Jahre	Ist-Zustand: BZE-Punkte - konzentrische Probekreisaufnahme; Kalibriergebiet - Forsteinrichtung, Fortschreibung: Modellergebnisse des WaldPlaners

Tabelle 1: Datenbasis der Wasserhaushaltsmodellierung

3.1 Einfluss der Landnutzung auf den Gebietsabfluss

Die Vegetationsform Wald beeinflusst nachhaltig den Gebietswasserhaushalt und damit das nachgeschaltete hydrologische System. Besondere Bedeutung kommt dem Wald bei der Abflussregulierung und der Abschwächung von Hochwasserspitzen nach besonderen und auch extremen klimatischen Ereignissen wie Schneeschmelze oder Starkregen zu. Am Beispiel des Einzugsgebietes Elsterbach (Abbildung 2) konnte mit Hilfe von Modellszenarien bestätigt werden, dass maximale Hochwasserabflüsse unter Wald gegenüber einer modellhaften Annahme von Grasbedeckung deutlich verringert werden (Abbildung 3). Das belegt die wirksame Hochwasserschutzfunktion von Waldflächen in Wassereinzugsgebieten.

[24] Nash, Sutcliffe 1970.
[25] Fiebiger et al. 2013.

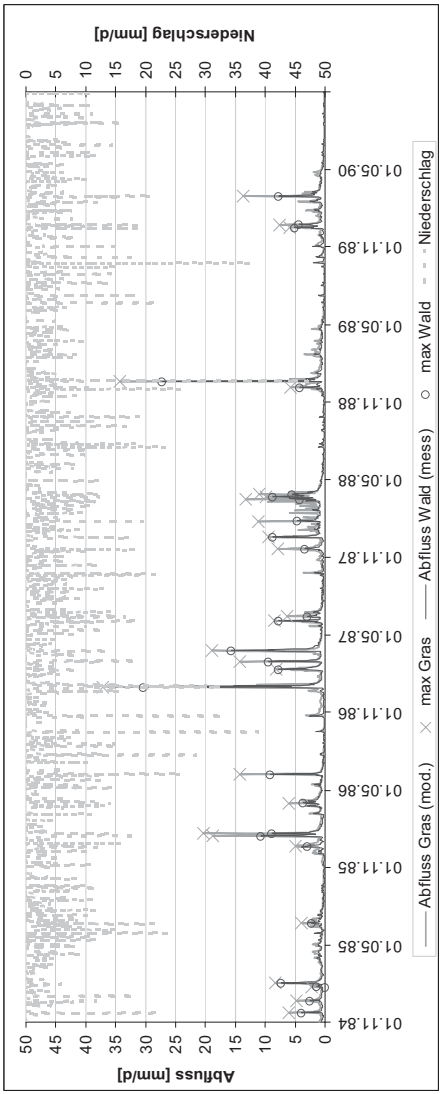


Abbildung 3: Dämpfung von Abflussspitzen bei Waldbedeckung (Messwerte) im Vergleich zu Grasvegetation (Modellergebnisse) für die hydrologischen Jahre 1985 - 1990. Rechte Ordinate: Niederschlag. Angaben in täglicher Auflösung.

3.2 Wasserhaushalt des Zeitraums 1961 - 2010

Anhand von in der Vergangenheit aufgetretenen klimatischen Extremereignissen wie Trockenjahren lässt sich abschätzen, wie sensitiv Waldökosysteme auf derartige Störungen reagieren. Vor diesem Hintergrund wurde für die 46 ausgewählten Waldstandorte in Nordhessen (Abbildung 2) der Wasserhaushalt für den Zeitraum von 1961 - 2010 modelliert. Von besonderem Interesse waren die Auswirkungen von Trockenperioden auf die Verdunstung, den Abfluss, die Grundwasserneubildung und insbesondere den Bodenwassergehalt der Waldstandorte. Als ein maßgebliches Kriterium für das Auftreten von Trockenstress wird das Absinken des Bodenwassergehaltes unter eine kritische Grenze angesehen. Nach Granier et al.[26] sowie Anders et al.[27] hat eine Unterschreitung des Bodenwassergehaltes unter 40% des maximal pflanzenverfügbaren Wassers (100% entsprechen der nutzbaren Feldkapazität nFK) eine Reduktion der Transpiration zur Folge. Dies führt zu einer entsprechenden Herabsetzung der Kohlenstoffassimilation und damit zu einer Beeinträchtigung des Wachstums. In den genannten Studien wurden nicht alle Baumarten untersucht. Dennoch soll dieser Wert hier als Kriterium für potenziell auftretenden Trockenstress Anwendung finden. Als Indikator für Trockenstress wird dabei das Bodenwasserdefizit verwendet, ausgedrückt als die Menge an Bodenwasser, die fehlt, um den Schwellenwert nicht zu unterschreiten.

Die Häufigkeit und Intensität des Auftretens von Trockenstress ist dabei von einer Kombination aus Verdunstung und Niederschlagsmenge, dem substratbedingten Bodenwasserspeichervermögen (nFK) und der Struktur der Waldbestände (Baumart, Alter, Höhe, Bestandesdichte) abhängig. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die heute an den BZE-Punkten vorhandenen Waldbestände mit dem WaldPlaner in die Vergangenheit zurückgerechnet.

In der betrachteten Stichprobe finden sich sowohl Standorte, auf denen nach dem hier verwendeten Indikator in fast jedem Jahr Trockenstress auftritt, als auch solche, auf denen Trockenstress nur in extrem trockenen Jahren zu beobachten war (Abbildung 4).

Als absolutes Extremjahr im Zeitraum 1961 bis 2010 fällt das Jahr 1976 auf, in welchem auf allen 46 Standorten Trockenstress auftrat. In anderen sehr trockenen Jahren wie 1964 oder 2003 gab es trotz geringer Niederschläge einzelne Waldstandorte ohne Trockenstress. Grund hierfür waren u.a. reichliche Niederschläge der jeweiligen Vorjahre, während dem Trockenjahr 1976 bereits ein relativ niederschlagsarmes Jahr voranging.

---

[26] Granier et al. 1999.
[27] Anders et al. 2002.

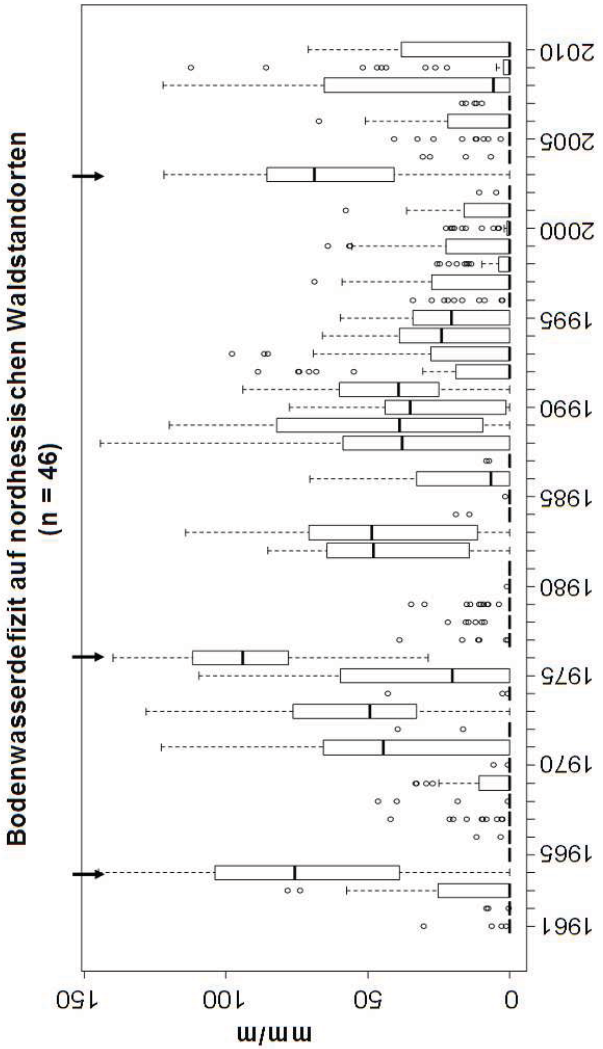


Abbildung 4: Bodenwasserdefizit in mm/m auf 46 ausgewählten Waldstandorten in Nordhessen (vgl. Abbildung 2) im Zeitraum 1961 - 2010. Extreme Trockenjahre sind mit Pfeilen markiert.

Die Auswirkungen klimatischer Extremereignisse spiegeln sich deutlich im Waldzustand wieder. Das Trockenjahr 1976 zog auch in Teilen Nordhessens Schädigungen der Bäume nach sich. Nach Asthalter[28] wurden Trocknisschäden in den Gebieten nordwestlich und südöstlich der Hessischen Senke, also in Teilen des Hessischen Schiefergebirges und des Hessischen Berglandes, vor allem in Höhen unter 500 m ü. NN registriert. Für den Zeitraum ab 1985 liegen aus der Waldzustandserhebung als jährlicher, systematischer Stichprobenerhebung Informationen zum Waldzustand vor. Beispielhaft ist in Abbildung 5 die Absterberate von Bäumen der Hauptbaumarten Buche, Fichte, Kiefer und Eiche für Nordhessen seit Beginn der Waldzustandserhebung dargestellt.

Die Reaktion auf das extreme Trockenjahr 2003 ist vor allem in der landesweiten Betrachtung zu erkennen. In Nordhessen reagierte von den Hauptbaumarten besonders die Fichte zwei Jahre nach dem Ereignis. Ursache für die hohe Absterberate 2005 waren starke Borkenkäferschäden. Rindenbrütende Insekten wie der Buchdrucker (Isps typographus L.) profitieren außer von verlängerten Vegetationsperioden und einer physiologischen Schwächung der Fichten vor allem von höheren Temperaturen.[29]

Ein weiterer Anstieg der Absterberaten ist u.a. nach Stürmen („Daria“, „Vivian“, „Wiebke“ 1990, „Kyrill“ 2007 oder „Emma“ 2008) zu beobachten, was ebenfalls durch nachfolgende Borkenkäfergradationen (viel Brutmaterial), aber auch durch Wurzelabrisse und die damit einhergehende deutliche Schwächung der Bäume zu erklären ist. Der hohe Anstieg der Mortalität bei der Eiche im Jahre 2010 kann im Zusammenhang mit wiederholten Schädigungen durch Eichen-Fraßgesellschaften stehen. Bei der Kiefer sind vermutlich Schneebruchereignissen die Ursache erhöhter Abgänge in einzelnen Jahren.

Das Auftreten von Trockenperioden hat nicht zwangsläufig das unmittelbare Absterben von Bäumen zur Folge. Vielmehr trägt die Kombination mehrerer Faktoren in komplexer Wirkung zur Schwächung der Vitalität von Bäumen bei und kann letztendlich zeitlich entkoppelt zu erhöhter Mortalität führen. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass unmittelbare Schäden an Waldbeständen in Nordhessen infolge extremer Trockenjahre der jüngeren Vergangenheit im Vergleich mit anderen Regionen eher unterdurchschnittlich[30] blieben.

---

28 Asthalter, 1980.
29 Mößmer 2010; Overbeck, Schmidt 2012.
30 Dammann et al. 2012.

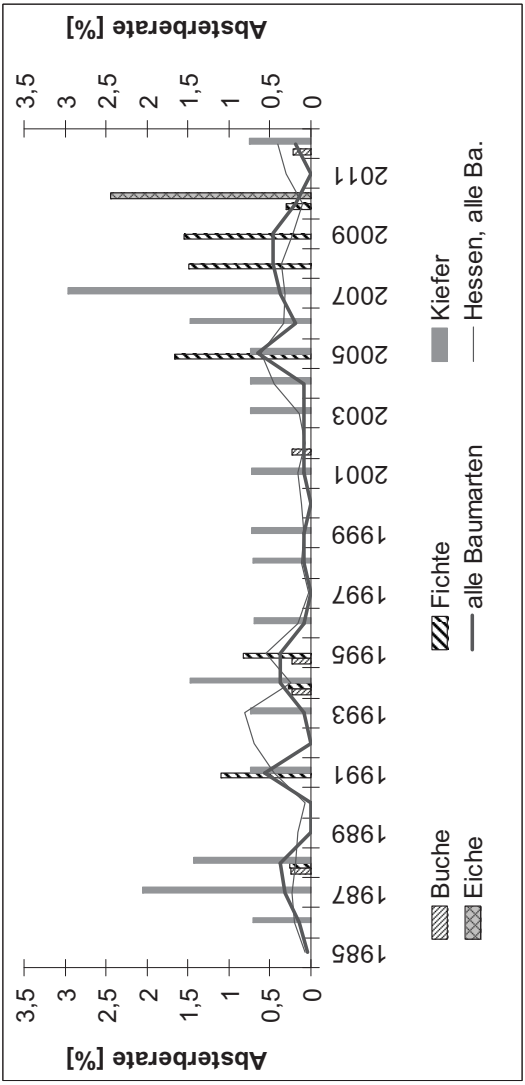


Abbildung 5: Absterberaten für die Hauptbaumarten bzw. alle Baumarten in Nordhessen im Zeitraum 1985 - 2012. Zusätzlich Angabe der Zahlen für Hessen gesamt.[31]

[31] Quelle: WZE Hessen.

3.3 Effekte der projizierten Klimaänderungen

Das im Teilprojekt verwendete regionale Klimamodell WettReg projiziert bei Annahme des SRES-Szenarios A1B für den Zeitraum 2071 - 2100 Temperaturen von 10,2 - 10,4°C im Jahresmittel bzw. 16,1 - 16,6°C im Mittel der Vegetationszeiten. Das entspricht einem Temperaturanstieg von ~2,5 K im Jahr und ~2 K für die Vegetationszeit.

Der Jahresniederschlag für die ausgewählten Waldstandorte würde in der Periode 2071 - 2100 im Mittel zwischen 837 mm/a (A1B, trockene WettReg-Variante) und 975 mm/a (A1B, feuchte WettReg-Variante) betragen bzw. für die Vegetationszeit zwischen 313 mm und 376 mm. Die Mittelwerte für die Klimanormalperiode 1961 - 1990 lagen bei 869 mm pro Jahr und 370 mm in der Vegetationszeit. Diese mittleren Werte der Projektionen entsprächen bei der trockenen Variante in etwa den Temperaturen und Vegetationszeitniederschlägen, die heute den Wuchsbezirk Hessische Rheinebene kennzeichnen.[32] Die projizierten Klimaänderungen hätten einen Anstieg der potenziellen Verdunstung um 5% - 9% im Jahresmittel und 3% - 5% in der Vegetationszeit zur Folge. Nach dem A1B-Szenario würde sich vor allem die Interzeption je nach WettReg-Variante um 14% - 22% im Jahr bzw. 8% - 17% in der Vegetationsperiode erhöhen.

3.4 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Waldstandorte unter Berücksichtigung der Waldbehandlung

Aufgrund ihrer großen Oberfläche haben Waldbestände einen starken Einfluss auf Verdunstungsprozesse wie Interzeption und Transpiration. Verdunstungsrelevante Parameter wie jahreszeitlich dynamischer Blattflächenindex, Windwiderstand oder Durchwurzelungstiefe werden über die Baumarten und die Bestandesstruktur determiniert. Durch waldbauliches Management können diese Größen verändert bzw. beeinflusst werden, woraus sich Steuerungsmöglichkeiten des Wasserhaushaltes ergeben sollten. Wie stark die Waldbehandlung die durch Klimawandel bedingten Effekte auf den Wasserhaushalt über längere Zeiträume modifizieren kann, wurde durch die Einbeziehung von drei verschiedenen Waldbehandlungsszenarien untersucht:

- naturnaher Waldbau im Anhalt an die Hessische Waldbaurichtlinie gemäß Ribes[33] und die Hessische Waldbaufibel[34]. Zu den Kennzeichen dieses Szenarios zählen dem Wachstumsgang der Baumarten angepasste, gestaffelte

[32] Gauer, Aldinger 2005.
[33] HMULV 2012.
[34] Hessen-Forst 2008.

Durchforstungen, einzelstammweise Nutzung nach Zielstärke und die Erhaltung von Habitatbäumen („Hessische Waldbaurichtlinie“)

- stärker ertragsorientierte Waldbehandlung mit abgesenkten Zieldurchmessern und höheren Nutzungsmassen je Eingriff („starke Nutzung“)
- Waldentwicklung ohne menschliche Eingriffe („ohne Nutzung“).

Die Behandlungsszenarien wurden auf die heute vorhandenen Waldbestände an den 46 BZE-Punkten einschließlich der Level II-Fläche in Nordhessen angewendet und bis zum Ende des Jahrhunderts modelliert.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurden die analysierten Waldstandorte in drei Straten eingeteilt, die durch den Geländewasserhaushaltsstufen definiert sind. Die erste Gruppe umfasst 11 Standorte mit mäßig frischen und trockeneren Bedingungen. In der zweiten Gruppe sind insgesamt 23 Standorte mit frischem Geländewasserhaushalt und in der dritten Klasse 12 betont frische Standorte zusammengefasst. Diese Klassifizierung bietet sich an, da es sich um einen zeitlich stabilen Parameter handelt, der sich hauptsächlich aus dem Wasserspeichervermögen des Bodens (nFK) und der Orografie ableitet und gleichzeitig ein wichtiges Kriterium für die Baumartenwahl nach der Hessischen Waldbaurichtlinie darstellt.

In den Abbildungen 6 und 7 ist der Anstieg sowohl des Bodenwasserdefizits als auch der Anzahl der Trockentage als Maß für die Häufigkeit von Trockenstress bei beiden Niederschlagsvarianten des WettReg-Szenarios A1B im Vergleich zur Periode 1961 - 1990 deutlich zu erkennen. Diese Aussage gilt für alle Standorte und alle Bewirtschaftungsintensitäten gleichermaßen. Bei der trockenen WettReg-Variante sind die Defizite noch etwas höher als bei der feuchten, der Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Zwischen den gebildeten Straten sind für die Mediane der Klimanormalperiode 1961 - 1990 kaum Unterschiede erkennbar. Bei verändertem Klima kommt es jedoch zum Ende des Jahrhunderts zu einer deutlichen Differenzierung zwischen den Straten, am stärksten bei der trockenen WettReg-Variante. Dabei ist zunächst überraschend, dass die nach der Geländewasserhaushaltsstufe betont frischen Standorte die höchsten und die trockenen die geringsten Defizite aufweisen.

Dieses Muster lässt sich mit unterschiedlichen Niederschlagsmengen erklären, da sich betont frische Standorte vorwiegend in tieferen und somit in der Regel niederschlagsärmeren Lagen befinden, während Standorte der Klasse „mäßig frisch und trockener“ vor allem in den höheren, niederschlagsreicheren Lagen der Mittelgebirge vorkommen. Sehr gering bleiben die Unterschiede zwischen den Waldbauszenarien bei geringfügig höheren Defiziten der Variante „ohne Nutzung“.

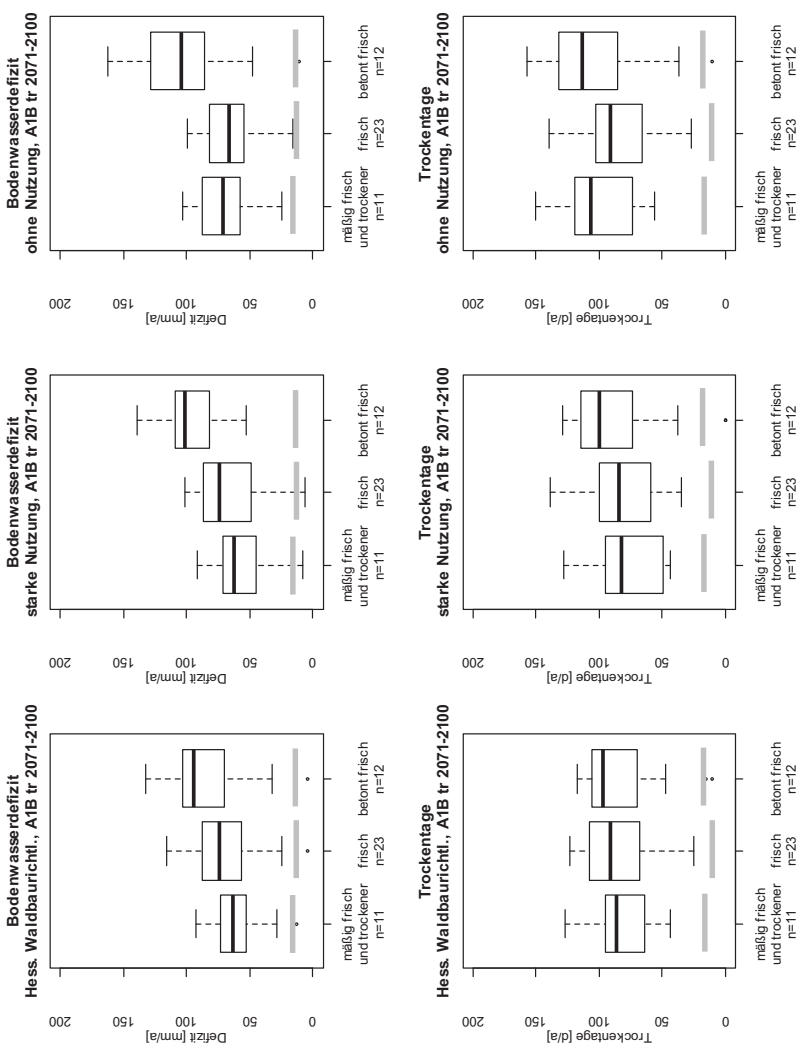


Abbildung 6: Bodenwasserdefizit und Anzahl an Trockentagen bei Umsetzung der Hess. Waldbaurichtlinie (links), starker Nutzung (Mitte) und ohne forstliche Nutzung (rechts). Schwarze Box and Whiskers ≙WettReg A1B trocken, 2071-2100 (Median, Quartile, Extremwerte). Hellgraue Linie: DWD Messdaten 1961-1990, Median.

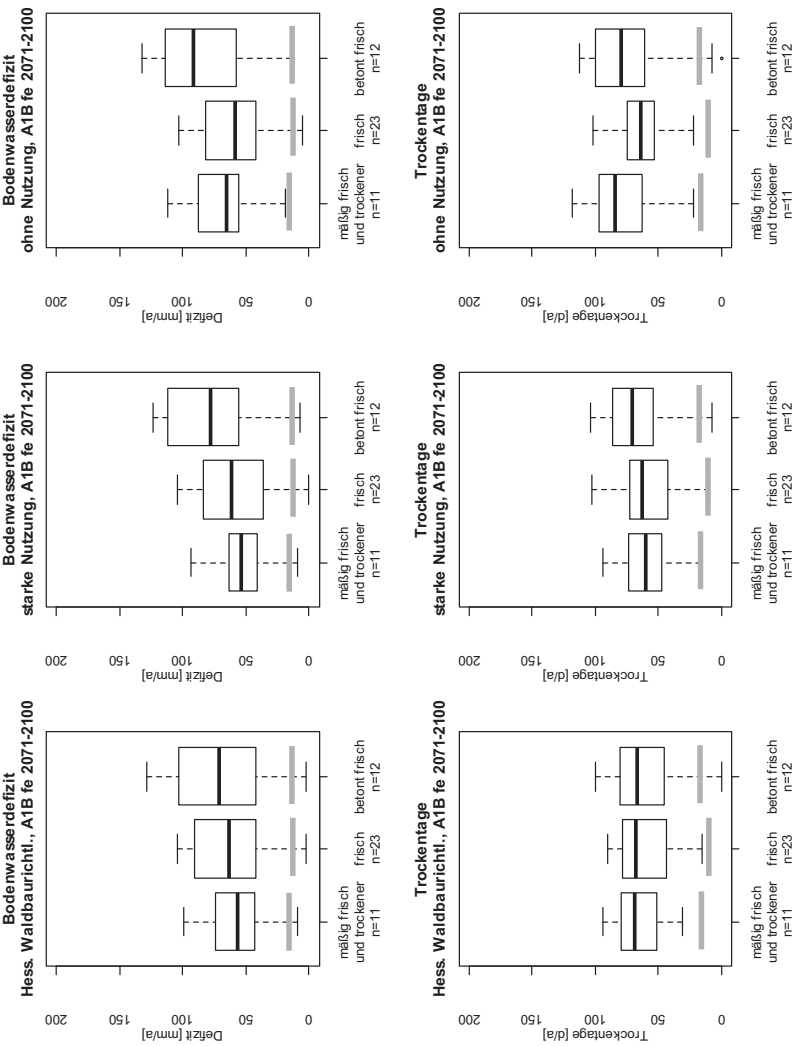


Abbildung 7: Bodenwasserdefizit und Anzahl an Trockentagen bei Trockentagen bei Umsetzung der Hess. Waldbaurichtlinie (links), starker Nutzung (Mitte) und ohne Nutzung (rechts). Schwarze Box and Whiskers ≙WettReg A1B feucht, 2071-2100 (Median, Quartile, Extremwerte). Hellgraue Linie: DWD Messdaten 1961-1990, Median.

Die größten Unterschiede liegen über alle Standortstraten und Waldhandlungsszenarien hinweg zwischen den Ergebnissen der Referenzzeit 1961 - 1990 und den Klimaprojektionen für die Periode 2071 - 2100. Damit wird der bestimmende Einfluss der erhöhten Temperatur deutlich, der sich in dem erheblich größeren Wasserverbrauch durch gesteigerte Verdunstung widerspiegelt.

Ein wesentliches Ergebnis der Simulationen bleibt damit die Erkenntnis, dass der Klimawandel bedingt erhöhte Wasserbedarf der Waldbestände in Nordhessen über längere Zeiträume betrachtet nicht durch angepassten Waldbau im Rahmen der Modellannahmen ausgeglichen werden kann. Selbst deutliche Verringerungen der Bestandesdichte im Zuge starker Durchforstungen oder Zielstärkennutzungen im Szenario „starke Nutzung", die aber Mindestanforderungen der Bestandesstabilität noch berücksichtigten, wirkten in der Kombination von Bestand und standörtlichen Bedingungen nicht überall gleichgerichtet und bewirkten dann in der Regel nur kurzfristig eine spürbare Verbesserung der Wasserverfügbarkeit. Im Mittel aller untersuchten Bestände verlor sich der Effekt langfristig mit erneut zunehmender Bestandesdichte als natürliche Zuwachsreaktion der Bestände. Allerdings kann durch die Absenkung der Bestandesdichte im Rahmen der Bestandespflege das zur Verfügung stehende pflanzenverfügbare Wasser auf gut veranlagte, leistungsstarke Baumindividuen konzentriert werden, was zu einer Verbesserung der Einzelbaumvitalität, der Bestandesstabilität und der Widerstandsfähigkeit gegen biotische Risiken beiträgt.

4 Schlussfolgerungen für einen klimaangepassten Waldbau

Die Konsequenz aus diesen Ergebnissen ist, dass die Forstwirtschaft die Auswirkungen des Klimawandels mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht ausgleichen, sondern nur darauf reagieren kann. Das wird durch die Tatsache erschwert, dass diese „Reaktion" bereits unter heutigen Bedingungen stattfinden muss, wenn die vorhandenen Bestände gepflegt und verjüngt werden und außerplanmäßige Verjüngungsmaßnahmen nach Schadereignissen erforderlich werden. Diese Bäume und Waldbestände müssen einerseits unter den gegenwärtig herrschenden Klimabedingungen stabil aufwachsen, andererseits aber in der Lage sein, im höheren Alter unter zukünftigen Klimabedingungen ihre Funktionalität aufrecht zu erhalten. Die Klimaprojektionen und Wasserhaushaltssimulationen an den ausgewählten Waldstandorten zeigen, dass zukünftig verstärkt mit Trockenstress gerechnet werden muss. Trockenstress hat eine Abnahme der Leistungsfähigkeit von Bäumen und Wäldern im wirtschaftlichen Sinn und eine Abnahme der Vitalität im ökologischen Sinn zur Folge. Dadurch erhöht sich u.a. die Anfälligkeit gegenüber Störfaktoren wie z.B. biotischen Schaderregern. Es ist zu erwarten, dass es durch die Änderung der Lebensbedingungen für Forstschädlinge zu Verschie-

bungen im Spektrum und der Ausbreitung, möglicherweise auch zum Auftreten neuer Arten kommen kann.[35] Berücksichtigt man zusätzlich die noch erheblichen Unsicherheiten in der Klimaforschung − dazu zählen neben der Entwicklung des Niederschlagsdargebotes insbesondere auch das bislang nicht vorhersagbare Auftreten von Extremereignissen − wird deutlich, mit welchen Herausforderungen die forstliche Praxis konfrontiert ist.

Eine abgesicherte Klimaanpassungsstrategie für nachhaltige Waldbewirtschaftung ist zum derzeitigen Forschungsstand noch nicht verfügbar. Angesichts dessen und der Langfristigkeit der forstlichen Planungs- und Produktionszeiträume verbietet sich jegliche Form von Aktionismus.

5 Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis

Anders als beispielsweise in der Landwirtschaft, die abgesehen von betrieblichen Ausrichtungen und Spezialisierungen alljährlich neu über den Anbau bestimmter Kulturen entscheiden kann, steht in der Forstwirtschaft aufgrund der Langlebigkeit der Wälder jährlich nur auf ca. 1 - 2% der Waldfläche eine Entscheidung über die Baumartenwahl bzw. einen Wechsel der Baumarten an. Noch höhere Priorität als der notwendige standortsgemäße und klimaangepasste Waldumbau besitzen deshalb Maßnahmen, die auf die Stabilisierung der vorhandenen Wälder sowie die Senkung und Verteilung von Risiken abzielen.

5.1 Maßnahmen zur Stabilisierung der vorhandenen Wälder

Zu den vorrangigen Zielen der Bestandespflege zählen die Erhöhung der Einzelbaumstabilität, die Erhaltung der Vitalität der Bäume und der Erhalt sowie die Förderung der Mischbaumarten.

In Nordhessen stellen stammzahlreiche, wenig differenzierte Fichten-Naturverjüngungen vor allem auf den großflächig durch den Sturm „Kyrill" verursachten Freiflächen eine besondere Herausforderung dar. Für sie sollte eine frühzeitige Stammzahlreduktion auf ca. 2.000/ha vitale Fichten das Regelverfahren sein, um die Einzelbaumstabilität zu erhöhen und gleichzeitig die Wasserkonkurrenz zu entspannen.[36] Daneben ermöglicht diese Maßnahme eine äußerst effektive Förderung vorhandener Mischbaumarten. In jedem Fall sollten Begleitbaumarten in gewissen Anteilen erhalten werden, die Pionierbaumartencharakter haben (häufige Fruktifikation, Fähigkeit, Freiflächen zu besiedeln, geringe Wasser- und Nähr-

[35] Feemers et al. 2003.
[36] Rumpf, Ditges 2008.

stoffansprüche), um etwaigen Kalamitäten vorzubeugen.[37]

Entscheidend für Stabilität, Struktur und Wertleistung der Bestände ist die anschließende Durchforstungsphase. Bei den Schatt- und Halbschattbaumarten Buche, Bergahorn und Douglasie lassen sich zwei- oder mehrschichtige Bestände durch Hochdurchforstungen entwickeln. Bei dieser Durchforstungsart konzentriert sich die Pflege auf die Förderung der Zukunftsbäume durch Entnahme qualitativ schlechterer Bäume im Herrschenden. Erhaltener Unter- und Zwischenstand ermöglicht die Steuerung von Naturverjüngung und trägt zu einem kühlfeuchteren Bestandesklima bei.[38] Bei lichtbedürftigeren Baumarten wie der Fichte lassen sich Vertikalstrukturen auf Dauer nicht erhalten. Hier können − gerade auf Standorten mit hohem Trockenstressrisiko − auch Niederdurchforstungen angebracht sein, die kurzfristig die Wasserkonkurrenz senken.[39] Starke Vergrasung mit sehr negativen Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt unter dem Schirm von Lichtbaumarten wie Eiche oder Kiefer wird durch die Beimischung schattentoleranter Baumarten unterbunden. Grundsätzlich sind gestaffelte Durchforstungen, die dem Wachstumsgang und der Reaktionsfähigkeit der Baumarten folgen, zu empfehlen. Hierdurch können die Produktions- und damit gleichzeitig die Gefährdungszeiträume deutlich gesenkt werden.[40]

5.2 Senkung bzw. Verteilung der Risiken

Da es in der Bestandesentwicklung nicht nur das soziale, sondern auch ein qualitatives Umsetzen gibt[41] und die Risiken durch den Klimawandel allgemein zunehmen, sollte bei frühzeitiger Auswahl die Anzahl der Z-Bäume (Zukunftsbäume) nicht zu niedrig bemessen sein. Sie soll sich – ein qualitativ mindestens durchschnittliches Potenzial des Bestandes vorausgesetzt – am oberen Wert des Z-Baumrahmens der Hessischen Waldbaufibel[42] orientieren. Bei der Auswahl der Z-Bäume haben die Kriterien Vitalität und Qualität Vorrang vor einem regelmäßigen Abstand. Im Laufe der Pflegephase reduziert sich durch laufende kritische Überprüfung die Anzahl der Z-Bäume, und gleichzeitig nimmt die Durchmesserdifferenzierung des Kollektivs der in der Regel nicht gleichmäßig verteilten besten Zuwachsträger zu. Hieraus ergeben sich unterschiedliche optimale Nutzungszeitpunkte für Einzelbäume und Baumgruppen und damit Ansätze für die Entwicklung ungleichaltriger Bestandesstrukturen.

37 Lüpke 2004.
38 Mitscherlich 1981.
39 Kohler et. al. 2010; Gebhardt et al. 2012.
40 Spellmann 2001; Spellmann 2010; Spellmann, Schmidt 2003; Nagel, Spellmann 2008.
41 Schober 1988.
42 Hessen-Forst 2008.

Auch in Nordhessen sind vor allem bei der wichtigsten Nadelbaumart Fichte Bestände der III. (41 - 60 Jahre) und der beginnenden IV. Altersklasse mit einem überproportionalen Flächenanteil vertreten. Der Grundsatz der Nachhaltigkeit gebietet es, vorsichtig mit den hier konzentrierten Holzvorräten umzugehen und das Ertragsvermögen der Bestände optimal auszunutzen. Dies ist in der Regel nur mit nach der waldbaulichen Ausgangssituation differenzierten Nutzungs- und Verjüngungszeiträumen möglich. Bereits in naher Zukunft müssen hierzu die Weichen gestellt werden, da die Prognosen zum Sturmschadensrisiko[43] aufzeigen, dass mit zunehmendem Alter, steigenden Baumhöhen und wachsenden Vorräten das Windwurfrisiko beträchtlich steigt. Einen Lösungsansatz für diesen Konflikt bietet das Konzept der Zielstärkennutzung, bei dem hiebsreife Bäume möglichst einzelstamm- oder gruppenweise genutzt werden. Das Zielstärkenkonzept ist umso besser anwendbar, je strukturreicher die Bestände sind. Während sich die Baumarten Buche, Douglasie und Kiefer relativ unproblematisch nach Zielstärke nutzen und langfristig verjüngen lassen, sind die Verhältnisse in Fichtenbeständen häufig schwieriger. Sie stockt in Nordhessen noch öfter in gleichaltrigen Reinbeständen, von denen viele in stabilere Mischbestände überführt werden sollen. Während das Windwurfrisiko von Fichtenbeständen allgemein mit der Baumhöhe und dem Alter steigt, zeigt die Erfahrung jedoch, dass geschlossene Bestände mit relativ geringer Oberflächenrauhigkeit des Kronendaches und intaktem Stützgefüge weniger gefährdet sind. Bei der Zielstärkennutzung in Fichtenbeständen ist aus diesem Grund ein besonders planvolles und differenziertes Vorgehen erforderlich. Konkret heißt dies, in gut gepflegten Beständen möglichst frühzeitig, ab einem Bestandesalter von ca. 70 Jahren, mit der Zielstärkennutzung zu beginnen. Hierdurch soll möglichst lange eine geordnete Nutzung sichergestellt werden. Eine Alternative stellen die räumlich strenger geordneten Zielstärkennutzungen gegen die Hauptwindrichtung in einer Tiefe von zwei Baumlängen dar, die eine saumfemelartige Verjüngung erlauben.[44] In labilen Fichtenaltbeständen oder bei großflächigen, starkholzreichen Fichtenaltholzkomplexen werden sich schließlich Saumschläge und begrenzte Kahlschläge zur risikoärmeren Nutzung und Verjüngung nicht vermeiden lassen. Auch bei der Buche sprechen die schlechten Kronenzustände der Altbuchen in gleichmäßig großschirmschlagartig aufgelichteten Beständen[45] für ein eher femelartiges, räumlich differenziertes Vorgehen bei der Zielstärkennutzung. Grundsätzlich erscheint eine stärkere Differenzierung der angestrebten Zieldurchmesser notwendig. Je besser Wuchsleistung und Qualität und je geringer das Risiko und somit die Entwertungsgefahr, desto höher sollte

43 Schmidt et al. 2010.
44 Richter 1995.
45 HMULV 2012.

die Zielstärke angesetzt werden. Bei der Fichte mit ihrem unausgeglichenen Altersklassenaufbau empfiehlt sich die Differenzierung der Zielstärke besonders, um die Endnutzungen bei möglichst geringem Gesamtrisiko zu strecken. Zur weiteren Risikobegrenzung und Risikoverteilung trägt ein Verzicht auf die Stabilität gefährdende Maßnahmen wie eine nachträgliche Verdichtung des Erschließungsnetzes in höheren Bestandesaltern ebenso bei wie die rechtzeitige Etablierung von standortgerechtem Nachwuchs. In jedem Fall ist ein konsequenter vorbeugender Waldschutz erforderlich (u.a. angepasste Wildbestände, Einzelbaumvitalität, Bestandesstruktur, saubere Waldwirtschaft, Waldschutzmonitoring).

5.3 Standortsgemäßer klimaangepasster Waldumbau

Die Baumartenwahl ist die wichtigste langfristige Entscheidung im Forstbetrieb. Mit ihr werden für die Dauer des Produktionszeitraumes Aufwand und Ertrag, die Lieferung von Infrastrukturleistungen, die Gestaltung des Landschaftsbildes und die Übernahme bestimmter Produktionsrisiken festgelegt.[46] Gerade unter dem Gesichtspunkt der Risikobegrenzung hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Baumarten standortsgemäß sein müssen. Folgt man der Definition von V. Lüpke,[47] ist eine Baumart dann standortsgemäß,

> …wenn ihre Bedürfnisse an Strahlung, Wärme, Wasser und Nährstoffen durch Boden und Klima des Anbauortes gut erfüllt sind. Dies äußert sich in Gesundheit, Vitalität und gutem Wachstum.

Die Einschätzung, ob eine Baumart standortsgemäß ist, beruhte bisher in der Regel auf der gutachtlichen Einschätzung der Wasser- und Nährstoffversorgung der Standorte sowie der jeweiligen klimatischen Gegebenheiten. Unter dem Einfluss der atmosphärischen Stoffeinträge und klimatischen Änderungen stößt ein solches Vorgehen an seine Grenzen. Die im Rahmen des Projektes eingesetzten Modelle zur klimasensitiven Beschreibung der Standortsveränderungen und die Karten zur Abschätzung des Trockenstressrisikos (siehe oben) liefern wichtige Entscheidungshilfen zur standortsgemäßen Baumartenwahl unter sich ändernden ökologischen Rahmenbedingungen.

Hohe Artendiversität bedeutet oft höhere Stabilität, fast immer aber höhere Elastizität zum Ausgleich von Störungen.[48] Dementsprechend sind Mischbestände gegenüber biotischen und abiotischen Störungen weniger anfällig als Reinbestände. Für die Bevorzugung natürlicher Waldverjüngungen sprechen

---

46 Speidel 1991.
47 Lüpke 1995.
48 Otto 1994; Knoke et al. 2005.

- das höhere Anpassungspotenzial,
- die Vermeidung von Nährstoffverlusten,
- die Minderung der Spätfrost- und Mäusegefahr,
- die meist bessere Qualitätsentwicklung,
- die Konkurrenzsteuerung mit Hilfe des Schirmes,
- der Lichtungszuwachs der Altbäume und
- die Möglichkeit der einzelstammweisen Nutzung nach Zielstärke.

Die biologische Rationalisierung darf jedoch keinesfalls die Übernahme von bereits heute und zukünftig nicht mehr standortsgemäßer Naturverjüngung einschließen. Vielmehr empfiehlt es sich, diese heute bzw. zukünftig nicht standortsgemäße Fichten-Naturverjüngung mit Douglasie oder Küstentanne zu überpflanzen und verstärkt Pionier- und Begleitbaumarten in die Waldentwicklung einzubeziehen.

Zur Senkung der Jugendgefahren und zur Aufrechterhaltung der Stoffkreisläufe sollte der Waldumbau als Voranbau erfolgen. Störungslöcher bieten die Möglichkeit, standortgemäße Baumarten frühzeitig einzubringen. Bei der künstlichen Bestandesbegründung ist auf die Verwendung geeigneter Herkünfte zu achten, da die meisten Baumarten große Verbreitungsgebiete haben, innerhalb derer sich die Teilpopulationen an die unterschiedlichen Standortbedingungen genetisch angepasst haben.[49]

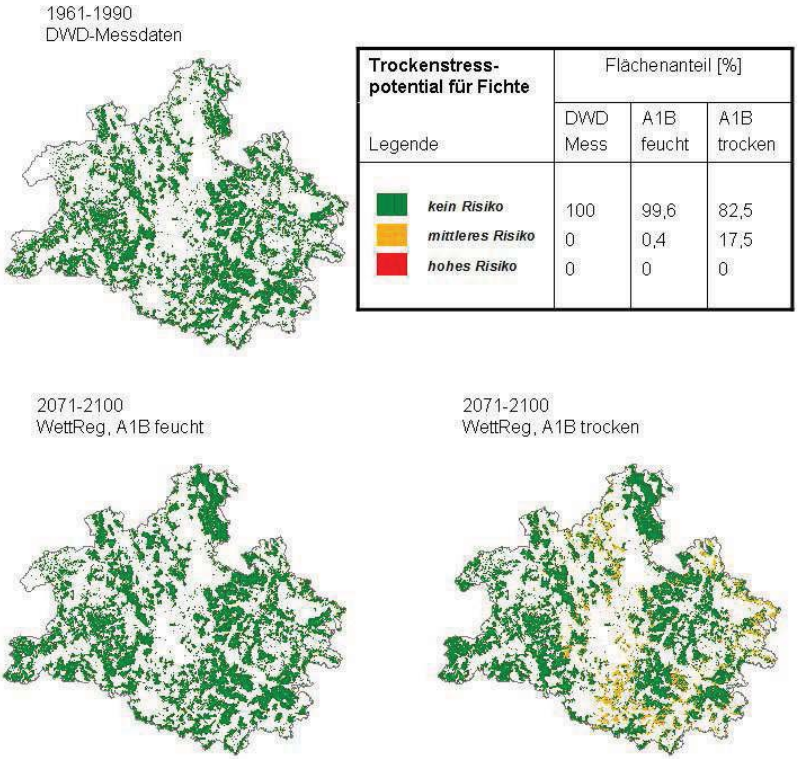
Meist bieten sich beim standortgemäßen Waldumbau gleich mehrere gut begründete Möglichkeiten, um die waldbaulichen Ziele zu erreichen. Diese schließen auch die wenigen anbauwürdigen, ökologisch zuträglichen fremdländischen Baumarten, in erster Linie Douglasie, Küstentanne, Japanlärche und Roteiche, ein.[50] Ein Waldumbau sollte aber nicht nur auf die Verbesserung der Ertragsaussichten und die Senkung der Risiken zielen, sondern auch der Gemeinwohlverpflichtung des Waldeigentums entspringen und damit die Umwelt schützen sowie die Vielfalt der Standorte, Arten und Lebensgemeinschaften erhalten.

5.4 Baumartenspezifische Risikokarten

Auf Grundlage der oben vorgestellten Ergebnisse wurden baumartenspezifische Risikokarten erstellt. Grenzbereiche wurden aus der Summe der nutzbaren Feldkapazität (nFK) und der Klimatischen Wasserbilanz der Vegetationszeit hergeleitet, indem auf bekannten, deutschlandweit verfügbaren Standorten geprüft wur-

[49] Bolte, Degen 2010.
[50] Otto 1993; Spellmann 1994.

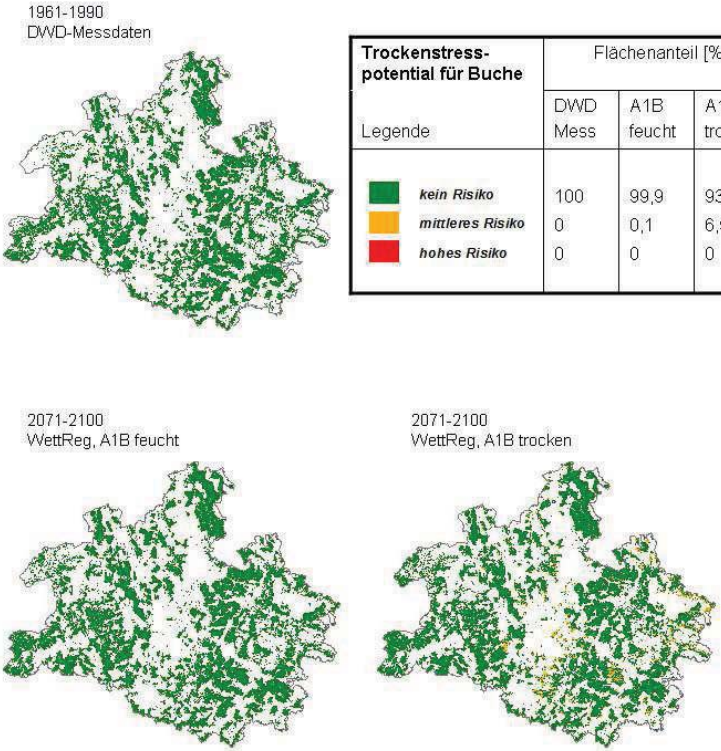
de, unter welchen Bedingungen bestimmte Baumarten welche Wuchsleistung erbringen (statistischer Ansatz).[51] Die in Abbildung 8 und Abbildung 9 vorgestellten Ergebnisse zeigen das auf dieser Basis berechnete Trockenstressrisiko für die in Nordhessen bedeutendsten Baumarten Buche und Fichte nach derzeitigem Kenntnisstand. Anpassungen der Regionalen Klimamodelle bedingen eine laufende Überprüfung der Grenzbereiche für die einzelnen Baumarten. Die Abbildungen zeigen im oberen Teil das Risiko für die jeweiligen Baumarten im Referenzzeitraum 1961-1990 und im unteren links die Veränderung bei Annahme eines Klimas gemäß WettReg A1B feucht und rechts für A1B trocken im Zeitraum 2091-2100.



Trockenstress-potential für Fichte	Flächenanteil [%]		
Legende	DWD Mess	A1B feucht	A1B trocken
kein Risiko	100	99,6	82,5
mittleres Risiko	0	0,4	17,5
hohes Risiko	0	0	0

Abbildung 8: Vergleich des Trockenstressrisikos für Fichte im Zeitraum 1961 - 1990 (oben) und unter zukünftigen Bedingungen (WettReg2006) 2091 - 2100 unter Annahme der Klimaszenarien A1B feucht (links unten) und trocken (rechts unten).

[51] Vgl. Albert, Schmidt 2012; Spellmann et al. 2011.



Trockenstress-potential für Buche	Flächenanteil [%]		
Legende	DWD Mess	A1B feucht	A1B trocken
kein Risiko	100	99,9	93,5
mittleres Risiko	0	0,1	6,5
hohes Risiko	0	0	0

Abbildung 9: Vergleich des Trockenstressrisikos für Buche im Zeitraum 1961 - 1990 (oben) und unter zukünftigen Bedingungen (WettReg2006) 2071 - 2100 unter Annahme der Klimaszenarien A1B feucht (links unten) und trocken (rechts unten)

Die auf möglichen zukünftigen Trockenstress basierenden Risikokarten stellen in Zusammenhang mit Einschätzungen zu biotischen Risiken wie z.B. Borkenkäferbefall bei Fichte,[52] Veränderung im Nährstoffhaushalt[53] und abiotischen Risiken wie Sturmwurf[54] eine Entscheidungshilfe für die Baumartenwahl unter zukünftigen klimatischen Bedingungen dar.

Für Fichte und Buche ergeben sich im Referenzzeitraum auf allen Waldflächen des Untersuchungsgebietes geringe Trockenstressrisiken. Unter Annahme von WettReg A1B feucht zeigen sich geringe Veränderungen: für die Fichte fallen vereinzelt

52 Baier et al. 2007; Overbeck, Schmidt 2012.
53 Albert, Schmidt 2012.
54 Schmidt et al. 2010.

Standorte in die Risikoklasse „mittel“ (Abbildung 8). Bei der Buche (Abbildung 9) besteht auf 99,9% der Waldflächen kein Trockenstressrisiko. Eine stärkere Veränderung ergibt sich bei Annahme von WettReg A1B trocken: für Fichte haben 18% der Standorte ein mittleres Trockenstressrisiko. Für Buche erhöht sich das Trockenstressrisiko auf 7% der Fläche in die mittlere Risikoklasse.

6 Umsetzung der Projektergebnisse

Ein wesentliches Merkmal der Wälder Nordhessens ist ihre große Vielfalt. Aufgrund eines breiten naturräumlichen Spektrums, das wie gezeigt ganz unterschiedliche regionale und kleinräumige Ausprägungen des Klimawandels bedingt und einer wechselvollen Nutzungsgeschichte, hat sich eine Vielzahl von Waldbildern entwickelt, die eine abwechslungsreiche Landschaft prägen. Vor diesem Hintergrund ist es nicht sinnvoll, die Ergebnisse der Klima- und Wasserhaushaltsforschung exemplarisch und damit kleinräumig umzusetzen. Die Ergebnisse wären kaum in andere Gebiete übertragbar. Zudem wird der Erfolg forstlicher Maßnahmen erst in einem Zeithorizont ersichtlich, der den des Projektes weit überschreitet. Aus diesem Grund wurde der Fokus vielmehr auf eine umfassende Information der forstlichen Praxis gelegt, um die vorhandenen Waldbestände zu stabilisieren, die zu erwartenden Risiken zu verteilen und den erst langfristig wirksam werdenden Waldumbau zu unterstützen. Ein wichtiges Anliegen für die Umsetzung der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse war es, möglichst viele Forstpraktiker zu erreichen, mit ihnen in einen Dialog zu treten und die Projektergebnisse in ihre Arbeit einfließen zu lassen. So wurden im Rahmen des Bildungsprogramms von Hessen-Forst drei Seminare durchgeführt. Diese Veranstaltungen dienten vorrangig der Information und Vermittlung von praxistauglichen Anpassungsmaßnahmen und wurden von insgesamt 72 Interessierten aus Hessischen Forstämtern, Mitarbeitern der Landesbetriebsleitung von Hessen-Forst, dem Servicezentrum für Forsteinrichtung und Naturschutz (FENA) und des Regierungspräsidiums Kassel wahrgenommen.

7 Allgemein erreichbare Ergebnisse auf diesem Lösungsweg und in der Umsetzung erreichte Ergebnisse

Es besteht die Absicht, die Projektergebnisse im Rahmen einer Vulnerabilitätsbewertung Nordhessens in den demnächst zu aktualisierenden Regionalplan einfließen zu lassen. Dazu fand am 12. Dezember 2012 ein Runder Tisch zum Thema Vulnerabilität in Land- und Forstwirtschaft Nordhessens in Kassel statt. Außerdem forscht die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt weiter an Anpassungsmöglichkeiten der Forstwirtschaft an den Klimawandel. Beispielhaft für eine

auf kontinuierlichen Gewinn anwendungsrelevanter Ergebnisse im Zeichen der Klimaanpassung angelegte Zusammenarbeit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt mit der forstlichen Praxis sollen an dieser Stelle einige auch in Nordhessen laufende Untersuchungen genannt werden:

- Stammzahlreduktionsversuche in Fichtennaturverjüngungen zur Stabilisierung der Jungwüchse
- Anbauversuche mit Baumarten wie Küstentanne und Weißtanne, von denen eine höhere Angepasstheit an die projizierten Klimaveränderungen erwartet wird
- Versuche mit Wuchshüllen zur sicheren Etablierung besser angepasster Baumarten wie Douglasie und Küstentanne vor allem als Mischbaumart
- Untersuchungen zur betriebssicheren Naturverjüngung der Kiefer als einer gegenüber Klimaänderungen als tolerant eingeschätzten Baumart
- Versuche zur Pflanzung von Douglasien als Containerpflanzen, von denen ein besserer Anwuchserfolg bei Frühjahrstrockenheit und eine rasche gute Wurzelentwicklung erwartet werden
- Untersuchungen zur Wirkung der Kompensationskalkung auf die Durchwurzelung und Tiefenerschließung der Waldböden.

Eine ab dem Jahr 2012 auf der Grundlage vorliegender Untersuchungsergebnisse in die betriebliche Praxis von Hessen-Forst eingeführte Maßnahme ist die Stammzahlreduktion in dichten, wenig differenzierten Fichtennaturverjüngungen zur Stabilisierung der künftigen Bestände, zur Entspannung der Wasserkonkurrenz und der effektiven Erhaltung von Mischbaumartenanteilen.

8 Transfermöglichkeiten in andere Regionen, andere Probleme im Sachbereich und auf andere Sachbereiche – Empfehlungen

Die Forsteinrichtung als mittelfristige Planung im Forstbetrieb besitzt aufgrund der Langfristigkeit und Kontinuität der forstlichen Produktion große Bedeutung für das Management von Forstbetrieben und ihrer Waldbestände. Die Berücksichtigung der Projektergebnisse in der Nutzungs- und Wirtschaftsplanung in Form von Risikokarten[55] bietet die Gewähr der Umsetzung beispielsweise bei der Planung klimaangepasster Waldentwicklungsziele und Baumartenzusammensetzungen oder in der differenzierten Festlegung der Zielstärke in Abhängigkeit der projizierten Risiken von Standort und Bestand.

[55] Hessen-Forst, FENA 2012, 65 ff.

9 Ausblick

Bei der Baumartenwahl sind der Standort, die Ertragsmöglichkeiten der Baumarten, ihre Risiken und die forstbetrieblichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Eine wichtige Grundlage für weiter verbesserte Risikoschätzungen und Prognosen der Leistungsfähigkeit der Baumarten ist eine räumlich hoch aufgelöste quantitative Schätzung der Wasserspeicherkapazität der Waldböden (nFK) auf der Grundlage der forstlichen Standortkartierung.[56] Für die Ableitung entsprechender Regionalisierungsmodelle, die auf der Grundlage der forstlichen Standortkartierung in Hessen eine wesentliche differenziertere Übertragung der in diesem Projekt gewonnenen Punktinformationen auf die gesamte Waldfläche erlauben, als die hier angewendete BÜK 50, besteht weiterer Forschungsbedarf. Hier läge ein Schlüssel für die Entwicklung mehrdimensionaler Ökogramme, die auf den einzelnen Waldstandort bezogene Hinweise zu den Kriterien Standortleistungsfähigkeit und standortsbezogenen Einzelrisiken wie Sturmwurf und Fichtenborkenkäferbefall auf der Grundlage der für die hessischen Waldstandorte verfügbaren Datengrundlagen flächendeckend verlässlich ermöglichen.[57]

Insgesamt stellt die Klimaanpassung unserer Wälder sowohl hinsichtlich des Arbeitsvolumens als auch der Finanzierung eine große Herausforderung dar. Auf der Grundlage der räumlich konkreten Entscheidungshilfen und Risikoabschätzungen bedarf es auf der Ebene des einzelnen Forstbetriebes einer weiteren Operationalisierung und Prioritätensetzung im Kontext der Eigentümerziele und Möglichkeiten. Für den Erfolg der Investitionen in den Waldumbau kommt nicht zuletzt der Lösung regional bestehender Wald-Wild-Konflikte eine zentrale Bedeutung zu.

Literatur

Albert, M.; Schmidt, Mat. (2012): Standort-Leistungs-Modelle für die Entwicklung von waldbaulichen Anpassungsstrategien unter Klimawandel. Arch. Forstw. u. Landsch.ökol., 46, 57-71.

Anders, S.; Beck, W.; Bolte, A.; Hofmann, G.; Jenssen, M.; Krakau, U.; Müller, J. (2002): Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Verlag Dr. Kessel, Oberwinter, 283 S.

[56] Overbeck et al. 2011.
[57] Spellmann et al. 2011.

Asthalter, K. (1980): Ursachen und standörtliches Vorkommen periodischer Trocknisschäden und mögliche Folgerungen für die Baumartenwahl. AFZ, 35. Jahrgang, Heft 19, 510-512.

Baier, P.; Pennerstorfer, J. u. Schopf, A. (2007): PHENIPS – A comprehensive phenology model of Ips typographus (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation, Forest Ecology and Management, Vol. 249 (3), S. 171-186.

Beck, W; Müller, J. (2006): Impact of heat and drought on tree and stand vitality – dendroecological methods and first results from Level II plots in southern Germany. Symposium: Forests in a changing Environment – Results of 20 years ICP Forests Monitoring Göttingen 25.-28.10.2006; Eichhorn, J. Schriften aus der Forstl. Fak. D. Univ. Göttingen u. d. Nordwestd. Forstl. Vers. Anst. Sauerländer Bd. 142.

Bolte, A.; Degen, B. (2010): Anpassung der Wälder an den Klimawandel: Optionen und Grenzen. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 3, 60, 111-118.

Dammann, I.; Paar, U.; Wendland, J.; Weymar, J.; Eichhorn, J. (2012): Waldzustandsbericht 2012 für Hessen. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), 35 S.

Evers, J.; Paar, U. (2012): Bodenzustandserhebung (BZE I und BZE II) – Wie hat sich der Bodenzustand in Hessens Waldböden verändert? In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.): Waldzustandsbericht 2012 für Hessen, 31-35.

Feemers, M.; Blaschke, M.; Skatulla, U.; Guldner, H.-J. (2003): Klimaveränderungen und Biotische Schäden im Wald. LWF aktuell, Nr. 37/2003.

Fiebiger, C.; Hentschel, S.; Scheler, B.; Meesenburg, H.; Sutmöller, J.; Eichhorn, J. (2013): Auswirkungen waldbaulicher Behandlungsvarianten auf den Wasserhaushalt. Modellgestützte Analyse am Beispiel eines Einzugsgebietes in Nordhessen. Freiburger Forstliche Forschung, eingereicht.

Gauer, J.; Aldinger, E. (Hrsg.) (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands: Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke mit Karte 1:1000 000. Mitteilungen d. Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 43, 324 S.

Gebhardt, T.; Grams, T.; Häberle, K.-H.; Matyss, R.; Schulz, C.; Grimmeisen, W; Ammer, C. (2012): Helfen Durchforstungen bei Trockenheit. LWF aktuell 87, 8-10.

Granier, A.; Bréda, N.; Biron, P.; Villette, S. (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. Ecol. Modelling 116, 269-283.

Hessisches Statistisches Landesamt (2012): Hessische Kreiszahlen: Ausgewählte neue Daten für Landkreise und kreisfreie Städte. Band 2, 2012. Wiesbaden. S. 33.

Hansen, J. (2006): Der WaldPlaner – Ein System zur Entscheidungsunterstützung in einer nachhaltigen Forstwirtschaft. In: Degenhardt, A. u. Wunn, U.: Beiträge von der 18. Jahrestagung der Sektion Biometrie und Informatik des DVFFA in Trippstadt. Die Grüne Reihe, 112-119.

Hessen-Forst (2008): Hessische Waldbaufibel. Grundsätze und Leitlinien zur naturnahen Wirtschaftsweise im hessischen Staatswald. Kassel. 98 S.

Hessen-Forst, FENA (2012): Facetten des Waldes. Der hessische Wald in Zahlen, Grafiken und Text. FENA- Skripte, Band 2.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HNULV) (2012 a): RiBeS 2012: Richtlinie für die Bewirtschaftung des hessischen Staatswaldes., 28 S.

IPCC (2000): Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Jacob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P.; Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 204 41 138. UBA-FBNr: 000969, Umweltbundesamt, FKZ / Projektnr: 204 41 138, Climate Change Nr. 11/2008.

Jasper, K.; Calanca, P.; Gyalistras, D.; Fuhrer, F. (2004): Differential impacts of climate change on the hydrology of two alpine river basins. Climate Research 25, 113-129.

Knoke, T.; Stimm, B.; Ammer, C.; Moog, M. (2005): Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution on an ecological concept. For Eco Mngt 213: 102-116.

Kohler, M.; Sohn, J.; Nägele, G.; Bauhus, J. (2010): Can drought tolerance of Norway Spruce (Picea abies (L.) Karts.) be increased through thinning?. Eur. J. Forest Res., 129, 1109-1118.

Lasch, P.; Budeck, F.-W. ; Linder, M.; Suckkow, F. (2002): Sensitivity of Simulated Forest Growth to Changes in Climate and Atmospheric CO2. FwCbl, 121, Supplement 1, 155 - 171.

Lüpke v., B. (1995): Waldbau unter ökonomischen Zwängen? Festvortrag anlässlich des Forstökonomischen Kolloquiums „Forstwirtschaft im Umbruch" am 12.5.1995 in Göttingen.

Lüpke v., B. (2004): Risikominderung durch Mischwälder und naturnaher Waldbau: ein Spannungfeld. Forstarchiv, 75. Jg., 43-50.

Menzel, A.; Fabian, P. (1999): Growing season extended in Europe. Nature 397, 659.

Menzel, A.; Jakobi, G.; Ahas, R.; Scheifinger, H.; Estrella, N. (2003): Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. Int J Climatology 23, 793-812.

Mitscherlich, G. (1981): Wald, Wachstum und Umwelt, 2. Bd. Waldklima und Wasserhaushalt, J. D. Sauerländer`s Verlag, Frankfurt a. M., 402 S.

Monteith, J. L. (1965): Evaporation and environment. Symp. Soc. Exp. Biol. 19: S. 205-224.

Mößmer, E.-M. (2010): Waldschädlinge im Klimawandel. Unser Wald, Heft 2/2010

Müller, J. (2003): Die Verdunstung der Bodenvegetation am Beispiel verbreiteter Vegetationsformen der Kiefer des nordostdeutschen Tieflands. Hörmann, G.; Scherzer, J.; Suckow, F.; Müller, J.; Wegehenkel, M.; Lukes, M.; Hammel, K.; Knieß, A.; Meesenburg, H.: Wasserhaushalt von Waldökosystemen: Methodenleitfaden zur Bestimmung der Wasserhaushaltskomponenten auf Level II-Flächen. Bundesmin. für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) (Hrsg.), 23-27.

Nagel, R.-V.; Spellmann, H. (2008): Wachstum, Behandlung und Ertrag von Reinbeständen der Rotbuche (Fagus sylvatica L.) in Nordwestdeutschland. In: Nordwestdt. Forstl. Versuchsanstalt (Hrsg.) 2008: Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der Nordwestdt. Forstl. Versuchsanstalt, Band 3, 221-265.

Nash, J. E.; Sutcliffe, J. V. (1970): River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles, Journal of Hydrology, 10 (3), 282-290.

Otto, H. J. (1993): Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung. Forst u. Holz, 48. Jg., 454-456.

Otto, H. J. (1994): Waldökologie. Ulmer Vlg., Stuttgart, 391 S.

Overbeck, M.; Schmidt, M.; Fischer, C.; Evers, J.; Schulze, A.; Hövelmann, T.; Spellmann, H. (2011): Ein statistisches Modell zur Regionalisierung der nutzba-

ren Feldkapazität von Waldstandorten in Niedersachsen. Forstarchiv, 82. Jg., 92-100.

Overbeck, M.; Schmidt, Mat. (2012): Modelling infestation risk of Norway spruce by Ips typographus (L.) in the Lower Saxon Harz Mountains (Germany). For. Ecol. Manage., Vol. 266, 115-125.

Penman, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bar soils and grass. Proc. Royal Meteorologic Society, London, 193 (A), 120-145.

Plasil, P.; Habermann, M. (2012): Beurteilung verschiedener Waldschutzrisiken in Sachsen-Anhalt. AFZ/Der Wald, 67. Jg., 22, 26-29.

Renger, M.; Bohne, M.; Facklam, M.; Harrach, T.; Riek, W.; Schäfer, W.; Wessolek, G.; Zacharias, S. (2009): Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges" zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. – In: Wessolek, G.; Kaupenjohann, M.; Renger, M. (Hrsg.) (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Bodenökologie und Bodengenese 40, 5-51, (Selbstverlag) TU Berlin.

Richter, J. (1995): Der Übergang zur Zielstärkennutzung in gleichaltrigen Fichtenbeständen. Forst u. Holz, 50. Jg., 13, 414-415.

Rockel, B.; Will, A.; Hense, A. (2008): The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM). In: Special Issue on Regional Climate Modelling With COSMO-CLM (CCLM). MetZ, Vol. 17, Number 4, August 2008, 347-348.

Roeckner, E.; Arpe, K.; Bengtsson, L.; Christoph, M.; Claussen, M.; Dümenil, L.; Esch, M.; Giorgetta, M.; Schlese, U.; Schulzweida, U. (1996): The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present day climate. Max-Planck-Institut für Meteorologie Rep. 218.

Rumpf, H.; Ditges, J. (2008): Jugendwachstum von Fichtennaturverjüngung in Abhängigkeit von Überschirmungsdichte und Pflegestrategie. Forst u. Holz, 63. Jg., 12/08, 20-25.

Sanchez, G.; Garcia, P. (2006): Effects of cyclical drought periods in defoliation and damaging agent´s incidence in forest vegetation in Spain according to ICP Forests data: some results. Symposium: Forests in a changing Environment – Results of 20 years ICP Forests Monitoring Göttingen 25.-28.10.2006; Eichhorn, J. Schriften aus der Forstl. Fak. D. Univ. Göttingen u. d. Nordwestd. Forstl. Vers. Anst. Sauerländer Bd. 142.

Schmidt, Mat.; Hanewinkel, M.; Kändler, G.; Kublin, E.; Kohnle, U. (2010): An inventory-based approach for modeling single-tree storm damage - experiences

with the winter storm of 1999 in southwestern Germany. Can. J. For Res., Vol. 40, 8, 1636-1652 (doi:10.1139/X10-099).

Schober, R. (1988): Von Zukunfts- und Elitebäumen. AFJZ, 159.Jg., 11/12, 239-248

Schulla, J. (2012): Model Description WaSiM. Technical report, pp. 300 [PDF]. http://www.wasim.ch/products/wasim_description.htm.

Speidel, G. (1991): Planung im Forstbetrieb. Hamburg u. Berlin, 267 S.

Spekat, A.; Enke, W.; Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG 2005 auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM;5/MPI – OM T63L31 2010bis 2100 für die SRES Szenarien B1, A1B und A2. FuE Vorhaben Förderkennz. 204 41 138. Mitt. D. Umweltbundesamtes, 149 S.

Spellmann, H. (1994): Ertragskundliche Aspekte des Fremdländeranbaus. AFJZ, 165. Jg., 27-34.

Spellmann, H. (2001): Bewirtschaftung der Eiche auf der Grundlage waldwachstumskundlicher Untersuchungen in Nordwestdeutschland. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, Bd. 35, 145-152.

Spellmann, H. u. Schmidt, M. (2003): Massen-, Sorten- und Wertertrag der Fichte in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung. Forst u. Holz, 58. Jg., 412-419.

Spellmann, H. (2004): Ursachen-Wirkungs-Beziehungen am Beispiel der Douglasie, waldwachstumskundliche Entscheidungshilfen für Waldbewirtschaftung und Forstplanung. AFJZ, 175. Jg., 142-150.

Spellmann, H.; Sutmöller, J.; Meesenburg, H. (2007): Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels: Vorläufige Empfehlungen der NW-FVA am Beispiel des Fichtenanbaus. AFZ-DerWald 23/2007, 1246-1249.

Spellmann, H. (2010): Nachhaltige Waldbewirtschaftung auf ökologischen Grundlagen. In: Depenhauer, O.; Möhring, B. (Hrsg.): Waldeigentum. Bibliothek des Eigentums, Band 8. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 99-116.

Spellmann, H.; Albert, M.; Schmidt, M.; Sutmöller, J.; Overbeck, M. (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. AFZ/Der Wald, 66 Jg., 11, 19-23.

Sutmöller, J.; Hentschel, S.; Hansen, J.; Meesenburg, H. (2011): Coupled forest growth-hydrology modelling as an instrument for the assessment of effects of forest management on hydrology in forested catchments. Adv. Geosci. 27, 149-154.

Van Genuchten, M.T. (1976): A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Siences Society of American Journal, Vol. 44(5), 892-898.

Walther, G. R.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T. J. C.; Fromentin, J. M.; Hoegh-Guldberg, O.; Bairlein, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. Nature 416, 389-395.

KLIMAANPASSUNG UND TOURISMUS – (K)EIN THEMA FÜR NORDHESSEN?

Ulf Hahne, Christine Kahl, Christina Grebe, Simone von Kampen, Ute Schulte

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG ... 239
2 STRUKTUR DES TOURISMUS IN NORDHESSEN UND BETROFFENHEIT DURCH DEN KLIMAWANDEL ... 239
3 OPTIONEN ZUR ANPASSUNG AN VERÄNDERTE RAHMENBEDINGUNGEN ... 246
4 STRATEGISCHE PERSPEKTIVEN ... 253
5 UMSETZUNG IN DIE PRAXIS ... 258
6 KLIMAANPASSUNGS-GOVERNANCE IM HANDLUNGSFELD TOURISMUS ... 260
LITERATUR ... 262

1 Einleitung

Dass der Klimawandel eine Herausforderung für den globalen Tourismus darstellt und der Tourismus sowohl einer der Verursacher als auch Leidtragender der Entwicklung ist, wird in der wissenschaftlichen Diskussion nicht mehr in Frage gestellt.[1] Welche Auswirkungen sind jedoch ganz konkret in einer deutschen Mittelgebirgsregion zu erwarten? Welche Reaktionsmöglichkeiten sind für die Akteure empfehlenswert, um den Tourismus in der Region zukunftsfähig zu gestalten? Der folgende Beitrag befasst sich mit der Betroffenheit und den Möglichkeiten des strategischen Umgangs einer Tourismusdestination mit den Auswirkungen von Klimaveränderungen.

2 Struktur des Tourismus in Nordhessen und Betroffenheit durch den Klimawandel

Um Anpassungsempfehlungen zu entwickeln, ist zu klären, in welcher spezifischen Weise der Tourismus in Nordhessen durch klimatische Veränderungen betroffen ist. Die durchgeführte Vulnerabilitätsanalyse interpretiert die Klimaszenarien gezielt hinsichtlich des regionalen Tourismus.[2]

Nordhessen ist mit einer Fläche von 6.900 km² eine große touristische Einheit. Das touristische Angebot besteht aus typischen Elementen für eine Mittelgebirgsregion

[1] Vgl. u.a. Becken, Hay 2007; UBA 2005.
[2] S. Kap. II: Matovelle, Simon; s. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

mit deutlichem Schwerpunkt im Bereich des naturbezogenen Aktivtourismus. Die Kombination aus den Qualitäten des ländlichen Raums und der Großstadt Kassel ergibt ein vielseitiges touristisches Angebot, über welches verschiedene Zielgruppen angesprochen werden können. Die zentrale Lage in Deutschland ermöglicht kurze Reisewege, was die Region für geschäftliche und private Treffen attraktiv macht. Tourismus in Nordhessen ist insgesamt sehr heterogen strukturiert. Eine Befragung im Rahmen des Projektes ergab, dass die Hälfte der Kommunen in Nordhessen die Tourismusbranche als wichtigen Bereich der eigenen Kommune beurteilt.[3] Dies verdeutlicht, dass Tourismus nicht flächendeckend als wichtiger Treiber der wirtschaftlichen Entwicklung angesehen wird. Der Blick auf die statistisch erfassten Übernachtungszahlen bestätigt diesen Eindruck, da 73% der Übernachtungen in nur 12 Kommunen (entspricht 10%) mit jährlich über 100.000 Übernachtungen generiert werden. Drei Kommunen heben sich durch jährliche Übernachtungszahlen von über 700.000 nochmals deutlich ab: Bad Wildungen, Willingen und Kassel. Die Anrainerkommunen des Nationalpark Kellerwald-Edersee können als weiterer touristischer Schwerpunktbereich genannt werden. Insgesamt entfallen auf den Landkreis Waldeck-Frankenberg 45% der in Nordhessen statistisch erfassten Übernachtungen.[4] Die statistischen Analysen ergaben zudem, dass der Tourismus in Nordhessen aktuell nur durch eine leichte Saisonalität geprägt ist und die Übernachtungszahlen bereits heute vom Frühling bis in den Herbst hinein stabil bleiben.[5] Der Inlandsmarkt ist mit einem Anteil von rund 90% der wichtigste Quellmarkt für Nordhessen.[6] Besucher aus den Niederlanden stellen den größten Anteil der Übernachtungsgäste aus dem Ausland.[7]

In den ländlich geprägten Landkreisen Kassel, Waldeck-Frankenberg, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg und Schwalm-Eder ist die Qualität der Landschaft ein wesentliches Angebotselement. Wander- und Radtourismus entsprechend der deutschlandweit geltenden Qualitätsstandards sind Kernstücke des Angebots. Die Fachwerkarchitektur der kleinen und mittelgroßen Städte wird zusammen mit der regionalen Kultur als Besonderheit hervorgehoben.[8] Wintersport ist in Nordhessen in mehreren Bereichen sogar alpin (Liftbetriebe) möglich. Der touristische Schwerpunkt des Wintersports liegt deutlich auf der Gemeinde Willingen. Es lässt sich jedoch auch hier keine Monostruktur ausweisen, da die Gemeinde seit Jahren ein Portfolio des Ganzjahrestourismus entwickelt, wie unten näher dargestellt wird Im Übernachtungstourismus nimmt der Bereich Kur und Gesundheit eine

3 Vgl. Hahne et al. 2013.
4 Datenbasis für die Berechnung: HSL 2012.
5 Vgl. Hahne et al. 2012: 28.
6 Vgl. HSL 2012.
7 Vgl. HSL 2010.
8 Vgl. GHNH 2012.

historisch gewachsene, hohe Bedeutung für die Region ein. Insbesondere die Stadt Bad Wildungen verzeichnet eine hohe jährliche Anzahl von Übernachtungen von Kurgästen. Die Kurorte befinden sich jedoch, unter anderem als Folge von Reformen des Gesundheitswesens, im starken wirtschaftlichen Wettbewerb um Reisende mit Bereitschaft zur Finanzierung von Angeboten der Gesundheitsförderung und Prävention.[9] Die Stadt Kassel bietet als Großstadt und Oberzentrum der Region ein breites Freizeit-, Kultur- und Einkaufsangebot. Da die Stadt sowohl an das Autobahnnetz als auch an die ICE-Strecken des Bahnnetzes angebunden ist, bestehen positive Rahmenbedingungen für die Ausrichtung von geschäftlichen Treffen, Tagungen und Kongressen.

Die gemeinsame touristische Vermarktung der Region wird seit 2009 über die Dachmarke *GrimmHeimat NordHessen* gesteuert. Die Verbindung der Brüder Grimm mit der Region wird genutzt, um die Qualitäten der Mittelgebirgsregion im Wettbewerb der Destinationen zu vermitteln und ein Alleinstellungsmerkmal zu generieren. Die Herausforderung besteht darin, dass auf Einzelorte bezogene Marketing zu überwinden und die verbindenden Themen (*Natur & Aktiv*, *Gesundheit*, *Kultur*) zu betonen. Die strategische Ausrichtung der Destination wurde im Sommer 2012 für die nächsten zehn Jahre formuliert. Diese sieht unter anderem vor, über die gemeinsamen Themen stärker als bisher Zielgruppen abzugrenzen und dafür spezifische Marketingmaßnahmen zu entwickeln. Eine gemeinsame Vermarktung der fünf nordhessischen Landkreise und der Stadt Kassel leitet sich aus den Prozessen zur Neukonzeption des Tourismus in Hessen seit dem Jahr 2001 ab. Die Bildung touristischer Destinationen löst die Orientierung der touristischen Arbeit an Verwaltungsgrenzen ab.[10] Durch die Neustrukturierung gemäß dem 3-Ebenen-Modell[11] mussten neue Formen der Zusammenarbeit und Vernetzung etabliert werden. Das theoretische Konzept trifft im Jahr 2012 überwiegend auf Zustimmung bei den beteiligten Akteuren. Die bereits entstandene Vernetzung innerhalb der Region wird positiv bewertet, da der Gedanke der Konkurrenz zunehmend durch partnerschaftliche Zusammenarbeit abgelöst wird. Mehrheitlich wird jedoch der gestiegene Arbeitsaufwand und Abstimmungsbedarf sowie eine als uneinheitlich bewertete Umsetzung des theoretischen Modells in die Praxis kritisiert. Diese komme insbesondere bei der Bildung von Touristischen Arbeitsgemeinschaften (TAG) (Zusammenschlüsse von Kommunen) mit Strukturvielfalt hinsichtlich Größe des Vertretungsgebietes und Aufgabenverständnisses

[9] Vgl. Hahne et al. 2012: 35 f.

[10] Vgl. Schäfer 2002; HMWVL 2007.

[11] Im touristischen Drei-Ebenen-Modell arbeitet die Landesebene, Regions-/Destinationsebene sowie TAG-/Ortsebene mit funktionalen Partnern und Leistungsanbietern zusammen. Nähere Informationen zum Modell s. u.a. HA 2008: 5.

zum Ausdruck.[12] Die Neuausrichtung der Destination kann als Hemmnis bei der Umsetzung von neuen inhaltlichen Aspekten interpretiert werden.

Die Heterogenität, die den Tourismus in Nordhessen prägt, erschwert die Beurteilung der Betroffenheit durch Folgen von klimatischen Veränderungen. Insgesamt betrachtet, besteht keine wirtschaftliche Monostruktur mit starker Abhängigkeit vom Tourismus und auch keine einseitige Ausrichtung auf bestimmte Tourismusformen. Die Region bietet ein vielseitiges Angebot in verschiedenen Marktsegmenten und reduziert somit ihre Abhängigkeit von ganz bestimmten Klima- und Witterungsbedingungen.

Da eine gesamthafte Beurteilung zu kurz greift, wurde die Wetter- und Klimaabhängigkeit der vertretenen Tourismusthemen einzeln beurteilt.[13] Das Ergebnis ist in Abbildung 1 dargestellt. Anfällig gegenüber Folgen der Klimaveränderung wird die Region insbesondere dadurch, dass die touristische Attraktivität in großen Teilen auf der Qualität der natürlichen Angebotsfaktoren basiert. Aus diesem Grund wurden die Spezifika der Landschaft und deren Betroffenheit durch klimatische Veränderungen gezielt untersucht.



Abbildung 1: Spezifische Sensitivität touristischer Marktsegmente[14]

Die landschaftlichen Oberthemen für den Tourismus in Nordhessen sind auf vier Schwerpunkte verteilt: Die *Waldlandschaften* bilden mit ihrem hohen Anteil an naturnahen Laubwäldern eine wesentliche touristische Attraktion der Region. Der Aufenthalt in großen zusammenhängenden und abwechslungsreichen Waldgebieten macht den Wald als geschlossenes Ökosystem erlebbar, was in Deutschland nur noch selten möglich ist. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die durch einen kleinteiligen Nutzungswechsel und damit eine hohe Struktur- und Elementvielfalt charakterisierten *halboffenen* (von Wald durchzogenen) *und offenen Landschaften*. Auch diese Landschaftsform ist heute in Deutschland nicht mehr häufig anzutref-

12 Vgl. GHNH 2012.
13 S. hierzu Hahne et al. 2012: 141 ff.
14 Quelle: Hahne et al. 2012: 147.

fen. Sie entspricht in idealer Weise den Grundsätzen einer sehr attraktiven Erholungslandschaft.[15] *Historische Kulturlandschaften* stellen einen weiteren landschaftlichen Fokus der Destination dar. Es gibt eine große Anzahl und Vielfalt an landschaftlich wirksamen Relikten, welche ehemalige und traditionelle Landnutzungsformen sowie erdgeschichtliche Prozesse verdeutlichen und so die Entwicklung einer Landschaft erlebbar machen. Zudem wartet die Region mit einem breiten Spektrum an *wassergeprägten Landschaftsteilen* auf: von kleinen Mittelgebirgsbächen bis zu den großen Stromtälern von Fulda und Werra und den großen Talsperren finden sich für Touristen attraktive Wasserlandschaften.[16]

Auf Basis der herausgearbeiteten sensiblen Bereiche konnten die Klimaszenarien gezielt interpretiert werden.[17] Ein wesentlicher Parameter bei dieser Interpretation sind die zugrunde gelegten Planungszeiträume. Die zeitlichen Perspektiven der Klimaforschung unterscheiden sich deutlich von den für die Tourismuspraxis relevanten Zeitintervallen. Eine im Rahmen des Projektes vorgenommene Befragung aller nordhessischen Kommunen zeigte, dass mehr als drei Viertel der Kommunen die Tourismusentwicklung in einem Zeithorizont von maximal 10 Jahren planen. Im privatwirtschaftlichen Bereich ergaben die Erhebungen ein vergleichbares Bild. Planungszeiträume von mehr als 15 Jahren sind selten. Dies steht in Kontrast zu den zeitlichen Intervallen der Klimaszenarien.[18] Die Einschätzung der Betroffenheit fokussiert demnach vor allem Veränderungen, die bis zum Jahr 2030 relevant sind. Dies sind die erwartete Zunahme von Extremwetterereignissen und Klimavariabilität. Mit Wetterextremen sind Gefahren für die Reisenden, touristische Infrastruktur und natürliche Angebotsfaktoren verbunden. Die steigende Klimavariabilität verschärft eine bereits heute bestehende Planungsunsicherheit, indem die Bandbreite der in den Kalendermonaten möglichen Temperaturen und Witterungen zunimmt. Da bei Veränderungen der Landschaft längere zeitliche Perspektiven zu Grunde gelegt werden müssen, sind im zweiten Schritt auch die Klimaszenarien für die Zeit ab 2030 für diese Analyse relevant. Für die touristische Planung ab 2030 ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die Klimaszenarien trotz eines eindeutigen Trends zur Erwärmung nicht darauf hinweisen, dass in Nordhessen zukünftig Sommermonate zu erwarten sind, die mit den Anrainerstaaten des Mittelmeers zu vergleichen sind (Stichwort *Sonnengarantie*). Eine Saisonverlängerung in die Frühlings- und Herbstmonate ist ebenfalls nur bedingt auszuweisen. Es ist möglich, dass warme Tage im März oder November auftreten, die optimale Bedingungen für naturbezogenen Tourismus bieten. Diese Monate können aber

15 Vgl. Hahne et al. 2012: 52 ff.
16 Herleitung der Schwerpunkte in Hahne et al. 2012: Kap. 3, insbesondere: 112.
17 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
18 Vgl. Hahne et al. 2013.

genauso überdurchschnittliche Niederschläge aufweisen und durch niedrige Temperaturen geprägt sein. Langfristig ist allerdings mit einem Rückgang beziehungsweise Verlust der Wintersportmöglichkeiten in den heute dafür noch geeigneten Gebieten zu rechnen.

Der Klimawandel (direkte Auswirkungen inklusive der empfohlenen Anpassungsmaßnahmen in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft) lässt für die touristisch bedeutsamen Landschaftselemente einige Veränderungen für das langfristige Landschaftserscheinen erwarten.[19] So kann die Förderung des naturnahen Waldbaus mit einer Steigerung des Anteils von Misch- und Laubwald, der Diversifizierung der Anbauarten, der Entwicklung verschiedener Altersstrukturen und weiteren Maßnahmen den Strukturreichtum, die Vielfalt und damit die Attraktivität der Wälder deutlich steigern. Ähnliches gilt für die kleinteilig strukturierten Offenlandbereiche, bei denen Anpassungsmaßnahmen zu einem Erhalt und einer Steigerung von Vielfalt und Naturnähe (z.B. durch Diversifizierung der Anbauarten) beitragen können. Die Wasserlandschaften können im Zuge von Anpassungsmaßnahmen wie einer naturnäheren Gestaltung und der Ausweitung von Auenlebensräumen als natürliche Anschlussökosysteme an die Fließgewässer (je nach Möglichkeit) eine deutliche Aufwertung erfahren.

Eher negative Folgen für das Landschaftsbild können sich durch Extremwettersituationen und deren Folgen (z.B. Windwurfschäden, großflächiger Krankheits- und Schädlingsbefall) ergeben. Im Wald können sie (im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen saisonal neu bestückten Ackerflächen) zu längerfristigen Veränderungen mit Kahlschlag und/oder Neuaufforstung führen, wie das schon nach dem Orkan Kyrill im Jahr 2007 der Fall war. Allerdings werden langfristig hier auch Anpassungsmaßnahmen der Forstwirtschaft greifen und das Walderleben kann durch Wegeverlagerungen gesteuert werden. Je nach Ausmaß und Häufigkeit können Niedrigwasserstände in den Seen, Talsperren und Fließgewässern das Landschaftserleben erheblich beeinträchtigen. Die weitere Entwicklung ist bei den Talsperren und den nachfolgenden Gewässerabschnitten auch von der Koordinierung der verschiedenen Interessen (Wasserwirtschaft, Naturschutz, Tourismus) abhängig, was insbesondere den Edersee betrifft.[20] Schwerwiegendere langfristige Beeinträchtigungen können sich bei den kleinteilig strukturierten und den kulturhistorischen Landschaften durch einen dauerhaften Nutzungswechsel und den Verlust von traditionell angebauten Arten sowie durch den gegenteiligen Effekt der Intensivierung der Landwirtschaft auf Flächen mit künftig besseren Standort-

[19] Für folgenden Abschnitt zu den landschaftlichen Veränderungen: Hahne et al. 2012: 158 ff.; Hahne et al. 2013.

[20] Vgl. HNA 2012.

eigenschaften ergeben. Aufgrund der in den Mittelgebirgsbereichen lokal schnell wechselnden Standortgegebenheiten ist aber davon auszugehen, dass sich die genannten Anpassungsmaßnahmen in einem Landschaftsausschnitt eher vereinzelt und sehr unterschiedlich darstellen werden.

Die Ausführungen verdeutlichen, dass die physischen Auswirkungen des Klimawandels in der Region Nordhessen für den Tourismus sowohl Chancen als auch Risiken beinhalten. Die grundsätzlichen touristischen Rahmenbedingungen werden mittelfristig wenig verändert. Die Auswirkungen verstärken vor allem die bereits bekannten Problembereiche: Planungsunsicherheit und Wetterabhängigkeit des Angebots. Ein häufigeres Auftreten von Extremwetterereignissen, die weder räumlich noch in Art und Ausmaß heute schon genauer benannt werden können, betrifft einzelne touristische Angebote. Geplante Aktivitäten wie Wanderungen in einem bevorzugten Gebiet oder Kanutouren auf den kleineren Fließgewässern können kurzfristig undurchführbar werden und die Aufenthaltsqualität mindern. Da das Auftreten von Hitzetagen und Tropennächten zunehmen wird, können vor allem gesundheitlich anfällige Gäste wie ältere und kranke Personen, aber auch Kinder Beeinträchtigungen ausgesetzt sein. Dies gilt sowohl in Bezug auf Aktivitäten im Freien als auch auf die Isolierung und Kühlung der Unterkünfte. Ein häufigeres Auftreten von Hitzetagen beeinflusst eventuell auch die Voraussetzungen für die Prädikatisierung als Kurort negativ. Hinzu kommt, dass zum Beispiel Mücken und Zecken als Krankheitserreger in ihrem Bestand beziehungsweise in ihrer Infektiösität zunehmen können. Es ist insgesamt davon auszugehen, dass es zukünftig häufiger zu Nutzungseinschränkungen touristischer Infrastrukturen oder Einschränkungen hinsichtlich der Aktivitätsmöglichkeiten während eines Aufenthaltes in der Region kommen wird als dies bisher der Fall war. Alle diese Entwicklungen erhöhen die Planungsunsicherheit für die touristischen Leistungsträger und Veranstalter: kurzfristigere Gästeplanungen auch aufgrund der jeweiligen Witterungen, wetterbedingt ausfallende Veranstaltungen und eine steigende Nachfrage nach kurzfristigen Ausweichangeboten und flexiblen Öffnungs-/Angebotszeiten machen es zunehmend schwieriger, die Saison verlässlich planen zu können und attraktive, fest terminierte Angebote aufrecht zu erhalten.

Stärker als durch den Klimawandel selbst wird der Tourismus in Nordhessen durch die gesellschaftlichen Reaktionen auf den Klimawandel beeinflusst.[21] Bezogen auf die touristische Angebotsgestaltung und Vermarktung ist eine Veränderung des Konsumverhaltens durch ein erhöhtes Bewusstsein der Bevölkerung für die Themen Umwelt- und Klimaschutz herauszustellen. Zudem hat die Energiewende bereits heute erkennbar weitreichende Folgen für die Landschaften in Mit-

[21] S. hierzu u.a. FUR 2009: 23.

teleuropa. Im Zuge der weiteren Ausbauziele und dem technischen Fortschritt in den verschiedenen Sektoren der erneuerbaren Energien wird sich die *technische Überprägung der Landschaft* noch erheblich steigern.[22] Für das Landschaftsbild sind dabei insbesondere die Windkraftanlagen und Solarparks, die Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe und die zukünftig zur Stromweiterleitung erforderlichen neuen Hochspannungsleitungen mit ihrer jeweils großräumigen Wirkung bedeutsam.[23] Auch die derzeitigen Entwicklungen in der Land- und Forstwirtschaft deuten auf eine weitere Zuspitzung der ökonomischen Zwänge hin, so dass von einer weiteren Intensivierung der Nutzungen mit deutlich negativen Folgen für das Landschaftserleben auszugehen ist.[24] Diese Entwicklungen werden auch die nordhessischen Tourismusgebiete betreffen. So steht beispielsweise zur Diskussion, auch Waldflächen oder Kuppenlagen vermehrt als Standorte für Windkraftanlagen zu nutzen und regionalplanerisch auszuweisen. Schwimmende Solarparks auf Binnengewässern sind eine weitere Option.[25] Schon diese wenigen Beispiele zeigen, dass in Zukunft technikfreie Landschaften mit der Möglichkeit für ein lärm- und bewegungsarmes Landschaftserleben stark abnehmen werden und dass verbleibende Inseln in der Landschaft als visuelle und akustische Ruheräume an Bedeutung gewinnen werden. Die reich strukturierten, vielfältigen und kleinteiligen Wälder und Offenlandschaften Nordhessens, die keiner (übermäßigen) technischen Überprägung ausgesetzt werden, können für den Tourismus als Orte des Erlebens von Ruhe, Naturnähe, Intaktheit und gewachsener Vielfalt in Zukunft eine herausragende Stellung einnehmen.

3 Optionen zur Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen

Auf Basis der Betroffenheitsanalyse ist zu hinterfragen, welche Reaktionen von der den Tourismusmarkt bestimmenden Nachfrageseite zu erwarten sind und welche Möglichkeiten zur Anpassung der Angebote (im Kontext mit allgemeinen Nachfragetrends) bestehen. Im Gegensatz zu den Touristen können Kommunen und touristische Unternehmen in den Zielgebieten weitaus weniger flexibel auf Veränderungen reagieren. Dies wird auch im Zusammenhang mit der Vulnerabilität gegenüber klimatischen Veränderungen als problematisch eingestuft.[26]

Urlaubsreisetrends, die in den nächsten Jahren für den Tourismus in Nordhessen relevant sind, werden bestimmt durch Veränderungen der Nachfragestruktur und des Reiseverhaltens. Eine Veränderung der sozio-demographischen Strukturen

22 Vgl. Herden et al. 2012: 531.
23 Vgl. Reichmuth 2010: 52.
24 S. u.a. Osterburg 2010; Pascher 2012; Behrendt 2010.
25 Vgl. Reichmuth 2010: 55 f.
26 Vgl. UNWTO, UNEP 2008: 81.

führt zu mehr Reisenden höheren Alters sowie Reisenden mit höheren Bildungsabschlüssen und einer geringeren Reisebeteiligung von Personen mit niedrigen Einkommen. Die veränderten Nutzerstrukturen verursachen einen Wandel bei den Anforderungen an die Angebote. Es zeigt sich eine zunehmende Differenzierung in den touristischen Segmenten. Hierbei gilt jedoch, dass das Neue die bestehenden Angebote nicht völlig ablöst, sondern ergänzend wirkt und Marktchancen neu verteilt.[27] Folglich erweitern die Aspekte Klimaschutz und Energieeffizienz die Möglichkeiten zur Angebotsdifferenzierung. Ferner nehmen Reisekompetenz und Wahlmöglichkeiten zu (Multi-Optionalität). Da Reiseangebote immer austauschbarer werden, müssen sich neue Angebote abheben und die potenziellen Kunden emotional ansprechen, um in ihre Konsumentscheidungen einbezogen zu werden. Die Erlebnisorientierung ist hierbei ein entscheidender Trend.[28] Touristische Unternehmen stehen auch vor der Herausforderung, auf die weiterschreitende Reduzierung der Urlaubsdauer (1980: 18,2 / 2011: 12,4 / 2020: ca. 10 Tage) flexibel zu reagieren.[29]

Eine hohe Bereitschaft zur Berücksichtigung von Aspekten des Klimaschutzes bei Reiseentscheidungen wird von zahlreichen Studien belegt.[30] Gleichzeitig wird auf die Diskrepanz zwischen Handlungsabsichten und tatsächlich gezeigten Handlungen verwiesen. Es kann aufgrund der Datenlage die Annahme formuliert werden, dass die Bereitschaft zu einem klimabewussten Verhalten höher ist, wenn sich dieses Verhalten mit den eigenen Reisepräferenzen deckt (zum Beispiel Verzicht auf Flugreisen).[31] Ein zunehmendes Umwelt- und Klimabewusstsein im Alltag hat unter anderem zur Folge, dass touristische Nachhaltigkeit aktuell immer stärker zu einem zukunftsweisenden, zielgruppen- und themenübergreifenden Trend wird.[32] Die Umsetzung in Produktgestaltung und Vermarktung wird aus unterschiedlichen Blickwinkeln diskutiert. Ansätzen zur direkten Ansprache von affinen Zielgruppen über klimafreundliche Reiseangebote steht die Argumentation gegenüber,[33] Klimaverträglichkeit nicht als Leitmotiv eines Aufenthalts zu bewerben, sondern Reisende weiterhin über attraktive Themen und entsprechend ihrer Reisemotive anzusprechen.[34] Die Empfehlungen der zweiten Position konzentrieren sich mehr darauf, die Klimawirkung einzelner Angebotsbestandteile zu

27 Vgl. FUR 2009: 179.
28 Vgl. FUR 2009: 180.
29 Vgl. Stiftung für Zukunftsfragen 2012.
30 S. u.a. GfK 2007; FUR 2007; WWF, FUR 2009; Kuckartz 2010.
31 S. u.a. FUR 2007; Adams et al. 2010.
32 U.a. DSGV 2010; TUI AG 2011; Schmied et al. 2009.
33 U.a. Strasdas 2012.
34 U.a. HM 2011; DSGV 2010.

optimieren und weniger das Engagement für den Klimaschutz zu vermarkten.[35] Durch technische Entwicklungen können Tourismusanbieter die Umweltverträglichkeit bei Verfahren und Produkten erhöhen und somit mitbestimmen, wie hoch der Ressourcenverbrauch durch die Reisenden ist.[36] Es zeigt sich, dass große Absatzpotenziale durch die Ansprache von Kunden bestehen, die zwar keine Bereitschaft zeigen, Mehrkosten für ökologische bewusste Reisen zu tragen, aber grundsätzlich offen gegenüber nachhaltigen Angeboten sind. Für diese Kundengruppen müssen nachhaltige Reiseangebote einen Mehrwert erzeugen und dürfen in keinem Fall eine Minderung von Komfort und Aufenthaltsqualität vermitteln. Es bietet sich die Gestaltung von Erlebnisangeboten an, die Vorteile von nachhaltigen Reisen vermitteln und nachhaltige Unternehmensführung als selbstverständliches Qualitätskriterium kommunizieren.[37]

Obgleich die Reisenden immer anspruchsvoller werden und sich Erwartungen ausdifferenzieren, bleiben die grundsätzlichen Motive für Urlaubsreisen auch in Zukunft erhalten: „Entspannung, kein Stress, über sich selbst frei verfügen, Abstand zum Alltag finden und gleichzeitig frische Kraft zu dessen Bewältigung tanken".[38] Über Jahrzehnte beständig zeigt sich die hohe Bedeutung von ursprünglicher Natur und intakter Umwelt bei Urlaubsentscheidungen.[39] Eine in Nordhessen durchgeführte Gästebefragung zeigt, dass das Motiv *Natur erleben* von 65% der Befragten als wichtiges Urlaubsmotiv benannt wurde.[40] Hier ist es sowohl für die Touristen als auch für die Anbieter entscheidend, dass das Landschaftserleben durch spezifische Angebote an die neuen Trends angepasst wird.

Die Bedeutung der Landschaft für die Erholungssuchenden verändert sich zunehmend. In den letzten Jahren ist als Trend ein ansteigendes Gesundheitsbewusstsein in Verbindung mit der Suche nach Naturnähe und Entspannung in der Natur sowie einer Orientierung hin zu mehr gesunder Ernährung erkennbar.[41] Der durch Schnelllebigkeit, die allgegenwärtige Globalisierung, Technik zu jeder Tages- und Nachtzeit geprägte Alltag und eine auch mit dem zunehmend in urbanen Räumen verorteten Leben einhergehende Entfremdung von der Natur weckt das Verlangen nach Natur als authentischer Gegenerfahrung.[42] Das Verlangen nach Entschleunigung setzt hierbei einen Gegenpol zum hektischen Alltag. Es geht um Rückbesinnung auf die eigenen Bedürfnisse, Entspannung, Ruhezeiten

35 U.a. HM 2011.
36 Vgl. Wöhler 2011: 212.
37 U.a. DSGV 2010.
38 FUR 2009: 35.
39 Vgl. FUR 2009: 35 ff.
40 Vgl. Hahne et al. 2013.
41 Vgl. Job-Hoben, Erdmann 2008: 7; Böddeker 2008: 163.
42 Vgl. Kirchhoff, Vicenzotti, Voigt 2012: 10.

und die Entdeckung der eigenen persönlichen Langsamkeit.[43] Diese Aspekte können in Urlaubsangebote einfließen. So können Urlaubsregionen durch langsamere Fortbewegungsmittel wie das Fahrrad ganz neu entdeckt werden und neue Sinneseindrücke ermöglichen.[44] Die Bereitstellung unzerschnittener, verkehrs- und technikarmer Landschaftsräume gewinnt in diesem Zusammenhang zunehmend an Bedeutung für Wohlbefinden und Erholung. Gesundheit und Natur(schutz) werden als eine neue Symbiose angesehen, da Personen, die sich in der Natur aufhalten um sich zu erholen, gesünder und bewusster leben.[45] Wie der Betrachter eine Landschaft wahrnimmt, hängt nicht nur vom psychischen Befinden[46], sondern auch von der persönlichen Erfahrung, dem Vorwissen, den Erinnerungen und auch dem sozialen Hintergrund ab.[47] Dies müssen die naturbezogenen touristischen Produkte und Angebote berücksichtigen, um die traditionelle nordhessische Kulturlandschaft mit ihrer Gliederung (Horizontlinien, Feldfluren) und Harmonie (moderate Erhöhungen, Wiederholungen) in Wert zu setzen.[48]

Für die Ableitung von Anpassungsempfehlungen ist weiterhin entscheidend, welchen Umgang Gäste mit den aufgezeigten Planungsunsicherheiten durch schnell wechselnde Wetterbedingungen und auftretende Wetterextreme zeigen. Die durchgeführten Erhebungen belegen, dass die Gäste der Region an wechselhaftes Wetter gewöhnt und darauf eingestellt sind. Wetterunabhängige Alternativen und die Beschäftigung in der Unterkunft werden einer vorzeitigen Abreise vorgezogen. Entsprechend sollten Gäste über Angebotsalternativen in der Region informiert werden. 70% der Befragten geben an, sich direkt bei ihrem Gastgeber über tagesaktuelle Alternativen zu erkundigen. Die Information im Internet und direkt bei der Tourist-Information werden jeweils von einem Drittel der Befragten genutzt.[49]

Ob in der Praxis Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden, ist davon abhängig, welchen Stellenwert dem Thema Klimawandel durch die Kommunen und touristischen Unternehmen zugeschrieben wird. Die Befragung der nordhessischen Kommunen ergab, dass insbesondere Mängel in Infrastruktur und touristischen Angeboten sowie der Wettbewerb mit anderen Destinationen oder Orten in Nordhessen als Herausforderungen für die Tourismusbranche angesehen werden. Dagegen wird das Thema Klimawandel als weniger problematisch und unwichtig für den Tourismus in der jeweiligen Kommune eingeschätzt. Die Auswirkungen

43 Vgl. Zeiher 2008: 199.
44 Vgl. Reheis 2006.
45 Vgl. Job-Hoben, Erdmann 2008: 11 ff.
46 Vgl. Perpeet 1992.
47 Vgl. Wöbse 2002: 83.
48 Vgl. Nohl 2001: 31.
49 Vgl. Hahne et al. 2013.

des Klimawandels auf die touristische Infrastruktur der Kommunen wird sehr unterschiedlich bewertet: Die Hälfte der befragten Kommunen sieht Auswirkungen in der Zukunft und begründet diese Einschätzung vorwiegend mit der Annahme, dass wärmere Temperaturen die Region touristisch attraktiver machen. Dass diese Hypothese sich nicht mit den regionalen Klimaszenarien deckt, wurde oben bereits aufgezeigt. 45% der befragten Kommunen kalkulieren nicht mit Auswirkungen des Klimawandels auf die touristische Infrastruktur. Nur wenige Kommunen (5%) bemerken bereits heute einen Einfluss und begründen dies ganz individuell mit einer stärkeren Nachfrage im Bereich klimafreundlicher Tagungs- und Kongressanbieter, Schneemangel als Problem für den Betrieb des Skilifts und einer Nachfragesteigerung im Mittelgebirgstourismus.[50] Die Analyse der Einschätzungen im privatwirtschaftlichen Tourismusbereich lenkt den Blick auf die ökonomischen Perspektiven von Anpassungsaktivitäten. Betriebliches Engagement konzentriert sich dann auf den Bereich Klimaschutz, wenn damit die Aussicht auf eine Kostenreduzierung eröffnet wird. Bereits durchgeführte Maßnahmen werden nur von wenigen Unternehmen in der Region gezielt kommuniziert und zu Marketingzwecken eingesetzt. Betriebe, die bereits heute Engagement im Bereich Umweltschutz zeigen und sich auf naturnahe Urlaubsarten spezialisiert haben, gehen auch von einem zunehmenden Interesse der Reisenden an klimafreundlichen Aufenthalten aus. Dennoch erfolgt durch die Gesprächspartner der Verweis auf die unterschiedliche Relevanz für einzelne Zielgruppen. Eine entsprechende Ausrichtung sei daher nicht für alle touristischen Betriebe in Nordhessen empfehlenswert. Als Auslöser für eine stärkere Nachfrage bei klimaschonenden Mobilitätsformen (zum Beispiel Anreise per Bahn) wird neben einem steigenden Umweltbewusstsein vor allem die Kostensteigerung für individuelle Mobilität genannt.[51]

Die aufgezeigten veränderten Rahmenbedingungen beeinflussen die Auswahl von Anpassungsoptionen. Sie können in explizite (gezielte Vorsorgemaßnahmen zum Beispiel im Hochwasserschutz) und implizite Maßnahmen (verfolgen originär andere Ziele als die Anpassung; Klima als Rahmenbedingung) unterschieden werden.[52] Praktische Beispiele für Anpassungsoptionen im Tourismusbereich sind zum Großteil als implizit einzuordnen. Dieser Umstand erschwert im Umkehrschluss die Identifikation und Kommunikation von Maßnahmen, denn touristische Akteure nehmen ihr Engagement häufig nicht als Klimaanpassung wahr. Der Begriff bleibt für die touristische Praxis abstrakt und theoretisch. Hinzu kommt, dass die Branche unter dem ständigen Druck zur Anpassung an sich verändernde

[50] Vgl. Hahne et al. 2013.
[51] Vgl. Hahne et al. 2013.
[52] Vgl. Krupp 1995: 33 ff.

Rahmenbedingungen steht, bei dem verschiedene Einflussfaktoren parallel berücksichtigt werden müssen. Die Analyse von Umsetzungsbeispielen mitteleuropäischer Destinationen zeigt, wie sich die abstrakte Forderung nach *Klimaanpassung* in die Praxis umsetzen lässt. In Tabelle 1 wird eine Möglichkeit dargestellt, die Vielzahl an Ansätzen im Mittelgebirgstourismus zu strukturieren. Die Betrachtung schließt an dieser Stelle Anpassungsmaßnahmen aus, die Zielen des Klimaschutzes deutlich entgegenlaufen (zum Beispiel technische Beschneiung zum Erhalt von Wintersportmöglichkeiten) und bewertet diese als Reaktion auf den Klimawandel langfristig nicht als zielführend.

A Reaktionen auf Veränderungen der natürlichen Angebotsfaktoren (Direkte Anpassung)	Angebotsdiversifikation (Vielfalt und deren Vernetzung) inkl. infrastruktureller Anpassungen
	Information/Kommunikation (z.B. Wetterhinweise, Wanderampeln)
B Reaktionen auf Veränderungen des Konsumverhaltens (Indirekte Anpassung)	Klimaschutz (u.a. Energieeffizienz, klimafreundliche Reiseangebote)
	Bildung zum Thema Klimawandel

Tabelle 1: Klimaanpassung im Mittelgebirgstourismus

Anpassung durch *Angebotsdiversifikation* basiert auf einer Analyse der Angebotsstrukturen. Destinationen, die durch starke Monostrukturen in wetter- und klimasensiblen Angebotsbereichen geprägt sind (zum Beispiel Wintersportzentren), können klimatischen Veränderungen durch eine Umgestaltung oder Erweiterung des Angebots begegnen. Alternativangebote finden sich vorwiegend in Tourismussegmenten, die durch geringere Sensitivität gekennzeichnet sind. Wetterunabhängige Alternativangebote (zum Beispiel Museen, Freizeit- und Thermalbäder, Sportanlagen), die sich in ein Destinationskonzept einfügen, tragen zur Diversifikation des Angebots bei. Vielfältige Angebote und deren kundenorientierte Vernetzung bieten eine Möglichkeit, Planungsunsicherheiten und Wetterabhängigkeiten zu reduzieren. Als Praxisbeispiel ist die Gemeinde Baiersbronn im Schwarzwald zu benennen, die als Alternative zu einem starken Fokus auf den Wintersport intensiv den Bereich Wandern ausgebaut hat.[53]

Information/Kommunikation als Anpassungsmaßnahme umfasst Maßnahmen zur Förderung einer aktiven Kommunikation mit den Gästen hinsichtlich des Einflusses von Wetter und Klima auf den aktuellen Aufenthalt. Die Reduktion von Pla-

[53] S. www.baiersbronn.de.

nungsunsicherheiten durch Information der Gäste über bestehende Gefahren und Beeinträchtigungen kann in einer Steigerung der Zufriedenheit mit dem Aufenthalt münden. Entsprechende Konzepte zur aktiven Information über Möglichkeiten der Freizeitgestaltung entsprechend der Witterung bieten sich an. Hinweise zu gesperrten Wanderwegen und Alternativen, Informationen über Pegelstände, Wintersportbedingungen und Verhalten bei Hitze sowie Hinweise auf Erfrischungspunkte bedienen das Sicherheitsbedürfnis der Gäste. In diesem Zusammenhang muss allerdings auch erwähnt werden, dass Wetter- und Klimainformationen auch negative Auswirkungen mit sich bringen können (zum Beispiel Angstverbreitung, negative Darstellung einer Region, Fernbleiben der Gäste). Als positives Praxisbeispiel ist der Tourismusort Reit im Winkl zu nennen, der unter dem Slogan *Allwetter bereit* Alternativangebote vorstellt.[54]

Der Bereich Anpassung an die veränderten Konsumentenwünsche durch ein Engagement im Bereich *Klimaschutz* bietet eine Vielzahl von Umsetzungsbeispielen. Sie zeigen, wie die touristische Praxis mit einer Bandbreite von Möglichkeiten auf ein zunehmendes Umwelt- und Klimabewusstsein reagiert. Die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und eine darauf abgestimmte Produktgestaltung und Marketingkommunikation wird folglich als Klimaanpassung eingeordnet. Ebenso bedingt eine Verteuerung von Mobilität und Energie die Entwicklung von Alternativen. Exemplarisch für ein Engagement auf Destinationsebene stehen die Destinationen *Bergwelt Südschwarzwald*[55] und die *Uckermark*[56]. Beide Destinationen bewerben klimafreundliche Reiseangebote und thematisieren die Bereiche Energieeffizienz, Genuss durch regionale Produkte und nachhaltige Mobilität. Im Schwarzwald geschieht letzteres insbesondere durch die *KONUS-Gästekarte*, welche eine kostenlose Nutzung des ÖPNV in der Ferienregion für die Urlaubsgäste ermöglicht. Auf betrieblicher Ebene entstehen deutschlandweit immer mehr klimafreundliche Angebote und auch Möglichkeiten, diese mit Qualitätszertifikaten auszuweisen.[57]

Bildungsreisen sind ein traditionsreicher Teilbereich des Tourismus, in dem zu vielen Themen Lehr- und Erlebnisangebote existieren, die touristische Angebotsstrukturen bereichern. Beispiele für *Bildung zum Thema Klimawandel* sind zum Beispiel die nach Extremwetterereignissen entstandenen Sturmpfade, bei denen auf den beschädigten Flächen neue Naturerlebnisangebote entstehen. Das pädagogische Konzept der *Prima-Klima-Klassenfahrt* des Deutschen Jugendherbergsverbandes (DJH) zeigt exemplarisch, wie Informationsvermittlung zum Thema Klima-

54 S. www.reitimwinkl.de.
55 S. www.bergwelt-suedschwarzwald.de.
56 S. www.tourismus-uckermark.de.
57 S. www.viabono.de; www.greenglobe.com.

schutz mit dem Anspruch verbunden werden kann, das soziale Klassenklima zu verbessern.[58]

Die größte Herausforderung für die Nutzung von Chancen durch die Anpassung besteht für Nordhessen darin, das Bewusstsein für das Thema Klimawandel, mögliche Auswirkungen und Planungserfordernisse zu schärfen. Insbesondere das Aufzeigen von ökonomischen Vorteilen bietet die Möglichkeit, Hemmnisse zu überwinden. Als hemmende Faktoren sind insbesondere der Zweifel an der Marktrelevanz von klimaverträglichen und nachhaltigen Tourismusangeboten sowie eine fehlende Bereitschaft zur interdisziplinären Beschäftigung mit möglichen Folgen von Wetterextremen zu nennen. Die aufgezeigten Veränderungen und für die Region Nordhessen passenden Reaktionsmöglichkeiten definieren keine neuen, unbekannten Herausforderungen. Die Auswirkungen des Klimawandels verstärken vor allem einen Teilbereich von bereits bekannten aktuellen Handlungsanforderungen. Diese können wie folgt zusammengefasst werden:

- Stärkung von Natur- und Landschaftserlebnissen und Wertschätzung der Qualitäten der Landschaft als touristisches Potenzial,
- Ausbau umweltbewusster und nachhaltiger Tourismusangebote,
- Vermeidung von Monostrukturen und Entwicklung eines vielseitigen Angebots für eine flexible Reaktion auf neue Trends und Zielgruppen,
- Ausbau der Serviceorientierung und Qualität im Hotel- und Gastgewerbe sowie bezogen auf touristische Infrastrukturen,
- Gewährleistung von Sicherheit im Tourismus,
- Stärkung des touristischen Angebots in dessen Anpassungsfähigkeit (zum Beispiel Investitionsstau und Fachkräftemangel begegnen).

4 Strategische Perspektiven

Die aufgezeigten Anpassungsoptionen zeigen, dass in der Praxis Einzelmaßnahmen wie in einem Baukastensystem kombiniert werden können und touristische Akteure entsprechend der jeweiligen Ausgangssituation einen individuellen Weg definieren können. Dabei sind die unterschiedlichen Handlungsspielräume von Tourismusorganisationen, Kommunen und touristischen Unternehmen zu berücksichtigen. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf den Handlungsspielraum der Tourismusdestination *GrimmHeimat NordHessen*.

[58] S. www.jugendherberge.de.

Die Entwicklung von Strategieempfehlungen für die Ausrichtung des Tourismus in Nordhessen nimmt nicht nur das Thema Klimawandel in den Blick, sondern berücksichtigt die Verbindungen mit weiteren aktuellen Chancen und Risiken, die eine zukunftsfähige Weiterentwicklung des Wirtschaftsbereichs beeinflussen. Entsprechend der Ausgangslage und den aufgezeigten Optionen zur Anpassung lassen sich zwei strategische Leitgedanken abgrenzen: *Profilierung als klimafreundliche Destination* und *Inszenierung der Kulturlandschaft*.

Die *Profilierung* setzt das gewonnene Wissen zum Umgang mit dem Klimawandel touristisch in Wert. Die *GrimmHeimat NordHessen* hat hierbei die Chance, einen eigenen Weg zu einer *klimafreundlichen Destination* zu definieren, ein Leitbild zu formulieren und ihr Engagement zur Imagebildung und kundenorientierten Weiterentwicklung des Segments klimaverträglicher und nachhaltiger Tourismus zu nutzen. Im Mittelpunkt steht die Erschließung von Zielgruppen, die umwelt- und klimabewusst reisen möchten. Gleichzeitig kann auf ein hohes Sicherheitsbedürfnis eingegangen werden, welches sowohl die Vermeidung von gesundheitlichen Risiken, als auch eine Verlässlichkeit der touristischen Angebote beinhaltet. Für die *GrimmHeimat NordHessen* bestehen durch die landschaftlichen Qualitäten und die bereits bestehende Ausrichtung auf naturbezogene Aufenthaltsformen positive Voraussetzungen zur intensiveren Erschließung umwelt- und klimafreundlicher Reiseformen. Klimaverträgliche Aktivitäten wie Wandern und Radfahren sind wesentliche Bestandteile des aktuellen Angebots. Die Kombinationsmöglichkeiten mit Qualitäten im Hotel- und Gastgewerbe, die sich durch eine ressourcenschonende Wirtschaftsweise auszeichnen, bestehen bereits in der Region. Die vereinzelt in der Region vorhandenen umweltbewussten Angebotsbausteine sind jedoch kaum vernetzt und haben keine gemeinsame Kommunikationsplattform. Die drei grundlegenden Herausforderungen bestehen in der *Integration des Themas in die Gesamtstrategie der Tourismusdestination*, in der *Bearbeitung von strukturellen Defiziten* und in einer *innovativen Weiterentwicklung der Inhalte*.

Für die Integration in die Gesamtstrategie ist insbesondere der Bezug zum Markenkern und den prägenden Werten *Heimat, Gastlichkeit, Echtheit, Vielfalt* & *Offenheit* sowie *Qualität* & *Verlässlichkeit* von Bedeutung. Die Themenkommunikation kann in den Kerngeschäften *Aktiv/Natur*, *Städte/Kultur* und *Gesundheit* mit Blick auf umwelt- und klimabewusste Zielgruppen weiterentwickelt werden.[59] Insbesondere Natur- und Outdoorurlauber und anspruchsvolle Kulturinteressierte sind ansprechbar für ökologische Themen.[60] Für den Städtetourismus eröffnet das Segment *Green Meeting* neue Positionierungsmöglichkeiten im Tagungs- und Ver-

[59] Vgl. GHNH 2012.
[60] Vgl. Schmied et al. 2009: 156.

anstaltungsbereich. In vielen Branchen nimmt die Bedeutung von nachhaltiger Unternehmensführung zu, was dann auch ökologisch verantwortliche und zur Unternehmensphilosophie passende Veranstaltungen erfordert.[61] Bei den gesundheitsorientierten Urlaubsformen (Kur, Wellness, Gesundheitsurlaub) zeigen sich insbesondere für den auf private Prävention und körperliche Fitness fokussierten Gesundheitsurlaub Potenziale. Der Anspruch an gesunde Angebots- und Umgebungsbedingungen (unter anderem gesundes Essen, gesundes Klima) bietet Gestaltungsspielräume für nachhaltig orientierte Angebote.[62] Ob umwelt- und klimabewusste Aspekte des touristischen Angebots als selbstverständlicher Standard oder als herausragendes Produktdetail kommuniziert werden, ist eine strategische Entscheidung des entsprechenden Akteursnetzwerks.

Strukturell muss eine Vorstellung davon entwickelt werden, welche Angebote eine umwelt- und klimafreundliche Destination bieten sollte. Die Tourismusdestination kann die Zusammenarbeit in Netzwerken forcieren und über die Chancen, die ein nachhaltig orientiertes Tourismusangebot bietet, informieren. Die Ausrichtung und das Engagement von Kommunen und einzelnen Unternehmen entscheiden letztlich, ob sich eine Tourismusregion in einem bestimmten Bereich überzeugend positionieren kann. Die möglichen Maßnahmen führen von wetterbezogenen Reiseempfehlungen über den betrieblichen Einsatz regionaler Produkte und die Stärkung regionaler Wirtschaftskreisläufe bis hin zu einer Erhöhung der Energieeffizienz. Ebenfalls ist die Unterstützung der Gäste bei einer ressourcenschonenden Mobilität denkbar.

Die dritte Herausforderung besteht darin, zur Abgrenzung von Wettbewerbern innovative Angebote zu schaffen. Im Sinne des Wertes *Echtheit* sollten Impulse aus der Region aufgenommen werden, um eine authentische Weiterentwicklung zu erreichen. Die praktische Umsetzung durch die Organisation von Ideenwerkstätten und die Zusammenarbeit mit Akteuren ohne direkten Bezug zum Tourismus ist anspruchsvoll, kann aber langfristig für die touristische Weiterentwicklung vielversprechend sein.

Eine weitere Kernaufgabe einer *klimafreundlichen Destination* sollte in der Minimierung von Planungsunsicherheiten bestehen, die sich im Zuge der klimatischen Veränderungen in der Region verstärken. Wetterextreme werden in Zukunft eine zunehmende Rolle für outdoorbezogenen Tourismus sowie die Planung von Großveranstaltungen im Außenbereich spielen. Um diesen Herausforderungen frühzeitig zu begegnen, kann gezielt ein Risiko- und Gefahrenmanagement entwickelt werden, dass zum einen die gesundheitliche Sicherheit der Touristen im

[61] S. www.gcb.de; www.evvc.org.
[62] Vgl. FUR 2009: 169.

Blick hat, zum anderen aber übergeordnet auch die Wahrnehmbarkeit von Angeboten absichert. Die verschiedenen Outdooraktivitäten haben unterschiedlichste Bedürfnisse, sind jedoch alle auf eine intakte Infrastruktur angewiesen. Diese muss auch in Hinsicht auf Wetterextreme sicher gestaltet werden (Schutzhütten, Sicherheit vor Blitzschlag). Wanderwege und Wanderhütten haben in Nordhessen vielfach bereits eine hohe Qualität, sollten jedoch überprüft und den möglichen Ereignissen angepasst werden. Auch eine strategische Vernetzung und Aktionsplanung mit den instandhaltenden Akteuren (zum Beispiel Forstämter, Verkehrsbehörden) bietet sich an, damit Schäden schnell und unkompliziert gemeldet und behoben werden können.[63] Bezogen auf Großveranstaltungen trägt ein gut ausgearbeitetes und funktionierendes Kommunikationssystem zwischen Ordnern, Rettungsdienstorganisationen und den weiteren Kräften wie der Feuerwehr maßgeblich zu einer erfolgreichen Durchführung der Veranstaltung bei. Es können verstärkt Schutzmaßnahmen (zum Beispiel Schutz vor Überhitzung durch Beschattung oder Wasserbereitstellung) in die Planung aufgenommen oder auch gut erkennbare Rettungspunkte eingerichtet werden. Bezogen auf die Verlässlichkeit des touristischen Angebots kann dessen Vielfalt nur dann die Anfälligkeit gegenüber klimatischen Risiken minimieren, wenn die Reisenden schnell Alternativen zu den geplanten Aktivitäten finden. Bei der Vermittlung der tagesaktuellen Informationen nehmen die Empfehlungen durch die Gastgeber und die Internetpräsenz der Destination eine wichtige Rolle ein, wie oben bereits ausgeführt. Die Tourismusdestination sollte diesem Aspekt durch Informationen an die Gastgeber und die Implementierung technischer Lösungen fördern. Zudem bieten touristische Gästekarten für Ferienregionen eine gute Möglichkeit, das bestehende Angebot zu visualisieren. In Abhängigkeit von dem Finanzierungsmodell sind teilweise attraktive Angebote in der Region für die Reisenden mit der Karte gratis nutzbar. Die häufig inkludierte Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln macht nachhaltige Mobilitätsformen für die Reisenden attraktiv und stellt wiederum einen Baustein bei der Positionierung als klimafreundliche Destination dar.

Der zweite Strategiezweig *Inszenierung der Kulturlandschaft* verfolgt das Ziel, den naturbezogenen Tourismus durch die (Weiter-) Entwicklung konkreter Angebote zum Landschaftserleben zu stärken und die Werte *Echtheit, Heimat, Vielfalt & Offenheit* zu repräsentieren. Generell wird die Landschaft prioritär im Zuge der Gestaltung von Wegen (unter anderem Wanderwege Baumwipfel- oder Barfußpfade) in ein touristisches Produkt überführt. Diese können dann zum Beispiel über die Entwicklung von buchbaren Führungen erweitert werden. Eine themenbezogene Schärfung und Weiterentwicklung kann über verschiedene Bausteine erfolgen, die

[63] Lenarduzzi 2011.

sich in die aktivitätsbezogene Produkt- und Angebotsentwicklung integrieren lassen. Sie folgen den zukünftigen Veränderungen der Landschaften selbst sowie den veränderten Einstellungen zum Landschaftserleben.[64] Die landschaftlichen Schwerpunkte Nordhessens können in besonderer Weise zur Abgrenzung zum technisierten, schnelllebigen und ruhearmen Alltag, zur Entschleunigung, zur Rückbesinnung auf das eigene Ich und das persönliche Körpergefühl sowie zur eigenen Standortbestimmung in Reaktion auf die allgegenwärtige Globalisierung beitragen. Der Landschaftscharakter der naturnahen Wälder, Offenlandschaften und Gewässer vermittelt den Menschen Ruhe, Sicherheit und Geborgenheit in einer weitgehend intakten Umgebung und ein Gefühl von Heimat. Folgende Aspekte des Landschaftserlebens sollten daher thematisch fokussiert werden:

- Landschaften und ihre Entwicklung erleben, lesen und verstehen,
- Klimawandel/ Naturgewalten erleben, erkennen und einschätzen,
- Erleben der Dimension Zeit (Tages- und Jahreszeitenbezug),
- Natur und Gesundheitsprävention,
- Wirkung der Landschaft auf den Menschen,
- Erleben von Heimat,
- Märchen und ihre Landschaftselemente.

Darüber hinaus entstehen neue Kombinationsmöglichkeiten für Aktivitäten und Erlebnisformern in der Landschaft. Für die Region Nordhessen sind besonders diejenigen Aktivitäten von Bedeutung, welche den oben angesprochenen Landschaftscharakter gut erlebbar machen. Denkbar wären auch (Rad-)Wanderungen zwischen geschichtlichen Epochen mit Elementen wie „Wald-Burg-Fachwerk-Windrad“, technikfreie versus technisch überprägte Landschaften oder zum Thema Landschaft und Energie wie Wandern im Windpark. Nicht direkt dem Wandern zugeordnet, aber je nach Thema gut integrierbar, stellt sich auch die technisch inspirierte Form der Schatzsuche dar: das Geocaching als eine spezielle Form der Landschaftsaneignung, die auch bisher wenig Naturinteressierte in die Landschaft führt. Körperliche und auch eher geistige Indooraktivitäten wie gesundheitsbezogener Sport und Meditation (Gymnastik, Yoga, angeleitete oder durch Infrastrukturen wie Sinnesbänke unterstützte Sinnespausen) werden in das Landschaftserleben integriert. Ebenso bieten sich kurze Sporteinheiten, Massagen

[64] S. oben.

oder Wassertreten an. Das Gleiche gilt für künstlerische Betätigungen wie Malen und Fotografieren oder für kulinarische Momente wie ein organisiertes Picknick.

Die Inszenierung der Landschaft kann auch über Events erfolgen, beispielsweise besondere Übernachtungsformen wie Zelten im Wald, Höhlenübernachtung oder Schlafen im Schäferwagen.[65] Das Thema Klima- und Kulturlandschaftswandel kann zum Beispiel ein Besuch beim Energiebauern (Windpark/Solarpark) oder in einer klimaneutralen Gemeinde näher bringen. Eine weitere Form sind primäre Inszenierungen, wie zum Beispiel die zeitweilige Beleuchtung besonderer Landschaftselemente. Auch die Landschaftsgestaltung im Sinne der Einrichtung besonderer Sichtbeziehungen, Freistellung von Landmarken oder auch der Betonung linearer Elemente durch Alleen kann hier eine große Rolle spielen, ist allerdings überwiegend von anderen Akteuren als den touristischen abhängig und sollte entsprechend angestoßen werden. Weitere Aspekte der Inszenierung hinsichtlich der Werte *Echtheit* und *Heimat* sind die Integration von regionalen Produkten in die Gestaltung der jeweiligen Aktivitätsangebote und auch die Zusammenarbeit mit Einheimischen für die Produktgestaltung und Angebotsumsetzung.

Voraussetzung für die effiziente Inszenierung im Sinne der Steigerung der Nachfrage ist eine gezielte Auseinandersetzung mit den vorhandenen landschaftlichen Grundlagen, den möglichen Themen und Aktivitäten, die unter den bestehenden Rahmenbedingungen tatsächlich in hoher Qualität umgesetzt werden können und eine konsequente Ausrichtung auf die jeweiligen Nutzergruppen.

5 Umsetzung in die Praxis

Die moderaten Auswirkungen des Klimawandels auf die naturräumlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten der Region sowie die zunächst langfristigen Planungen, die im Hinblick auf den Klimawandel notwendig sind, haben zur Folge, dass eine aktuelle Betroffenheit und ein dementsprechender Handlungsdruck durch die Tourismusakteure häufig nicht empfunden und kontrovers diskutiert wird. Dabei schwankt die Betroffenheit in Abhängigkeit von den regionalen Gegebenheiten.

Insbesondere der Wintersportort Willingen wurde bereits Mitte des vergangenen Jahrzehnts durch eine an die prognostizierten klimatischen Veränderungen angepasste Tourismusstrategie aktiv. Einerseits wurde auf die zunehmend schneeärmeren Winter mit hohen Investitionen in Beschneiungsanlagen reagiert. Anderseits ermöglicht die Anschaffung einer modernen Kabinenseilbahn auch u.a. die Mitnahmen von Mountainbikes und ist Bestandteil einer Strategie zur Stärkung

[65] S. www.schaeferwagen.de.

des Ganzjahrestourismus. Parallel wurde auch der Ausbau von Aktiv- und Gesundheitsangeboten verfolgt. Die Konzeption von Weitwanderwegen wie *Rothaarsteig* und *Uplandsteig* inklusive zahlreicher Rundtouren, die *Bikewelt Willingen* mit der Zielgruppe Mountainbiker sowie die aktuelle Entwicklung von gesundheitstouristischen Angeboten unter dem Label *Gesunder Urlaub Willingen* sollen das Ausfallrisiko des Wintertourismus auffangen.

In den übrigen Regionen der *GrimmHeimat NordHessen* wird die Abhängigkeit von klimatischen Veränderungen als weniger relevant eingestuft. Trotzdem ist das Klima als Faktor für touristische Produkte ein Thema, das in den vergangenen Jahren zunehmend stärkere Berücksichtigung bei der Positionierung der Destination gefunden hat. Auf Ebene der Tourismusverantwortlichen in den Orten und Regionen gibt es vor allem im Bereich Gesundheitstourismus bei den prädikatisierten Gesundheitsstandorten Befürchtungen, die für die Positionierung und Vermarktung wichtigen Prädikate mittelfristig zu verlieren. Überlegt wird zudem, die Destination im Hinblick auf die Veränderungen des Klimas im Mittelmeerraum als Reisealternative zu positionieren. Während die Szenarien für diesen Raum Temperatursteigerungen mit Hitze- und Dürreperioden in den Sommermonaten prognostizieren, stellt sich das Klima in den deutschen Mittelgebirgsregionen als gemäßigt und geeigneter für Urlaubsaktivitäten dar. Davon will die Region profitieren und ergänzend zu Kurzreiseangeboten Urlaubsalternativen für den Sommerurlaub anbieten.

Mit hohen Investitionen in Wander-, Kanu- und Radtourismus wurden seit Mitte des vergangenen Jahrzehnts die großen Tourismustrends zu aktivtouristischen Angeboten bedient. Dies hat zu einer deutlichen Attraktivitätssteigerung der Destination geführt, die nun auch im Sinne eines zunehmenden Umwelt- und Klimabewusstseins im Urlaub für die Angebotsgestaltung und Vermarktung gezielt genutzt werden kann, wie oben bereits aufgeführt wurde. Einzelne Beherbergungsbetriebe haben die Bedeutung dieses Markttrends für sich entdeckt und stellen sich unter Qualitätslabels wie Green Globe, Bio-Hotel, Viabono oder Eco-Camping.

Mit der Tourismusstrategie 2022 wurde ein klarer Fokus auf die Themen Heimat/Landschaft, Bewahrung der regionalen Grundlagen sowie Qualitätsentwicklung gelegt.[66] Diese können die Basis für die Entwicklung der Destination hin zu einem naturnahen, nachhaltigen Tourismus bilden und vor allem den regionalen Netzwerken im Naturtourismus eine Grundlage für die Entwicklung und Vermarktung ihrer Angebote bieten.

[66] S. oben.

Parallel wurde unter dem Stichwort Naturschutz/Biodiversität und Tourismus in Kooperation mit dem Verein Ökologischer Tourismus in Europa e.V. sowie dem Grone-Bildungszentrum Kassel eine Workshopreihe mit Tourismusakteuren der Destination durchgeführt. Dabei standen vor allem der Nationalpark Kellerwald-Edersee sowie die Naturparke der Region im Fokus. Im Ergebnis wird eine noch stärkere Positionierung und Vermarktung der Destination im Bereich *Nachhaltiger Tourismus* gefordert. Netzwerkbildung, Qualitätsentwicklung und -sicherung, regionale Ausrichtung des gastronomischen Angebotes sowie klimaangepasste Mobilität wurden als wichtige Handlungsfelder definiert. Ziel ist es, regionale Netzwerke zu entwickeln, die das Thema Nachhaltiger Tourismus in qualitativ hochwertige, buchbare Angebote umsetzen und in einer zentralen gemeinsamen Marketingstrategie anbieten. In Zukunft werden weitere Projekte mit dem Schwerpunkt Klimabewusstsein/Klimaanpassung umgesetzt. Dazu zählt das Projekt FREE[67], das umwelt- und klimaverträgliche Mobilitätsangebote im Freizeit- und Eventbereich entwickelt. Das Projekt zielt klar auf Nachhaltigkeit im Tourismus und versteht sich als Netzwerk von Akteuren, die klimaangepasste Angebote entwickeln. Ein zweites geplantes Projekt beschäftigt sich mit der Vermittlung von Anpassungsalternativen und -projekten an den Klimawandel. Im Rahmen von Exkursionsangeboten für Fachgruppen, Politiker und Multiplikatoren sollen beispielhaft Chancen und Risiken des Klimawandels sowie Möglichkeiten der Klimaanpassung vorgestellt werden. Darüber hinaus wird mit der Einführung einer All-inclusive-Gästekarte ab 1. April 2013 in mehr als 70 Betrieben der Destination die kostenlose Nutzung des ÖPNV angeboten.

Ziel aller Initiativen ist es, ein Netzwerk von Akteuren unterschiedlichster Disziplinen zu gründen, dass die Destination *GrimmHeimat NordHessen* als Reiseziel für klimabewussten, nachhaltigen Tourismus positionieren und vermarkten soll. Dabei bildet die weiterhin bei vielen Tourismusakteuren vorhandene abwartende Haltung gegenüber der Thematik *Klimaanpassung* eine große Herausforderung. Die Fortführung des Kommunikationsprozesses, der durch den KLIMZUG-Prozess mit Forschung, Wissenstransfer, Workshops, Diskussionsrunden und der im Rahmen des Verbundprojektes geschaffenen Position des Klimaanpassungsmanagers angestoßen wurde, soll auch zukünftig die Basis sein, auf der die Handlungsbereitschaft angeregt werden soll.

6 Klimaanpassungs-Governance im Handlungsfeld Tourismus

Viele Tourismusakteure in der Region Nordhessen waren am Anfang des KLIMZUG-Projektes im Hinblick auf die Notwendigkeit und die Chancen von

[67] FREE = Freizeit-und Eventverkehr mit intermodal buchbaren Elektrofahrzeugen.

Klimaanpassungsmaßnahmen deutlich reserviert und abwartend. Der Begriff Klimaanpassung erschien für die touristische Praxis abstrakt und wegen der unterschiedlichen Zeithorizonte von Investitionszyklen und zu erwartenden Klimaveränderungen anfangs nicht relevant.

Rasch stellte sich jedoch heraus, dass die Tourismusdestination *GrimmHeimat NordHessen* sich längst im Anpassungsprozess befindet. So hat der im Hochsauerland gelegene Ort Willingen seine Wintersportanlagen technisch aufgerüstet und seine Strategie in eine Ganzjahresausrichtung gebracht. Viele Anbieter der Region realisieren Energieeffizienzmaßnahmen und gehen auf die wachsenden Zielgruppen der landschaftsbezogenen Erholer (Wandern, Radwandern, Ruhesuchende) ein, etliche sind in zielgruppenspezifischen Angebotsverbänden organisiert (unter anderem Viabono, Biohotels). Tagungs- und Kongressveranstalter nutzen das wachsende Umwelt- und Klimabewusstsein beim Reisen, um die geographisch im Zentrum Deutschlands liegende Region mit der per Schiene (und Straße) gut angebundenen Großstadt Kassel als klimafreundlich erreichbare Destination zu vermarkten. Dies wird durch weitere Elemente der Wertschöpfungskette ergänzt (Transport vor Ort, Energiewende in der Region, Ernährungs- und Gesundheitsprogramme).

Implizit ist die Region damit im Tourismus längst auf einem Klimaanpassungspfad gelandet. Letztlich gelang es auch, die Tourismusstrategie der Gesamtregion im Jahr 2012 auf die Anforderungen eines nachhaltigen Tourismus auszurichten, so dass neue Strategien und Produkte für die Destination eine klare Profilierung erfahren. Das Argument in der Region ist dabei weniger die regionale Dimension des Klimawandels als vielmehr der Image- und Reputationsgewinn, der auf Resonanz im veränderten Verbraucherverhalten stößt.

Allerdings ist der Tourismus nur ein Segment einer klimafreundlichen Region. So kann die Anpassung der Landschaft an sich verändernde Klimate und an erhöhte Erlebnisanforderungen der Erholungsnutzer nur im Zusammenspiel mit den Gestaltern der Landschaft (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Regional- und Ortsplanung) erreicht werden. Eine Klimaanpassungs-Governance wird schließlich erleichtert, wenn auch die politischen Entscheiderinnen und Entscheider auf den unterschiedlichen Ebenen an einer Nachhaltigkeitsstrategie mitwirken. In diesem Sinne unterstützen Klimakonzepte der Gemeinden und Städte sowie eine klimaanpassungsorientierte Regionalplanung die Anforderungen der *GrimmHeimat NordHessen*, sich zu einer klimabewussten Destination zu entwickeln.

Literatur

Adams, Christine/Hahne, Ulf /von Kampen, Simone (2010): Nordhessen-Tourismus und Klimawandel: Nachfrageanalyse Sommersaison 2009. Arbeitspapier 2 der Reihe Klimawandel und Anpassung des Tourismus. Kassel.

Becken, Susanne / Hay, John (2007): Tourism and Climate Change: Risks and Opportunities. Clevedon.

Behrendt, Siegfried (2010): Entwicklung von Wald und Landnutzung in Deutschland – Ergebnisse einer Delphi-Expertenbefragung. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Landschaften 2030 – Der große Wandel –. BfN-Skripten 284. Bonn. S. 21-30.

Böddeker, Heiko (2008): "Outdoor-Wellness" - Kann Landschaft trendy sein? In: Erdmann, Karl-Heinz /Eilers, Susanne / Job-Hoben, Beate / Wierbinski, Norbert: Naturschutz und Gesundheit: Eine Partnerschaft für mehr Lebensqualität. Bundesamt für Naturschutz. Bonn. S. 165-171.

Deutscher Sparkassen- und Giroverband (DSGV) (Hrsg.) (2010): Sparkassen Tourismusbarometer Deutschland 2010. Berlin.

Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (FUR) (2009): Urlaubsreisen 2020. Die RA-Trendstudie – Entwicklung der touristischen Nachfrage der Deutschen. Kiel.

Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (FUR) (Hrsg.) (2007): Akzeptanz klimaschonender Verhaltensweisen im Urlaub. Kommentar zu den Ergebnissen - F.U.R/Ipsos Befragung im April 2007. Kiel.

Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) (2007): Auswirkungen der Diskussion um Klimawandel auf das Urlaubsverhalten der Deutschen. GfK-TravelScope aktuell. Juli 2007. Nürnberg.

GrimmHeimat NordHessen (GHNH) (Hrsg.) (2012): Tourismusstrategie 2022 für die Grimmheimat NordHessen. Kassel.

Hahne, Ulf / Grebe, Christina / Kahl, Christine / von Kampen, Simone (2013): Tourismus in Nordhessen: Strategische Perspektiven eines klimaangepassten Tourismusangebots in Nordhessen. Schriftenreihe des Fachbereichs Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung. Band 33. Kassel. University Press.

Hahne, Ulf (2013): Klimaanpassung im Tourismus. Herausforderung für die Destination Governance in Nordhessen. In: Saretzki, Anja / Wöhler, Karlheinz (Hrsg.): Destination Governance. Berlin: Erich Schmidt Verlag. S. 215-231.

Hahne, Ulf / Kahl, Christine / von Kampen, Simone (2012): Tourismus in Nordhessen und regionale Betroffenheit durch den Klimawandel. Schriftenreihe des Fachbereichs Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung. Band 32. Kassel. University Press.

Hessen Agentur GmbH (HA) (Hrsg.) (2008): Strategischer Marketingplan für den Tourismus in Hessen 2009-2013. Wiesbaden.

Herden, Christoph / Geiger, Sigrun / Milašauskaitė, Eglė (2012): Regionale Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft. Natur und Landschaft 87 (12). S. 531-537.

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL) (Hrsg.) (2007): Tourismuspolitischer Handlungsrahmen Hessen 2007. Wiesbaden.

HSL (Hessisches Statistisches Landesamt) (2012): Gäste und Übernachtungen im hessischen Tourismus im Dezember 2011. Statistische Berichte. Kennziffer G IV 1 - m 12/2011. Wiesbaden.

HSL (Hessisches Statistisches Landesamt) (2010): Angeforderter Datenauszug aus den Statistischen Berichten zum hessischen Tourismus. Ziffer 2.1.2: Ankünfte, Übernachtungen und Aufenthaltsdauer der Gäste in 2009 in Beherbergungsbetrieben nach Ländern und dem ständigen Wohnsitz der Gäste. Wiesbaden.

Job-Hoben, Beate / Erdmann, Karl-Heinz (2008): Naturschutz und Gesundheitsvorsorge: Strategische Allianzen für mehr Lebensqualität. In: Erdmann, Karl-Heinz /Eilers, Susanne / Job-Hoben, Beate / Wierbinski, Norbert: Naturschutz und Gesundheit: Eine Partnerschaft für mehr Lebensqualität. Bundesamt für Naturschutz. Bonn. S. 11-21.

Kirchhoff, Thomas / Vicenzotti, Vera / Voigt, Annette (2012): Vielschichtige Sehnsucht nach Natur. In: Voigt, Annette: Sehnsucht nach Natur. Bielefeld. S. 9-17.

Krupp, Christoph (1995): Klimaänderungen und die Folgen. Eine exemplarische Fallstudie über die Möglichkeiten und Grenzen einer interdisziplinären Klimafolgenforschung. Berlin.

Kuckartz, Udo (2010): Nicht hier, nicht jetzt, nicht ich – über die symbolische Bearbeitung eines ernsten Problems. In: Welzer, Harald / Soeffner, Hans-Georg / Giesecke, Dana (Hrsg.): KlimaKulturen. Soziale Wirklichkeiten im Klimawandel. Frankfurt/Main. S. 145-160.

Nohl, Werner (2001): Landschaftsplanung. Ästhetische und rekreative Aspekte. Hannover.

Osterburg, Bernhard (2010): Die Europäische Agrarpolitik und ihr Einfluss auf die künftige Landschaftsentwicklung. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Landschaften 2030 – Der große Wandel. BfN-Skripten 284. Bonn. S. 85-93.

Pascher, Peter (2012): Landschaften 2030 – Wünsche, Visionen und Realitäten aus Sicht der Landwirtschaft. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Landschaften 2030 – Erlittener Wandel – Gestalteter Wandel. BfN-Skripten 314. Bonn. S. 25-33.

Perpeet, Markus (1992): Landschaftserlebnis und Landschaftsgestaltung. Freiburg im Breisgau.

Reheis, Fritz (2006): Entschleunigung: Abschied vom Turbokapitalismus. München.

Reichmuth, Matthias (2010): Erneuerbare Energien – Fortentwicklung und neue Technologien. In: Bundesamt für Naturschutz, Hrsg. (2010): Landschaften 2030 – Der große Wandel. BfN-Skripten 284. Bonn. S. 50-60.

Schäfer, Benjamin (2002): Nordhessen – Von der Region zur Destination. Hofgeismar.

Schmied, Martin / Götz, Konrad / Kreilkamp, Edgar et al. (2009): Traumziel Nachhaltigkeit. Innovative Vermarktungskonzepte nachhaltiger Tourismusangebote für den Massenmarkt. Heidelberg.

Stiftung für Zukunftsfragen (Hrsg.) (2012): Tourismusanalyse 2012. Hamburg.

Strasdas, Wolfgang (2012): Ländlicher Tourismus und Klimawandel. In: Rein, Hartmut / Schuler, Alexander (Hrsg.): Tourismus im ländlichen Raum. Wiesbaden. S. 343-365.

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Forschungsbericht 201 41 253. Reihe Climate Change, 08/05. Dessau.

UNWTO (World Tourism Organization) / UNEP (United Nations Environment Programme) (2008): Climate Change and Tourism. Responding to Global Challenges. Madrid.

Wöbse, Hans (2002): Landschaftsästhetik. Stuttgart.

Wöhler, Karlheinz (2011): Touristifizierung von Räumen. Kulturwissenschaftliche und soziologische Studien zur Konstruktion von Räumen. Wiesbaden.

World Wide Fund for Nature (WWF) / Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (FUR) (2009): Der touristische Klima-Fußabdruck. Hamburg.

Zeiher, Helga (2008): Entschleunigung durch Zeitpolitik? In: Erdmann, Karl-Heinz /Eilers, Susanne / Job-Hoben, Beate / Wierbinski, Norbert: Naturschutz und Gesundheit: Eine Partnerschaft für mehr Lebensqualität. Bundesamt für Naturschutz. Bonn. S. 199-209.

Zeitungsartikel /Pressemitteilungen

Hochschule München (HM) (2011): Klimaneutral ist kein Verkaufsargument. Pressemitteilung der Fakultät für Tourismus. 27.04.2011. http://www.hm.edu. Zugriff: 14.12.2012.

Hessische/Niedersächsische Allgemeine (HNA) (2012): Im Sommer bleibt mehr Wasser im Edersee für den Tourismus. 23.03.12. http://www.hna.de. Zugriff: 14.12.2012.

TUI AG (2011): Urlaubstrends 2012: Individuell, nachhaltig, organsiert. 18.12.2011. http://www.tui-deutschland.de. Zugriff: 14.12.2012.

Mündliche Quellen

Lenarduzzi, Marco (Geschäftsführer / Forstamtsrat Naturpark Meißner – Kaufunger Wald). Mündlich 19. 10 2011.

Sicherstellung ambulanter Pflege in ländlichen Regionen bei Extremwetterereignissen

Beate Blättner, Sascha Georgy, Henny Annette Grewe

Übersicht

1 Einleitung ... 267
2 Bevölkerungsentwicklung in ländlichen Regionen ... 268
2.1 Bundesweite Prognosen ... 268
2.2 Ländliche Regionen Nordhessens ... 269
2.3 Auswirkungen auf mobile Dienste ... 270
3 Vulnerabilität mobiler Versorgung gegenüber Extremwetter-ereignissen ... 271
4 Zielsetzung und Vorgehen ... 275
5 Ausgangslage: Geringe Risikowahrnehmung und situative Lösungskonzepte ... 277
5.1 Situation der Pflegedienste ... 277
5.2 Sichtweisen kommunal Verantwortlicher ... 279
6 Anpassungskonzept für mobile Dienste ... 281
6.1 Sensibilisieren und qualifizieren ... 281
6.2 Frühwarnsystem einsetzen ... 282
6.3 Versorgungstriage durchführen ... 282
6.4 Einsatzplanung anpassen ... 285
6.5 Kooperationsverträge abschließen ... 286
6.6 Risikomanagement einführen ... 287
7 Anpassungsmaßnahme in einer ländlichen Gemeinde ... 287
8 Einordnung und Übertragbarkeit der Ergebnisse ... 290
9 Ausblick ... 293
Literatur ... 294

1 Einleitung

Im Januar 2007 wurden aufgrund des Orkan Kyrills in Deutschland Schulen, Universitäten und Unternehmen geschlossen, der Zugverkehr stillgelegt, Flüge gestrichen und Autobahnen gesperrt. Die Bevölkerung wurde aufgefordert aus Sicherheitsgründen die Wohnung nicht zu verlassen. Stürme, Überschwemmungen, Eis-

regen oder Flächenbrände können Straßen für mehrere Tage unpassierbar machen, die Stromversorgung unterbrechen und Kommunikationsnetze beeinträchtigen.

Der Klimawandel, mit ihm die prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen und damit möglicher regionaler Beeinträchtigungen der Infrastruktur, trifft in Deutschland auf eine sich verändernde Bevölkerungsstruktur. Die Zunahme des Anteils hochaltriger und pflegebedürftiger Menschen in ruralen Räumen mit vulnerabler Infrastruktur und schrumpfenden sozialen Netzen macht ein Szenario möglich, in dem die Aufrechterhaltung ambulanter pflegerischer Versorgung bei Extremwetterereignissen ein gesellschaftlich relevantes Thema werden kann. Wirksame Strategien der Anpassung an den Klimawandel müssen die Bevölkerungsentwicklung berücksichtigen.

2 Bevölkerungsentwicklung in ländlichen Regionen

2.1 Bundesweite Prognosen

Nach der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung[1] wird die Bevölkerung in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten um mehr als zehn Millionen Menschen schrumpfen. Der Anteil der hochaltrigen Menschen (über 75 Jahre) wird bis zum Jahr 2060 von heute 9% je nach Modellannahmen auf 18% bis zu 24% steigen. Wanderungsbewegungen werden zu einer Verdichtung der Bevölkerung in zum Teil insulären Ballungsräumen führen, während vor allem in den ländlichen Räumen die Bevölkerungsdichte deutlich abnehmen wird.

In nahezu allen Regionen mit abnehmender Bevölkerungsdichte wird der Rückgang an jungen Menschen besonders ausgeprägt sein, während der Anteil älterer (über 65 Jahre) und hochaltriger Menschen steigen wird. Die deutliche Erhöhung des Anteils Hochaltriger lässt einen Anstieg des Anteils Pflegebedürftiger vermuten,[2] da die Wahrscheinlichkeit von Pflegebedürftigkeit mit steigendem Alter zunimmt: Von den 65-70 Jährigen waren im Jahr 2009 2,7% pflegebedürftig, weniger als im Durchschnitt aller Altersgruppen (2,9%). Bei den 70-75 Jährigen waren mit 4,7% bereits mehr pflegebedürftig als im Schnitt aller Altersgruppen. Die Pflegequote der 75-80 Jährigen betrug 9,9%, die der 80-85 Jährigen 19,9% und die der 85-90 Jährigen 38%. Bei den über 90 Jährigen erreichte die Pflegequote 59,1%.[3]

Ländliche Regionen könnten sich demnach künftig dadurch auszeichnen, dass in Relation zur gesamten Bevölkerung viele ältere und hochaltrige Menschen, die teilweise aufgrund körperlicher oder kognitiver Einschränkungen wenig mobil

1 Statistisches Bundesamt 2009.
2 Gerlinger, Röber 2009.
3 Statistisches Bundesamt 2012: 126, Tabelle 4.1.11.

und auf Hilfe angewiesen sind, ggf. ohne familiäres Umfeld und ohne soziale Netzwerke jüngerer Menschen, relativ isoliert in Gegenden wohnen, die infrastrukturell nur schlecht erschlossen sind.

2.2 Ländliche Regionen Nordhessens

Das Zukunftsszenario wenig dicht besiedelter, überalternder ländlicher Räume ist in Teilen der ländlichen Regionen Nordhessens bereits annähernd erfahrbar. Der Regierungsbezirk Kassel ist insgesamt weniger dicht besiedelt als der hessische Durchschnitt, weist aber mit Kassel und dem osthessischen Fulda auch dichter besiedelte städtische Räume auf. Am wenigsten dicht besiedelt waren 2011 in der Region der Landkreis Waldeck-Frankenberg und der Werra-Meißner-Kreis, der westlichste und der östlichste Landkreis Nordhessens (Tabelle 1).

	Werra Meißner Kreis	Waldeck-Frankenberg	Reg.-Bez. Kassel	Hessen
Einwohner/qkm	101	87	147	289
Einwohnerzahl im Vergleich zum 25.05.1987	- 8,3%	+ 7,1%	+ 4,8%	+ 10,6%
Einwohnerzahl im Vergleich zum 31.12.2010	- 0,6%	- 0,8%	- 0,3%	+ 0,4%
Anteil der über 65 Jährigen	24,2%	21,9%	21,9%	20%
Anteil der über 75 Jährigen (2009)	14,5%	13,3%	12,9%	11,1%

Tabelle 1: Bevölkerung zum Stichtag 31.12.2011, Vergleich der Landkreise Werra Meißner und Waldeck-Frankenberg mit dem Regierungsbezirk Kassel und dem hessischem Durchschnitt.[4]

In den Jahren seit 1987 war die Bevölkerung im Regierungsbezirk Kassel weniger stark gestiegen als in Hessen insgesamt. Während im Landkreis Waldeck-Frankenberg ein Zuwachs zu verzeichnen war, der zwischen den Werten für das Land Hessen und für den Regierungsbezirk Kassel liegt, weist der Werra-Meißner-Kreis in dieser Zeitspanne bereits einen deutlichen Bevölkerungsrückgang auf.

[4] Daten des Statistischen Landesamtes Hessen.

Gegenüber 2010 stieg die Bevölkerung in Hessen 2011 um 0,4%. Im Regierungsbezirk Kassel nahm die Bevölkerung dagegen ab, besonders stark im Landkreis Waldeck-Frankenberg und im Werra-Meißner-Kreis. Während der Bevölkerungsschwund im Landkreis Waldeck-Frankenberg vor allem auf Abwanderung beruhte (-3,1 auf 1.000 Einwohner), war die Ursache im Werra-Meißner-Kreis vor allem die negative Relation zwischen Geborenen und Gestorbenen (-7 auf 1.000 Einwohner.[5]

Der Anteil älterer Menschen ist im Regierungsbezirk Kassel höher als im Landesdurchschnitt. Entsprach der Anteil älterer Menschen im Landkreis Waldeck-Frankenberg dem Durchschnitt des Regierungsbezirkes, so lag er im Werra-Meißner-Kreis deutlich höher. Der Anteil Hochaltriger war 2009 in beiden Landkreisen höher als im Regierungsbezirk und dieser höher als im Landesdurchschnitt. Im Werra-Meißner-Kreis erreichte der Anteil der über 75 Jährigen den für das Bundesgebiet für 2030 prognostizierten Wert von über 14%.[6]

Pflegebedürftig waren 2009 im Landkreis Waldeck-Frankenberg 3,5% der Bevölkerung, weniger als im Durchschnitt des Regierungsbezirkes Kassel mit 4%. Im Werra-Meißner-Kreis wurde mit 4,9% der höchste Wert der Region erreicht.[7]

2.3 Auswirkungen auf mobile Dienste

Aufgrund der eingeschränkten Mobilität eines Teils hochaltriger Menschen könnten mobile Dienste, wie z.B. mobile Einkaufsmöglichkeiten und personennahe Dienstleistungen, an Bedeutung für die Versorgung ländlicher Regionen zu nehmen. Das gilt für ambulante Pflegedienste zumindest dann, wenn es nach dem Willen der Betroffenen geht. Nach einer Forsa Umfrage in 2011 möchten 51% der Befragten zu Hause gepflegt werden, 18% explizit durch eine Pflegekraft. Nur 5% würden eine stationäre Einrichtung wählen.[8]

Wie sich das Szenario schrumpfender und überalternder ländlicher Räume auf den Bedarf an ambulanten Pflegediensten tatsächlich auswirkt, ist letztlich unbekannt. Einerseits ist ein höherer Anteil Pflegebedürftiger mit einem höheren Bedarf an allen Versorgungsarten der Pflege verbunden, auch an ambulanter Pflege. Es wäre andererseits möglich, dass dort, wo in ländlichen Regionen familiäre Netzwerke bereits nicht mehr hinreichend vor Ort existent sind, um die Versorgung Pflegebedürftiger zu gewährleisten, die stationäre Versorgung Pflegebedürftiger alternativlos scheint.

---

5 Hessisches Statistisches Landesamt 2012a: 14-15.
6 Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012: 22.
7 Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012: 22.
8 Forsa 2011: 7.

	stationär	ambulant	durch Angehörige
Waldeck-Frankenberg	30,8%	15,4%	53,5%
Werra-Meißner-Kreis	24,0%	20,0%	55,3%
Stadt Kassel	22,6%	28,9%	46,9%
Regierungsbezirk Kassel	24,5%	20,5%	54,2%

Tabelle 2: Art der Versorgung Pflegebedürftiger in ausgewählten Regionen Nordhessens; Daten der Pflegestatistik 2009,[9] eigene Berechnung.

Die Daten scheinen dies auf den ersten Blick zu bestätigen: Im besonders dünn besiedelten Landkreis Waldeck-Frankenberg bleibt der Anteil Pflegebedürftiger, die durch ambulante Dienste versorgt werden, deutlich unter dem Durchschnitt des Regierungsbezirkes Kassel, im dicht besiedelten Stadtgebiet Kassel liegt der Anteil dagegen deutlich höher. Allerdings zeigt eine Analyse der gesamten Region kein so einheitliches Bild. Der Werra-Meißner-Kreis erreicht z.B. knapp die Daten des Regierungsbezirkes (siehe Tabelle 2).

Trotz noch unklarer Einflussfaktoren auf die Versorgungsart ist aufgrund der demografischen Struktur, aufgrund der gesundheitspolitischen Priorisierung ambulanter vor stationärer Versorgung[10] und der artikulierten Interessenlage älterer Menschen dennoch tendenziell von einer steigenden Nachfrage nach mobilen Diensten, insbesondere nach ambulanten Pflegeleistungen, auszugehen.

Die Dienste werden ihr Personal teilweise in eher städtischen geprägten Mittel- oder Oberzentren rekrutieren, während ihre Klientel auch in entfernteren ländlichen Regionen wohnen wird. Die Wege des Personals zur Klientel sind entsprechend relativ weit und führen über regional verbindende, gering befahrene Straßen.

3 Vulnerabilität mobiler Versorgung gegenüber Extremwetterereignissen

Mit dem Klimawandel wird die Zunahme von Extremwetterereignissen prognostiziert.[11] Hitzewellen sind als Gesundheitsrisiko besonders gut belegbar. Sie verändern die Anforderungen an qualitativ hochwertige Pflege insoweit, als entspre-

9 Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012: 33-34.
10 Vgl. § 3 SGB XI.
11 S. Kap. II: Matovelle, Simon; zudem Kap. II: Katzschner, Kupski.

chende Risiken der Klientel erkannt und präventive Maßnahmen eingeleitet werden müssen.[12]

Eine Unterbrechung der Versorgung durch ambulante Pflegedienste während Hitzewellen ist aber in der Regel nicht zu erwarten – es sei denn Hitze in Verbindung mit extremer Trockenheit führt zu Flächen- und Waldbränden. Dann oder bei weiteren Extremwetterereignissen und deren Folgen wie Starkniederschlag und Überflutungen, Stürme oder auch Eisregen, ist zeitweise die Versorgung durch die mobilen Dienste gefährdet, da Verkehrsverbindungen unterbrochen sein können. Unwetter z.B. ermöglichen teilweise über mehrere Stunden hinweg nicht, dass sich mobile Einsatzkräfte ohne Selbstgefährdung auf den Straßen aufhalten. Verkehrsverbindungen können auch danach noch über Stunden hinweg vollständig blockiert sein. Das Risiko zeitweise unterbrochener Verbindungen ist in ländlichen Regionen höher und die Unterbrechung unter Umständen länger andauernd, da die Wege weiter sind und über regional verbindende, gering befahrene Straßen führen, die bei witterungsbedingten Störungen erst nachrangig für den Verkehr freigeräumt werden. Die Eintrittswahrscheinlichkeit solcher Versorgungsengpässe nimmt mit dem Klimawandel grundsätzlich zu, auch wenn die regionalen Risiken nicht berechenbar sind.[13]

Extremwetterbedingte Unterbrechungen der Versorgung sind hinsichtlich ihres Schadensausmaßes aus gesundheitswissenschaftlicher Sicht dann eher unkritisch, wenn die Versorgung ohne gesundheitliche Gefährdung weitgehend zeitunabhängig erfolgen kann. Sie wird umso kritischer, umso zeitabhängiger die Versorgung aus gesundheitlichen oder ethischen Gründen erbracht werden muss.

So wäre die Unterbrechung der Notfallversorgung bei schweren Verletzungen und Vergiftungen oder akut lebensbedrohlichen Erkrankungen als hochkritisch zu bewerten. Hier könnten im Zweifelsfall einige Minuten über Leben entscheiden. Die vorübergehende Unterbrechung der Versorgung mit Nahrungsvorräten oder der ärztlichen Routineversorgung ist beispielweise weniger kritisch zu sehen, solange sie wenige Tage nicht überschreitet und ein Notfalldienst organisierbar bleibt. Kritisch ist die Unterbrechung der Versorgung wenn die Überbrückung mehrerer Stunden mit erheblichen gesundheitlichen Einbußen oder mit ethisch schwierig zu verantwortenden Situationen verbunden sein kann. Das trifft u.a. für eine regelmäßig zu bestimmten Zeiten zwingend notwendige therapeutische Versorgung von Patienten zu (z.B. Dialyse), für die mobile Versorgung mit Nahrung

12 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
13 S. Kap. II: Matovelle, Simon; zudem Kap. II: Katzschner, Kupski.

(Essen auf Rädern) oder für die pflegerische Versorgung durch einen ambulanten Dienst.

Ambulante Pflegedienste sind selbständig wirtschaftende Einrichtungen, die unter ständiger Verantwortung einer ausgebildeten Pflegefachkraft Pflegebedürftige in ihrer Wohnung pflegen und hauswirtschaftlich versorgen.[14] Die ambulante Pflege erbringt Leistungen, die einmal oder mehrmals täglich zwingend notwendig sind, um Gesundheit und Wohlbefinden pflegebedürftiger Menschen aufrechtzuerhalten und die zumindest teilweise bedingt zeitabhängig erbracht werden müssen. Es handelt sich dabei zum Beispiel um Hilfe bei der Körperhygiene wie dem Waschen oder der Blasen- und Darmentleerung inklusive einer Stoma-Versorgung, bei der mundgerechten Zubereitung oder Aufnahme der Nahrung oder der Nahrungszufuhr über eine perkutane endoskopische Gastrostomie (PEG), beim Aufstehen und Zu-Bett-Gehen oder dem Transfer vom Bett in den Sessel, beim An- und Auskleiden oder beim Gehen und Stehen oder auch bei der Zuteilung und Einnahme von Medikamenten (darunter auch z.B. Insulin-Gabe) oder korrekten Anwendung von therapeutischen Hilfsmitteln (z.B. Kompressionsstrümpfe). Insbesondere allein lebende Pflegebedürftige sind auf diese Leistungen angewiesen, die sich in den Tagesrhythmus der Pflegebedürftigen einfügen müssen bzw. deren Tag strukturieren.

Pflegebedürftig im Sinn der Sozialgesetzgebung in Deutschland ist, wer „wegen einer körperlichen, geistigen oder seelischen Krankheit oder Behinderung für die gewöhnlichen und regelmäßig wiederkehrenden Verrichtungen im Ablauf des täglichen Lebens auf Dauer, voraussichtlich für mindestens sechs Monate in erheblichem oder höheren Maße der Hilfe bedarf".[15] Dieses verrichtungsbezogene Verständnis von Pflegebedürftigkeit ist zwar in Kritik,[16] aber gegenwärtig noch Grundlage der Tätigkeit von Pflegediensten.

Durch den Medizinischen Dienst der Krankenkassen erfolgt eine Einstufung der Pflegebedürftigkeit in drei Stufen: Pflegestufe I ist erreicht, wenn mindestens einmal täglich Hilfe bei mindestens zwei Verrichtungen der Grundpflege notwendig ist und der tägliche Hilfebedarf für die Grundpflege mehr als 45 Minuten beträgt. Bei Stufe II ist mindestens dreimal täglich zu verschiedenen Tageszeiten Hilfe notwendig, der Bedarf an Grundpflege beträgt mindestens zwei Stunden. Bei Stufe III ist rund um die Uhr (d.h. auch nachts) mindestens vier Stunden täglich ein

14 § 71 Abs. 1 SGB XI.
15 § 14 Abs. 1 SGB XI.
16 Deutscher Bundestag 2010, Drucksache 17/3815: 181.

Bedarf an Grundpflege gegeben. Bei allen Pflegestufen kommt ein Mindestbedarf an hauswirtschaftlicher Hilfe hinzu.[17]

Umso höher die Pflegestufe umso unwahrscheinlicher ist, dass die erforderlichen Pflegeleistungen weitgehend zeitunabhängig erbracht werden können. Aber auch Pflegestufe I kann Leistungen enthalten, die zumindest aus ethischen Gründen nur um relativ kurze Zeitspannen verschoben werden können. Zusätzlich notwendige Behandlungspflege, die vom Arzt verordnet wird, (z.B. Gabe von Medikamenten) kann die Zeitabhängigkeit noch unterstreichen.

In Hessen wurden 2011 rund 76% aller Pflegebedürftigen zu Hause versorgt, rund 21% nahmen dabei auch ambulante Dienste in Anspruch. Unter diesen 41.466 professionell ambulant versorgten Pflegebedürftigen waren

- 52,5% in Stufe I,
- 34% in Stufe II und
- 13,5% in Stufe III eingeordnet.[18]

Im Landkreis Waldeck-Frankenberg und im Wera-Meißner-Kreis waren 2009 zusammengenommen 51 Pflegedienste mit 1.001 Beschäftigten für 1.928 Pflegebedürftige zuständig, die mindestens einmal täglich mindestens 45 Minuten durch ambulante Dienste versorgt werden müssen.[19] Überwiegend werden die Pflegebedürftigen zwei- bis dreimal am Tag aufgesucht. Etwa die Hälfte der Pflegebedürftigen muss dreimal und öfter täglich versorgt werden. Damit werden wetterbedingte Unterbrechungen der Versorgung, die einen halben Tag anhalten, bereits zu einem erheblichen Problem.

Typisch für die großen freigemeinnützig tätigen Dienste in beiden Landkreisen ist, dass sie überwiegend zentral in Kommunen angesiedelt sind, da sie historisch aus dem kirchlich getragenen Gemeindeschwesterwesen hervorgingen. Sie legen meist eher kurze Wegstrecken zu ihren Klientinnen und Klienten zurück (3-10 km). Im für Nordhessen typisch ländlichen Bereich kann sich eine Anfahrt aber auch auf 15-20, bis zu 25 km belaufen. Durchschnittlich legen Pflegekräfte von freigemeinnützigen Diensten eine tägliche Wegstrecke von 40-50 km zurück. Pflegekräfte von kleineren freigewerblichen Anbietern fahren täglich 100 km, bisweilen sogar 200 km. Mit der Anzahl der Kilometer steigt die Vulnerabilität gegenüber witterungsbedingten Verkehrshindernissen.

17 § 15 SGB XI.
18 Hessisches Statistisches Landesamt 2012b.
19 Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012: 46.

4 Zielsetzung und Vorgehen

Ausgehend von dieser Vulnerabilitätseinschätzung galt es, Strategien zu entwickeln, wie pflegebedürftige Menschen in ländlichen Regionen bei Unwetterereignissen vor Unterversorgung bewahrt werden können ohne Beschäftigte ambulanter Pflegedienste zu gefährden. Dazu wurde mit einem mehrstufigen, partizipativen Verfahren gearbeitet, das die Leitungen und Beschäftigten der Pflegedienste selbst sowie regionale Entscheidungsträger als aktiven Teil des Handlungsfeldes betrachtet, das den Forschungsgegenstand ausmacht.[20] Pflegedienste haben spezifisches Wissen über die Wegstrecken zu den pflegebedürftigen Personen, über potentielle Gefahrenstellen bei Unwetterereignissen sowie über den Versorgungsbedarf der gepflegten Personen. Sie sind am ehesten in der Lage abzuwägen, welche Maßnahmen für die Aufrechterhaltung der Versorgung realisierbar wären. Regionale Entscheidungsträger können am ehesten beurteilen, welche strukturellen Veränderungen realistisch umgesetzt werden könnten, um die Ziele zu erreichen.

In einem ersten Schritt wurden die oben genannten Landkreise in Nordhessen als aufgrund ihrer demografischen Strukturen exemplarisch gut geeignetes Forschungsfeld identifiziert: beide sind dünn besiedelt, in einem ist stärker Abwanderung, in dem anderen stärker Überalterung zu beobachten. Für die Umsetzung des Forschungsansatzes war es wichtig, dass die Gesprächspartnerinnen und -partner sowie die Diskussionsteilnehmenden prinzipiell die mit den prognostizierten Entwicklungen der Bevölkerung und des Klimas verbundenen Risiken als für sich aktuell bereits relevant erleben konnten. Deshalb wurden Regionen identifiziert, bei denen die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung bereits fortgeschritten ist, und die aufgrund ihrer geographischen Lage und Windverhältnissen Erfahrungen mit Unwetterereignissen wie z.B. Stürmen wahrscheinlich machten.

Im zweiten Schritt wurden mit 32 Personen aus ambulanten Pflegediensten der identifizierten Regionen, davon zehn aus dem Landkreis Waldeck-Frankenberg, 16 aus dem Werra-Meißner-Kreis und sechs überregional aus Nordhessen, Interviews und Gruppendiskussionen geführt. Diese bezogen sich auf die Wahrnehmungen, Erfahrungen und Einstellungen, die Leitungen von ambulanten Pflegediensten sowie dort Beschäftigte zur Versorgung bei Unwetterereignissen haben. 26 Gesprächspartnerinnen und -partner waren Leitungspersonen, von denen 17 auch aktuell noch selbst in der ambulanten Pflege tätig sind. Bei sieben lagen die persönlichen Pflegeerfahrungen etwas länger zurück, zwei hatten keine eigenen

[20] Meuser/Nagel 1991.

Erfahrungen (kaufmännische Leitung). Sechs Personen waren Beschäftigte in ambulanten Pflegediensten ohne Leitungsfunktion.

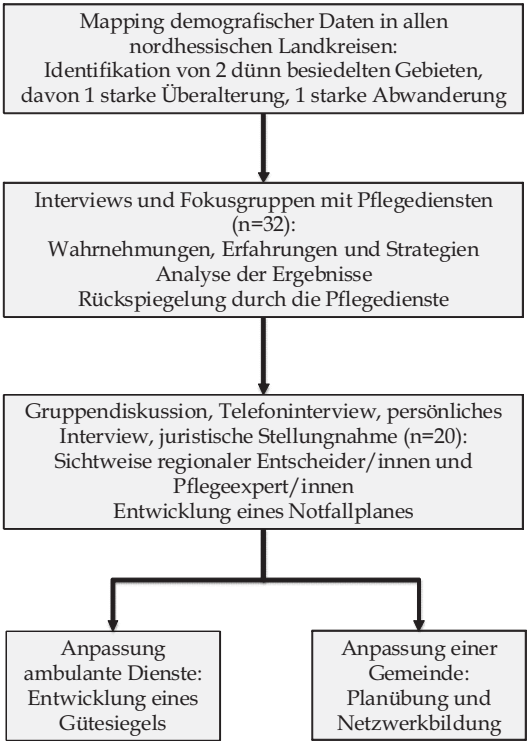


Abb. 1: Mehrschrittiges, partizipatives Verfahren der Entwicklung von Lösungsstrategien.

Freigewerbliche und freigemeinnützige Pflegedienste waren in etwa gleichem Umfang vertreten. In den beteiligen Pflegediensten waren, in Vollzeitäquivalenten ausgedrückt, drei bis über 60 Pflegekräfte beschäftigt. Die kleineren Dienste (drei-fünf Pflegekräfte) versorgen ca. 20-30 Klientinnen und Klienten, die großen Dienste bis zu 540. Die Ergebnisse des Analyseprozesses wurden den Pflegediensten mit der Bitte um Ergänzungen, Korrekturen oder andere Anmerkungen zurückgespiegelt.

Auf dieser Basis erfolgten im dritten Schritt drei Gruppendiskussionen in beiden Landkreisen, ergänzt durch zwei Interviews (telefonisch und persönlich) mit insgesamt 20 kommunal Verantwortlichen aus den Ressorts

- Gefahrenabwehr,
- Seniorenbetreuung,

- öffentlicher Gesundheitsdienst und
- Klimaanpassung

sowie Sachverständigen für

- Katastrophenschutz,
- Pflegeversicherung und
- Pflegewissenschaft.

Zunächst wurde der Problemhintergrund veranschaulicht, dann die Ergebnisse der vorangegangenen Schritte, inklusive der vorausgegangen Workshops, zur Diskussion gestellt. Ergänzend wurden zwei schriftliche Stellungnahmen zu Rechtsfragen eingeholt.[21] In diesem Schritt konnten die entwickelten Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet und verfeinert werden.[22] Der dritte Workshop mit Pflegeexpertinnen diente primär der Validierung der weitergehenden, literaturgestützten Überlegungen zur Versorgungstriage.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde im vierten Schritt die Umsetzung in zwei Richtungen verfolgt:

1. Die Anpassung der Pflegedienste an den Klimawandel sollte über die Entwicklung eines Qualitätssiegels forciert werden.
2. Zur Anpassung in der Kommune sollte einer Netzwerkbildung angeregt und anhand einer Planübung die regionale Notfall-Versorgung geklärt werden.

5 Ausgangslage: Geringe Risikowahrnehmung und situative Lösungskonzepte

5.1 Situation der Pflegedienste

Bei den Pflegediensten war die Wahrnehmung für die Risiken von Unwetterereignissen wenig ausgeprägt, obwohl durchgängig einschlägige Erfahrungen vorlagen. So wurden zum Beispiel die Erinnerungen an den Orkan Kyrill im Januar 2007 relativiert, indem dieser als Ausnahmesituation bewertet wurde, deren Wiederholung mehr als unwahrscheinlich ist. Wintereinbrüche mit den Risiken Glatteis, Eisregen und Schneeverwehungen wurden am ehesten als wetterbedingte Versorgungsrisiken wahrgenommen, weil sie regelmäßig wiederkehren. Es ist davon auszugehen, dass in der Erhebung aufgrund des Feldzugangs die tatsächliche Sensibilität noch eher überschätzt wurde.

[21] S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.
[22] Vgl. Blättner, Georgy 2011.

Die in die Analyse einbezogenen ambulanten Pflegedienste verfügten nicht über geeignete Notfallpläne, die bei extremen Witterungsbedingungen die Versorgung strukturieren und dabei die Sicherheit der Pflegefachkräfte ausreichend gewährleisten können. Zwar wurden in den erinnerten und erzählten Situationen Lösungen entwickelt, diese beruhten aber eher auf intuitiven und situativen Entscheidungen und wurden auch nachträglich nicht auf ihre Auswirkungen hin evaluiert. Erinnert wurden sowohl Situationen, in denen Pflegeleistungen nicht erbracht werden konnten, als auch Situationen, in denen es zu einer konkreten Gefährdung der Beschäftigten gekommen war. Auch der Ausfall von Kommunikationsmitteln, mit denen Hilfe organisierbar gewesen wäre, wurde erinnert.

Standardmäßig tragen Pflegekräfte relevante Daten ihrer Klientel bei sich. Die offizielle Pflegedokumentation muss bei den Pflegebedürftigen verbleiben und ist damit auch dem Ersatzpersonal grundsätzlich zugänglich. Sofern sie die Versorgung aus irgendwelchen Gründen nicht erbringen können, benachrichtigen Pflegekräfte die Pflegedienstleitung telefonisch. Sie halten auch mit Pflegebedürftigen und Angehörigen telefonisch engen Kontakt und aktivieren deren persönliches Netzwerk, sofern vorhanden. Die Entscheidungen über die Ersatzversorgung fallen situativ nach persönlicher Einschätzung.

Unter den Pflegediensten hat sich trotz erinnerter Ausnahmen eine professionelle Haltung etabliert, nach denen die ambulante Pflege „bei jedem Wetter fährt", allenfalls Neulinge lassen sich vom Wetter beeindrucken. Diese Grundhaltung entspricht der Rechtslage,[23] nach der Pflegedienste mit dem Dienstvertrag die Verantwortung für die Versorgung übernehmen.[24] Ihre Leistungspflicht entfällt nur dann, wenn sie unmöglich ist.[25] Zwar kann die Leistung in einer nicht vom Dienst verschuldeten Lage verweigert werden soweit diese einen Aufwand erfordert, der in einem groben Missverhältnis zu dem Leistungsinteresse steht.[26] Welche Aufwendungen von den ambulanten Pflegediensten konkret gefordert werden können, um ihre Leistungspflicht zu erfüllen, ist aber am Einzelfall zu prüfen. Würden durch die Nichterbringung der Pflegeleistung Leib und Leben einzelner Klientinnen und Klienten akut gefährdet, so könnte ein Leistungsverweigerungsrecht der ambulanten Pflegedienste kaum angenommen werden. Bestehen Ausweichmöglichkeiten, müssen diese wahrgenommen werden.[27]

23 S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.
24 § 611 Abs. 1 BGB.
25 § 275 Abs. 1 BGB.
26 § 275 Abs. 2 BGB.
27 Roßnagel, Weidlich 2010.

Zu denken ist etwa an die Beauftragung Dritter, wie andere ambulante Pflegedienste oder private Unterstützer, die nicht von der Verkehrsblockade betroffen sind. Gerade diese Kooperation mit Dritten schien für die Dienste aber nur im Ausnahmefall denkbar zu sein, da sie mit anderen Pflegediensten in einem Konkurrenzverhältnis stehen. Unterschiedliche Rechtsformen und vermutete Wettbewerbsverzerrungen durch die finanzielle Unterstützung konfessioneller Träger, vermutete qualitative Unterschiede in der Versorgung, insbesondere Annahmen über weniger gut qualifiziertes Personal, wurden als Argumente angeführt.

Pflegedienste setzten in ihren Strategien und Vorschlägen auf eine bessere Unterstützung durch das Technische Hilfswerk, die Feuerwehr, die Polizei oder Rettungszentralen, die Wege frei räumen und über freie Wegstrecken informieren sollten. Auch ehrenamtliche Unterstützung durch regionale Forst- oder Landwirtschaft und deren geländegängige Fahrzeuge war für sie grundsätzlich vorstellbar.

5.2 Sichtweisen kommunal Verantwortlicher

Kommunal Verantwortliche sahen dagegen die Sicherstellung der ambulanten Pflege bei Extremwetterereignissen nicht als erste Priorität. Die Freihaltung größerer Verkehrsverbindungen ging für sie vor. Auch wenn Behörden und Hilfeleistungsorganisationen mit ausreichender Ausstattung an Ressourcen sowie stimmiger Vorsorgeplanung auf extreme Witterungsbedingungen vorbereitet sind, wird es ihnen bei Großschadensereignissen nicht hinlänglich möglich sein, kritische Infrastrukturen aufrecht zu erhalten.

Rechtlich gesehen liegt dann ein Katastrophenfall vor, wenn Leben und Gesundheit der Bevölkerung oder Sachwerte in ungewöhnlichem Maß gefährdet sind und deshalb der gemeinsame und koordinierte Einsatz vieler Einrichtungen des Katastrophenschutzes notwendig ist.[28] In diesem Fall wären Land und Landkreise für die Gefahrenabwehr zuständig. Diese Gefahrenschwelle wird nicht schon dadurch erreicht, dass Pflegebedürftige nicht hinreichend versorgt werden können. Tritt der Katastrophenfall ein, wäre wiederum die Versorgung Pflegebedürftiger nicht prioritär zu bewerten. Die vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe vorgegebenen Methodik der Bestimmung des Schadensausmaßes in der Risikoanalyse[29] würde eine Priorisierung der Sicherstellung ambulanter Versorgung gegenüber anderen Maßnahmen zur Schadensbekämpfung nicht zulassen, da für ambulante Pflege relevante Kriterien darin nicht hinreichend erfasst sind.

[28] S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.
[29] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2010: 29-38.

Unterhalb der beschriebenen Gefahrenschwelle, auch bei Großschadensereignissen, ist die Gemeinde für die Hilfe bei Notlagen zuständig. In jeder Gemeinde muss eine Feuerwehr vorhanden sein, die Maßnahmen treffen muss, um Notlagen der Allgemeinheit und von Einzelnen, insbesondere durch Naturereignisse und Gefahren für die Gesundheit, abzuwenden. Eine Gefährdung der Versorgung Pflegebedürftiger könnte grundsätzlich als eine solche Maßnahme verstanden werden. Die notwendigen Maßnahmen stehen aber im Ermessen der Feuerwehr und hängen insbesondere von den zur Verfügung stehenden Kapazitäten ab.

Im Werra-Meißner-Kreis erschien die Rettungsleitstelle grundsätzlich als ein wichtiger Kooperationspartner im Rahmen eines Handlungsplans zur Sicherstellung der ambulanten Versorgung bei Unwetter, da sie die Pflegedienste bei Folgen von Extremwetterereignissen über die Zugänglichkeit von Straßen informieren könnte. Die Meldung gesperrter Straßen an die Leitstelle geschieht im Werra-Meißner-Kreis zeitnah aus dem jeweils aktuellen Verkehrskonzept der Polizei, über das die Leitstelle umgehend in Kenntnis gesetzt wird. Solche Auskünfte werden jedoch nicht systematisch an Pflegedienste weitergeleitet.

Im Landkreis Waldeck-Frankenberg war eine solche zeitnahe Weitergabe von Informationen über die Verkehrslage an die Rettungsleitstelle nicht gegeben. Geoinformationsdienste, die kurzfristig Informationen über die reale Lage von Verkehrsverbindungen zur Verfügung stellen, waren in beiden Regionen nicht etabliert.

Daten zur Anzahl der Pflegebedürftigen nach SGB XI und ihrer Versorgungsart waren auf kommunaler Ebene nicht bekannt, obwohl diese vom statistischen Landesamt auf Kreisebene erhältlich sind. Die Konsequenzen der Nicht-Versorgung schienen nicht plastisch zu sein. Weder Kommunen noch Pflegekassen sahen sich rechtlich in der Verantwortung für die Aufrechterhaltung der ambulanten pflegerischen Versorgung.

Als notwendige Anpassungsleistungen wurden von kommunalen Experten aus dem Bereich Katastrophenschutz und Gefahrenabwehr der Selbstschutz und die Selbsthilfe ausgemacht. Pflegebedürftige ohne familiäre Netzwerke könnten bei Extremereignissen durch ein Netzwerk organisierter Nachbarschaftshilfe unterstützt werden, um eine mögliche Versorgungslücke abzufedern.

Ausgehend von dieser Analyse der bestehenden Einschätzungen und Erfahrungen wurde ein Anpassungskonzept entwickelt, das zwei Akteure im Blick hat: primär die mobilen Dienste selbst, die rechtlich die Verantwortung tragen, und sekundär Nachbarschaftshilfe in der Gemeinde, da auch mit dem besten Anpassungskonzept ggf. nicht alle Pflegebedürftigen im Notfall vom Pflegedienst erreicht werden können.

6 Anpassungskonzept für mobile Dienste

6.1 Sensibilisieren und qualifizieren

Verantwortlich für die Anpassung mobiler Dienste an den Klimawandel ist deren Leitung. Ambulante Pflegedienste können kaufmännisch geführt werden, bedürfen aber für ihre Anerkennung nach SGB XI einer ausgebildeten Pflegefachkraft, die die pflegerische Leitung übernimmt. Für die Anerkennung als verantwortliche Pflegefachkraft sind neben dem Abschluss einer Ausbildung in einem Pflegefachberuf eine praktische Berufserfahrung von mindestens zwei Jahren sowie der erfolgreiche Abschluss einer Weiterbildungsmaßnahme für leitende Funktionen von mindestens 460 Stunden erforderlich.[30] Pflegefachkräfte, die weiterbildend Pflegemanagement studiert haben, zählen hierzu.

Eine Strategie der Qualifizierung für die Klimaanpassung wäre entsprechende Qualifizierungsmodule für Weiterbildung und Studium zu entwickeln oder davon unabhängig Fortbildungsmaßnahmen für Pflegedienstleitungen auf dem freien Markt anzubieten. Zentrale Themen sind Risikobewertung der Folgen des Klimawandels, Möglichkeiten zur Anpassung unter Zuhilfenahme bereits etablierter Standards und Notfallmanagement für Pflegedienste. Entsprechende Qualifikationsbedarfe wurden formuliert und entsprechende Module vom Institut für Berufsbildung im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Kassel entwickelt.[31]

Allerdings sprach die noch geringe Sensibilität der Zielgruppe dafür, eine Strategie zu entwickeln, die einen zusätzlichen Benefit mit dem Wissenserwerb verbindet. Ein Qualitätssiegel schien als ein solcher Benefit vorstellbar und hat zudem den Vorteil, eine Vorbereitung auf Berufsbildung alle Extremwetterereignisse, einschließlich Hitzewellen, integrieren zu können. Die Bewerbung des Qualitätssiegels übernimmt zugleich die Funktion der Sensibilisierung. Fachliche Anforderungen an die Vergabe des Qualitätssiegels unter dem Szenario durch Extremwetterereignisse erschwerter ambulanter pflegerischer Versorgung werden im Folgenden formuliert. Das inhaltlich validierte, an Kompetenzprofilen orientierte Qualitätssiegel wurde exemplarisch in einem nordhessischen Pflegedienst implementiert.[32]

30 § 71 Abs. 3 SGB XI.
31 S. Kap. III: Neuschäfer.
32 S. Kap. III: Neuschäfer.

6.2 Frühwarnsystem einsetzen

Um im Notfall handlungsfähig zu sein, ist es für mobile Dienste jeder Art sinnvoll, so früh wie möglich Wetterrisiken der Region zu kennen und damit Vorbereitungen für den Eventualfall treffen zu können. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) bietet einen kostenlosen Newsletter-Dienst, der es ermöglicht, sowohl Hitzewarnungen wie auch Unwetterwarnungen für einen oder mehrere Landkreise per E-Mail zu beziehen.[33]

Diesen Service zu nutzen setzt voraus, dass die Dienste mit Internetzugang ausgestattet sind. Faxabrufe sind nur für die Zuständigkeitsbereiche der Regionalzentralen, nicht auf Landkreisebene möglich. Für die schnelle Kommunikation innerhalb des Dienstes sollten die Beschäftigten Handys bei sich tragen, was die Regel ist.

Gewarnt wird vom DWD vor Sturm, Gewittern, Starkregen, Dauerregen, aber auch Nebel, Schneefall, Glatteis und Tauwetter. Es kann gewählt werden, vor welchen Ereignissen in welcher Intensität gewarnt werden soll. Ein Notfallplan ist nur bei Ereignissen mit hoher Intensität notwendig; in den anderen Fällen ist eine stärkere Aufmerksamkeit auf den Wegen hinreichend. Allerdings bezeichnen Warnungen nur wahrscheinliche Risiken, eine zuverlässige Aussage zum Eintreten eines Ereignisses ist nicht möglich. Die tatsächliche Lage muss unter Beobachtung der Wetterentwicklung abgeschätzt werden, Fehlentscheidungen bleiben möglich.

Für eine eventuell notwendige Überarbeitung der Routenplanung wäre es hilfreich, die Zugänglichkeit von Verkehrsverbindungen zeitnah zu kennen. Hier sind Pflegedienste auf regionale Unterstützungsstrukturen angewiesen. Eine Kooperation vernetzter Pflegedienste mit den Rettungs-Leitstellen und der Polizei der Region böte sich an.

6.3 Versorgungstriage durchführen

Bei Unwetterereignissen ist zu erwarten, dass die Entfernungen zur Klientel, wenn überhaupt, nur mit erhöhtem Zeitaufwand bewältigt werden können. Deshalb sollte anhand fachlich und ethisch nachvollziehbarer Fragen eine Versorgungstriage durchgeführt werden: Es muss entschieden werden,

- welche Versorgung prinzipiell im Notfall an ggf. telefonisch supervidierte Angehörige oder Nachbarschaft delegierbar ist,
- welche Versorgung über welchen maximalen Zeitraum verschiebbar sein könnte und

[33] www.dwd.de/newsletter.

- welche Versorgung zwingend unmittelbar durch den Pflegedienst wahrgenommen werden muss.

Dazu müssen vorbereitend bereits beim ersten Kontakt zu Pflegebedürftigen Informationen über die Alltagskompetenz, über das soziale Umfeld, über pflegespezifische Risiken sowie die Notwendigkeit von Behandlungspflege im Pflegeassessment erhoben werden. Diese Informationen müssen permanent aktuell gehalten werden.

Die Pflegestufe nach SGB XI ist kein angemessenes Entscheidungskriterium, da hier alleine der zeitliche Umfang des Unterstützungsbedarfes entscheidet, nicht die Dringlichkeit in Notfällen.

Die in den interviewten Einrichtungen überwiegend beschriebenen eher intuitiven Notfallstrategien beruhten auf der Einschätzung, dass Maßnahmen der Grundpflege potentiell verschiebbar sind, insbesondere die Körperpflege. Als nicht verschiebbar galten Maßnahmen der Behandlungspflege, d.h. ärztlich verordnete Mithilfe bei therapeutischen Interventionen. Als entscheidendes Kriterium trägt dies so allerdings nicht hinreichend, da auch Grundpflege nicht verschiebbare Elemente enthält.

Im Abgleich mit pflegewissenschaftlicher Literatur kann ein alternatives Vorgehen entwickelt werden, das von dem Ansatz der Activities of Daily Living (ADL) ausgeht. Der Ansatz bemisst alltägliche Fähigkeiten, die für eine selbständige Lebensführung notwendig sind.[34] Der ADL-Index erhebt den Grad der Unabhängigkeit.[35] Die Einordnung persönlicher Ausprägungsgrade der ADL dient der Festlegung von Hilfebedarf, als Ausgangsgröße für Versorgungsplanung, der Evaluation therapeutischer, rehabilitativer und präventiver Maßnahmen, der Hilfe bei Interventionsentscheidungen, der Evaluation von Hilfe- und Dienstleistungsangeboten und als Screening-Variable zur Identifikation von Risikogruppen für physische und psychische Beeinträchtigungen.[36] Demnach lassen sich die Aspekte der ADL-Systematik bei der Notfallplanung grundsätzlich nutzen um abzuwägen, ob und inwieweit ein pflegebedürftiger Mensch imstande ist, unabhängig und eigenverantwortlich zumindest einfache Alltagsaktivitäten auszuführen und nicht versorgte Zeitspannen zu überbrücken. Der Grad der Abhängigkeit und der Einschränkungen im eigenverantwortlichen Handeln könnten ein Maßstab für die mögliche Verschiebbarkeit der Versorgung sein.

[34] Baltes et al. 2010.
[35] Büscher, Wingenfeld 2008; Schneekloth, Wahl 2008.
[36] Brandenburg 1996, zit. nach Büscher, Wingenfeld 2008.

Hilfe- und Pflegebedürftigkeit ist als mehrdimensionales, multideterminiertes Geschehen einzuordnen und nicht nur direkte Folge spezifischer Grunderkrankungen. Als Risikofaktoren für den Bedarf an Hilfe und professioneller Pflege gelten: die Beeinträchtigung der Motorik, der allgemeinen Beweglichkeit und Mobilität sowie kognitive Einschränkungen, d.h. Einschränkungen der fluiden Intelligenz.[37] Im Rahmen der Berliner Altersstudie wurde die Alltagskompetenz an einer repräsentativen Stichprobe hochaltriger Menschen im Alter von 70 bis über 100 Jahren erforscht.[38] Selbstpflegekompetenzen sind danach am ehesten erfolgreich, wenn keine hirnorganischen Veränderungen vorliegen und Sicherheit bei Gleichgewicht und Gang besteht.[39]

In der Folge sind pflegebedürftige Menschen mit hirnorganischen Leistungsstörungen oder Unsicherheiten beim Stehen und Gehen im Notfall prioritär zu versorgen. Pflegebedürftige, die laut pflegerischem Assessment eigenständig stimmige Entscheidungen treffen können, ggf. telefonisch angeleitet werden können und sich, zumindest in ihrer Wohnung, relativ sicher fortbewegen können, können für die Grundpflege eher Hilfe organisieren oder sich selbst in begrenztem Umfang helfen und so eher Zeiten ohne professionelle Hilfe überbrücken.
Über die Notwendigkeit, behandlungspflegerischer Maßnahmen, wie z.B. die Verabreichung von Medikamenten zeitnah zu erbringen, zu verschieben oder auszusetzen, entscheidet prinzipiell die behandelnde Ärztin oder der behandelnde Arzt. Die als Behandlungspflege verordnungsfähigen Leistungen können grundsätzlich von der Pflege in zeitlich nicht und wenig variabel sowie zeitlich in Grenzen variabel eingeordnet werden. Schon aus haftungsrechtlichen Gründen ist aber die Rücksprache dann sinnvoll, wenn der Zeitrahmen der Maßnahmen ärztlich vorgegeben ist.

Ein entscheidendes Kriterium ist die Verfügbarkeit eines sozialen Netzwerkes in unmittelbarer Nähe, das ausreichend kompensieren kann, wenn einige Einschränkungen vorliegen. Leitend für eine kurzfristige Delegation sind die zeitnahe Verfügbarkeit der potentiell unterstützenden Personen sowie die zu übernehmende Versorgungsleistung und die erforderlichen Kompetenzen. Eine entsprechende telefonische Supervision kann unterstützen. Aus haftungsrechtlichen Gründen sollte eine Delegation an das soziale Netz allerdings nur dann erfolgen, wenn sich der Pflegedienst bereits im Vorfeld davon überzeugt hat, dass die entsprechende Person hinreichend kompetent ist, Maßnahmen notfalls übernehmen zu können.[40]

---

37 Schneekloth, Wahl 2008.
38 Baltes et al. 2010.
39 Vgl. auch Thieme 2008.
40 § 831 Abs. 1 BGB.

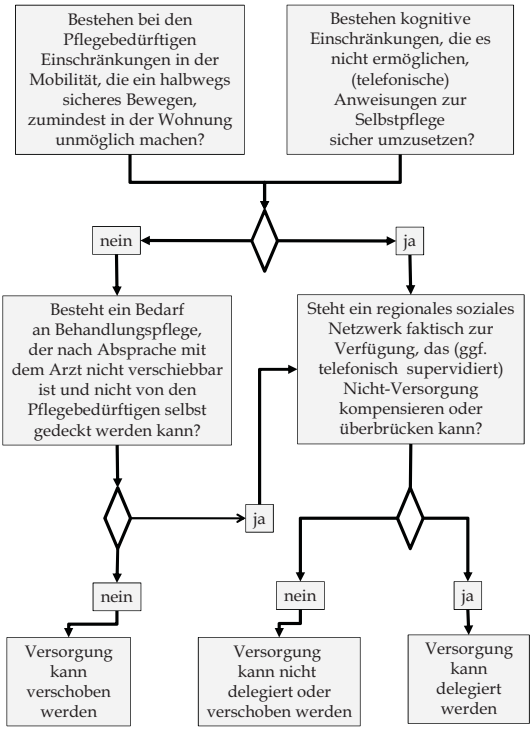


Abb. 2: Versorgungstriage bei Unwetterereignissen.

Mit den Fragen nach der Mobilität, nach kognitiven Einschränkungen, nach zeitkritischer Behandlungspflege und einem faktisch verfügbaren sozialen Netzwerk lässt sich in der Versorgungstriage die Dringlichkeit einer zeitnahen Versorgung durch den Pflegedienst versus einer Delegierbarkeit im zu überbrückenden Zeitraum oder Verschiebbarkeit der pflegerischen Leistungen klären, sofern dies im Vorfeld gut vorbereitet ist. Dies kann helfen, die Versorgung im Notfall zu strukturieren, es entlastet die ambulanten Dienste allerdings nicht grundsätzlich von persönlich kritischen Situationen.

6.4 Einsatzplanung anpassen

Aus der Versorgungstriage – und idealerweise der Information über die Straßenlage – ergibt sich die Möglichkeit einer der Notfallsituation angepassten Routenplanung. Die Personalplanung muss dabei dem Bedarf entsprechend angepasst sein und berücksichtigen, dass Wegezeiten sich deutlich verlängern können, weil Hindernisse erst überbrückt oder erhebliche Umwege in Kauf genommen werden

müssen. Sie muss zudem Innendienstpersonal vorsehen, das mit den Personen Kontakt aufnimmt, deren Versorgung verschoben oder delegiert wird. Versorgungstriage, Routenplanung und Personalplanung ergeben zusammen die Umsetzung des Notfall-Einsatzplans.

Zur Realisierung müssen in den Pflegediensten Rahmenbedingungen und Verantwortlichkeiten definiert werden und im Vorfeld Informationen systematisch gesammelt werden, die dann im Fall eines Unwetterereignisses schnell zur Verfügung stehen können. Die Informationen müssen einfach abrufbar sein. Dazu wäre es sinnvoll, die relevanten Daten unter Beachtung datenschutzrechtlicher Regelungen elektronisch vorzuhalten. Die Pflegedienstleitung gibt dann die relevanten Informationen dem jeweils eingesetzten Personal frei. Allerdings muss auch berücksichtigt werden, dass in spezifischen Krisensituationen digitale Kommunikationsnetzwerke zeitlich befristet zusammenbrechen können. Es muss also sichergestellt werden, dass jeder weiß, was zu tun ist, wenn das Kommunikationsnetz ausfallen sollte.

Da die erforderlichen Teilschritte jeweils der Vorbereitung bedürfen, bietet sich an, einen innerinstitutionellen Notfallplan als Teil des Qualitätsmanagements der Pflegedienste zu entwickeln und für die Entscheidung im Notfall relevante Informationen aktuell und transparent zu halten. Innerinstitutionelle Notfallpläne werden von der Praxis als wichtig erachtet, sind bislang aber nicht verbreitet.

Notfallpläne sollten so ausgelegt sein, dass sie bei wahrscheinlich gegenwärtig erfahrbaren Ereignissen (Blitzeis, Schneestürme, schwere Gewitter etc.) zum Einsatz kommen können und so Routinen etabliert und evaluiert werden können, mit denen eine Vorbereitung auf die Folgen des Klimawandels erreicht wird. Sie schließen eine Bewertung der Schwere und vermutlichen Dauer der Beeinträchtigung ein.

6.5 Kooperationsverträge abschließen

Im Rahmen der Triage stellt sich auch die Frage, ob bestimmte Versorgungssituationen besser durch einen kooperierenden Pflegedienst übernommen werden können, der kürzere Wege hat oder die Klientinnen und Klienten über ein weniger stark beeinträchtigtes Wegesystem erreichen kann. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn Pflegedienst A zum Erreichen einer Klientin oder eines Klienten zwingend eine Brücke benutzen muss, die bei Überschwemmungen nicht passierbar sein kann, oder einen Bergkamm überqueren muss, der bei Stürmen nicht befahrbar ist und Pflegedienst B jenseits der Brücke oder des Bergkammes ansässig ist.

Die Übernahme der Aufgaben eines Pflegedienstes durch einen anderen im Notfall setzt aus haftungsrechtlichen Gründen einen Kooperationsvertrag voraus. Trotz der Vorbehalte der Dienste untereinander bietet sich an, solche Kooperati-

onsnetzwerke zu bilden und vertraglich abzusichern. Dies wird dann wahrscheinlicher, wenn über die Notfallversorgung hinaus Synergien genutzt werden können und beide Vertragspartner auch im Alltag Vorteile aus der Zusammenarbeit ziehen können, ohne ihr selbständiges Agieren grundsätzlich aufgeben zu müssen.

6.6 Risikomanagement einführen

Die beschriebenen Strategien lassen sich im Risikomanagement zusammenführen und systematisieren. Risikomanagement in einem Pflegedienst verfolgt pflegerische, wirtschaftliche und juristische Ziele. An relevanten Prozesselementen werden Risiken analysiert, mit geeigneten Kennzahlen überwacht und eine Risikostrategie entwickelt. Ein Risikomanagement folgt den Phasen Vorplanung und Festlegung von Schutzzielen, Risikoanalyse, Risikobewertung und Maßnahmen. Risiko- und Qualitätsmanagement ergänzen sich wechselseitig.[41]

Die Instrumente des Risikomanagements bewerten unternehmerische Risiken unterschiedlicher Art. So werden z.B. auch Gefährdungsanalysen im Arbeitsschutz mit der grafischen Darstellung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß dargestellt oder Umweltrisiken erfasst. Prinzipiell können sich die Instrumente damit auch für die Vorbereitung ambulanter Pflegedienste auf Extremwetterereignisse eignen, wenn entsprechende Maßzahlen benannt werden.

Haftungsrechtlich könnte die Anwendung eines Risikomanagements als Indiz dafür gewertet werden, dass alles Erdenkliche getan wurde, um das Risiko der Unterversorgung bei Extremwetterereignissen zu minimieren. Kernproblem des Einsatzes des Risikomanagements könnte aber sein, dass den Diensten keine objektivierbaren Daten für die Eintrittswahrscheinlichkeit von Extremwetterereignissen oder aber das damit verbundene Schadensausmaß vorliegen und somit die Gefahr der Unterschätzung des Risikos bestehen bleibt.

7 Anpassungsmaßnahme in einer ländlichen Gemeinde

Auch gut vorbereitete Pflegedienste können bei extremen Witterungsbedingungen nicht alle Klientinnen und Klienten versorgen, im Extremfall auch nicht alle, die nach der Versorgungstriage zeitnah versorgt werden müssen. In diesen Fällen ist eine organisierte Form bürgerschaftlichen Engagements in der Nachbarschaft ein möglicher Weg zur Problemlösung.

Bürgerschaftliches Engagement meint freiwilliges Handeln von Personen im öffentlichen Raum, das ohne individuelle Gewinnabsicht auf das Gemeinwohl ab-

[41] Saßen et al. 2007.

zielt.[42] Ein Beispiel, wie sich Gemeinden solche Ressourcen nutzbar machen, sind freiwillige Feuerwehren. Bürgerschaftliches Engagement muss allerdings nicht immer in fest etablierten Strukturen erfolgen, sondern kann auch situativ entstehen, wie beispielsweise bei der Sicherung von Deichen bei drohenden Überschwemmungen oder auch in der Form von Bürgerinitiativen, die sich gegen die regionalen Auswirkungen politischer Entscheidungen zur Wehr setzen.

Eine Gemeinde kann im Rahmen ihrer Selbstverwaltungsaufgaben bezogen auf das Gemeindegebiet Strukturen der Notfallvorsorge schaffen, z.B. indem sie sich an einem Netzwerk zur Versorgung von Pflegebedürftigen beteiligt. Freiwillige Helfer können in einem solchen Netzwerk durch Auftrag oder ein Gefälligkeitsverhältnis eingebunden werden.[43]

Mit dem Ziel, kommunal passgenaue Maßnahmen gegen eine drohende Unterversorgung pflegebedürftiger Menschen in ländlichen Regionen während Unwetterereignissen zu identifizieren und zu initiieren, die für nordhessische Kommunen adaptierbar sind, regte das Regionalmanagement Nordhessen – Cluster Gesundheit – im Werra-Meißner-Kreis deshalb die Bildung eines kommunalen Netzwerkes an, das von überregionalen Experten unterstützt wird.

Zum kommunalen Netzwerk gehören

- Bürgermeister und Ortsvorsteher sowie
- Vertreter und Vertreterinnen der Kirchengemeinde,
- der freiwilligen Feuerwehr,
- des Landfrauenvereins,
- eines Bürgernetzwerkes sowie
- von Pflegediensten.

Netzwerkförderer sind der Erste Kreisbeigeordnete und Bereichsleitungen der Kommunalverwaltung des Landkreises in relevanten Ressorts sowie der Seniorenbeirat. Die Steuerung liegt beim Regionalmanagement Nordhessen.

Der Netzwerkbildung ging ein Fokusmeeting in der Kreisstadt voraus, aus dem neben überregionalen Expertinnen und Experten Vertreterinnen und Vertreter aus der Kommunalpolitik und der Kommunalverwaltung sowie von Leistungsträgern teilnahmen. Es wurde beschlossen, eine Planübung in einer nordhessischen Gemeinde durchzuführen, um kommunale Bedarfe zu ermitteln. Unter den Kriterien

[42] Vgl. Heinze, Olk 2001; Beher et al. 2000; Zimmer, Närlich 2000.
[43] S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.

klein, ländlich, möglichst abgelegen verortet, wurden Gemeinden identifiziert, in denen das Vorhaben exemplarisch umgesetzt werden könnte.

In einem Ort mit rund 230 Einwohnern an der Grenze zu Thüringen, der von zwei Seiten über eine kleine, zum Teil sehr steile Landstraße durch bergiges, teils stark bewaldetes Gelände an das Straßennetz angeschlossen ist, wurde die Planübung realisiert. Der nächste Ort der Gemeinde ist etwa 4 km entfernt. Die nächstgelegenen ambulanten Pflegedienste, die ambulante ärztliche Versorgung und Einkaufsmöglichkeiten sind rund 10 km entfernt und liegen außerhalb des Gemeindegebietes. Zweimal die Woche fährt ein von der Gemeinde organisierter, ehrenamtlich betriebener Kleinbus diejenigen, die nicht mobil sind, zu den Einkaufszentren und Ärzten. Das nächste grundversorgende Krankenhaus ist in der etwa 20 km entfernten Kreisstadt gelegen, die mit Nahverkehrsbussen viermal täglich erreichbar ist.

In der ersten Phase der Planübung wurde der Erkenntnisstand zur potentiell bei Extremwetterereignissen auftretenden Versorgungslücke vorgestellt: Die Folgen solcher Ereignisse können dazu führen, dass Güter des täglichen Bedarfs nicht vorhanden sind, Informations- und Kommunikationssysteme gestört sind, Strom- und Wasserversorgung unterbrochen und die Verkehrsinfrastruktur gestört sind. Medizinische oder technische Hilfe von außen kann dann nicht erfolgen.

In der zweiten Phase wurde ein Fallbeispiel durchgesprochen, das an örtlich bekannte Wetterphänomene anknüpft, wie Eisregen und Starkniederschläge. Es wurde deshalb ein drei Tage dauernder Eisregen angenommen, der die umliegenden Straßen nicht befahrbar macht und einen Stromausfall verursacht. Entsprechend bricht die Informations- und Kommunikationsstruktur zusammen und ambulante Pflegedienste können die Gemeinde nicht erreichen. In den notwendigen Maßnahmen wurde zwischen persönlich zu leistendem Selbstschutz, Nachbarschaftshilfe und organisierter Hilfe unterschieden.

Im Ergebnis wurde festgehalten, dass unter folgenden Bedingungen drei Tage überbrückt werden können:

- Es muss eine koordinierende Instanz vorhanden sein, bei der Informationen über Hilfsbedürftige, potentiell Hilfegebende und über Gesundheitspersonal, das den Bedarf adäquat einschätzen kann, zusammenlaufen. Da der Bürgermeister in einem anderen Gemeindeteil wohnt und somit nicht erreichbar wäre, wurde die Feuerwehr als koordinierende Instanz vorgeschlagen. Eine Alternative wäre der Ortsvorsteher oder die Ortsvorsteherin.
- Pflege- und Betreuungsbedürftige im Ort müssen bekannt sein, der Zugang in die Wohnung möglich sein. Vorgeschlagen wurde, dass der Ortsvorste-

her und die Vertreterinnen des Landfrauenvereins gemeinsam betroffene Personen identifizieren. Wo Ersatzschlüssel liegen sei bekannt, der Zugang zur Wohnung wirft aber rechtliche Fragen auf. Als Alternative bietet sich eine freiwillige Registrierung an, bei der auch das Einverständnis zum Zugang zur Wohnung in Notfällen gegeben werden kann.

- Bei Pflegebedürftigen und bei Personen mit besonderer Betreuungsbedürftigkeit sollte ein übersichtlich gestalteter Notfallzettel hinterlegt werden, der den freiwilligen Helfern relevante Informationen vermittelt. Dieser sollte nach Zustimmung der Betroffenen von der Gemeinde erarbeitet werden. Alternative wäre, dass die Gemeinde eine einheitliche Struktur vorgibt und Betroffene den Notfallzettel vorab gemeinsam mit dem von Ihnen beauftragten Pflegedienst ausfüllen.
- Für Behandlungspflege ist organisierte Hilfe notwendig, die aber lösbar erschien, da Pflegefachkräfte im Ort wohnen. Hier sind allerdings haftungsrechtliche Fragen zu klären.

In der dritten Phase wurde eruiert, was zu tun ist, wenn die zu leistende Versorgung die Kompetenzen des Hilfe gebenden Personenkreises übersteigt. Als Beispiel wurde hier die Versorgung einer dialysepflichtigen Person ausgewählt. Wie lange die Dialyse im Notfall verschoben werden kann, kann nur vom behandelnden Arzt entschieden werden. In Absprache mit der Einsatzleitung muss dann rechtzeitig eine Transportmöglichkeit in die Kreisstadt gefunden werden. Die Feuerwehr aus der benachbarten thüringischen Kommune würde nach informeller Anfrage den Ort unterstützen. Als schwierig erwies sich dafür das Zusammenbrechen der Kommunikationsnetze. Handynetze sind noch anfälliger und die Masten können nicht über Akkus notversorgt werden. Deshalb schien die präventive Installierung eines analogen Telefons als störungsarmes Kommunikationsmittel sinnvoll.

Um Verständnis und Akzeptanz bei den Einwohnerinnen und Einwohnern zu fördern, wurde Informationsmaterial entwickelt. Schulungsmöglichkeiten für Erste-Hilfe-Maßnahmen und Grundkenntnisse der Krankenpflege sollen angeboten werden.

8 Einordnung und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Entwicklung der Bevölkerung in ländlichen Räumen und die Folgen des Klimawandels sind zwei Zukunftsszenarien, die in ihrer Verbindung spezifische Anpassungserfordernisse für Versorgungsstrukturen darstellen. Wie bei allen präventiven Strategien ist das Grundproblem das Zeitintervall zwischen Handeln

und Bedrohung.[44] Für die mittel- oder längerfristige Zukunft als wahrscheinlich vorausgesagten Ereignissen soll durch Handeln in der Gegenwart vorgebeugt werden. Die Motivation zum Handeln geht aber primär von Gegenwartsbedarfen und Bedarfen der unmittelbaren Zukunft aus. Die Überwindung dieses subjektiv erlebten Zeitintervalls erfordert vorausschauendes Denken und Handeln und ist stark von subjektiven Wahrnehmungen und Bewertungen abhängig.

Nach einem gängigen Modell des Gesundheitsverhaltens[45] hängt die Absicht präventiven Handelns zunächst von der Wahrnehmung des Problems ab, d.h. der Wahrnehmung der Bedrohung, ihres Schweregrades und der persönlichen Verwundbarkeit. Wird das Problem als persönlich bedeutend wahrgenommen, so ergibt erst die Kombination von Ergebniserwartung, Kompetenzerwartung und sozialen Erwartungen die Absicht zu Handeln. Damit aus der Absicht auch entsprechendes Handeln resultiert, bedarf es der Handlungsplanung und Handlungskontrolle sowie der situativen Unterstützung.

Ein solches Modell lässt sich versuchsweise auch auf präventive Anpassungserfordernisse übertragen, die Handeln unterschiedlicher Akteure im gesellschaftlichen Kontext betrifft: Die Anpassung an für die Zukunft erwartete Lücken in der ambulanten Versorgung Pflegebedürftiger in ländlichen Regionen bei Extremwetterereignissen setzt demnach voraus, dass die relevanten Akteure davon überzeugt sind, dass beide Szenarien in absehbarer Zeit in ihrer Region eintreten können und die vorübergehende Nicht-Versorgung Pflegebedürftiger als schwerwiegendes Problem bewerten. Ist diese Sensibilisierung erreicht, bedarf es konkreter Konzepte, wie eine Handlungsstrategie aussehen kann, die den Akteuren auch als in ihrem Handlungsfeld konkret umsetzbar erscheint, und eines sozialen Umfeldes, das die Auffassung bestätigt, dass das Problem vorhanden ist und gelöst werden kann. Die tatsächliche Umsetzung einer solchen Absicht, d.h. eines Planes wie in entsprechenden Notfällen verfahren werden kann, erfordert dann im Vorfeld erarbeitete Routinen der Handlungsplanung und Handlungskontrolle sowie eine Situation, in der keine schwerwiegenden, nicht vorhergesehenen Ereignisse eintreffen, die die Umsetzung des Notfallplanes in Frage stellen (siehe Abbildung 3).

An einem solchen Modell gemessen, konnten im Rahmen des Projektes Teilerfolge erzielt werden:

Die Wahrnehmung der Versorgungslücke konnte bei den Personen verändert werden, die in die Erforschung des Entwicklungsbedarfes und die Erarbeitung von Lösungsstrategien regional einbezogen waren. Eine generelle Sensibilisierung

[44] Jeffery 1997: 128; Blättner 1997: 120.
[45] Schwarzer 1992; Blättner, Waller 2010.

wurde für Pflegedienste über die Publikation der Ergebnisse in Fachzeitschriften[46] versucht, für Gemeinden über die Tagespresse.

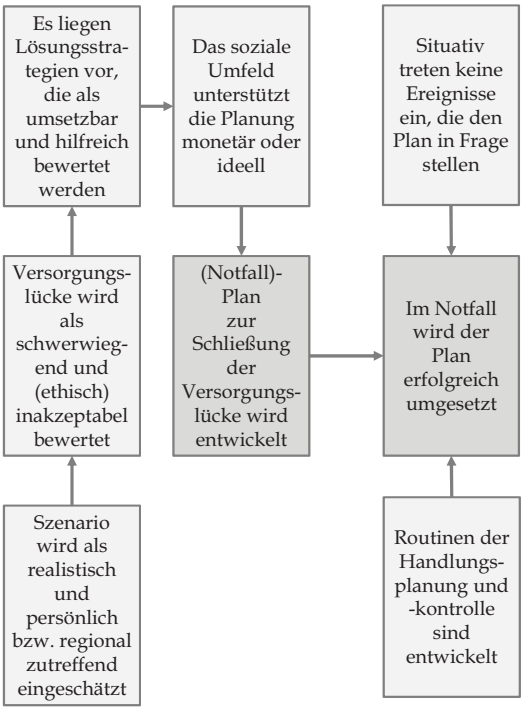


Abb. 3: Modell der Prävention von Versorgungslücken in Notfällen.

Es konnten Lösungsstrategien entwickelt werden, die zumindest von den regional beteiligten Akteuren als umsetzbar bewertet werden. Mit der Idee des Qualitätssiegels und mit der Schaffung von Netzwerken der Versorgung wurde versucht, eine ideelle soziale Unterstützungsmöglichkeit zu skizzieren.[47]

Für die Umsetzung von Notfallplänen müssten Routinen entwickelt werden, die entweder über Übungen entstehen können, oder alltagsnäher, in dem die relevanten Schritte auch bei kleineren Risiken angewandt werden, deren Zusammenhang zum Klimawandel nicht offensichtlich sein muss. Solche Routinen entstehen bei der Implementierung des Qualitätssiegels und werden bei der Aktualisierung der

[46] Blättner, Georgy 2011; Georgy et al. 2012.
[47] S. Kap. III: Neuschäfer.

Siegelkriterien gefestigt. Auch Planübungen sind Gelegenheiten der Etablierung von Routinen.

Schon aufgrund der Deckungsgleichheit der Aussagen von Pflegediensten aus den beiden strukturell unterschiedlichen Landkreisen ist davon auszugehen, dass die erarbeiteten Lösungsstrategien prinzipiell auch auf andere ländliche Regionen übertragbar sind. Allerdings wird dies besonderer Anstrengungen und politischer Unterstützung für die Implementierung bedürfen. Dabei wird es notwendig sein, zur Sensibilisierung und zur Förderung der Akzeptanz der Maßnahmen jeweils mit partizipativen Strategien zu arbeiten. In diesem Rahmen kann dann auch eine Adaption an örtlich leicht differierende Rahmenbedingungen erfolgen.

Eine besondere Schwierigkeit könnte die nachhaltige Aufrechterhaltung der Bereitschaft zu bürgerschaftlichem Engagement und dessen Einbindung in Versorgungsnetze sein. Nachbarschaftshilfe kann nicht als autonomer Teil des professionellen Hilfesystems und auch nicht als automatisch abrufbare Ressource betrachtet werden.[48]

9 Ausblick

Anpassungserfordernisse und erfolgreiche Anpassung der Versorgungsstrukturen ländlicher Räume mit einer überalternden Bevölkerung an die Auswirkungen von Extremwetterereignissen werden von gesellschaftlichen Entwicklungen abhängen, deren Richtung noch offen ist:

- Entwickeln sich bedarfsgemäße mobile Dienste, die die Versorgung von nicht mobilen Gruppen der Bevölkerung im Alltag gewährleisten? Oder werden aufgrund der Bedarfslücken Wanderungsbewegungen gerade auch der hochaltrigen Bevölkerung in stationäre Einrichtungen, ggf. außerhalb der ländlichen Räume, oder in städtische Ballungszentren erfolgen, in denen die alltägliche Versorgung besser zu gewährleisten ist?
- Welche Investitionen in weniger störungsanfällige Infrastrukturen und technische Unterstützung von Mobilität und Kommunikation werden öffentliche Träger, mobile Dienste und Privathaushalte zu tätigen bereit sein? Welche Art von Notfallplanung zur Sicherstellung der Versorgung welcher Bevölkerungsgruppen werden sie als relevant bewerten?
- Wird die Entwicklung der Bevölkerungsstruktur ländlicher Räume und deren Formen der Erwerbstätigkeit hinreichend Ressourcen für bürgerschaftliches Engagement ermöglichen? Wird eine Kultur gemeinschaftlicher Ver-

[48] Hoch et al. 2007; s. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner; s. Kap. IV: Ernst et al.

antwortung entstehen? Oder wird die Hauptlast der Sorge um pflege- oder hilfebedürftige Hochaltrige von der Gruppe der älteren Bevölkerung zu tragen sein, die nicht mehr erwerbstätig und noch nicht selbst pflege- oder hilfebedürftig ist? Wird sich diese Altersspanne z.B. durch die Erhöhung des Renteneintrittsalters verkürzen oder durch die Verlängerung der gesunden Jahre des Lebens erhöhen?

Die Anpassung an die Erfordernisse des Klimawandels ist insoweit nicht getrennt von gesellschaftlichen Entwicklungen in anderen Sektoren zu diskutieren. Dabei wäre es plausibel anzunehmen, dass die Bereitschaft zu bürgerschaftlichem Engagement auch mit davon abhängt, ob Bürger öffentliche Bemühungen um die Aufrechterhaltung von Versorgungsstrukturen, z.B. die Versorgung Pflege- oder Hilfebedürftiger Menschen, als ernsthaft und glaubwürdig bewerten.

Literatur

Baltes, M. M./Maas, I./Wilms, H.-U./Borchelt, M.: Alltagskompetenz im Alter: Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. In: Lindenberger, U./ Smith, J./Mayer, K.-U./Baltes, P., B.: Die Berliner Altersstudie. 3. Aufl. Berlin: Akademie Verlag, 2010.

Beher, K./Liebig, R./Rauschenbach, T.: Strukturwandel des Ehrenamts. Gemeinwohlorientierung im Modernisierungsprozess. Weinheim, 2000.

Blättner, B.: Paradigmenwechsel von der Gesundheitsaufklärung und -erziehung zur Gesundheitsbildung und -förderung. In: Weitkunat, R./Haisch, J./Kessler, M.: Public Health und Gesundheitspsychologie. Bern u.a.: Hans Huber, 1997: 119-125.

Blättner B./Georgy, S.: Ambulante Versorgung Pflegebedürftiger bei Unwetter. Klimaanpassung in einer überalternden Region. Prävention und Gesundheitsförderung, 2011: 199-205.

Blättner, B./Waller, H.: Gesundheitswissenschaft. Eine Einführung in Grundlagen, Theorie und Anwendung, Stuttgart: Kohlhammer 2011.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz. Wissenschaftsforum Band 8, 2010.

Büscher, A./Wingenfeld, K.: Funktionseinschränkungen und Pflegebedürftigkeit im Alter. In: Kuhlmey, A./Schaeffer, D.: Alter, Gesundheit und Krankheit. Bern: Verlag Hans Huber, 2008: 107-119.

Deutscher Bundestag: Sechster Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Altersbilder in der Gesellschaft, Drucksache 17/3815, 2010.

Forsa. Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen: Pflege. Tabellenband. Berlin 8. April 2011.

Georgy, S./Blättner, B./Grewe, H.A. (2012): Ambulante Pflege bei Extremwettern aufrechterhalten – Anpassung an den Klimawandel. Pflegewissenschaft 1/12: 12-19.

Gerlinger, T.; Röber, M.: Die Pflegeversicherung. Bern: Verlag Hans Huber, 2009.

Heinze, R., G./Olk, T.: Bürgerengagement in Deutschland. Zum Stand der wissenschaftlichen und politischen Diskussion. In: Heinze, R., G./Olk, T (Hrg.): Bürgerengagement in Deutschland, Bestandsaufnahmen und Perspektiven. Opladen: Leske + Budrich, 2001: 11-26.

Hessisches Statistisches Landesamt a): Hessische Kreiszahlen. Ausgewählte neue Daten für Landkreise und kreisfreie Städte. Band 2 Wiesbaden, 2012.

Hessisches Statistisches Landesamt b): „Eckdaten" Pflegestatistik 2011. http://www.statistik-hessen.de/themenauswahl/gesundheitswesen-soziales/landesdaten/gesundheitswesen/pflege/grafik-eckdaten-pflegestatistik/index.html, 2012, Abruf 29.12.2012.

Hoch, H./Klie, T./Wegner, M.: 2. Wissenschaftlicher Landesbericht zu bürgerschaftlichem Engagement und Ehrenamt in Baden-Württemberg in den Jahren 2004/2005/06. Freiburg: Zentrum für zivilgesellschaftliche Entwicklung, 2007.

Jeffery, R.W. : Risikoverhalten und Gesundheit: Individuelle und populationsbezogene Perspektive. In: Weitkunat, R./Haisch, J./Kessler, M.: Public Health und Gesundheitspsychologie. Bern u.a.: Hans Huber, 1997: 126-137.

Meuser, M./Nagel, U.: Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Gratz/Kraimer: Qualitativ-empirische Sozialforschung. Opladen: Westdeutscher Verlag. 1991: 441-471.

Roßnagel, A./Weidlich, S.: Begutachtung von Rechtsfragen bzgl. der Gewährleistung der Versorgungssicherheit von ambulant Pflegebedürftigen bei Unwetterereignissen. Expertise im Projektverbund KLIMZUG-Nordhessen, 2010.

Saßen, S./Borutta, M./Lennefer, J.: Risikomanagement. Führungsstrategien für pflegerische Kernbereiche. Vincentz Network: Hannover, 2007.

Schneekloth U./Wahl, H. W. (Hrsg.): Selbständigkeit und Hilfebedarf bei älteren Menschen in Privathaushalten. Pflegearrangements, Demenz, Versorgungsangebote. 2. Aufl., Stuttgart: Kohlhammer, 2008.

Schwarzer: Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Göttingen, Hogrefe 1992.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Pflegestatistik 2009, Pflege im Rahmen der Pflegeversicherung, Kreisvergleich. Wiesbaden 2012.

Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden 2009.

Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch. Deutschland und Internationales. Wiesbaden 2012.

Thieme, F.: Alter(n) in der alternden Gesellschaft. Eine soziologische Einführung in die Wissenschaft vom Alter(n). Wiesbaden VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008.

Zimmer, A./Nährlich, S.: Zur Standortbestimmung bürgerschaftlichen Engagements. In: Zimmer, A./Nährlich, S. (Hrg.): Engagierte Bürgerschaft. Traditionen und Perspektiven, Opladen: Leske + Budrich, 2000.

HITZEWELLEN UND KOMMUNALER GESUNDHEITSSCHUTZ

Henny Annette Grewe, Markus Heckenhahn, Beate Blättner

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG ... 297

2 HITZEWELLEN UND GESUNDHEIT ... 298

2.1 HITZE ALS GESUNDHEITSPROBLEM ... 298

2.2 STRUKTUREN DER GESUNDHEITSVERSORGUNG ... 300

3 HITZEWELLEN UND DEMOGRAFISCHER WANDEL IN NORDHESSEN ... 303

4 ZIELSETZUNG UND PROJEKTDESIGN ... 305

5 AUSGANGSLAGE: RISIKOWOHNGEBIETE IN STADT UND LANDKREIS KASSEL ... 306

6 INTERVENTIONEN DES ÖFFENTLICHEN GESUNDHEITSDIENSTES ... 307

6.1 INTERVENTIONSEBENE INDIVIDUUM ... 307

6.2 INTERVENTIONSEBENE SETTING ... 310

6.3 INTERVENTIONSEBENE BEVÖLKERUNG DER REGION KASSEL ... 314

7 EINORDNUNG UND ÜBERTRAGBARKEIT DER ERGEBNISSE ... 316

8 AUSBLICK ... 318

LITERATUR ... 319

1 Einleitung

Im Herbst 1997 veröffentlichte der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC) seine erste Analyse wahrscheinlicher Folgen des Klimawandels für die Lebensbedingungen in den verschiedenen Regionen der Welt. In diesem Bericht wurden unter anderem Prognosen über mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der Menschen in Europa getroffen:

„Human Health: Heat-related deaths would increase under global warming and may be exacerbated by worsening air quality in cities; there would be a reduction in cold-related deaths. Vector-borne diseases would expand. Health care measures could significantly reduce such impacts." [1]

[1] Intergovernmental Panel of Climate Change 1997: 11.

Trotz Kenntnis der Prognosen des IPCC und vergleichsweise gut entwickelter Gesundheitssysteme traf das Hoch „Michaela“ Europa im Sommer 2003 unvorbereitet: In erschreckender Weise wurde deutlich, welche drastische Bedrohung Hitzeereignisse für die Gesundheit insbesondere von Säuglingen, Kleinkindern, chronisch Kranken und älteren Menschen heute bedeuten können, wenn Versorgungs- und Vorsorgestrukturen nicht oder unzureichend entwickelt sind. Angesichts der alternden Gesellschaft und angesichts der auf Grund des Klimawandels erwarteten Zunahme von Hitzeereignissen im Sommer ist die Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen der Konzipierung und Umsetzung verhältnispräventiver Maßnahmen zu ermitteln, offensichtlich.

2 Hitzewellen und Gesundheit

2.1 Hitze als Gesundheitsproblem

Im Sommer 2003 wurden die französischen Behörden in der zweiten Augustwoche durch einen Anstieg der Beerdigungsfälle beim größten Bestattungsinstitut in der Region Paris auf ein epidemieartiges Krankheitsgeschehen aufmerksam.[2] Das Robert Koch Institut (RKI) als zentrale Einrichtung der Bundesregierung auf dem Gebiet der Krankheitsüberwachung und -prävention berichtete am 22. August 2003 über eine Reihe von ungeklärten Todesfällen in Baden-Württemberg, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, die infolge hochfieberhafter Erkrankungen aufgetreten waren. In den einzelnen Bundesländern laufende Nachforschungen sollten klären, „welcher Anteil der Fälle auf infektiöse Ursachen zurückgeführt werden kann oder ob es sich bei der Mehrzahl der Fälle um eine direkte oder indirekte Folge der außergewöhnlichen Hitzewelle der letzten Wochen handelt.“[3] In den folgenden Monaten verdichtete sich der Verdacht zur Gewissheit, dass die „Epidemie“ im „Jahrhundertsommer 2003“ nicht durch infektiöse Mikroorganismen hervorgerufen worden war, sondern dass mehr als 50.000 Menschen in Europa an den Auswirkungen der extremen Hitze gestorben waren.[4] Einige besonders betroffene europäische Länder wie Frankreich[5], oder Italien[6], aber auch weniger betroffene Länder wie Österreich[7] und die Schweiz[8] veranlassten daraufhin differenzierte Analysen über das Sterbe- und Krankheitsgeschehen während des Sommers 2003 sowie über geografische und bevölkerungsbezogene

2 Institut de Veille Sanitaire 2003: 19 f.
3 Robert Koch Institut (RKI) 2003: 276.
4 Brücker 2005.
5 Institut de Veille Sanitaire 2003; Josseran et al. 2009; Vandentorren et al. 2006.
6 Conti et al. 2005; Michelozzi et al. 2005; Stafoggia et al. 2006; Schifano et al. 2009.
7 Hutter et al. 2007.
8 Grizea et al. 2005.

Risikokonstellationen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse dienten ihnen als Basis für die Entwicklung von länderspezifischen Maßnahmen der Prävention und des Gesundheitsschutzes sowie zukünftiger Verlaufsbeobachtungen des Krankheits- bzw. Sterbegeschehens während der Sommermonate. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO), Regionalbüro Europa, bündelte die Erkenntnisse und Erfahrungen der betroffenen Länder und fasste sie in Empfehlungen für Anpassungsstrategien und Maßnahmen zur Prävention Hitze assoziierter Gesundheitsschäden und zum Gesundheitsschutz während Hitzeperioden zusammen.[9] Als epidemiologisch gesicherte Risikogruppen und -faktoren für eine gesundheitliche Gefährdung durch Hitze führte die WHO Europa ältere Menschen, Kleinkinder, Menschen mit chronischen Erkrankungen, kognitive Einschränkungen, Bettlägerigkeit, die Einnahme bestimmter Medikamente, einen niedrigen sozioökonomischer Status, soziale Isolation und bestimmte Wohn- und Arbeitsbedingungen wie schlecht isolierte Dachwohnungen oder körperlich anstrengende Arbeiten im Freien auf.

Auch in einigen Regionen Deutschlands wurde das Ausmaß der Betroffenheit der Bevölkerung durch die Hitzewelle im Sommer 2003 untersucht. Koppe und Jendritzky[10] errechneten für Baden-Württemberg ca. 900-1300 hitzebedingte Todesfälle während der Hitzewelle im August 2003, Uphoff und Hauri[11] schätzten für denselben Zeitraum ca. 1000 zusätzliche Todesfälle in Hessen. Allein in der Stadt Frankfurt am Main waren 200 zusätzliche Todesfälle während der Hitzeperiode im August 2003 zu verzeichnen.[12] Alle o.g. Untersuchungen wiesen eine erhöhte Mortalität während Hitzewellen für alle Altersgruppen nach, insbesondere waren jedoch ältere Menschen von der Übersterblichkeit betroffen. Die Analyse der Sterbedaten nach Sterbeort zeigte für Frankfurt deutlich, dass nicht nur Bewohnerinnen und Bewohner von Alten- und Pflegeheimen, sondern auch Menschen in häuslicher Umgebung von der Hitzewelle im Sommer 2003 betroffen gewesen waren. Die zu Hause Verstorbenen waren mit einem Altersmedian von knapp 75 Jahren deutlich jünger als die in Pflegeeinrichtungen verstorbenen Personen (Median 88 Jahre).

Hessen war das erste Bundesland, welches in Folge der Erfahrungen im Sommer 2003 gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) ein zweistufiges Hitzewarnsystem aufbaute[13]. Direkte Empfänger der seit 2004 zunächst per Fax und per E-Mail verteilten Warnungen sind unter anderem Pflegeheime, Krankenhäu-

9 Matthies et al. 2008.
10 Koppe/Jendritzky 2004: 12.
11 Uphoff/Hauri 2005: 54.
12 Heudorf/Meyer 2005.
13 Heckenhahn/Gussmann 2011.

ser, die Kassenärztliche Vereinigung Hessen und die Gesundheitsämter.[14] Für stationäre Pflegeeinrichtungen wurde das Warnsystem mit verbindlichen Handlungsanleitungen[15] gekoppelt, deren Umsetzung von der Hessischen Heimaufsicht überprüft wird. Den Gesundheitsämtern wurde die Aufgabe übertragen, bei Warnstufe 2 „die Fachöffentlichkeit und die Bevölkerung über die bestehenden Gefahren insbesondere für ältere und für kranke Menschen und über geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von gesundheitlichen Schäden durch Hitze“[16] zu informieren. Für die weiteren vom Hitzewarnsystem adressierten Akteure der Gesundheitsversorgung wurden im Erlass des Hessischen Sozialministeriums keine Handlungsaufträge formuliert. Die Ursachen dafür könnten zumindest zum Teil in den Strukturen der gesundheitlichen Versorgung in Deutschland zu finden sein.

2.2 Strukturen der Gesundheitsversorgung

Der Aufbau des Gesundheitssystems in Deutschland lässt sich entlang zweier unterschiedlicher Verantwortungs- und Finanzierungsprinzipien gliedern. Dem staatlich finanzierten öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD) stehen mehrere Säulen gesetzlich geregelter, versicherungsfinanzierter Versorgung gegenüber (vgl. Abbildung 1). Die größte Säule stellt die medizinische Regelversorgung bei Krankheit als Leistung der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) dar.[17] Das Sozialgesetzbuch V (SGB V) setzt den Rahmen für die Verpflichtungen und Verantwortlichkeiten der Akteure innerhalb des Systems und die zu Lasten der GKV zu erbringenden Leistungen der niedergelassenen Ärztinnen und Ärzte und der Krankenhäuser. Der zweite große Versorgungsbereich umfasst die Leistungen der Pflegeversicherung, die auf Antrag nach Einstufung in eine Pflegestufe gewährt werden. Einzelheiten werden im Sozialgesetzbuch XI (SGB XI) geregelt. Auf die dritte Säule versicherungsfinanzierter Versorgung im Krankheitsfall, die Leistungen der gesetzlichen Unfallversicherung bei Arbeitsunfall oder Berufskrankheit, wird im Rahmen dieses Beitrags nicht näher eingegangen.

Die gesetzlichen Krankenkassen und die gesetzlichen Pflegekassen unterliegen als Körperschaften öffentlichen Rechts der Selbstverwaltung unter staatlicher Aufsicht. Die Gesetzgebungskompetenz ist für beide Versorgungsbereiche auf Bundesebene

---

14 Mittlerweile gehören kreisbezogene Hitzewarnungen zum Regelangebot des DWD und können über ein Newslettersystem per E-Mail empfangen werden.

15 Regierungspräsidium Gießen 2009.

16 Hessisches Sozialministerium 2008.

17 Auf Besonderheiten der privaten Krankenversicherungen (PKV) wird in diesem Beitrag nicht näher eingegangen.

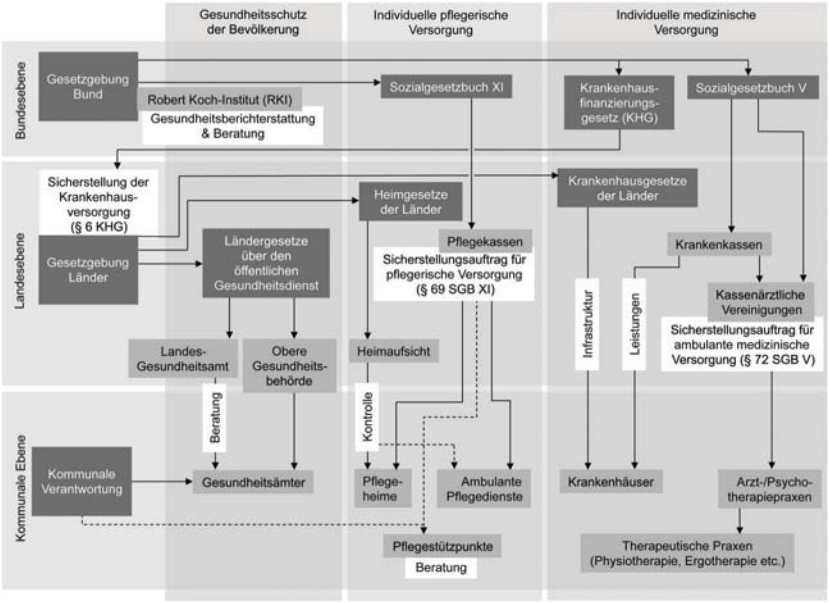


Abbildung 1: Steuerungsebenen und Akteure im Gesundheitssystem (vereinfacht, eigene Darstellung)

angesiedelt. Aufsichtsbehörden der gesetzlichen Kranken- und Pflegekassen sind die zuständigen Landesministerien oder das Bundesversicherungsamt.[18] Innerhalb des gegebenen Rahmens agieren Kranken- und Pflegekassen eigenständig und schließen Versorgungsverträge mit den jeweiligen Leistungserbringern, d.h. mit Krankenhäusern, Pflegeheimen und ambulanten Pflegediensten sowie den Kassenärztlichen Vereinigungen als Interessenvertretung der niedergelassenen Ärztinnen und Ärzte ab. Von Bedeutung ist die gesetzlich geregelte Verantwortung für die Sicherstellung des jeweiligen Versorgungsbereiches. Die Krankenhausversorgung obliegt den Ländern (Infrastruktur) gemeinsam mit der GKV (Leistungsfinanzierung). Gesetzliche Pflegekassen stehen in jeder Region in der Verantwortung, mit einer bedarfsgerechten Anzahl ambulanter Pflegedienste und stationärer Pflegeeinrichtungen Versorgungsverträge abzuschließen. Abhängig von der Beschlussfassung im jeweiligen Bundesland können Pflegekassen darüber hinaus gemeinsam mit den Kommunen Pflegestützpunkte zur Beratung potentiell Leistungsberechtigter und ihrer Angehörigen betreiben. Für die ambulante medizini-

[18] Für Krankenkassen, deren Zuständigkeitsbereich mehr als drei Bundesländer umfasst, ist das Bundesversicherungsamt Aufsichtsbehörde. In Hessen unterstehen der Aufsicht des Sozialministeriums derzeit die AOK Hessen, die LKK Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland sowie sieben Betriebskrankenkassen.

sche Versorgung im jeweiligen Bundesland haben die Kassenärztlichen Vereinigungen (KV) der Bundesländer den Sicherstellungsauftrag. Sie sind zugleich Kontrollorgane der zur vertragsärztlichen Versorgung zugelassenen Ärztinnen und Ärzte sowie Psychotherapeutinnen und Psychotherapeuten, unterliegen als Körperschaften öffentlichen Rechts jedoch selbst der Rechtsaufsicht der Länder. Die Länder üben zudem die Aufsicht über die Krankenhäuser und Pflegeheime aus. Aus dem Heimgesetz des Bundes (HeimG) und den entsprechenden Gesetzen auf Länderebene[19] ergibt sich für die Aufsichtsbehörden der Länder die Pflicht zu regelmäßigen Überprüfungen der dem Heimrecht unterliegenden Pflegeeinrichtungen. Das Land Hessen hat mit seinem 2012 in Kraft getretenen Betreuungs- und Pflegegesetz (HGBP) seine ordnungsrechtliche Zuständigkeit, wenn auch eingeschränkt, auf den ambulanten Pflegebereich ausgeweitet.

Der öffentliche Gesundheitsdienst unterliegt dem jeweiligen Landesrecht. Träger der Gesundheitsämter als untere Gesundheitsbehörden sind in fast allen Bundesländern die Landkreise und kreisfreien Städte. Die Aufgaben der Gesundheitsämter variieren je nach Landesgesetzgebung, umfassen in der Regel jedoch zumindest Maßnahmen des Infektionsschutzes, der Hygieneaufsicht, des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes, der Sozialpsychiatrie, der Gesundheitsberatung und Vorsorge sowie der Koordinierung präventiver Angebote anderer Träger. Im Bereich der Hygiene und des Infektionsschutzes führen Gesundheitsämter auch Maßnahmen, die dem Bundesrecht (z.B. Infektionsschutzgesetz) und dem EU-Recht (z.B. Badegewässerrichtlinie, die von den Ländern durch Badegewässerverordnungen umgesetzt wurde) unterliegen, durch. Gesundheitsämtern obliegen in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Landesgesundheitsamt die Verlaufsbeobachtung und Analyse des regionalen Krankheits- und Sterbegeschehens, seine Bewertung und die Berichterstattung an politische Entscheidungsträger. Gesundheitsämter sollen der ungleichen Verteilung der Teilhabe an Gesundheitsleistungen und Versorgung bei Krankheit entgegenwirken und können in eingeschränktem Rahmen ambulante Behandlungen bei sozial benachteiligten Personen durchführen.

Die skizzierte sektorale Gliederung des Versorgungsangebotes und seiner Steuerungsebenen bedingen den Gestaltungsspielraum von Ländern und Kommunen innerhalb des Gesundheitssystems. Die Bereiche der ambulanten medizinischen und pflegerischen Versorgung entziehen sich nahezu komplett der direkten Steuerung auf Länder- und kommunaler Ebene. In der Krankenhausversorgung schrumpft mit zunehmender Privatisierung von ehemals kommunal getragenen Krankenhäusern und – so in Hessen geschehen – sogar Universitätskliniken der

[19] Im Zuge der Föderalismusreform 2006 ging die ordnungsrechtliche Zuständigkeit vom Bund auf die Länder über.

vormals ohnehin geringe öffentliche Einfluss weiter. Über die Heimgesetze des Bundes und der Länder ist zwar ein im Kontext des Gesundheitsschutzes bei Hitzewellen wichtiger Sektor der staatlichen Einflussnahme zugänglich, allerdings sind nicht nur stationär gepflegte Personen bei hohen Umgebungstemperaturen gesundheitlich gefährdet. Dem Öffentlichen Gesundheitsdienst als Organ öffentlicher Gesundheitsfürsorge käme aufgrund seines Auftrags somit eine zentrale Rolle im Gesundheitsschutz der Bevölkerung während Hitzewellen zu. Sowohl den Ländern als auch den Kommunen ist mit der Zuständigkeit für den ÖGD prinzipiell Gestaltungsmacht für die Anpassung an prognostizierte Klimaänderungen und zur Reduktion des ungleich verteilten Gesundheitsrisikos innerhalb der Bevölkerung gegeben.

3 Hitzewellen und demografischer Wandel in Nordhessen

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) definiert eine Hitzewelle als eine „Wetterlage, die meist über mehrere Tage hohe bis extreme Temperaturen, relativ hohe Luftfeuchtigkeit, geringe Windbewegung und intensive kurz- und langwellige Sonneneinstrahlung aufweist."[20] Für Deutschland hat der DWD anhand der „gefühlten Temperatur", eines klimatischen Index, in den neben Lufttemperatur, mittlerer Strahlungstemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit auch die körpereigen produzierte Wärme (Metabolische Rate) sowie der Isolationseffekt durch Kleidung eingehen, zwei Hitzewarnstufen festgelegt.[21] Warnstufe 1 wird bei einem Schwellenwert von 32°C, Warnstufe 2 bei einem Schwellenwert von 38°C gefühlter Temperatur ausgesprochen, wenn zu erwarten ist, dass die jeweilige Temperatur mehrere Tage in Folge erreicht wird. In Abhängigkeit von der Jahreszeit und der geografischen Region (etwas niedrigere Schwellenwerte bei frühen Hitzewellen und in nördlichen Breiten) werden die Warnungen angepasst.

Trotz des ausgedehnten Messstationssystems des DWD mit aktuell mehr als 35 Stationen allein in Hessen kann die tatsächliche Hitzebelastung an einem gegebenen Ort erheblich von der Vorhersage und den an der nächstgelegenen Messstation ermittelten Werten abweichen. Insbesondere geografische Konstellationen wie Kessellagen und bauliche Verdichtung und Versiegelung führen zur Überwärmung von städtischen Bezirken. Beide Merkmale sind in der Stadt Kassel gegeben. Mikroklimatische Bedingungen können durch die bauliche Wohn- und Arbeitsumgebung entschärft, aber auch verstärkt werden. Dabei kann ein mangelnder sommerlicher Wärmeschutz die Temperatur in Gebäuden erheblich ansteigen lassen. Treffen erhöhte Exposition und eine erhöhte Empfänglichkeit

[20] Deutscher Wetterdienst 2012.
[21] Koppe 2009.

(Suszeptibilität) des Organismus zusammen, können lebensbedrohliche Folgen resultieren (vgl. Abbildung 2). Da Suszeptibilitätsfaktoren wie chronische Krankheiten, kognitive Einschränkungen, die Einnahme bestimmter Medikamente, eingeschränkte Mobilität oder soziale Isolation eine Häufung in höheren Altersgruppen aufweisen, kann die Vulnerabilität einer Region gegenüber Hitze anhand ihrer Bevölkerungsentwicklung vor allem in verdichteten städtischen Regionen eingeschätzt werden.

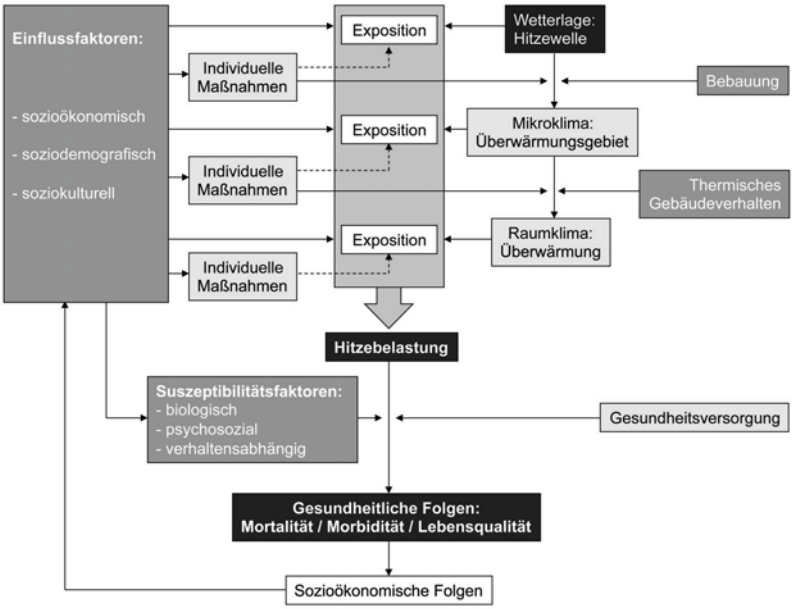


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf die Exposition und die Suszeptibilität während Hitzewellen[22]

In der Region Nordhessen weist die Stadt Kassel die höchste Bevölkerungsdichte auf. Mit 1.841 Einwohnern pro km² lag sie am 31.12.2011 hinter Frankfurt am Main (2.785 Einwohner/km²) und der Stadt Offenbach (2.733 Einwohner/km²) an dritter Stelle in Hessen.[23] Die Bevölkerungsdichte in der Stadt Kassel nahm in den letzten Jahren noch zu, während sie im Landkreis Kassel parallel zum Bevölkerungsrückgang leicht abnahm (vgl. Tabelle 1). Beide Entwicklungen entsprechen den allgemeinen Raumentwicklungsprognosen für Deutschland, die eine städtische Verdichtung bei insgesamt schrumpfender Bevölkerung voraussagen[24]. Diese

22 Eigene Darstellung nach Gordis 2001.
23 Hessisches Statistisches Landesamt 2012: 14.
24 Bundesamt für Bauwesen und Raumplanung 2008.

Entwicklung wird mit einer kontinuierlichen Veränderung der Altersstruktur hin zu einem wachsenden Anteil älterer Bürgerinnen und Bürger vergesellschaftet sein.

Bereits gegenwärtig ist der demografische Wandel in Nordhessen und selbst in der noch wachsenden Stadt Kassel deutlicher ausgeprägt als im hessischen Durchschnitt (vgl. Tabelle 1). Im Jahr 2030 wird nach den Bevölkerungsprognosen der Anteil der mindestens 65-Jährigen im Landkreis Kassel knapp 32% betragen und damit den Hessendurchschnitt (27,2%) erheblich übertreffen. Für die Stadt Kassel wird prognostiziert, dass ihr Anteil an Einwohnerinnen und Einwohnern, die 65 Jahre alt oder älter sind, im Jahr 2030 mit 26,7% deutlich höher sein wird als in den beiden am dichtesten besiedelten Städten Frankfurt/Main (21,3%) und Offenbach/Main (21,9%).[25] Allein aufgrund der demografischen Entwicklung ist somit davon auszugehen, dass Hitzewellen in Nordhessen auch zukünftig auf eine vulnerable Population treffen werden.

	Stadt Kassel	LK Kassel	Hessen
Einwohner 2008	194.168	239.236	6.064.953
davon 65 und älter (%)	20,4	22,5	19,8
Einwohner pro km²	1.811	186	287
Einwohner 2011	196.526	236.387	6.092.126
davon 65 und älter (%)	21,4	23,6	20,0
Einwohner pro km²	1.841	183	289

Tabelle 1: Demografische Veränderungen und Bevölkerungsdichte in Stadt und Landkreis Kassel 2008-2011[26]

4 Zielsetzung und Projektdesign

Die parallel stattfindenden demografischen Veränderungen in der Region Kassel und die Klimaänderungen mit erwartbar häufigeren thermischen Belastungen vor allem im Stadtgebiet Kassel und in den angrenzenden Gemeinden sprachen für die Strategie, im Einzugsbereich des Gesundheitsamtes Region Kassel auf die Prävention der mit Hitze verbundenen Risiken für ältere Menschen zu fokussieren. Zudem sollten Maßnahmen für den gezielten Gesundheitsschutz dieser Bevölkerungsgruppe entwickelt und implementiert werden. Dank des bereits etablierten Interventionskatalogs für Pflegeheime und der kontinuierlichen Evaluierung seiner Umsetzung durch die Hessische Heimaufsicht bestand kein unmittelbarer

[25] Hessisches Statistisches Landesamt 2010: 11-12 und 21.
[26] Eigene Darstellung nach Daten des hessischen statistischen Landesamtes 2012.

Handlungsdruck für den stationären Pflegesektor. Daher konzentrierte sich das Erkenntnisinteresse auf Strategien des Gesundheitsamtes Region Kassel für die Prävention und den Gesundheitsschutz des Teils der älteren Bevölkerung, welcher nicht täglich Kontakt zum gesundheitlichen oder pflegerischen Versorgungssystem hat. Der Auftrag des Gesundheitsamtes Region Kassel erstreckte sich dabei auf die beispielhafte Entwicklung und Umsetzung entlang des *Public Health Action Cycle*[27]. Dieser umfasst die Untersuchung und Einschätzung der Gefährdungslage (assessment), die Entwicklung von Interventionsstrategien (policy development), die Sicherstellung der Umsetzung (assurance) und die Überprüfung des Interventionseffektes (evaluation). Vor dem beschriebenen epidemiologischen Hintergrund wurden als Zielgruppe in eigener Wohnung lebende Personen mit einem Mindestalter von 75 Jahren definiert, welche keine Leistungen durch einen Pflegedienst erhalten. Die Umsetzung und die Begleitforschung waren, dem „Entwicklungsparadigma" von Evaluation[28] entsprechend, eng miteinander verwoben. Fragestellungen im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung sowie Datenarten und Zugänge zu Daten wurden der Projektentwicklung gemäß angepasst, die Datenauswertung und die Rückspiegelung der Ergebnisse erfolgten zeitnah, Zielrichtungen und Arbeitsschritte wurden diskursiv erarbeitet. Die entwickelten Strategien und die vom Gesundheitsamt Region Kassel umgesetzten Maßnahmen wurden in Anlehnung an die Einteilung der Primärprävention[29] nach Interventionen auf der Ebene des Individuums (Mikroebene), auf der Ebene des Settings (Mesoebene) sowie auf Bevölkerungsebene (Makroebene) differenziert.

5 Ausgangslage: Risikowohngebiete in Stadt und Landkreis Kassel

Dem erweiterten epidemiologischen Risikofaktorenmodell entsprechend (vgl. Abbildung 2) galt es zunächst, innerhalb des Einzugsbereichs des Gesundheitsamts Region Kassel diejenigen Gebiete zu lokalisieren, die aufgrund ihrer mikroklimatischen Gegebenheiten und der Altersstruktur ihrer Bevölkerung als Risikowohngebiete während Hitzewellen einzustufen sind. Mittels überlagernder Kartierung von kleinräumigen Klima- und demografischen Daten, erweitert um eine grobe Bewertung der Bausubstanz in den auf diese Weise eingegrenzten Gebieten, konnten entsprechende Risikowohngebiete in der Stadt Kassel und in den angrenzenden Gemeinden identifiziert werden.[30] In Kassel entsprachen die Stadtteile Vorderer Westen, Mitte und Wehlheiden den formulierten Kriterien, im Landkreis waren es einige Ortslagen von Lohfelden, Baunatal und Vellmar sowie Nieder- und

27 National Academy of Sciences/Institute of Medicine (U.S.A.) 1988.
28 Kromrey 2001.
29 Rosenbrock 2004.
30 Blättner et al. 2010.

Oberkaufungen. Für die beispielhafte Erprobung unterschiedlicher Zugangswege zur Zielgruppe wurden der Stadtteil Vorderer Westen und die Gemeinde Lohfelden ausgewählt. Die nachfolgende Darstellung der Strategieentwicklung, der Umsetzungserfahrungen und wesentlicher Umsetzungsergebnisse wird aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Aktivitäten des Gesundheitsamtes Region Kassel in der Stadt Kassel beschränkt.

6 Interventionen des öffentlichen Gesundheitsdienstes

6.1 Interventionsebene Individuum

Die Zuordnung eines potentiellen Risikos zu einer geografisch definierten Region und ihren Bewohnerinnen und Bewohnern kann die Planung bevölkerungsgerichteter Interventionen unterstützen, bildet das individuelle Risiko jedes in dieser Region lebenden Menschen jedoch nicht ab. Interventionen auf der Ebene des Individuums erfordern aber eine differenzierte Gefährdungseinschätzung unter Berücksichtigung risikomodulierender biologischer, psychischer, sozialer, ökonomischer und verhaltensabhängiger Faktoren. Für die individuelle Gefährdungseinschätzung durch Hitzewellen wurde deshalb ein spezifisches Assessment-Instrument entwickelt. Die Zusammenstellung risikoerhöhender Faktoren erfolgte auf Basis des internationalen Erkenntnisstandes, da entsprechende Untersuchungen für Deutschland nicht vorliegen. Die nach Evidenzkriterien gewichteten Faktoren wurden zum einen in das im Rahmen eines europäischen Sieben-Länder-Projekts unter Berücksichtigung der jeweiligen Gesundheitssysteme entwickelte geriatrische Assessmentinstrument STEP[31] integriert. Zum anderen wurde aus ihnen das Screening-Instrument „Hitze-Gefährdungsskala“ (HGS) konzipiert, mit Hilfe dessen sowohl körperliche und psychische als auch soziale, umweltbedingte sowie verhaltensbezogene Einflussfaktoren in kurzer Zeit erhoben werden können (vgl. Abbildung 3).

Sowohl das erweiterte STEP als auch die HGS wurden im Projektverlauf im Rahmen der Erprobung des direkten Zugangs zu potentiell gefährdeten Personen der Zielgruppe eingesetzt. Auf der Basis der Daten einer Gruppenauskunft aus dem Einwohnermelderegister der Stadt Kassel wurde im Sommer 2009 ein erster direkter Zugangsversuch erprobt. Die Kriterien der Gruppenauskunft waren:

- 75 Jahre und älter
- Vor- und Familienname
- Doktorgrad

[31] Standardized assessment of elderly people in primary care, Williams et al. 2002.

- Anschrift
- Tag des Einzugs
- Tag & Ort der Geburt
- Geschlecht
- Staatsangehörigkeit
- Familienstand.

Da die kommunalen Behörden über die Inanspruchnahme von Pflegeleistungen durch die Bürgerinnen und Bürger keine Kenntnis haben, konnte die Zielgruppe nicht gemäß der oben beschriebenen Setzung weiter eingeschränkt werden. Der Transfer personenbezogener Daten entsprechend der oben aufgeführten Kriterien zum Zwecke der Minimierung gesundheitlicher Risiken bei Hitze wurde von der zuständigen Behörde in allen Punkten mit den melderechtlichen Voraussetzungen (§ 31 Abs. 1 Hessisches Meldegesetz) als übereinstimmend eingestuft. Daraufhin erhielten 58 zufällig ausgewählte 75-jährige oder ältere Personen, die in dieser Zeit im Stadtteil Vorderer Westen wohnten, ein Informationsschreiben, in dem eine individuelle Beratung im Rahmen eines Hausbesuches durch den Mitarbeiter des Gesundheitsamts Region Kassel angeboten wurde.

Das Anschreiben wurde mit Unterstützung des Seniorenbeirates der Stadt Kassel verfasst. Es antworteten 3 der 58 angeschriebenen Personen mit einer telefonischen Absage, bei 3 Personen konnte ein präventiver Hausbesuch oder ein telefonisches Schnell-Assessment durchgeführt werden, 46 angeschriebene Personen reagierten nicht und in 6 Fällen konnte das Anschreiben nicht zugestellt werden, weil die Person unbekannt war. Bei den initiativ absagenden Personen handelte es sich um aufgeschlossene, aktive, gesundheitsbewusste Seniorinnen und Senioren, die bereits hinreichend für Gesundheitsgefährdungen durch Hitze sensibilisiert waren. Bei den mittels Assessment erreichten Personen lag eine besondere Gefährdung entsprechend der Kriterien der HGS vor.

Der zweite Versuch des direkten Zugangs fand im Frühsommer 2011 statt. Anders als in 2009 wurden in 2011 neben Seniorinnen und Senioren aus dem Vorderen Westen auch Personen aus dem Stadtteil Wehlheiden vom Gesundheitsamt angeschrieben. Im Gegensatz zum Stadtteil Wehlheiden war im Stadtteil Vorderer Westen in den beiden Vorjahren u.a. durch Stadtteilkonferenzen und mit der Implementierung des Telefondienstes „Sonnenschirm“ intensive Informationsarbeit geleistet worden. Vom Vergleich der Rückläufe aus beiden Stadtteilen wurden Hinweise auf die Wirksamkeit entsprechender Aktivitäten im Setting erwartet.

HGS (Hitze-Gefährdungsskala)

Biologische Faktoren	Antworten	Punktwert	Bewertung
1. Vorliegen von kardiovaskulären oder anderen chronischen Erkrankungen	Ja	2	
	Nein	0	
2. Vorliegen psychischer Störungen	Ja	2	
	Nein	0	
3. Einnahme von mehr als 3 Medikamenten	Ja	2	
	Nein	0	
4. Verminderte kognitive Leistungsfähigkeit	Ja	2	
	Nein	0	
5. Verminderte funktionelle Leistungsfähigkeit	Ja	2	
	Nein	0	
Soziale / ökonomische Faktoren	**Antworten**	**Punktwert**	**Bewertung**
6. Schwierige ökonomische Situation (Armut)	Ja	1	
	Nein	0	
7. Alleinlebend	Ja	1	
	Nein	0	
Verhaltens- und umweltbedingte Faktoren	**Antworten**	**Punktwert**	**Bewertung**
8. Kontakt-Häufigkeit zu Haus-/Facharzt	kein regelmäßiger Kontakt	2	
	1 X Quartal	1	
	2 X Quartal	0	
9. Aufenthalt in überwiegend heißen Räumen	Ja	2	
	Nein	0	
10. Mobilität ist überwiegend auf die Wohnung beschränkt	Ja	2	
	Nein	0	
11. Keine Verhaltensänderung während Hitze	Ja	2	
	Nein	0	
		Summe:	

Bei Summenwerten größer als **6** **besteht eine erhöhte Gesundheitsgefährdung während Hitzeperioden.**
Erweitertes geriatrisches Assessment ("STEP-H") empfohlen.

Abbildung 3: Hitze-Gefährdungsskala (HGS)

Der Gruppenauskunft zufolge lebten im Juni 2011 im Stadtteil Vorderer Westen 1.170 Personen, die den Auswahlkriterien entsprachen, im Stadtteil Wehlheiden 1.274 Personen. Für jeden Stadtteil wurde eine Zufallsstichprobe gezogen, die ein Drittel der im jeweiligen Stadtteil registrierten Personen umfasste. Im Gegensatz zu 2009 stand im Anschreiben nicht das Gesundheitsamt selbst mit seinem Angebot eines präventiven Hausbesuchs im Mittelpunkt, sondern es wurde insbesondere auf das kostenlose Angebot „Hitzetelefondienst Sonnenschirm 2011“ aufmerksam gemacht und zu dessen Nutzung eingeladen.

Von den 376 Anschreiben im Stadtteil Vorderer Westen waren 37, von den 426 Anschreiben in Wehlheiden 35 nicht zustellbar. Von den verbliebenen 730 angeschriebenen Personen gaben sechs Personen (vier aus Wehlheiden und zwei aus dem Vorderen Westen) eine direkte Rückmeldung an das Gesundheitsamt. Drei dieser Personen waren an einer Inanspruchnahme des kostenlosen Hitzetelefondienstes interessiert. Die anderen drei Anrufer äußerten zwar Anerkennung für die Initiative, schätzten sich selbst aber als nicht durch Hitze gefährdet ein.

Unter Betrachtung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses sind direkte Zugangsversuche des ÖGD zu älteren Bürgerinnen und Bürgern, zumindest im Themenfeld „Hitze und Gesundheit", derzeit als nicht zielführend zu bewerten. Auf Stadtteilebene waren die Interventionen des Gesundheitsamtes Region Kassel dagegen erfolgreicher. Wesentlich wurde dieser Erfolg durch den ehrenamtlich betriebenen Telefonwarndienst „Sonnenschirm" bestimmt.

6.2 Interventionsebene Setting

Seniorinnen und Senioren, insbesondere sozial benachteiligte ältere Menschen, profitieren nach derzeitigem Erkenntnisstand von Präventionsmaßnahmen, die an bzw. in ihrer unmittelbaren Lebensumgebung, z.B. dem Setting Stadtteil, ansetzen.[32] Dem Projektrahmen entsprechend wurden die Initiativen des Gesundheitsamtes Region Kassel im Vorderen Westen gleichfalls auf das Ziel ausgerichtet, insbesondere allein und zurückgezogen lebende ältere und alte Menschen zu erreichen, zu informieren und ggf. individuell zu präventiven Möglichkeiten und Verhaltensanpassungen in Hitzeperioden zu beraten. Unter Verfolgung des sozioökologischen Ansatzes[33] sollten die Interventionen im Stadtteil zudem auf die Schaffung von gesundheitsförderlichen Umgebungen auf der Ebene des Settings zielen, Ideen und Umsetzungskonzepte sollten gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern im Stadtteil erarbeitet werden. Die wissenschaftliche Begleitung erfolgte unter der Prämisse, Erfolgsfaktoren und Hindernisse für ein partizipatives Vorgehen in der kommunalen Prävention von Hitzegefährdungen und in der Entwicklung von Maßnahmen des Gesundheitsschutzes zu identifizieren. Eine Übersicht über die Aktivitäten des Gesundheitsamtes Region Kassel im Stadtteil und die parallel dazu erhobenen Daten der Begleitforschung gibt Abbildung 4. Auf einige Aspekte wird im Folgenden etwas näher eingegangen.

Als potentiell geeigneter Zugang zum Setting „Stadtteil" wurde das sozialraumbezogene Netzwerk gewählt. Im ersten Schritt wurden daher geeignete Netzwerkpartner gesucht. Primäres Kriterium für die Auswahl potentieller Partner

[32] Kümpers/Rosenbrock 2010.
[33] Stokols 1996.

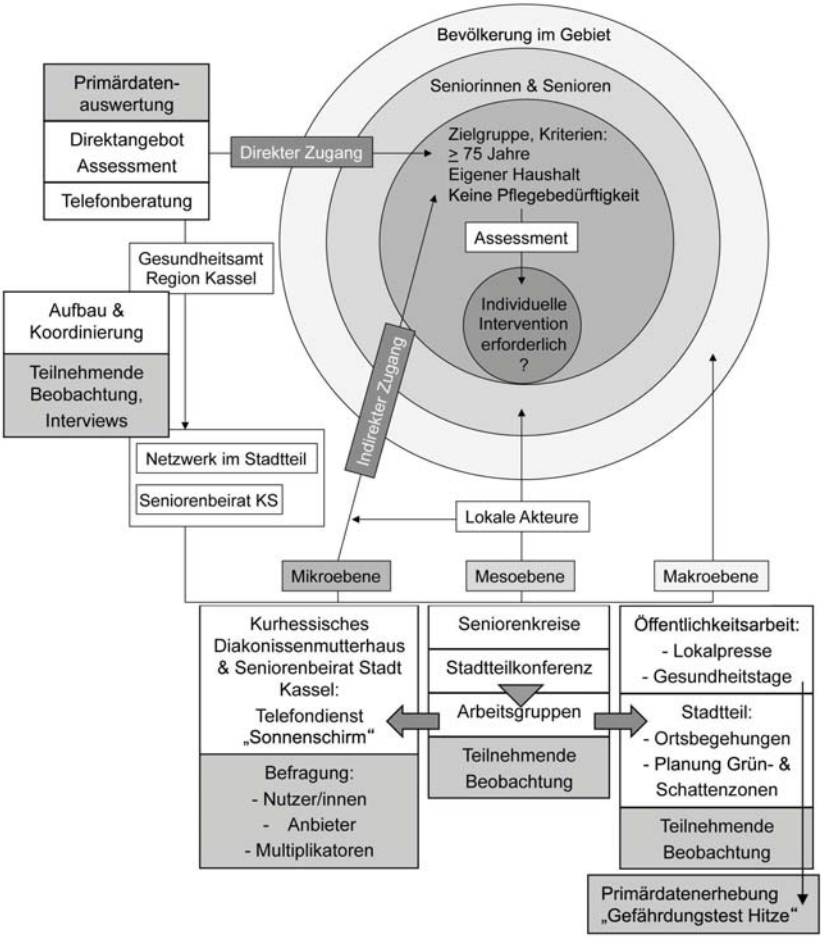


Abbildung 4: Vorgehen des Gesundheitsamtes Region Kassel zur Erreichung der Zielgruppe und begleitende Datenerhebung (grau)

war die Nähe zur Zielgruppe und ihre Möglichkeit, aktiv auf die Zielgruppe zuzugehen. Zudem sollten die Netzwerkpartner fest in den sozialen und institutionellen Strukturen vor Ort integriert sein und dort als vertrauenswürdig gelten. Im September 2009 konnte im Stadtteil Vorderer Westen in enger Kooperation mit dem zuständigen Ortsvorsteher eine Steuerungsgruppe gegründet werden, der Stakeholder aus den Bereichen Gesundheitsversorgung, Wohnen und Bauen, Soziales und Gemeindearbeit sowie Lokalpolitik angehören. Das Netzwerk Vorderer

Westen wurde von Beginn an aktiv vom zuständigen Ortsbeirat unterstützt. Im Mittelpunkt der überwiegend ehrenamtlichen Arbeit standen zunächst die Konzeption und Vorbereitung einer Stadtteilkonferenz, die dazu dienen sollte, das Anliegen einer breiteren Stadtteilöffentlichkeit vorzustellen. An der Stadtteilkonferenz im März 2010 mit dem Titel „Die ältere Generation und der Klimawandel" nahmen rund 40 Personen aus der Gesundheitswirtschaft, der kommunalen Altenhilfe, dem Wohnbau, der öffentlichen Verwaltung, den Kirchen und dem Einzelhandel teil, von denen mehr als ein Drittel Interesse an einer weiteren Mitarbeit zeigte. Im so erweiterten Netzwerk konnten drei Arbeitsgruppen (Gesundheitsvorsorge, Lebensraumgestaltung, Bildung und Soziales) gebildet werden, die in der Folgezeit regelmäßig zusammenkamen und Stadtteil-Aktionen auf unterschiedlichen Ebenen realisierten.

Als ein zentrales Ergebnis der Arbeit des Präventionsnetzwerks Vorderer Westen wurde federführend durch das Gesundheitsamt Region Kassel und das Kurhessische Diakonissenmutterhaus Kassel im Sommer 2010 der Telefondienst „Sonnenschirm", ein kostenfreier Anrufservice für alle Bürgerinnen und Bürger im Vorderen Westen, eingerichtet. Das Angebot wurde aufgrund der großen Resonanz in der Öffentlichkeit in den Folgejahren mit Unterstützung des Seniorenbeirates der Stadt Kassel auf das gesamte Stadtgebiet ausgeweitet. Sowohl die teilnehmenden Diakonissen als auch die am Service teilnehmenden Mitglieder des Seniorenbeirates erhielten vor Freischaltung des Telefondienstes eine Schulung zu medizinischen Problemkonstellationen mangelnder Hitzeadaptation, zu telefonisch eruierbaren Anzeichen für eine stärkere Hitzebelastung und zum empfohlenen Vorgehen in der Situation des Telefonates. Entsprechend einer gutachterlichen Stellungnahme aus dem KLIMZUG-Verbund wurde aus haftungsrechtlichen Gründen von einer individuellen telefonischen Beratung durch die medizinischen Laien abgesehen.[34] Die ehrenamtlichen Telefondienstmitarbeiterinnen und -mitarbeiter konnten jedoch jederzeit auf das parallel eingerichtete Beratungstelefon des Gesundheitsamtes Region Kassel verweisen oder zur Kontaktaufnahme mit dem vertragsbasierten medizinischen Versorgungssystem raten.

Der telefonische Warnservice wird seit 2010 jährlich in der Zeit vom 15. Juni bis zum 31. August angeboten. Eingehende Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Stadt Kassel werden umgehend, d.h. bis spätestens 10:00 Uhr des Folgetages, von einer diensthabenden Diakonisse oder einem diensthabenden Mitglied des Seniorenbeirates telefonisch an die Nutzerinnen und Nutzer des Telefonservice weitergegeben, verbunden mit allgemeinen Tipps für die Verhaltensanpassung. Der Anrufservice wurde über mehrere Netzwerkpartner wie

[34] S. Kap IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.

Arzt- und Logopädiepraxen, Apotheken, Kirchengemeinden und Getränkemärkte im Stadtteil beworben und wird darüber hinaus in jedem Jahr über die regionale Presse bekannt gemacht. In der ersten Phase in 2010 nahmen 20 Personen das kostenlose Angebot wahr, im zweiten Jahr 52 Personen, davon 10 Personen, die bereits im Vorjahr teilgenommen hatten. 21 der teilnehmenden Personen im Jahr 2011 wohnten im Stadtteil Vorderer Westen, 12 in Wehlheiden. 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Jahres 2011 schrieben sich im darauffolgenden Jahr erneut in die Anrufliste ein, insgesamt wurde das Angebot im Sommer 2012 von 45 Personen genutzt. Begleitende Fragestellungen in der Aufbauphase der ersten beiden Jahre betrafen die Motive zur Teilnahme und die gemachten Erfahrungen aus Anbieter-, Multiplikatoren- und vor allem Nutzerperspektive.

Aus Sicht der Anbieter (Diakonissen und Mitglieder des Seniorenbeirates) werden mit dem Anrufservice sinnvolle Aufgaben übernommen. Der eng gesteckte Informationsrahmen war für viele Diakonissen vor dem Hintergrund ihrer langjährigen Erfahrung in individuell ausgerichteter Beratung ungewohnt. Nicht selten erreichten die zwischen 5 und 10 Minuten dauernden Telefongespräche im Verlauf eines Sommers eine persönliche Ebene. Kritische Entscheidungssituationen wurden im Evaluierungszeitraum des Telefonangebotes nicht erlebt.

Multiplikatoren (Dienste der versicherungsbasierten medizinischen und der Pflegeversorgung, Apotheken, Einzelhandel, Vereine etc.) bewarben das Angebot mit unterschiedlicher Intensität, von einfacher Auslage der Anmeldeflyer bis hin zu aktiven Hinweisen auf das Beratungsangebot und Unterstützung beim Ausfüllen und dem Versand der Anmeldung. Übereinstimmend halten die Multiplikatoren wiederkehrende und frühzeitig einsetzende mediale Begleitkampagnen zur Verbesserung der Annahmequote für unerlässlich, da die eigene potentielle Betroffenheit vielen älteren Menschen nicht bewusst sei.

In den ersten beiden Jahren konnten 41 der 62 Personen, die den Telefondienst genutzt hatten, zu ihren Motiven, Erwartungen und Erfahrungen befragt werden. Der Altersmedian der interviewten 36 Frauen und 5 Männer betrug 83 Jahre (36-91 Jahre), alle Interviewten lebten in eigenem Haushalt. 11 Personen gaben an, Leistungen der Pflegeversicherung zu erhalten, 23 von 41 Personen nahmen täglich drei oder mehr Medikamente ein. Gemessen am Schwellenwert > 6 Punkte ließ sich auf der Grundlage der Hitze-Gefährdungsskala bei 32 der 41 Interviewten ein deutlich erhöhtes Gesundheitsrisiko bei Hitze ermitteln. Alle befragten Teilnehmerinnen und Teilnehmer des telefonischen Hitzewarndienstes hielten das Angebot für sinnvoll und erweiterungswürdig, vor allem sei es hilfreich für alleinlebende Personen mit wenigen sozialen Kontakten. Der subjektiv gewonnene Nutzen reichte von einer „Einstimmung auf die Wetterlage des Tages“ bis zu einem

„zusätzlichen Impuls für gesundheitsbewusstes Verhalten". Einige Interviewte würden eine Vorverlegung des Starts des Warndienstes begrüßen, da Hitzeperioden im Frühjahr besonders belastend seien. Wünsche an Veränderungen und Erweiterungen des Angebotes umfassten z.B. Anrufe zu früherer Tageszeit oder die Vermittlung von Personen zur Hilfe beim Einkauf an heißen Tagen.

Die Ergebnisse der Evaluation des Telefondienstes zeigen, dass mit diesem Angebot überwiegend Personen der definierten Zielgruppe mit gesundheitlichen Belastungen und einer entsprechend geringeren Anpassungsfähigkeit an Hitzeextreme erreicht wurden. Die Wahrnehmung der eigenen Anfälligkeit gegenüber Hitzestress hatte in fünf Fällen eine individuelle gesundheitliche Beratung durch das Gesundheitsamt zur Folge. Beratungsinhalte betrafen individuell zu beeinflussende Maßnahmen der Risikoreduktion, da weiter gehende Angebote während des Projektzeitraumes (noch) nicht verwirklicht werden konnten. Gemeinsam im Stadtteil erarbeitete Konzepte liegen jedoch bereits vor. Die Vorschläge der Arbeitsgruppe „Lebensraumgestaltung" stehen, obgleich auf Ebene eines Settings entwickelt, beispielhaft für einen möglichen partizipativen Ansatz von Stadt- und Raumentwicklung, dessen Ergebnisse allen Bürgerinnen und Bürgern zugutekommen könnten.

6.3 Interventionsebene Bevölkerung der Region Kassel

Aktivitäten auf der Makroebene erreichen unterschiedliche Gruppen der Bevölkerung, im Idealfall die gesamte Bevölkerung innerhalb der Reichweite der entsprechenden Maßnahmen. Die bevölkerungsgerichteten Aktivitäten des Gesundheitsamtes Region Kassel und des Netzwerkes im Vorderen Westen umfassten zum einen eine intensivierte Öffentlichkeitsarbeit im Sinne präventiver Kampagnen während der Sommerzeit und zum anderen erste Überlegungen für eine Umgestaltung des Stadtteils. Letztere Aktivitäten wären, da von einem Stadtteilnetzwerk ausgehend und für den Stadtteil gedacht, zunächst der Mesoebene zuzuordnen. Allerdings überschreiten bauliche Veränderungen des öffentlichen Raumes meist die Kompetenz der Akteure im Stadtteil und erfordern politische und planerische Entscheidungen auf der Makroebene.

Die Aktionen der Arbeitsgruppe „Lebensraumgestaltung" zielten darauf, Möglichkeiten für eine Entwicklung des Stadtteils unter expositionsmindernden Gesichtspunkten zu eruieren. Im Kontext der nachgewiesenen mikroklimatischen Bedingungen im Vorderen Westen bot sich eine Bestandsaufnahme der bebauten bzw. versiegelten Flächen sowie der Grünflächen und Ruhezonen an.[35] Mit Unterstützung des Teilprojektes Regionalklimatologie erfolgten mehrere Stadtteilbegehungen,

[35] S. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

Die Gesundheit von gefährdeten Bevölkerungsgruppen wird dadurch am wirksamsten vor Hitze geschützt, dass mehrere Strategien parallel verfolgt werden:

1. Ausweisen bzw. Einrichten von „Kühlen Orten" im Stadtteil

Vorhandene Orte und Räumlichkeiten mit niedrigen Temperaturen öffentlich zugänglich machen und nach außen sichtbar kennzeichnen. Solche Orte im Stadtteil sind z.B. Kirchen, Gemeindehäuser, Innenhöfe, Hofeinfahrten, Hofflächen usw. Denkbar wäre ein einheitliches Zeichen, das mit seiner Formsprache für jedermann „Kühle Orte" im Stadtteil erkennen lässt.

2. Auf die Beschaffenheit von Oberflächen achten

Das Aufheizen horizontaler und vertikaler Flächen sowie das Speichern von Wärme reduzieren – durch Material- und Farbwahl. Maßnahmen können z.B. die Verwendung heller statt dunkler Farben, die Verwendung von Steinen mit höherem Albedo-Wert[1] sowie die Nutzung der Möglichkeiten zur Entsiegelung und Begrünung von Dachflächen und Fassaden sein.

3. Grünflächen erhalten und erweitern

Grünflächen sind kühle Orte und tragen dazu bei, bei heißen Temperaturen Erholung zu bieten. Außerdem verbessern sie das städtische Mikroklima. Hierzu zählt eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen[2], z.B. schattige Ruheplätze in Parkanlagen, Baumbestand im Straßenraum, Außenbereiche öffentlicher und privater Gebäude (Vorgärten und Hinterhöfe).

4. Luftaustausch sichern oder verbessern

Windverhältnisse beeinflussen den Luftaustausch. Durch ihn wird nicht nur der Abtransport von Schadstoffen gewährleistet, sondern auch der Wasserdampf (Reduktion von Schwüle). Damit trägt der Wind zum Temperaturausgleich bei. Im hochverdichteten Vorderen Westen ist darauf zu achten, dass die Luftströme hinsichtlich Richtung und Geschwindigkeit möglichst wenig gestört werden.

5. Gebäude innen und außen vor Hitze schützen

Bewohner und Nutzer durch Maßnahmen am Gebäude vor Überhitzung schützen. Hier können z.B. Verschattungssysteme, Dämmmaßnahmen, Wärmeschutzverglasung, Lüftungssysteme helfen.

Die weitere Vorgehensweise zielt insbesondere auf die aktuell bevorstehende Umgestaltung der Goethestraße und Friedrich-Ebert-Straße sowie die Einbeziehung in die Maßnahmen des Fördergebiets „Aktive Kernbereiche" im Vorderen Westen ab.

---

[1] Reflektionsvermögen eines Objekts; Verhältnis des reflektierten zum eingestrahlten Licht
[2] Der max. Abstand zwischen den Bereichen sollte ca. 200 m betragen (Boenke et al. 2010: Empfehlungen zu Mobilitätssicherung älterer Menschen im Straßenraum)

Abbildung 5: Handlungsempfehlungen der AG Lebensraumgestaltung

zudem eine Literatursichtung und Systematisierung effektiver und machbarer Interventionen. Als Ergebnis wurden fünf Handlungsempfehlungen formuliert (vgl. Abbildung 5). Die erste Empfehlung „Ausweisen bzw. Einrichten von ‚Kühlen Orten' im Stadtteil" wäre in der Umsetzung eine Intervention im Setting; sie liegt im Kompetenzbereich des Netzwerkes. Als Maßnahme der Expositionsminderung

wäre die Öffnung kühler Orte (Kirchen, schattige Höfe etc.) für alle Passantinnen und Passanten eine wirksame präventive Maßnahme.[36] Die Empfehlungen zwei bis fünf dagegen übersteigen in der Umsetzung sowohl den Kompetenzbereich eines Gesundheitsamts und den eines Stadtteilnetzwerkes als auch den Zeithorizont des KLIMZUG-Projektes. Sie zeigen jedoch auf, welches weitere Entwicklungspotenzial für expositionsmindernde und damit effektive Anpassungsmaßnahmen auf der Ebene von Kommunen gegeben ist.

7 Einordnung und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Interventionserfahrungen des Gesundheitsamts Region Kassel auf der Mikroebene machen deutlich, wie aufwändig die Umsetzung von Strategien zur Gewährleistung eines individuellen Gesundheitsschutzes durch den ÖGD ist. Vor dem Hintergrund der publizierten Erfahrungen aus Frankreich[37] dürfen die auf den ersten Blick ernüchternden Ergebnisse des direkten Zugangs zur Zielgruppe älterer, in eigenem Haushalt lebender Bürgerinnen und Bürger in Kassel jedoch nicht entmutigen. In Frankreich wurden aufgrund der vielen Hitze bedingten Todesfälle im Sommer 2003 Aktionspläne auf nationaler (Plan canicule) sowie kommunaler Ebene entwickelt, die unter anderem die Registrierung potentiell gefährdeter Personen als verantwortliche Aufgabe der Kommunen vorsehen. Für Paris bedeutete dies die schriftliche Einladung an ca. 400.000 meist ältere Bürgerinnen und Bürger, sich registrieren zu lassen, verbunden mit dem Angebot spezieller Unterstützung während Hitzewellen. Im Jahr 2006 kamen ca. 13.000 der angeschriebenen Personen (3,25%) der Einladung nach. Die registrierten Personen wurden während der 11-tägigen Hitzewelle in 2006 regelmäßig von Sozialdiensten angerufen und beraten, etwa 800 Personen wurden engmaschig ärztlich betreut, etwa 30 Personen intermittierend in klimatisierte Räumlichkeiten verbracht und 18 Personen notärztlich versorgt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Bürgerinnen und Bürger von Paris aufgrund der dramatischen Mortalität im Sommer 2003 stärker sensibilisiert gegenüber den Gesundheitsgefahren durch Hitzewellen waren als es die Bevölkerung der Region Kassel derzeit ist. Zur Teilnahmebereitschaft der Bevölkerung an öffentlichen Angeboten in Paris könnte auch die über alle politischen Ebenen nicht nur proklamierte, sondern durch konkrete Umsetzung für die Bevölkerung auch wahrnehmbare Bedeutung des Gesundheitsschutzes während Hitzeperioden in Frankreich beigetragen haben. Den Hitzeaktionsplänen vieler europäischer Länder vergleichbare Entwicklungen auf Länder- und Bundesebene stehen noch aus, auf kommunaler Ebene wurde mit

[36] Matthies et al. 2008: 17.
[37] Cadot et al. 2007.

dem vorgestellten Projekt ein erster Schritt getan. Für die Region Kassel lässt die niedrige direkte Rückmeldequote (0,8%) der angeschriebenen älteren Bürgerinnen und Bürger an das Gesundheitsamt aus den Stadtteilen Vorderer Westen und Wehlheiden allerdings vermuten, dass es weiter gehender Bemühungen des ÖGD über viele Jahre hinweg bedürfen würde, um einen zufriedenstellenden direkten Zugang zu potentiell gefährdeten Personen zu erzielen. Niedrigschwellige, zielgruppenspezifische Angebote scheinen eher auf Akzeptanz zu stoßen. Vom ÖGD initiierte und koordinierte Netzwerke ehrenamtlicher Akteure können hierbei sowohl direkte als auch indirekte Zugangswege zu verschiedenen Zielgruppen eröffnen helfen. Da der öffentliche Gesundheitsdienst landesrechtlichen Regelungen unterliegt wären Handlungsspielraum und Ressourcenbereitstellung den jeweiligen Gegebenheiten anzupassen. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass im hier vorgestellten Projekt zwar beispielhaft Interventionsmöglichkeiten des ÖGD für eine besonders gefährdete Zielgruppe ausgelotet wurden, ein umfassender Hitzeaktionsplan jedoch den Gesundheitsschutz der gesamten Bevölkerung zum Ziel haben muss. In diesem Kontext wäre unter anderem zu prüfen, ob mit gesetzlich verankerten Planungsinstrumenten wie Gesundheitskonferenzen, die eine stärkere Beteiligung der Leistungserbringer der vertragsbasierten Versorgung sichern, unterschiedliche vulnerable Gruppen sicher erreicht und Maßnahmen des individuellen Gesundheitsschutzes für die verschiedenen Zielgruppen verlässlich implementiert werden könnten. Eine Kooperation von ÖGD und niedergelassener Ärzteschaft könnte die Stärken des jeweiligen Versorgungssektors in eine gemeinsame Strategie einbringen. Hausärztinnen und Hausärzte könnten z.B. beim Medikamenten- und Flüssigkeitsregime für chronisch Kranke und für ältere Patientinnen und Patienten die französischen Empfehlungen aufgreifen[38] oder sich an den Empfehlungen der WHO Europa orientieren[39]. Gesundheitsämter könnten ihre Kompetenz auf der Ebene der Verhältnisprävention in kommunale Planungen und Maßnahmen z.B. zur Reduktion von städtischen Wärmeinseln einbringen. Ein partizipatives Vorgehen, so wie es das Gesundheitsamt Region Kassel im Stadtteil Vorderer Westen umgesetzt hat, entspricht am ehesten bewährten Strategien der Gesundheitsförderung und könnte über die aktive Beteiligung der Bevölkerung an konkreten Vorhaben zum Gesundheitsschutz auch zur Sensibilisierung für weitere gesellschaftliche Auswirkungen des Klimawandels beitragen.

[38] Agence francaise de securite sanitaire des produits de sante 2009.
[39] Matthies et al. 2008.

8 Ausblick

Bei Betrachtung der Beispiele guter Praxis verschiedener europäischer Nachbarländer[40] stellen sich im Kontext der Anpassung der Gesundheitsversorgung in Deutschland an zukünftig wahrscheinlich häufiger auftretende Hitzeextreme für die Ebenen des Bundes, der Länder und der Kommunen viele noch offene Fragen. Entlang der Schritte des Public Health Action Cycle lassen sie sich in vier große Komplexe unterteilen:

- *Assessment:* Wer ist in Deutschland durch Hitzewellen nachweislich gefährdet? Welche Grunderkrankungen, welche geografischen Regionen, welche sozioökonomischen Faktoren bestimmen das Risiko? Gibt es Unterschiede, die durch Bildung, Sprache, kulturelle oder andere Kontexte erklärbar sind? Wird die Gesundheitsversorgung in Hitzeperioden besonders beansprucht, und wenn ja, welche(r) Sektor(en), warum und durch wen?
- *Policy development:* Welche Zielgruppen sind wie zu erreichen und wie zu schützen? Welche Maßnahmen haben sich als wirksam erwiesen? Welche Elemente muss ein Notfallplan, welche ein Plan für mittel- oder langfristig wirksame Maßnahmen zur Reduktion von Gesundheitsrisiken durch Hitze auf den verschiedenen Ebenen von Zuständigkeit und Verantwortung beinhalten? Wie kann Verbindlichkeit gesichert werden? Welche Rechtsanpassungen müssen erfolgen? Wie lassen sich die unterschiedlichen Ebenen vernetzen, wie die Bürgerinnen und Bürger an der Entwicklung beteiligen? Etc.
- *Assurance:* Wie lässt sich die Umsetzung der Maßnahmenpläne sicherstellen? Wer steuert auf welcher Ebene, welche Ressourcen müssen bereitgestellt werden, welche Anreizsysteme haben sich bewährt?
- *Evaluation:* Wie wurde der Plan umgesetzt? Wurden die Zielgruppen erreicht? Welche Schwierigkeiten sind aufgetreten? Waren die Maßnahmen wirksam? Welche Verbesserungen sind aus Sicht der Akteure nötig, welche davon kurz-, mittel- oder langfristig umsetzbar? Wie hat die Bevölkerung bzw. haben bestimmte Zielgruppen auf die angebotenen Maßnahmen reagiert? Welche Verbesserungen halten sie für nötig? Hat sich die temperaturabhängige Mortalität und Morbidität durch die Maßnahmen verändert?

Der Erkenntnisstand zu allen aufgeführten Fragekomplexen ist, bezogen auf die Bedingungen in Deutschland, weiterhin dürftig. Da konzeptuelle Überlegungen für die Anpassung der Gesundheitsversorgung an zukünftig wahrscheinlich häufiger auftretende Hitzeextreme in Deutschland noch am Anfang stehen, ergibt sich prinzipiell die Chance, zunächst eine Wissensbasis für die Entwicklung von Inter-

[40] Grewe/Blättner 2011.

ventionsplänen auf Mikro-, Meso- und Makroebene zu schaffen. Unter dem Gesichtspunkt eines sinnvollen Ressourceneinsatzes bei einer erstrebten Passgenauigkeit von Anpassungsstrategien wäre die Investition in entsprechende Forschung sicher zielführend.

Literatur

Agence francaise de securite sanitaire des produits de sante – afssaps (Hrsg.) (2009): Clarification regarding the correct use of medicinal products in the event of a heat wave. http://ansm.sante.fr (Zugriff 2012-12-18).

Blättner B, Heckenhahn M, Georgy S, Grewe HA, Kupski S (2010): Wohngebiete mit hitzeabhängigen Risiken ermitteln. Soziodemografische und klimatische Kartierung als Planungsinstrument gezielter Prävention. Bundesgesundheitsbl. 53: 75-81.

Brücker G (2005): Vulnerable Populations: Lessons learnt from the Summer 2003 Heat Waves in Europe. Eurosurveillance 10: 146.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2008): Raumordnungsprognose 2025. BBR-Berichte kompakt, 2/2008.

Cadot E, Rodwin VG, Spira A (2007): In the Heat of the Summer. Lessons from the Heat waves in Paris. Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine 84(4): 466-468.

Conti S, Meli P, Minelli G, Solimini R, Toccaceli V, Vichi M, Beltrano C, Perini L (2005): Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. Environ Res 98: 390-399.

Deutscher Wetterdienst DWD (2012): Erläuterungen und Kriterien zu Hitzewarnungen. www.dwd.de (Zugriff 2012-12-18).

Gordis L (2001): Epidemiologie. Marburg: Verlag im Kilian.

Grewe HA, Blättner B (2011): Hitzeaktionspläne in Europa. Strategien zur Bekämpfung gesundheitlicher Folgen von Extremwetterereignissen. Prävention und Gesundheitsförderung 6: 158-163.

Grizea L, Hussa A, Thommena O, Schindlera C, Braun-Fahrländer C (2005): Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. Swiss Med weekly 135: 200–205.

Heckenhahn S, Gussmann V (2011): Das Hessische Hitzewarnsystem. Eine Akteursanalyse zum Stand des Vorgehens. Prävention und Gesundheitsförderung 6: 172-178.

Hessisches Sozialministerium (2008): Hessisches Hitzewarnsystem. Aktenzeichen II 5.3 / V 3.1. vom 22. April 2008.

Hessisches Statistisches Landesamt (2010): Bevölkerung in Hessen 2060. Ergebnisse der regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung bis 2030 auf der Basis 31.12.2008. Wiesbaden.

Hessisches Statistisches Landesamt (2012): Hessische Kreiszahlen. 57. Jahrgang, Band 2, 2012. Wiesbaden.

Heudorf U, Meyer C (2005): Gesundheitliche Auswirkungen extremer Hitze – am Beispiel der Hitzewelle und der Mortalität in Frankfurt am Main im August 2003. Gesundheitswesen 67: 369-374.

Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Leitner B, Kundi M (2007): Heatwaves in Vienna: effects on mortality. Wien Klin Wochenschr 119/7–8: 223–227.

Institut de Veille Sanitaire (InVS) (2003): Impact sanitaire de la vague chaleur en France survenue en aout 2003. Rapport d'étape. 29 aout 2003.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (1997): The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. Summary for Policymakers. IPCC Special Report.

Josseran L, Caillère N, Brun-Ney D, Rottner J, Filleul L, Brücker G, Astagneau P (2009): Syndromic surveillance and heat wave morbidity: a pilot study based on emergency departments in France. BMC medical informatics and decision making 9: 14.

Koppe C (2005): Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Dissertation Universität Freiburg, 214 S.

Koppe C, Jendritzky G (2004): Die Auswirkungen der Hitzewellen 2003 auf die Mortalität in Baden-Württemberg. In: Sozialministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Gesundheitliche Auswirkungen der Hitzewelle im August 2003. Stuttgart: S. 5-18.

Koppe C. (2009): Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes. UMID 2009 (3): 39-43.

Kromrey H (2001): Evaluation – ein vielschichtiges Konzept. Begriff und Methodik von Evaluationsforschung. Empfehlungen für die Praxis. Sozialwissenschaften und Berufspraxis 24, (2): 105-131.

Kümpers S, Rosenbrock R (2010): Gesundheitspolitik für ältere und alte Menschen. In: Naegele G (Hrsg.): Soziale Lebenslaufpolitik. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, S. 281-308.

Matthies F, Bickler G, Cardenosa Marin N, Hales S (Hrsg.) (2008): Heat Health Action Plans. Guidance. WHO Europa.

Michelozzi P, De Donato F, Bisanti L, Russo A, Cadum E, De Maria M, De Ovidio M, Costa G, Peducci CA (2005): The impact of the summer 2003 heat weaves on mortality in four Italian cities. Euro Surveillance 10 (7-9): 161-164.

Moshammer H, Gerersdorfer T, Hutter HP, Formayer H, Kromp-Kolb H, Leitner B (2007): Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich. Forschungsreihe: Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich, Band 3. www.boku.ac.at (Zugriff 2013-01-28).

National Academy of Sciences/Institute of Medicine (U.S.A.) (1988): The Future of Public Health. National Academy Press, Washington D.C.

Regierungspräsidium Gießen (Hrsg.) (2009): Außergewöhnliche Hitzeperioden. Vorbereitung und Vorgehen stationärer Pflegeeinrichtungen. http://www.rp-giessen.hessen.de (Zugriff 2013-02-04).

Robert Koch Institut (RKI) (Hrsg.) (2003): Infektionsgeschehen von besonderer Bedeutung: Zu einer Häufung von hochfieberhaften Erkrankungen und Todesfällen in mehreren Bundesländern. Epidemiologisches Bulletin Nr. 34, 22. August 2003: S. 276.

Rosenbrock R (2004): Prävention und Gesundheitsförderung – gesundheitswissenschaftliche Grundlagen für die Politik. Gesundheitswesen 66: 146-152.

Schifano P, Cappai G, De Sario M, Michelozzi P, Marino C, Bargagli AM, Perucci CA (2009): Susceptibility to heat wave-related mortality: a follow-up study of a cohort of elderly in Rome. Environmental Health 8: 50.

Stafoggia M, Forastiere F., Agostini D., Biggeri A., Bisanti L., Cadum E., Caranci N., de'Donato F., De Lisio S., De Maria M., Michelozzi P., Miglio R., Pandolfi P., Picciotto S., Rognoni M., Russo A., Scarnato C., Perucci C.A. (2006): Vulnerability to Heat-Related Mortality: A Multicity, Population-Based, Case-Crossover Analysis. Epidemiology 17: 315-323.

Stokols D (1996): Translating social ecological theory into guidelines for community health promotion. American Journal of Health Promotion 10: 282-298.

Strauss AL (1991): Qualitative Sozialforschung: Datenanalyse und Theoriebildung in der empirischen und soziologischen Forschung, München: Fink.

Uphoff H, Hauri A (2005): Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen In: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012, Projektbaustein II: Klimawandel und Klimafolgen in Hessen. Abschlussbericht, S. 53-57.

Vandentorren S., Bretin P., Zeghnoun A., Mandereau-Bruno L., Croisier A., Cochet C., Ribéron J., Siberan I., Declercq B., Ledrans M. (2006): Heat-related mortality. August 2003 Heat Wave in France: Risk Factors for Death of Elderly People Living at Home. Euro J Public Health 16 (6): 583-591.

Williams E, Fischer G, Junius U, Sandholzer H, Jones D, Vass M (2002): An evidence-based approach to assessing older people in primary care. London: The Royal College of General Practitioners.

Anpassung an den Klimawandel in der ambulanten Pflege

Daniela Neuschäfer

Übersicht

1 Einleitung ... 323
2 Herausforderung Klimawandel im Kontext ambulanter Versorgung ... 324
3 Chancen & Risiken der ambulanten Pflege im Umgang mit Extremwetterereignissen 325
4 Von Lern- und Lehrmodulen zum Qualitätssiegel Klimaangepasst ... 326
4.1 Das ursprüngliche Vorhaben und die Begründung der Modifikation ... 326
4.2 Fazit Modifikation ... 329
5 Sensibilisierung und Qualifizierung im Gesundheitswesen durch das Qualitätssiegel Klimaangepasst ... 329
6 Die Entwicklung des Qualitätssiegels Klimaangepasst ... 330
6.1 Die Qualitätskriterien des Qualitätssiegels Klimaangepasst ... 332
6.2 Fazit zur Entwicklung des Qualitätssiegels Klimaangepasst ... 340
7 Akteure, Umsetzungsstrategie und Implementierungsprozess ... 340
7.1 Akteure: Kooperations- und Netzwerkpartner ... 340
7.2 Umsetzungsstrategie ... 341
7.3 Implementierungsprozess im Pilot ... 342
8 Qualitätssiegel Klimaangepasst: Ein Transferinstrument ... 344
9 Transfermöglichkeiten ... 345
10 Ausblick ... 346
Literatur ... 347

1 Einleitung

Zur Anpassung an den Klimawandel in der ambulanten Pflege wird das Qualitätssiegel Klimaangepasst „Bei Wind & Wetter! Klimaangepasste Pflege!“ als Umsetzungsprojekt zur Qualifizierung im Gesundheitswesen vorgestellt. Ziel des Projektes war, die Aspekte der Anpassung an den Klimawandel in laufende Qualifizierungs- und Qualitätsmanagementprozesse zu integrieren.

2 Herausforderung Klimawandel im Kontext ambulanter Versorgung

Der Klimawandel stellt ambulante Pflegedienste vor die Herausforderung, die pflegerische Versorgung bei Extremwetterereignissen vor allem in ländlichen Regionen aufrechtzuerhalten.

Für die ambulante Versorgung sind neben der persönlichen Gefährdung vor allem unterbrochene Verkehrsverbindungen bedeutsam. Die ambulante Pflege erbringt Leistungen, die ein- bis mehrmals täglich dringend erforderlich sind. Insbesondere allein lebende ältere und hochaltrige und pflegebedürftige Menschen sind auf diese Leistungen angewiesen. Durch Unwetterereignisse können diese Versorgung und Leistung partiell nicht aufrecht gehalten werden, da zum einen die Verkehrsverbindungen blockiert sein und zum anderen Pflegekräfte sich nur mit einer hohen Selbstgefährdung auf den Straßen aufhalten können.

Verkehrsverbindungen können auch nach einem Unwetterereignis noch über Stunden hinweg gesperrt sein. Die Wege zum Kunden sind im ländlichen Raum oft sehr weit. Oftmals sind Pflegedienste auf regional verbindende, z.T. gering befahrene Straßen, angewiesen, um die Versorgung der Kunden zu erbringen. Gerade diese Straßen werden häufig erst nachrangig bei Extremwetterereignissen für den Verkehr freigeräumt. Doch kann gerade eine durch Verkehrsblockaden bedingte Nichtversorgung mit gesundheitlichen Risiken für die Pflegebedürftigen und mit ethisch prekären Situationen verbunden sein.[1] Damit Pflegedienste die Versorgung ihrer Kunden auch im Notfall (Extremwetterereignis) aufrecht erhalten können, bedarf es einerseits eines Notfallplans sowie an den Notfall adaptierter pflegerischer Kompetenzen und andererseits technischen Know-Hows in Form von praktischer, pragmatischer Kompetenz von Personen.

Die berufliche Aus- und Weiterbildung im Gesundheitsbereich hatte bislang klimawandel-bedingte Qualifikationsbedarfe nicht systematisch curricular berücksichtigt. Zielgerichtete Strategien im Umgang mit extremen Witterungsbedingungen existierten nicht und waren bislang nicht systematisch erfasst. Anpassungsmaßnahmen der gesundheitlichen Versorgung an den Klimawandel erfolgten somit partiell, situativ und intuitiv. Präventionsmaßnahmen insbesondere bei Hitzewellen, aber auch notwendige organisatorische Anpassungen der Gesundheitsversorgung bei Extremwetterereignissen, die durch die Folgen des Klimawandels notwendig werden, sind bislang nur marginal Thema der Aus- und Weiterbildung von Fachpersonal im Gesundheitsbereich gewesen. Eine angemessene Qualifizierung dieser Pflegekräfte ist aber insofern unerlässlich, als dass diese häufig den

[1] Vgl. Blättner 2011.

einzigen täglichen Kontakt zu besonders vulnerablen Personengruppen, insbesondere älteren pflegebedürftigen Menschen und ihren sozialen Netzen, darstellen.

Neben den klimarelevanten Änderungen wird der demographische Wandel Einfluss auf die Arbeit ambulanter Pflegedienste nehmen: Mit dem wachsenden Anteil alter Menschen an der Gesamtbevölkerung wird in den kommenden Jahrzehnten auch der Anteil pflegebedürftiger Personen wachsen.[2] Diese Entwicklung ist unter dem Aspekt des Klimawandels und der Dramatik, die einige der projizierten Klimawandelfolgen (Hitzewellen, Unwetter etc.) für die Gesundheit und Gesundheitsversorgung empfindlicher und empfindsamer Bevölkerungsgruppen haben, eine große Herausforderung. Gerade ältere Personen mit gesundheitlich eingeschränkter Anpassungsfähigkeit (v.a. Pflegebedürftige) sind durch Wetterereignisse besonders gefährdet; sie tragen das höchste Gesundheitsrisiko. Damit steigen die Anforderungen an Pflegedienste, Tätige im Gesundheitswesen sowie an berufsfremde Helfer: Hinsichtlich der Klimawandelfolgen muss die ambulante Pflegeversorgung in ländlichen Regionen sichergestellt werden. Diese Sicherstellung kann einerseits durch geeignete organisatorische Maßnahmen und durch Verbesserungen der betrieblichen Infrastruktur erzeugt werden. Andererseits muss gewährleistet werden, dass bei der Versorgung von Pflegebedürftigen Gefährdungen und klimabedingten gesundheitsrelevanten Risikofaktoren systematisch vorgebeugt wird.

3 Chancen & Risiken der ambulanten Pflege im Umgang mit Extremwetterereignissen

Weder die Pflegekassen noch die ambulanten Pflegedienste sind verpflichtet, im Rahmen der prognostizierten klimabedingten (Un-)Wetterereignisse, präventive Maßnahmen zu ergreifen, um klimabedingten Gesundheitsgefährdungen vorzubeugen. Doch wenn die Infrastruktur durch Unwetterereignisse zusammenbricht oder eine Hitzeexposition auftritt, ist die Gefahr, dass vulnerable Personen gesundheitliche Schäden erleiden, groß.

Nach derzeitiger Rechtslage sind Pflegedienste nach § 611 BGB verpflichtet, die Vorsorgeplicht und die Pflegeleistung zu erbringen und haben mit der Pflege- und Krankenkasse jeweils einen Vertrag dieser nachzukommen, abgeschlossen. Pflegedienste sind somit verpflichtet, die Versorgung ihrer Kunden bei „Wind und Wetter“ zu gewährleisten. Bei einer Nicht-Versorgung können Haftungsansprüche geltend gemacht werden. Die Leistungspflicht der Pflegedienste entfällt nur dann,

[2] Vgl. Simon 2010; Gerlinger/Röber 2009; Rosenbrock/Gerlinger 2004.

wenn sie aufgrund der Regelungen über die Unmöglichkeit der Leistungserbringung gem. § 275 BGB nicht erbracht werden kann.

Um auch bei häufiger werdenden (Un-)Wetterereignissen die Pflegeversorgung in ländlichen Regionen sicherstellen zu können, müssen Anpassungsleistungen im Gesundheitswesen, so auch in der ambulanten Pflegeversorgung, erfolgen. Neben der Gefahr der Nicht-Versorgung und in diesem Zusammenhang des Aufkommens von Haftungsansprüchen bieten Anpassungsleistungen die Chance, die Pflegedienstleistung sicherzustellen, das Risiko der Nicht-Versorgung und der damit verbundenen Haftungsansprüche zu minimieren sowie die Sicherheit der Mitarbeiter auszubauen und zusätzlich die innerbetrieblichen Strukturen zu optimieren.

4 Von Lern- und Lehrmodulen zum Qualitätssiegel Klimaangepasst

Wie zuvor skizziert waren Strategien von ambulanten Diensten im Umgang mit extremen Witterungsbedingungen sowie gegenwärtige und künftige Handlungsbedarfe nicht systematisch erfasst. Die notwendigen Kenntnisse haben jedoch partiell und intuitiv Eingang in die Handlungspraxis gefunden, da Praktikerinnen und Praktiker erste Erfahrungen mit dem Klimawandel und seinen Risiken machen konnten (z.B. harte Winter 2009 auf 2010, heißer Sommer 2007). Doch Pflegedienste sowie Praktikerinnen und Praktiker deuten trotz erster Erfahrungen den Klimawandel nicht per se als relevante Thematik für ihren Arbeitsalltag. Die Thematik „Klimaanpassung“ und Prävention von klimabedingten Gesundheitsgefährdungen beansprucht infolgedessen wenig Relevanz.

Durch das Qualitätssiegel Klimaangepasst unter dem Motto „Bei Wind & Wetter! Klimaangepasste Pflege!“ erhalten Pflegedienste, Fachpersonal und berufsfremde Helferinnen und Helfer die Möglichkeit, sich durch neue Erkenntnisse aus der Forschung weiterzubilden, sich eine „neue“, d. h. aktuell angepasste Gesundheitskompetenz anzueignen sowie präventive Strategien zu entwickeln und in den (beruflichen) Alltag und somit in die Strukturen des Pflegeanbieters zu integrieren.

Die Umsetzung des Qualitätssiegels und seiner curricularen Module wurden 2011/12 durchgeführt, sodass ein erster Pflegeanbieter im Oktober 2012 mit einem Zertifikat ausgezeichnet werden konnte. Inhalte des Qualitätssiegels sowie Umsetzungsstrategien und Umsetzungserfahrungen werden im Folgenden Autorin maßgeblich in den Vordergrund gestellt.

4.1 Das ursprüngliche Vorhaben und die Begründung der Modifikation

Das ursprüngliche Vorhaben des Instituts für Berufsbildung (IBB) im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Kassel hatte sich zum Ziel gesetzt, ein modular aufgebautes Lehrkonzept für die Ausbildung und Fachweiterbildung im

Gesundheitswesen mit dem spezifischen Fokus der Handlungskompetenz für die Prävention von und Adaption an klimabedingte Gesundheits- und Versorgungsrisiken zu entwerfen. Ziel des Vorhabens war es, ein inhaltlich validiertes, an Kompetenzprofilen orientiertes und didaktisch-methodisch gut begründetes Qualifizierungskonzept in Form von Lehr- und Lernmodulen zu entwickeln, um Pflegekräfte zu sensibilisieren und im Umgang mit klimabedingten Gesundheitsgefährdungen zu schulen.

Die Kolleginnen und Kollegen des gesundheitswissenschaftlichen Teilprojektes der Hochschule Fulda (Fachbereich Pflege und Gesundheit) stellten jedoch rasch fest, dass die Pflegedienste wenig für dieses Thema sensibilisiert waren und ihm auch eine geringe Relevanz zumaßen – eine Einschätzung, die durch Expertengespräche des Instituts für Berufsbildung bestätigt wurde. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass Lehr- und Lernmodule nicht auf die nötige Akzeptanz stoßen würden, somit von Pflegediensten und Pflegekräften weder nachgefragt noch absolviert werden würden. Die fehlende Akzeptanz für die vorgesehenen Fortbildungsveranstaltungen hängt zum einen mit der mangelnden Sensibilität der Zielgruppe für klimabedingte Gesundheitsrisiken (durch hohe Arbeitsbelastung, zusätzliche Qualifikationen, Anforderungen des Qualitätsmanagements, Überprüfungen und Besuche des MDKs) und zum anderen mit der aktuell subjektiv als ausreichend erlebten situativen Anpassung (bei Hitze oder Unwetter) zusammen. Die ursprüngliche Konzeption des Projektantrags von dem Teilprojekt „Lehr-/Lernmodule zur Klimaanpassung im Gesundheitswesen“ des Instituts für Berufsbildung (Universität Kassel) hatte die grundsätzliche Bereitschaft der angesprochenen Personengruppen und Institutionen, Bildungsmaßnahmen nachzufragen, allerdings unterstellt. Der Ausgangspunkt des Teilprojektes „Lehr-/Lernmodule zur Klimaanpassung im Gesundheitswesen“ änderte sich demzufolge in der Projektlaufzeit und wurde aufgrund der neuen Problemstellung (geringe Sensibilisierung und Akzeptanz) modifiziert und an die Bedarfe der Pflegedienste und deren beruflichen Alltag angepasst.

Die Modifikation umfasste eine zusätzliche Fokussierung der Zielsetzung und stellte eine sinnvolle Alternative zu der im Ursprung geplanten Konzeption und Etablierung von Fortbildungsveranstaltungen dar: So wurde die Entwicklung und Implementierung eines Qualitätssiegels mit spezifischen Kriterien und Qualitätsstandards fokussiert.

Die Entwicklung eines Zertifikats in Form des Qualitätssiegels Klimaangepasst wurde gewählt, weil es als Zertifikat an Attraktivität gewinnt und somit einen Anreiz für ambulante Pflegedienste darstellt, da es neben der Qualifizierung auch einen Imagegewinn birgt: Eine Zertifizierung wie das Qualitätssiegel Klimaange-

passt bestätigt dem Zertifikatsträger eine ausdrückliche Qualitätsentwicklung, die bei einem steigenden Konkurrenzdruck im Wettbewerb die Chancen erhöht, dem Konkurrenten voraus zu sein:[3] Die Bedeutung des Dienstleistungssektors ist gestiegen, parallel dazu steigen auch die Anforderungen von Kunden an Dienstleister[4] – so auch im Gesundheitswesen. Eine systemische Qualitätsentwicklung als zukunftsorientierte Weiterentwicklung wird für Personen, Organisationen und Unternehmen im Gesundheitswesen essentiell, um im steigenden Konkurrenzdruck und Wettbewerb bestehen zu können. Dienstleister sind darauf angewiesen, sich Wettbewerbsvorteile zu verschaffen.

Wettbewerbsvorteile können durch Zertifikate oder durch ein solches Qualitätssiegel als präferenzschaffende Marketingaktivität realisiert werden. Präferenzschaffende Aktivitäten sind Maßnahmen, die eine Nutzenerhöhung beim Kunden bewirken in Form von subjekt-nutzenbezogener Qualität einer Leistung (Bedürfnisbefriedigung und Kundenzufriedenheit), sodass der Interessent die angebotene Dienstleistung des Unternehmens gegenüber anderen bevorzugt.[5] Die (Dienstleistungs-)Qualität[6] wird dabei zum Schlüsselfaktor. Auch Dienstleistungsanbieter im Gesundheitswesen müssen ihre Dienstleistungsqualität sicherstellen, „um auf dem hart umkämpften Dienstleistungsmarkt im Wettbewerb zu bestehen“[7] und den Kunden mit besserer Kundenorientierung, besseren Angeboten, besserer Dienstleistungsfähigkeit sowie besseren und akkreditierten Qualitätsstandards an sich zu binden. Insgesamt unterstützen Qualitätssiegel und Zertifikate Unternehmen darin,

- Lernanreize zu schaffen,
- Leistungen erzeugen und beurteilen zu können,
- Aussagen über Kompetenzen, Qualität und Leistung zu machen,
- Orientierung, Selbstvergewisserung, Signalisierung und Ordnung zu bieten,
- Zugangsmöglichkeiten schaffen, eröffnen und offerieren zu können,
- Selektionsoptionen und Wettbewerbsvorteile zu befördern.[8]

---

3 Vgl. Prisching 2006: 149 f.
4 Vgl. Leser 2001: 847.
5 Vgl. Meffert 2012; Bruhn 2008.
6 „Dienstleistungsqualität ist die Fähigkeit eines Anbieters, die Beschaffenheit einer primär intangilen und der Kundenbeteiligung bedürfenden Leistung gemäß der Kundenerwartung auf einem bestimmten Anforderungsniveau zu erstellen. Sie bestimmt sich aus der Summe der Eigenschaften bzw. Merkmalen der Dienstleistung, bestimmten Anforderungen gerecht zu werden." (Bruhn 2008: 24, Hervorhebungen im Original).
7 Bruhn 2008: 24.
8 Vgl. Käpplinger 2007; Moser 2003.

Qualitätssiegel und Zertifikate sind mit diesen Aspekten verbunden und machen die Implementierung dieser in der Pflege interessant und lohnend. Eine angemessene Prävention von und Adaption an klimabedingte Gesundheits- und Vorsorgerisiken im Gesundheitswesen in Form des Qualitätssiegels Klimaangepasst verspricht somit Vorteile und einen Mehrwert. Es sichert eine bessere Prävention, Diagnose, Intervention und organisatorisch-strukturelle Versorgungsanpassung bei durch den Klimawandel induzierten Gesundheitsrisiken zu, integriert ein Notfallmanagement sowie Kompetenzstandards, initiiert Lernprozesse in Pflegediensten und qualifiziert Gesundheitsfachpersonal, Kunden und Angehörige.

4.2 Fazit Modifikation

Durch die Modifikation des Vorhabens, sprich die Implementierung des Qualitätssiegels Klimaangepasst „Bei Wind & Wetter! Klimaangepasste Pflege!“, können Pflegedienste für klimabedingte Wetterereignisse sensibilisiert werden und sich für den Notfall rüsten: Klimaangepasste Kenntnisse, Fertigkeiten, Kompetenzen sowie Strategien werden in das Qualitäts- und Organisationsmanagement integriert, sodass spezifische Maßnahmen vorbereitet und aktiviert werden, die die Funktion des Pflegedienstes (Pflegeversorgung) im Notfall aufrechterhält und sicherstellt.

5 Sensibilisierung und Qualifizierung im Gesundheitswesen durch das Qualitätssiegel Klimaangepasst

Menschen benötigen, wenn sie mit klimabedingten, gesundheitsrelevanten Veränderungen umgehen sollen, Kenntnisse, Fertigkeiten, Kompetenzen sowie Strategien. Durch das Qualitätssiegel erhalten Pflegedienste und ihr Fachpersonal die Möglichkeit, sich durch neue Erkenntnisse aus der Forschung weiterzubilden, sich eine „neue“, d. h. aktuell angepasste Gesundheitskompetenz anzueignen sowie präventive Strategien zu entwickeln und in den (beruflichen) Alltag zu integrieren.

Das Qualitätssiegel umfasst u. a. Qualifikationsanforderungen (Qualifizierung der Fachkräfte und berufsfremder Helfer) sowie einen Notfallplan bei Unwetter- und Hitzeereignissen (Strategien, Adaption und Optimierung der Infrastruktur) und ist für Pflegedienste

(1) ein Mittel zur strategischen Prävention klimawandel-bedingter Risiken für die Gesundheit und Versorgung von Pflegebedürftigen, es ist eine akute Hilfestellung und

(2) eine Auszeichnung. Sie attestiert, dass der Pflegedienst klimaangepasst agiert und jeder Zeit (auch bei Unwetter und Hitze) auf die Bedürfnisse seiner Kunden vertrauensvoll und verlässlich eingeht.

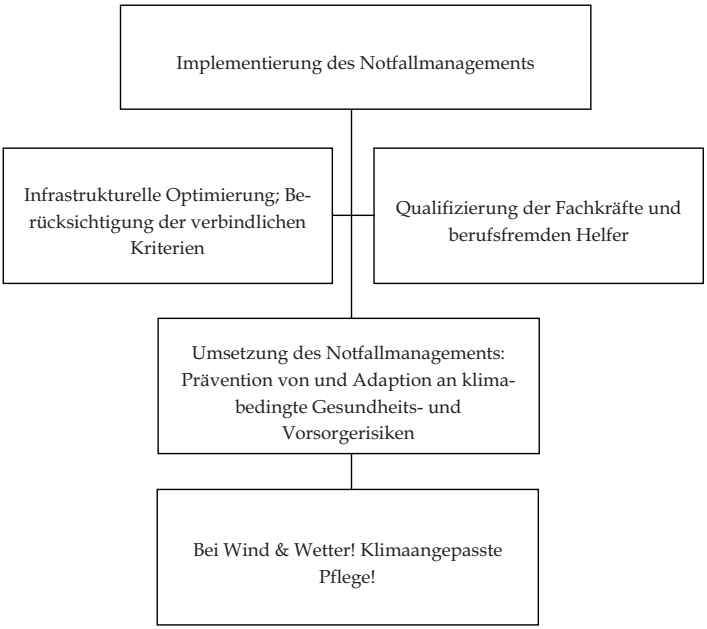


Abbildung 1: Implementierung des Notfallmanagements[9]

Die Entwicklung und Implementierung eines solchen Qualitätssiegels verspricht, dass eine entsprechende Sensibilisierung sowie eine angemessene Prävention von und Adaption an klimabedingte Gesundheits- und Vorsorgerisiken im Gesundheitswesen realisiert werden kann. Das Qualitätssiegel umfasst eine infrastrukturelle Optimierung und die Qualifizierungen von Praktikerinnen und Praktikern, d.h. es integriert Qualitätsmaßnahmen für handlungskonformes und klimaangepasstes Handeln in die Pflegepraxis. Es vermittelt Prognosewissen, Wissen zu Klimawandelfolgen, Handlungsstrategien und Handlungskompetenzen zur Nutzung in Notfällen und Risikosituationen (Hitzeperioden/Unwetterereignisse).

6 Die Entwicklung des Qualitätssiegels Klimaangepasst

Auf der Grundlage der Forschungsergebnisse des Teilprojekts der Hochschule Fulda (Fachbereich Pflege und Gesundheit) und der Analyse von länderspezifischen Rahmenlehrplänen (Ausbildungscurricula in der Gesundheits-/Kranken-/Kinderkranken- und Altenpflege) unter dem Fokus der Integration klimabeding-

[9] Vgl. Neuschäfer 2012.

ter Qualifikationserfordernisse sowie auf der Grundlage von Qualifikationsbedarfsanalysen (Expertengespräche) des Instituts für Berufsbildung (Universität Kassel) wurden Qualifikationsbedarfe und Kompetenzstandards identifiziert. Es wurden solche beruflichen Handlungen benannt, deren sichere Beherrschung notwendig ist, um eine angemessene personen- und situationsbezogene Prävention sowie die Versorgungskontinuität bei klimabedingten Gesundheitsgefährdungen zu gewährleisten. Mit Hilfe der identifizierten Kompetenzstandards wurden die einzelnen Kriterien und die Anforderungen des Siegels definiert, konzipiert und beschrieben. Diese mündeten in die Entwicklung eines systematisierten, bausteinartig aufeinander aufbauenden Qualitätssiegels. Bei der Entwicklung wurde darauf geachtet, dass die Qualitätskriterien und Kompetenzbeschreibungen im Bereich der Klimaanpassung Bezug zu bestehenden Ausbildungsberufen (z.B. Gesundheits- und Krankenpflege, Altenpflege) aufweisen, aber auch auf der Anlernebene (z.B. für Familienangehörige) modifiziert einsetzbar sind und einer für die jeweilige Zielgruppe angemessenen Qualifikationsebene entsprechen.

Die entwickelten Kriterien, Qualitätsstandards und Kompetenzprofile des Qualitätssiegels schaffen Strukturen für den Notfall und richten sich in ihren Belangen nach den Vorgaben des SGB XI (Pflegeassessment, Pflegebedürftigkeit, Leistung bei häuslicher Pflege etc.) und nach § 611 BGB, der die Versorgungspflicht festlegt: Dabei werden die pflegerische Versorgung und die Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ebenso wie Maßnahmen zur Optimierung arbeitsorganisatorischer Belange definiert. So werden zum einen infrastrukturelle Aspekte (Qualitätsmanagement, strategisches Notfallmanagement inkl. der Optimierung z.B. des Routenplans, des Pflegeassessments, des Pflegeplans etc.) mit dem spezifischen Fokus des Klimawandels und der Extremwetterereignisse systematisch überarbeitet, zum anderen werden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter qualifiziert.

Die einzelnen Kriterien (Betriebliche Grundlagen, Pflegeassessment, Pflegeplan, Informations-/Beratungskompetenz, Strategisches Notfall-/Risikomanagement, Technische Kompetenzen, Energetische und prophylaktische Komponenten)[10] werden im Folgenden beschrieben, bevor die Umsetzung des Qualitätssiegels im Pilot dargestellt wird.

[10] Die ausführliche Darstellung der Qualitätskriterien und Kompetenzstandards befindet sich im Handbuch des Qualitätssiegels.

6.1 Die Qualitätskriterien des Qualitätssiegels Klimaangepasst

Betriebliche Grundlagen

Unter den betrieblichen Grundlagen wird im Rahmen des Qualitätssiegels Klimaangepasst die Erfassung der Strukturdaten, des Trägerbildes, des Pflegebildes, des Leistungsumfangs und des Dienstleistungsangebots sowie des vorhandenen Qualitätsmanagements als Voraussetzung zur Integration und Implementierung der Klimaanpassungs-Thematik verstanden. Das Träger-/Leitbild enthält die grundsätzlichen und damit allgemeingültigen Vorgaben über angestrebte Ziele, Verhaltensweisen und über die Ausrichtung des Pflegedienstes. Das Leitbild ist schriftlich dokumentiert und soll die Identifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit der Einrichtung und der formulierten Ziele fördern. Durch die Dienststellenleitung wird sichergestellt, dass das Leitbild bei Bedarf aktualisiert wird, allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bekannt ist und auch externen Partnern zugänglich gemacht werden kann; so kann durch eine Modifikation auch die Gewährleistung der Pflegeversorgung bei Wind und Wetter darin Berücksichtigung finden und eine Umsetzung in der täglichen Pflegepraxis befördern und verankern.

Pflegeassessment

Das Erstgespräch mit Patienten und Angehörigen soll durch die Erhebung mittels spezifischer Fragen die Entwicklung eines Notfallplanes für die ambulante Hilfe bei Unwetter und Hitze unterstützen.

Zu diesem Zweck ist es essentiell, die soziale Situation der Kunden, ihre Pflegeeinstufung (§14 Abs. 1 SGB XI)[11] und ihren –bedarf sowie die potenziellen Ressourcen der Angehörigen, der Nachbarschaft etc. zur Unterstützung und Hilfe zu ermitteln, um schließlich auf Grundlage dieser Aspekte eine Versorgungstriage[12] für den Notfall zu strukturieren. Dabei können die intern vorhandenen Fragekataloge des Pflegedienstes berücksichtigt werden, die als Zusatz Fragen bezüglich der Anforderungen der Versorgungstriage integrieren, um die Pflegestufe, die Hilfe- und Pflegebedürftigkeit, die Alltagskompetenz[13] und die Unterstützung oder Ein-

11 Vgl. Blättner/Georgy 2011.

12 Die Versorgungstriage (s. unten) hierarchisiert die Versorgung der Kunden und stellt fest, ob Kunden prioritär versorgt werden müssen, ob eine Delegation oder zeitliche Verschiebung der Pflege im Notfall möglich ist.

13 Alltägliche Fähigkeiten, „die notwendig für die Selbsterhaltung und somit Grundlage für eine selbständige Lebensführung sind" (Baltes 2010) werden im Rahmen des ADL-Ansatzes (Activities of Daily Living) ausgelotet (Vgl. Georgy et al. 2012). Es werden Fertigkeiten wie Telefonieren, Einkaufen, Haushaltsführung etc. erfasst, so dass funktionale Einschränkungen identifiziert werden und prognostische Aussagen zur Hilfebedürftigkeit und Selbstpflegekompetenz gemacht werden können (Georgy et al. 2012; Baltes 2010; Büscher/Wingefeld 2009).

bindung von Dritten in das Pflegegeschehen bei Hitzeexpositionen oder Unwetterereignissen festzustellen oder zu klären.

Die Versorgungstriage

Unwetterlagen, mit denen im Zuge des prognostizierten Klimawandels zu rechnen ist, können die ambulante Versorgung (Glatteis, versperrte Straßen durch Windwurf etc.) beeinträchtigen. Durch Extremwetterereignisse kann es daher zu Versorgungsengpässen oder Verzögerungen der Leistungserbringung kommen. Zudem setzen sich Pflegekräfte besonderen Gefahren aus, wenn sie bei Unwetter zu Pflegebedürftigen fahren. Eine Versorgungstriage kann in solchen Notfällen die Versorgung aufrechterhalten oder gewährleisten. Die von der Hochschule Fulda (Fachbereich Pflege und Gesundheit) entwickelte Versorgungstriage orientiert sich an den Pflegestufen der Pflegeversicherung sowie an der Alltagskompetenz der Kunden und regelt,

- welche Personen in klimabedingten Notfällen akut und zwingend durch den Pflegedienst gepflegt werden müssen,
- welche Personen prinzipiell von Angehörigen oder Personen aus der Nachbarschafton oder von kooperierenden Dritten (z.B. ortsansässigen Krankenschwestern, Ärzten oder Pflegediensten) versorgt werden können und
- welche Versorgung über einen definierten Zeitraum verschoben werden kann.[14]

Die Entwicklung der Versorgungstriage (akut, flexible Pflege, Pflege durch Dritte) dient als Grundlage zur Erstellung des Notfall-Pflegeplans, der Bestandteil des Notfallmanagements ist.

Notfallmanagement klimabedingter Ereignisse

Ziel des Notfall-/Risikomanagements ist die Sicherstellung der Unternehmensziele durch systematisches Denken und Handeln im Umgang mit Risiken.[15] Ziel des Notfallmanagements in der ambulanten Pflege ist infolgedessen, dass die Dienstleistung des Pflegedienstes (Gewährleistung der Versorgung der Kunden) bei Wind und Wetter erbracht wird. Blättner und Georgy haben hier entsprechende Schutzziele formuliert, an denen sich die Planung orientieren sollte:[16]

Schnee-kloth und Wahl (2008) erweitern diese Perspektive und fordern, dass sich der Unterstützungsbedarf an dem Verlust der Alltagskompetenz orientieren solle.

14 Vgl. Georgy/Blättner 2011.

15 Vgl. Gleissner 2008: 10.

16 Vgl. Georgy/Blättner 2011.

Schutzziel 1: Drohende Unterversorgung pflegebedürftiger Menschen soll systematisch vermieden werden.
Schutzziel 2: Während Unwetterlagen sollen Beschäftigte vor Unwetterfolgen geschützt werden.
Schutzziel 3: Im Pflegedienst werden Anstrengungen unternommen, um diese Ziele zu erreichen.

Ein funktionierendes Notfallmanagement muss diese Schutzziele berücksichtigen. Es muss darüber hinaus in die existierenden Managementstrukturen und Organisationsstrukturen implementiert und an die spezifischen Gegebenheiten der jeweiligen Institution individuell angepasst werden.

Das Notfallmanagement umfasst daher sowohl den Notfallplan (organisatorisches Vorgehen) als auch den Notfall-Pflegeplan (Umsetzung pflegerischer Handlungsstrategien):

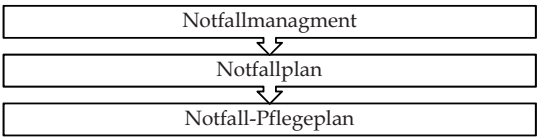


Abbildung 2: Notfallmanagement[17]

Notfallplan

Der Notfallplan strukturiert das organisationale Vorgehen im Notfall. Er ermöglicht ein schnelles und zielgerichtetes Reagieren in diesen Situationen und beugt Ausfällen oder Versorgungsengpässen in der Pflegedienstleistung vor. Er regelt die Verantwortlichkeiten und umfasst die Vorbereitung, die Aufbau- und Ablauforganisation, sodass er als eine strukturierte Anordnung mit Handlungsstrang und entsprechenden Handlungsstrategien (Wie gehe ich mit der aktuellen Situation um? Welche Maßnahmen müssen eingeleitet werden?) verstanden werden kann.

Der Notfallplan beinhaltet in Bezug auf eine klimabedingte Gesundheitsversorgung z.B. das Einfordern und den Umgang mit a) Wetterdienst-Informationen und b) die Organisation eines funktionierenden Kooperationsnetzwerkes etc.:

a) Wetterdienst-Informationen
   Die Wetterdienst-Informationen werden von dem Pflegedienst angefordert, sodass Warnungen vor Unwetter- und Hitzeperioden frühzeitig zur Verfügung stehen. Bei Eingang einer Warnung ist es Pflegediensten somit möglich, rechtzeitig Vorbereitungen für den Notfall zu treffen und das strategische Not-

17 Vgl. Neuschäfer 2012.

fallmanagement bezüglich Routen-, Versorgungsplanung und Pflegeanwendung etc. zu aktivieren.

a) Kooperationsnetzwerk
   Gerade bei Extrem-/Unwetterereignissen ist eine Kooperation mit den Leitstellen in Form einer Informationsvermittlung über die infrastrukturelle Situation notwendig, um die Routenplanung zur Versorgungserbringung des Pflegedienstes anpassen zu können. Kooperationsvereinbarungen, die die Pflegeversorgung im Notfall absichern, werden zudem mit Angehörigen, berufsfremden Helfern, ggf. auch mit externen Pflegekräften oder Pflegediensten geschlossen. Nicht zuletzt kann in Fällen mit großem Gefährdungspotenzial die Zusammenarbeit mit Ärzten, Krankhäusern und stationären Einrichtungen notwendig sein.

Abbildung 3 skizziert den Meldeweg und die von der Dienststellenleitung einzuleitende Auftrags- und Aufgabenverteilung an die relevanten und aktiven Personen im Notfall:

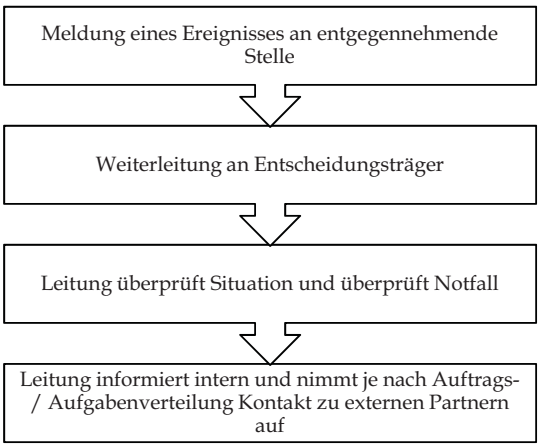


Abbildung 3: Meldewege in Notfällen[18]

Neben der Erfassung der Meldung eines Notfalles und der Absprache mit Kooperationspartnern ist in erster Linie wichtig, die Pflegerisiken sowie das eigene Pflegepersonal zu managen und die Anfahrts-Routen zu organisieren. Das Risiko bei zu Pflegenden zu managen bedeutet, sie in der Versorgungstriage und schließlich im Notfall-Pflegeplan mit ihrer spezifischen Versorgung und unter Beachtung von potenziell vorliegenden klimabedingten Gesundheitsrisiken zu berücksichtigen. Um Pflegerisiken managen zu können, ist außerdem die optimale Planung des

[18] Vgl. Neuschäfer 2012.

Personaleinsatzes erforderlich. Das Personalmanagement ergibt sich zum einen aus der fachlichen Kompetenz und zum anderen aus dem Personalschlüssel. Pflegedienste tragen dafür Sorge, dass soziale und fachliche Kompetenzstandards von den Pflegekräften beherrscht und fachgerecht angewandt werden. Diese fachliche Kompetenz wird in diesem Kontext durch Schulungen (s. unten) zu klimabedingten Gesundheitsrisiken unterstützt, sodass klimaangepasste Kompetenzstandards in die Pflege integriert werden können. Darüber hinaus ist es essentiell, den Einsatz des ausgebildeten Pflegepersonals auf die Bedürfnisse der Klienten abzustimmen.[19] Bei einem Kunden, der Palliativpflege benötigt, muss die Pflegedienstleitung Personal einsetzen, das Zusatzqualifikationen in der Palliativpflege erworben hat. Einerseits kann der Personalschlüssel anhand der Pflegestufen der Klienten bemessen werden, andererseits ist es wichtig zu organisieren, wie viel Personal für welche Tätigkeiten zur Verfügung steht (s. oben: Beispiel zur Palliativpflege; sind entsprechende Kompetenzen/Erfahrungen vorhanden, um spezifische Erkrankungen „behandeln" zu können). Bereits bei der Planung des Notfall-Pflegeplans findet deshalb ein Abgleich und die Berücksichtigung von dem Pflegebedarf und den entsprechenden Kompetenzen statt.

Neben der Organisation des Personals unter Berücksichtigung der Pflegerisiken der Kunden können in Notfall-Situationen die Routen-Planung sowie die Bereitstellung von Alternativrouten entscheidend sein, damit die Pflegeversorgung gewährleistet werden kann. Routen sowie der Standort und die Ausstattung der Dienstfahrzeuge, ferner auch der Umgang mit dem Dienstwagen werden festgelegt. So werden im Notfall, wenn Straßen gesperrt sind (Glatteis, Hochwasser, umgefallene Bäume nach Sturm etc.), z.B. Routen geändert. In einem solchen Fall muss die Pflegedienstleitung auf entsprechende Informationen der Leitstelle zurückgreifen, um alternative, befahrbare Routen ermitteln und Pflegekräften zugänglich machen zu können.

Notfall-Pflegeplan

Der Notfall-Pflegeplan ist ein Bestandteil des Notfallplanes und basiert auf der Versorgungstriage.[20] Er umfasst alle pflegepraktischen Handlungsstrategien (präventive und adaptive Maßnahmen) bei Unwetter, v.a. aber bei Hitzeexpositionen (s. Hervorhebung in Abbilddung 4) und berücksichtigt dabei die Bedürfnisse der Pflegebedürftigen (mit spezifischem Pflegebedarf) sowie den Einsatz der Pflegekraft oder des Kooperationspartners (des Angehörigen, des berufsfremden Helfers etc.). Der Notfall-Pflegeplan muss allen Pflegekräften und Beteiligten geläufig sein

19 Vgl. IPP Bremen 2012.
20 S. oben.

und kann bei Bedarf Anwendung finden. Abbildung 4 stellt den Notfallplan inkl. Notfall-Pflegeplan komprimiert dar. Es wird visualisiert, dass zunächst die Lage (Warnung des DWDs) festgestellt und beurteilt wird, um entsprechende (Schutz-) Maßnahmen einleiten (Umsetzung: Notfall-Pflegeplans) und diese schließlich nach dem Ende der Notfallsituation dokumentieren zu können:

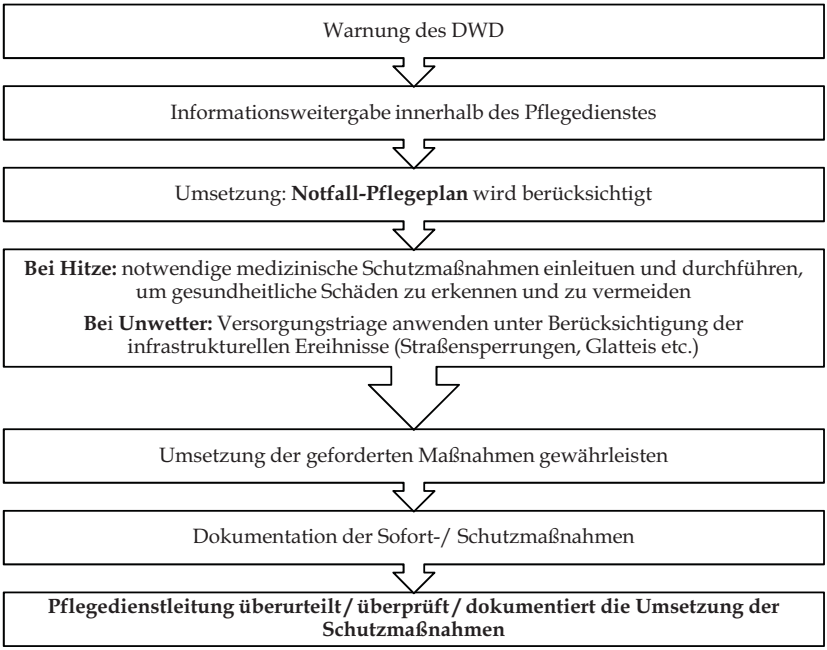


Abbildung 4: Notfallplan[21]

Informations- und Beratungskompetenz

Im Rahmen der letzten Pflegereform hat der Gesetzgeber für Versicherte einen Rechtsanspruch festgeschrieben, der das Informations- und Beratungsgespräch in einen komplexen Prozess der Fallsteuerung gemäß § 7a SGB XI einbindet. Pflegeberaterinnen und Pflegeberater oder Pflegekräfte, die beraten, stehen Pflegebedürftigen und ihren Angehörigen demnach als „Lotsen" im Gesundheitswesen zur Verfügung. Sie erfassen den individuellen Hilfebedarf, entwickeln Versorgungspläne, koordinieren erforderliche Hilfen und überprüfen eine bedarfsge-

[21] Vgl. Neuschäfer 2012.

rechte Umsetzung. In dem Qualitätssiegel erstreckt sich diese Informations- und Beratungskompetenz auch auf die klimabedingten Anpassungsstrategien und -möglichkeiten in Hinblick auf Gesundheits- und Vorsorgerisiken. Um auch bei (Un-)Wetterereignissen die bestmögliche Versorgung gewährleisten zu können, sind (a) die Sensibilisierung, (b) Informationen und Beratungssettings sowie (c) klimabedingte Qualifikationserfordernisse (Schulungen und Hilfsangebote in Form von Modulen) der beratenden Personen notwendig.

a) Sensibilisierung

Zum einen wird das Pflegepersonal selbst sensibilisiert, in dem eine erste Auseinandersetzung mit der Thematik erfolgt. Zum anderen werden Pflegebedürftige sowie deren Angehörige über klimabedingte Gesundheits- und Vorsorgerisiken informiert, aufgeklärt und sensibilisiert. Bedeutend ist hier die Vermittlung der Risiken bei Hitze und Unwetterereignissen auf die Gesundheitsverfassung der zu Pflegenden.

b) Informationen und Hilfestellung zu präventiven Maßnahmen

Die Pflegedienste verpflichten sich mit der Führung des Zertifikats oder Qualitätssiegels, Informationen zu klimawandelbedingten Gesundheitsrisiken für Pflegebedürftige und ihre Angehörigen bereitzustellen. Des Weiteren erfolgen Hilfestellungen zu präventiven Maßnahmen durch intensive Gespräche, Informationsblätter und Handbücher (Klimawandel und Gesundheit, Maßnahmen bei Hitzewarnungen, z.B. „Wie beuge ich Dehydration vor?“ etc.) sowie durch Hilfs- und Weiterbildungsangebote.

c) Schulungen und Hilfsangebote

Neben der Sensibilisierung, einer ersten Auseinandersetzung mit der Thematik, wird das Pflegepersonal qualifiziert, Kompetenzstandards umzusetzen sowie zielgruppen- und fachgerecht auszuführen. Das Qualitätssiegel Klimaangepasst sieht daher Schulungen (in Form von Modulen) für Fachkräfte vor. Ziel der Schulungen für Pflegekräfte/Fachkräfte ist es, Kompetenzstandards bezüglich klimabedingter Gesundheits- und Vorsorgerisiken zu vermitteln, damit diese schließlich zur Nutzung in Risikosituationen (Hitzeperioden, Unwetterereignissen) zur Verfügung stehen. Neben der Schulung von Mitarbeitern werden Angehörigen von Pflegebedürftigen und Interessierten ebenfalls Strategien vermittelt und bereitgestellt, die das Handeln in Notfällen sicherstellen und gesundheitsförderndes Agieren im häuslichen Setting ermöglichen.

Die Schulungen beinhalten die folgenden Thematiken:

- Klimageschichte: Klimatische Veränderung, direkte und indirekte Klimaauswirkungen; die neuen Szenarien
- Klimawandel und Gesundheit – neue Risiken: Klimabedingte Belastungen des menschlichen Organismus, Wettervorhersage und Hitzewarnsysteme
- KlimAgieren in der Pflege: Klimaangepasste Kompetenzstandards für die Prävention von und Adaption an klimabedingte Gesundheits- und Vorsorgerisiken inkl. der Berücksichtigung des Gesundheitsaspekts der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Insgesamt beschäftigen sich die Schulungen mit Themen wie Epidemiologie, Risikofaktoren, Pathophysiologie, Exposition und Suszeptibilität etc. und zielen darauf ab, dass Handlungsstrategien erkannt und in den beruflichen Alltag adaptiert werden.[22]

Technisches Know-How/technische und praktische Kompetenz

Die technischen Kompetenzen des Kriterienkataloges des Qualitätssiegels umfassen alle Fertigkeiten, die für die (infrastrukturelle) Umsetzung der Pflegetätigkeit notwendig sind. Subsumiert werden hier (a) die bereits skizzierte Ermittlung und Erfassung von für die Ausübung der Pflegedienstätigkeit wichtigen infrastrukturellen Informationen (Wettervorhersagen, aktuelle Verkehrslagen etc.) sowie (b) die Kommunikation, um die dem Notfall-Pflegeplan entsprechende Pflegeversorgung zu initiieren und mit der Dienstleitung Absprachen gemäß des Notfall-Pflegeplans abzuklären.

Eine weitere Fertigkeit, die als technische Kompetenz verstanden wird, ist (c) der Umgang mit dem Verkehrsmittel/dem Dienstfahrzeug. Sie äußert sich darin, dass im Rahmen des Qualitätssiegels ein Autofahrer-Training für den sicheren Umgang bei „Wind & Wetter" zu absolvieren ist, um Pflegekräfte in ihrer Fahrerkompetenz zu unterstützen.

Energetische und prophylaktische Komponenten

Das Kriterium „Energetische und prophylaktische Komponenten" ist ein KANN-Kriterium[23] des Qualitätssiegels und betrifft neben den zuvor skizzierten Kriterien zur Klimaanpassung in erster Linie den Klimaschutz. Klimaschutzmaßnahmen können kostenintensiv sein. Jedoch ist es wünschenswert, dass die Wirtschafts-

[22] Die Schulungsinhalte wurden als Lehrbriefe „Bei Wind und Wetter! Klimaangepasste Pflege!" von dem Institut für Berufsbildung der Universität Kassel in Zusammenarbeit mit dem Public Health Institute der Hochschule Fulda publiziert.

[23] Die Umsetzung des Kriteriums bzw. die Durchführung von Klimaschutzmaßnahmen liegt im Ermessen des Unternehmens und dessen monetären Möglichkeiten.

weise auch von Pflegediensten durch einen schonenden Umgang mit Ressourcen geprägt ist und alle Abläufe im gesamten Betrieb im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf das Klima analysiert und optimiert werden. Die wichtigsten Stellschrauben sind hierbei:

- der Kraftstoffverbrauch des Dienstwagens im Bereich der Mobilität sowie
- der Kauf von Produkten und Betriebsmitteln mit schlechter Klimabilanz.

Diese Stellschrauben geben Pflegediensten Gestaltungsmöglichkeiten, indem z.B. neu zu erwerbende Dienstwagen mit erneuerbaren Energien betrieben werden oder klimaneutrale Betriebsmittel eingesetzt und eine klimaverträgliche Arbeitsorganisation umgesetzt wird.

Aber auch ohne große Investitionen tätigen zu müssen, können Pflegeanbieter für einen besseren Klimaschutz Sorge tragen, indem die Routen zentralisiert werden, sodass sich die zu fahrenden Autokilometer reduzieren und der Kraftstoffverbrauch der Dienstwagen verringert wird.

6.2 Fazit zur Entwicklung des Qualitätssiegels Klimaangepasst

Das Qualitätssiegel Klimaangepasst und seine Kriterien wurden in den zurückliegenden Ausführungen beschrieben. Diese Kriterien sollen in die Strukturen der ambulanten Pflege integriert werden, um zum einen die Sensibilisierung und Qualifizierung klimabedingter Gesundheitsrisiken zu initiieren und zum anderen darauf aufbauend ein klimaangepasstes präventives und adaptives Agieren zu festigen. Die Implementierung des Qualitätssiegel Klimaangepasst wird infolgedessen als kontextbedingte Maßnahme verstanden, die Veränderungen in Denk- und Handlungsstrategien bewirkt und neues Wissen sowie Handlungskompetenzen generiert.

7 Akteure, Umsetzungsstrategie und Implementierungsprozess

7.1 Akteure: Kooperations- und Netzwerkpartner

Die Entwicklung des Qualitätssiegels erfolgte unter Berücksichtigung der von der Hochschule Fulda (Fachbereich Pflege und Gesundheit) analysierten Daten, einer rechtlichen Expertise (Universität Kassel/ Fachgebiet Öffentliches Recht) sowie unter Berücksichtigung der Expertisen der Verkehrs- (Universität Kassel/ Fachbereich Integrierte Verkehrsplanung/ Mobilitätsentwicklung) und Energieprojekte (Universität Kassel/ Fachgebiet Bauphysik; Frauenhofer-Institut für Bauphysik/Abteilung Energiesysteme) des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen. Darüber hinaus wurde die Klimaanpassungsakademie in die Vorbereitungen der

Implementierungsanstrengungen eingebunden und über das Vorhaben umfassend informiert. Durch eine Vernetzung konnten diverse Schnittpunkte zusammengeführt und Synergieeffekte hergestellt werden.

Die Umsetzung im Pilot erfolgte in Kooperation mit der Diakonie Sozialstation Frankenberg. Eingebunden in die Vorarbeiten und Realisierung der Umsetzung waren ferner der Landkreis Waldeck-Frankenberg (Stabsstelle Ländlicher Raum, Klimaanpassungsbeauftragten, Frauenbüro) sowie die Stadt Frankenberg (Betriebshof), um organisationale und bildungsrelevante Aspekte zu besprechen und zu klären. Die Einbindung kommunaler Entscheider und Ämter war insofern unerlässlich, als dass infrastrukturelle Rahmenbedingungen erörtert werden konnten und z.B. im Zuge dessen der Winterdienst des Betriebshofes an die Priorisierung der Routen zur Pflegeversorgung angepasst wurde.

Darüber hinaus wurde mit Bildungsträgern eine Integration der Lehr- und Lernmodule in die Aus- und Fachweiterbildung diskutiert, um die Inhalte somit auch langfristig in die Pflegepraxis lancieren zu können. Bildungsträger waren durchaus aufgeschlossen und interessiert. Eine abschließende, allgemeine Lösung, die Inhalte langfristig in der Aus- und Weiterbildung zu etablieren und zu sichern, wird zur Zeit erarbeitet.

Um das Qualitätssiegel als geeignetes Instrument zur Sensibilisierung und Qualifizierung zum Klimawandel im Gesundheitswesen einsetzen zu können, wurde von Beginn an großer Wert auf die Praxisrelevanz gelegt. Durch die Expertengespräche mit den Kooperations- und Netzwerkpartnern, v.a. im Landkreis Waldeck-Frankenberg, konnte herausgestellt werden, dass ein Qualitätssiegel, das die Bedarfe und Bedürfnisse sowie Restriktionen von Pflegediensten berücksichtigt und somit praxisrelevant ist, ein attraktives Mittel zum bewussten Umgang mit der Prävention und Adaption an den Klimawandeln sein kann. Der Pilot entschied sich energisch für die Umsetzung, da das Qualitätssiegel als Notfallmanagement Strategien, systematisierte Hilfsstrukturen und mehr Sicherheit (für das Unternehmen selbst, für Mitarbeiter sowie für Kunden) im Notfall bietet.

7.2 Umsetzungsstrategie

Bevor die Implementierung des Qualitätssiegels als Pilot in den ambulanten Pflegedienst erfolgte, wurden ab Ende 2010 die ersten Gespräche mit der Geschäftsführung geführt, um die Weichen für eine gelingende Implementierung zu stellen. 2011 wurden die Dienststellenleitung und die Qualitätsbeauftragte mit dem Qualitätssiegel betraut, sodass Vorarbeiten in Zusammenarbeit geleistet werden konnten. Weitere Implementierungsgespräche erfolgten, um über die Qualitätskriterien zu informieren sowie deren Eingliederung in das vorhandene Qualitätsmanage-

ment vorzubereiten und um ein akzeptierendes Lernumfeld für die Vermittlung klimabedingter Gesundheitsrisiken und adaptiver Pflegekompetenzen zu schaffen.

Das Institut für Berufsbildung (Universität Kassel) setzte – mit Blick auf wissenschaftliche Erkenntnisse zum Wissensmanagement und zur Implementation von Innovationen sowie mit Blick auf Berücksichtigung der Bedarfe und Restriktionen ambulanter Pflegedienste – auf einen organisationsspezifischen Strategie-Mix (Top-down & Bottom-up). Charakterisiert ist dieser zum einen durch die Bereitschaft der Unternehmensführung, gewohnte Abläufe veränderungsoffen zu überprüfen, zum anderen dadurch, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch Arbeitsgruppen sowie durch spezifische Schulungen eingebunden werden.[24] Die Unterstützung der Leitung, aber auch die Akzeptanz und die Umsetzungsmotivation des Pflegepersonals sollte generiert werden mit dem Ziel, einen Wissenstransfer des neuen Wissens (Klimawandel, klimabedingten Präventions- und Adaptionsstrategien) bestmöglich in den Pflegekontext zu lancieren. Denn überall dort, wo neue Erkenntnisse und Konzepte erarbeitet werden – so auch im Gesundheitswesen – stellt sich die Frage, wie diese in die Praxis gelangen, so „dass sie dort rezipiert und umgesetzt werden und zur Optimierung der Pflegequalität führen".[25]

7.3 Implementierungsprozess im Pilot

Nach den ersten Implementierungsgesprächen, Planungen sowie nach Entwicklung und Vereinbarung der organisationsspezifischen Strategie zum Implementierungsprozess fand im Mai 2012 die Auftaktveranstaltung zur Implementierung des Qualitätssiegels Klimaangepasst „Bei Wind und Wetter! Klimaangepasst!" in einem nordhessischen Pflegedienst, der Diakonie Sozialstation Frankenberg/Eder, statt. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurden über den Implementierungsprozess transparent informiert. Durch die Bildung einer Arbeitsgruppe (AG Klimaangepasst!) wurden die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der Implementierung beteiligt, um ein besseres Verständnis sowie Akzeptanz und Identifikation mit dem Projektvorhaben (Implementierungswissen) zu generieren. Gerade die Mitarbeiterinnen, die sich in der AG Klimaangepasst engagiert hatten, fungierten als Multiplikatoren und förderten die Auseinandersetzung, die Akzeptanz und Implementierung der Inhalte des Qualitätssiegels unter den Kollegen.

Gemeinsam wurden Strukturen der alltäglichen Arbeit überprüft. Die Strukturen wurden nicht essentiell verändert; jedoch wurden Aspekte des Klimawandels in der Organisation, d.h. im Qualitätsmanagement (Entwicklung von Formblättern, Arbeitsanweisungen, Dokumentationsmaterial etc.) und in der Praxis (neue Quali-

[24] Vgl. Neuschäfer 2012.
[25] Vgl. Schaeffer 2006.

täts- und Kompetenzstandards) betont und besonders berücksichtigt.

Neben infrastrukturellen Neurungen (Implementierungssteuerung durch z.B. Berücksichtigung klimabedingter Gesundheitsrisiken im Pflegeplan und Implementierung eines Notfallmanagements) wurden die im Pflegedienst tätigen Fachkräfte sensibilisiert und qualifiziert (Erweiterung des Fachwissens), um zum einen mit Hitzeexpositionen, zum anderen aber auch mit Unwetterereignissen umgehen zu können (Umsetzungswissen).

Die ersten Schulungen fanden am 6. sowie am 13. September 2012 statt. Das Institut für Berufsbildung (Universität Kassel) vermittelte die methodisch und didaktisch aufbereiteten Schulungsinhalte (Klimageschichte, klimatologische Begrifflichkeiten, Szenarien, Zusammenhang von Klimawandel und Gesundheit) unter Mitarbeit der Hochschule Fulda (Fachbereich Pflege und Gesundheit). Mit prägnanten ortsnahen Extremwetterereignissen wurde die Aufmerksamkeit auf den Klimawandel gelenkt. Studien verdeutlichten die Problematik, Handlungsbedarfe und –optionen. In einer weiteren Schulungseinheit („KlimAgieren") wurde Ende September 2012 die Thematik vertieft: Inhalt waren die Prävention und Adaption an klimabedingte Gesundheitsrisiken.

Die Auseinandersetzung mit den klimabedingten Gesundheits- und Vorsorgerisiken erfolgte jeweils reflexiv, partizipativ und transparent, sodass auf vorhandenes Wissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter praxisnah aufgebaut werden, das „neue" Wissen Anschluss finden und unbeschwert in den Praxisalltag integriert werden konnte.[26]

Nach Beendigung der Schulungen und Integration aller Qualitätskriterien in das Qualitätsmanagement erfüllte der Pflegedienst alle verlangten Kriterien des Qualitätssiegels (s. oben). Für die Anpassungs- und Umsetzungsleistungen überreichten das Institut für Berufsbildung der Universität Kassel, ein Kreisbeigeordneter und die Kreistagsvorsitzende des Landkreises Waldeck-Frankenberg das Zertifikat. Der Geschäftsführer der Stiftung St. Elisabeth, der ab Dezember 2010 die Projektentwicklung begleitet hatte und die Umsetzung im eigenen Unternehmen forcierte, nahm mit einem Mitarbeiterstab das Zertifikat entgegen. Seither hilft das Qualitätssiegel als Notfallmanagement und sichert die Pflegeversorgung, sodass je nach

[26] Die Pflegefachkräfte werden als Experten verstanden (vgl. Meuser/Nagel 1991): Sie kennen ihr tägliches Gefahrenpotenzial, potenziell schwierige Wegstrecken zu ihren Kunden sowie deren gesundheitliche Beeinträchtigung z.B. bei Hitzeexpositionen. Somit verfügen Pflegekräfte zum einen über spezifisches Wissen. Zum anderen ist es essentiell auf dieses spezifische Wissen aufzubauen, denn nur Wissen, welches anschlussfähig ist, wird sich nachhaltig integrieren können. D. h. nur wenn Pflegekräfte bereits auf Erfahrungen und Wissen zurückgreifen können, wird das neue Wissen Anschluss finden (vgl. Bullinger 2009; Hedberg 1991; Nystrom/Starbuck 1984).

Witterung und Warnung des Deutschen Wetterdienstes die erworbenen Kompetenzen und Qualitätsstandards in der täglichen Pflegepraxis präventiv und adaptiv Anwendung finden.

8 Qualitätssiegel Klimaangepasst: Ein Transferinstrument

Das Qualitätssiegel Klimaangepasst ist nach heutigem Erkenntnisstand als Vermittlungs- und Transferinstrument erfolgreich:[27]

Die Umsetzungsaktivitäten zeigen deutlich, dass durch die Auseinandersetzung mit dem Klimawandel die Sensibilisierung für den eigenen Lebensbereich und im beruflichen Rahmen gefördert wird. Es wird von Pflegediensten sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter registriert, dass sie in ihrer täglichen Arbeit oftmals auf klimabedingte Risikosituationen (z.B. Glatteis oder Hitzewelle) stoßen und bisher intuitiv handelten. Das Qualitätssiegel greift diese Situationen auf, um zu veranschaulichen, dass ein im Notfall strategisches Vorgehen für Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter, Pflegedienste, aber auch für Kunden und deren Angehörige Sicherheit und eine garantierte Pflegeversorgung schafft.

Das Wissen, das in den Schulungen (Lehr- und Lernmodulen) vermittelt wird, baut auf dem Wissen der Pflegekräfte und deren Erfahrungen mit klimabedingten Gefährdungen auf und schafft Verständnis zur Umsetzung der Siegelinhalte, somit auch für die spezifischen Handlungsstrategien in den Praxisbezügen.

Die produktive Umsetzung jedoch bedarf des Wissensmanagements und der Partizipation in der Einrichtung. Nur wenn alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch ein mitarbeitergerechtes Informations- und Partizipationsmanagement (Bottom-up) informiert werden und an den Inhalten und der Umsetzung partizipieren können, wird die Umsetzung befürwortet und internalisiert.

Festzuhalten ist, dass die Implementierung nur erfolgreich durch die Überzeugungskraft von Promotoren, die Praxisrelevanz, einen organisationsspezifischen

[27] Das Qualitätssiegel Klimaangepasst kann als Wissenstransferstrategie bezeichnet werden. Es ist so konzipiert, dass es Transformationsprozesse ermöglicht. Die Inhalte des Qualitätssiegels sind validiert, kompetenz- und praxisorientiert (Clement/Neuschäfer 2011). D. h. das wissenschaftliche Wissen, welches analytisch orientiert ist, wurde handlungsorientiert (methodisch und didaktisch) aufgearbeitet und folgt somit der Wissensverwendungsforschung. Es wurde seiner wissenschaftlichen Identität entkleidet und unter dem alltäglichen Praxisbezug bzw. der Praxisrelevanz neu konstituiert (vgl. Dewe/Radke 1989; Dewe 2005; Beck/Bonß 1989; Schaeffer 2006). In diesem Kontext wird das Qualitätssiegel nicht als zusätzliche Belastung präsentiert, sondern als eine akzeptable und brauchbare Handreichung, die durch Neustrukturierung und Optimierung eine Hilfe vor allem in Extremwettersituationen für den Pflegedienst an sich, aber auch für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist und zugleich die ambulante Pflegeversorgung sicherstellt.

Strategiemix und nicht zuletzt durch die Herstellung einer WIN-WIN-Situation sein kann.

Die WIN-WIN-Situation im Rahmen der Implementierung des Qualitätssiegels Klimaangepasst zeichnet sich zum einen durch die Optimierung der internen Abläufe, durch die Qualifizierung und bessere (Ab-)Sicherung der Pflegekräfte (Gefährdungsanalyse), zum anderen durch die Gewährleistung der vereinbarten Dienstleistung (Pflegeversorgung) aus, die zudem mit einem Zertifikat bestätigt wird.

Insgesamt stellt das Qualitätssiegel Klimaangepasst einen einschlägigen Nachweis für die gesteigerte Qualität im Unternehmen dar, die eine bessere Prävention, Diagnose, Intervention und organisatorisch-strukturelle Versorgungsanpassung bei durch den Klimawandel induzierten Gesundheitsrisiken zusichert. In diesem Zusammenhang zeigen die Forschungsergebnisse, Befragungen und die Umsetzungsaktivitäten, dass das Qualitätssiegel attraktiv ist und auf die Bedürfnisse der Institutionen trifft, wenn es die Qualität zuverlässig feststellt (Klimaangepasste Pflege, Qualitäts- und Kompetenzstandards), verschiedene Zielgruppen und Instanzen über Qualität transparent und verlässlich informiert, systematische Qualitätsverbesserungen einleitet (Optimierung interner Strukturen etc.) und verwirklicht.

9 Transfermöglichkeiten

Die ersten Erfahrungen der Umsetzung des Pilotprojektes offenbaren, dass das Qualitätssiegel organisationsspezifisch in das Qualitätsmanagement von Pflegediensten eingepasst werden kann, sodass es sowohl innerhalb als auch außerhalb Deutschlands Einzug in die Strukturen von ambulanten Pflegediesten erhalten kann.

Transfermöglichkeiten ergeben sich auch in Hinblick auf die stationäre Pflege. Dort existieren bereits Hitzewarnsysteme. Eine Sensibilisierung und Qualifizierung von Fachkräften findet allerdings bislang nicht dezidiert statt. Die Lern- und Lehrmodule des Qualitätssiegels könnten zur Qualifizierung von Pflegekräften der stationären Pflege genutzt werden.

Darüber hinaus könnten die Inhalte für weitere Professionals angepasst werden. Auch Kommunen, kommunale Entscheider sowie freiwillige Helfer und das ehrenamtliche Engagement könnten durch den Einsatz von Qualifizierungsmaßnahmen bezüglich der Prävention und Adaption und der in Zukunft immer häufiger auftretenden Unwetterereignisse profitieren, um entsprechende Anpassungsmaßnahmen zu planen, zu strukturieren, um im Bedarfsfall darauf zurückgreifen zu können. Mit der Sensibilisierung und Qualifizierung in Kommunen

könnten bei Großschadensereignissen und beim Zusammenbruch von kritischen Infrastrukturen folglich entsprechende Handlungsstrategien greifen.

Somit ergeben sich einerseits Transfermöglichkeiten durch die Vermittlung der Inhalte der Lern- und Lehrmodule (z.B. durch Infoveranstaltungen und Workshops sowie durch Integration in weitere Bildungsangebote z.B. im ehrenamtlichen Engagement). Darüber hinaus können zertifizierte Pflegedienste die spezifischen Informationen an Kooperationspartner, Kunden und deren Angehörige sowie an berufsfremde Helfer vermitteln.

Andererseits kann das Qualitätssiegel über die nordhessischen Grenzen bekannt gemacht und vermarktet werden in der Hoffnung, dass sich die in der Pflege Tätigen dem Klimawandel und seiner Folgen für die Gesundheit und für die Versorgung der Pflegebedürftigen bewusst sind. In diesem Zusammenhang wird ein Transfer der Ergebnisse über länderübergreifende Workshops sowie die Adaption der Zertifizierungsstrukturen bei Interesse realisierbar sein.

10 Ausblick

Entscheidend bei der Implementierung und Umsetzung des Qualitätssiegels Klimaangepasst ist freilich, dass die attestierte Qualität nicht nur durch die Auszeichnung und das Zertifikat und durch entsprechende Aufkleber auf den Dienstwagen der ambulanten Pflegedienste repräsentiert wird, sondern sich maßgeblich in der Pflegepraxis widerspiegelt. Diese Qualität (Umsetzung der Inhalte des Siegels) muss in den Strategien der Pflegedienste und der Pflegekräfte verankert werden. Dazu ist es wichtig, dass die Inhalte antizipierbar und praxisrelevant sind, sodass sie nachhaltig in das Pflegegeschehen Eingang finden.

Des Implementierungserfolges im Pilot ungeachtet muss betont werden, dass Pflegedienste den aus dem Klimawandel resultierenden Gesundheits- und Versorgungsgefährdungen wenig Relevanz beimessen. Die Umsetzung des Pilotprojektes zeigte jedoch, dass eine spezifische Sensibilisierung mit einer detaillierten Auseinandersetzung initiiert und entfaltet werden konnte.

Es ist daher bedeutsam, (Sensibilisierungs-)Strategien zu entwickeln, damit Entscheider im Gesundheitswesen und Tätige in Pflegeberufen frühzeitig realisieren, dass der Klimawandel mit seinen Gesundheits- und Versorgungsrisiken eine Prävention und Adaption von Handlungsstrategien erfordert, um die Versorgung von Pflegebedürftigen auch in Zukunft sicherstellen zu können.

Literatur

Baltes, M. M./Maas, I./Wilms, H.-U./Borchelt, M. (2010): Alltagskompetenz im Alter: Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. In: Lindenberger, U./Smith, J./Mayer, K.-U./Baltes, P., B. (2010): Die Berliner Altersstudie. 3. Aufl. Berlin: Akademie Verlag.

Beck, U./Bonß, W. (1984): Soziologie und Modernisierung. Zur gesellschaftlichen Ortsbestimmung der Verwendungsforschung. Diskussionspapier zum 2. Kolloquium des DFG Schwerpunktprogramms: „Verwendungszusammenhänge sozialwissenschaftlicher Ergebnisse", *Soziale Welt* 4, 381-406.

Blättner B./ Georgy S. (2011): Ambulante Versorgung Pflegebedürftiger bei Unwetter. Klimaanpassung in einer überalternden Region. Prävention und Gesundheitsförderung, DOI 10.1007/s11553-010-0282-x.

Bundesministerium des Inneren (2008): Schutz kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement. Berlin.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2009): Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Berlin.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2007): Klimawandel – Mögliche Anforderungen an den Bevölkerungsschutz.

Bullinger (2009): Handbuch Unternehmensorganisation. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Büscher, A./Wingenfeld, K. (2009): Pflegebedürftigkeit aus pflegewissenschaftlicher Perspektive. Die Schwester/Der Pfleger 48, Nr. 1, 60-62.

Bruhn, M. (2008): Qualitätsmanagement für Dienstleistungen. Grundlagen, Konzepte, Methoden. 7., überarb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Clement/Neuschäfer (2011): Meilensteinbericht 1. Bericht über die Entwicklung eines Qualitätszeichens für die Prävention von und Adaption an klimabedingte Gesundheits- und Vorsorgerisiken im Gesundheitswesen.

Dewe, B./Radtke, F. O. (1989): Klinische Soziologie – Eine Leitfigur der Verwendung sozialwissenschaftlichen Wissens. In: Beck, U./Bonß, W.: Weder Aufklärung noch Sozialtechnologie. Studien zur Praxis sozialwissenschaftlichen Wissens. Frankfurt: Suhrkamp, 46-71

Dewe, B. (2005): Von der Wissenstransferforschung zur Wissenstransformation: Vermittlungsprozesse – Bedeutungsveränderungen. In: Antos, G./Wichter, S.

(Hg): Wissenstransfer durch Sprache als gesellschaftliches Problem. Frankfurt a.M: Lang, 365-380.

Georgy S./Blättner B./Grewe HA. (2012): Ambulante Pflege bei Extremwettern aufrechterhalten – Anpassung an den Klimawandel. Pflegewissenschaft 1/12: 12-19, DOI: 10.3936/1127.

Gerlinger, T./ Röber, M. (2009): Die Pflegeversicherung. Bern: Verlag Hans Huber.

Hedberg (1981): How organizations learn and unlearn.

Höfer, R./Meißer, T.: Von Fall zu Fall – Ambulante Pflege im Recht. Rechtfragen in der ambulanten Pflege von A-Z. Heidelberg. Springer Medizin Verlag.

Institut für Berufsbildung (IBB) der Universität Kassel/Public Health Institut Fulda (2012): „Lehrbrief. „Bei Wind und Wetter! Klimaangepasste Pflege!", Kassel.

Käpplinger, B. (2007): Abschlüsse und Zertifikate in der Weiterbildung. Humboldt-Univ., Diss.-Berlin,. 2006.Bielefeld: Bertelsmann (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Berufsbildung).

Lehner, F. (2006): Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. München/Wien: Carl Hanser.

Leser, H. (2001): Wörterbuch Allgemeine Geographie; 12. Aufl.; Braunschweig, München.

Meffert, H. (2012): Strategisches Marketing-Management. Analyse, Konzeption, Implementierung. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

Meuser, M./Nagel, U. (1991): Experteninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Gratz/Kraimer: Qualitativ-empirische Sozialforschung. Opladen: Westdeutscher Verlag. 441-471.

Moser, K. (2003): Diagnostik beruflicher Kompetenzen. In: Straka, G. A. (Hrsg.): Zertifizierung non-formell und informell erworbener beruflicher Kompetenzen. Münster, 41-55.

Neuschäfer, D. (2012): Handbuch des Qualitätssiegels Klimaangepasst. Institut für Berufsbildung, Universität Kassel. Erscheint 2013.

Neuschäfer, D.: Lernen Organisationen durch Zertifikate? Organisationales Lernen am Leitbild der Familienfreundlichkeit. Diss. Erscheint 2013.

Nystrom/Starbuck (1984): Remodeling and organizations and their environments. Oxfort; New York: Oxfort University Press.

Prisching, M. (2008): Das Zertifikatsmodell. In: Bildungsideologien. Ein zeitdiagnostischer Essay an der Schwelle zur Wissensgesellschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. 143-151.

Tietze, W./ Förster, C. (2005): Allgemeines pädagogisches Gütesiegel für Kindertageseinrichtungen. In: Angelika Diller (Hg.): Der Streit ums Gütesiegel. Qualitätskonzepte für Kindertageseinrichtungen. München: Verl. Dt. Jugendinst. (DJI-Fachforum Bildung und Erziehung, 3), 31–66.

Rosenbrock, R./Gerlinger, T. (2004): Gesundheitspolitik. Eine systematische Einführung. Göttingen: Verlag Hans Huber

Schaeffer, D. (2006): Wissenstransfer in der Pflege. Ergebnisse eines Expertenworkshops. Bielefeld: Veröffentlichungsreihe des Instituts für Pflegewissenschaft an der Universität Bielefeld (IPW)

Schneekloth U./Wahl, H. W. (Hrsg.) (2008): Selbständigkeit und Hilfebedarf bei älteren Menschen in Privathaushalten. Pflegearrangements, Demenz, Versorgungsangebote. 2. Aufl., Stuttgart: Kohlhammer

Simon, M. (2010): Das Gesundheitssystem in Deutschland. Eine Einführung in Struktur und Funktionsweise. 3. Aufl. Bern: Verlag Hans Huber

Straka, G.A. (2003): Zertifizierung non-formell und informell erworbener beruflicher Kompetenzen. Münster

Umweltbundesamt (2011): Klimawandel und Gesundheit. Dessau-Roßlau.

GESUNDHEITSVORSORGE GEGEN VEKTOREN

Thilo Schlott, Melanie Schlott, Bea Schliessmann, Bettina Ungewickel

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG 351
2 INFEKTIOLOGISCHE VERWUNDBARKEIT NORDHESSENS DURCH DEN KLIMAWANDEL 352
3 UMSETZUNG UND WICHTIGE ERGEBNISSE 354
4 TRANSFERMÖGLICHKEITEN IN ANDERE REGIONEN – EMPFEHLUNGEN 360
5 AUSBLICK 362
LITERATUR 363

1 Einleitung

Das Thema Klimawandel ruft häufig Assoziationen mit schmelzendem Arktis-Eis, Hitzewellen und Stürmen hervor. Daneben hat die Erwärmung der Erdatmosphäre Effekte auf die Verbreitung von Zecken und Stechmücken. Quasi im Verborgenen führt der Klimawandel – durch die zunehmende Verbreitung dieser Vektoren – zu einem ansteigenden Risiko der Übertragung bestimmter Infektionskrankheiten auf den Menschen. In diesem Kontext beschäftigt sich das Projekt „MüZe" erstmals mit der Charakterisierung des gesundheitlichen Risikos für die nordhessische Bevölkerung, mit der Ableitung geeigneter Präventionsmaßnahmen und der Sensibilisierung bestimmter gesellschaftlicher Gruppen für solche Erkrankungen.

Zu Beginn des Teilprojektes „Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen" („MüZe") im Jahr 2009 war es das erste deutsche Projekt seiner Art, das als zentralen Ansatz die Einbeziehung der interessierten Bevölkerung in die wissenschaftliche Erforschung von Vektoren hatte; Laienwissenschaftler sollten durch „MüZe" in die Lage versetzt werden, zu Multiplikatoren ihres Wissens zu werden und im Kontext mit der „MüZe"-Leitung die Sensibilisierung gesellschaftlicher Gruppen für infektiologische Risiken des Klimawandels zu forcieren. Primär dient „MüZe" der sukzessiven Implementierung eines Surveillanceprogramms, das auf das Monitoring solcher Mücken und Zecken ausgerichtet ist, die in Nordhessen im Rahmen des Klimawandels zahlenmäßig zunehmen werden und als „Vektoren" virale und bakterielle Erkrankungen übertragen können. Wünschenswert wäre dabei das Erreichen von Nachhaltigkeit, indem die Bevölkerung das Überwachungssystem mit Unterstützung durch die Landkreise auch nach Projektende weiterführt. Als zusätzlicher

Aspekt hat sich im Laufe von „MüZe“ die Analyse der Wahrnehmung der Borreliose-Gefahr in Berufsgruppen ergeben, die Zecken gegenüber häufig exponiert sind. Letztendlich dient „MüZe“ dem Zweck der Erprobung eines Überwachungssystems, das als eine Form der laienwissenschaftlichen, methodologischen Blaupause in der gleichen kooperativen Art auf andere Regionen Deutschlands übertragbar ist. Rückblickend sind wertvolle Erkenntnisse über Vektorverbreitung, Erregerlast, spezielle berufliche Gefährdungen durch Zecken sowie über die Machbarkeit epidemiologischer Forschung unter Einbeziehung der Bevölkerung gewonnen worden, die nachfolgend vorgestellt werden.

2 Infektiologische Verwundbarkeit Nordhessens durch den Klimawandel

Der Klimawandel hat direkte und indirekte Auswirkungen auf die Gesundheit der deutschen Bevölkerung. Während zu den wichtigsten direkten Effekten die Belastung des menschlichen Organismus durch Hitze zählt, ist bei den indirekten Auswirkungen besonders die zunehmende Verbreitung von infektiösen Vektoren wie Stechmücken und Zecken von Bedeutung.[1] Steigende Temperaturen verbessern die Lebensbedingungen von Zecken und Stechmücken, sie führen zu einer Vermehrung von Krankheitserregern in den Tieren und machen betroffene Regionen vulnerabel.[2] Deshalb wird von einer steigenden Gesundheitsgefahr ausgegangen.[3]

In Deutschland können hauptsächlich Schildzecken Krankheitserreger übertragen.[4] Durch ihren Stich werden Krankheiten wie Borreliose, Frühsommermeningoenzephalitis (FSME) oder die humane granulozytäre Anaplasmose ausgelöst. Der gemeine Holzbock (Ixodes ricinus) ist die in ganz Deutschland am häufigsten vorkommende Zecke und lebt vorwiegend in Wäldern, auf Wiesen und an Bachrändern, feucht-warme Temperaturen bieten ihr optimale Lebensbedingungen.[5] Zecken klettern an Gräsern und Sträuchern hoch und lauern dort auf ihre Wirte.[6] Zu den Wirtstieren zählen mehr als 100 Vögel und Säugetierspezies, verschiedene Mausarten, Siebenschläfer, Wild und auch der Mensch. Zecken benötigen Blutmahlzeiten, um die drei Entwicklungsstadien Larve (6 Beine), Nymphe (8 Beine) und adultes Tier (8 Beine) durchlaufen zu können. Um Blut zu saugen, schlitzen Zecken mit ihren Cheliceren geeignete Hautstellen auf und führen den

1 Zebisch, M. et al. 2005.
2 Hemmer, CJ. et al. 2007: 2583-2589.
3 Zebisch, M. et al. 2005.
4 Hemmer, CJ. et al. 2007: 2583-2589.
5 Ingendahl, B., Thieme, I. 2009: 5-7.
6 Plettenberg, A. et al. 2007: 354-359.

gezahnten Saugrüssel in die Haut ein. Während des Blutsaugens können Krankheitserreger auf den Wirt übertragen werden.[7]

Die häufigste Krankheit in Deutschland, die durch einen Zeckenstich übertragen werden kann, ist die Borreliose.[8] Sie wird durch Bakterien (*Borrelia burgdorferi*) hervorgerufen, die Zecken in ganz Deutschland in sich tragen. Die Borreliose zeichnet sich durch diverse, teils unspezifische Symptome aus, wobei die Wanderröte (Erythema migrans) das häufigste Symptom ist. Es handelt sich um eine Hautrötung, die sich um die Einstichstelle herum bildet und ringförmig nach außen wandert.[9] Die zweithäufigste durch Zecken übertragene Krankheit ist die FSME, die durch Flaviviren ausgelöst wird. Symptome der FSME sind Fieber und grippeartige Beschwerden wie Kopf- und Halsschmerzen. 0,1 bis 1% der FSME-Infektionen verlaufen tödlich.[10] Im Gegensatz zum weit verbreiteten Borreliose-Erreger tritt das FSME-Virus in Deutschland endemisch auf, zu den Risikogebieten zählen hauptsächlich Regionen in Süddeutschland, aber auch der Landkreis Marburg-Biedenkopf, der direkt an Nordhessen grenzt.[11] In den letzten Jahren kamen immer mehr Risikogebiete hinzu. 2011 hat das Robert-Koch-Institut drei weitere Landkreise als gefährdete Gebiete eingestuft, und die gemeldeten FSME-Erkrankungen sind im Vergleich zum Vorjahr um 64% gestiegen.[12] Die Ausdehnung der Risikogebiete vom Süden Richtung Norden wird durch die zunehmend warmen Sommer und regenreiche, milde Winter begünstigt.

Der Klimawandel könnte dazu führen, dass sich Infektionskrankheiten, die von Stechmücken auf den Menschen übertragen werden, in Gebieten ausbreiten, die bisher frei von diesen Erregern waren.[13] Das bedeutet, dass die in Deutschland einheimischen Stechmücken der Gattungen Aedes und Anopheles auch hierzulande tropische Krankheiten wie Malaria, West-Nil-Fieber und Dengue-Fieber übertragen könnten. Neben Klimaveränderungen sind für die Ausbreitung von Malaria weitere Faktoren – wie beispielsweise die Wohnverhältnisse – relevant.[14] Ein wärmeres Klima ist eine der wichtigen Voraussetzungen dafür, dass sich infektiöse Stechmückenarten in Deutschland ausbreiten und vermehren können, so eventuell auch die Asiatische Tigermücke.[15] Sie breitet sich in einigen europäi-

7 Stanek, G. 2007: 2-16.
8 Robert Koch-Institut (RKI) 2010: 101-107.
9 Plettenberg, A. et al. 2007: 354-359.
10 Plettenberg, A. et al. 2007: 354-359.
11 Robert Koch-Institut (RKI) 2012: 189-204.
12 Robert Koch-Institut (RKI) 2012: 189-204.
13 Hemmer, CJ. et al. 2007: 2583-2589.
14 Hemmer, CJ. et al. 2007: 2583-2589.
15 Ingendahl, B., Thieme, I. 2009: 5-7.

schen Staaten entlang des Mittelmeeres und des Balkans aus und kann gefährliche Viruserkrankungen wie das Chikungunya-, das Gelb- oder das West-Nil-Fieber übertragen. Im Jahr 2007 stand die Asiatische Tigermücke in den Schlagzeilen, als sie in Italien einen lokalen Ausbruch von Chikungunya-Fieber auslöste.[16] Deshalb ist es wichtig, dass die Ausbreitung von Stechmücken über geeignete Überwachungssysteme verfolgt wird.

Die obigen Überlegungen machen deutlich, dass Anpassungsstrategien im Bereich der nordhessischen medizinischen und verwaltungstechnischen Strukturen notwendig sind, um auf die beschriebenen gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels adäquat reagieren zu können. Um solche Anpassungsstrategien entwickeln zu können, müssen zunächst Basisinformationen zur epidemiologisch-infektiologischen Gefährdung generiert und anschließend ausgetauscht werden, damit die lokale Bevölkerung gewarnt werden kann; Aufklärung und Bewusstseinsbildung sind wesentliche Merkmale dieses interaktiven Prozesses.[17]

Primäre Ziele des Projekts MüZe sind die *Etablierung eines Frühwarnsystems* in Nordhessen, die *Sensibilisierung der Öffentlichkeit* für die Gefährdung, wozu auch das tiefere Verständnis der Umgehensweise mit der Zeckengefahr am Beispiel von exponierten Berufsgruppen gehört, und bei geeigneter Datenlage die Entwicklung von Prognosen für das Neuauftreten von Erkrankungen in der Region.

3 Umsetzung und wichtige Ergebnisse

Zur Umsetzung fanden in den letzten Jahren in Nordhessen Informationsveranstaltungen zum Klimawandel und den gesundheitsbedingten Risiken statt, um über Öffentlichkeitsarbeit freiwillige Personen aus der Bevölkerung für das Sammeln von Stechmücken und Zecken zu gewinnen. Aus rechtlichen Gründen mussten bei diesen Veranstaltungen Projektteilnehmer eine Haftungsausschlusserklärung ausfüllen, in der sie bestätigten, dass sie über das Infektionsrisiko beim Sammeln aufgeklärt worden waren. Es folgten Bestimmungsworkshops, in denen die ehrenamtlichen Sammlerinnen und Sammler das Bestimmen der Tiere nach Geschlecht und Gattung lernten. Speziell die Monate Mai bis September sind dazu geeignet, jährliche Zeckensammlungen vorzunehmen. In der Regel werden dabei weiße Laken über Gras und Büsche gestreift, um danach die Zecken mit einer Pinzette absammeln und in Sammelgefäße mit Konservierungslösung geben zu können. Zur Sammlung von Stechmücken eignen sich stationäre Fangfallen, die mit Strom und wahlweise einer UV-Lampe oder einer CO_2-Quelle zu betreiben sind.

16 Klasen, J. 2009: 21-23.

17 Ingendahl, B., Thieme, I. 2009: 5-7.

Im Herbst und Winter ruht das Probensammeln, alle gefangenen Tiere können dann gezählt und taxonomisch bestimmt werden; es folgt eine stichprobenhafte genetische Testung der Proben in kooperierenden Laboratorien auf Krankheitserreger. Am Ende jeden Jahres werden auf diese Weise Daten generiert, die Rückschlüsse auf die *Art*, *Anzahl* und *Infektiösität* von Arthropoden ermöglichen.[18]

Die in den ersten Jahren beständig gewachsene und danach konstant gebliebene Zahl der involvierten ehrenamtlichen Laien belegt eindrücklich den Grad der Sensibilisierung, der im Projekt „MüZe" erreicht werden konnte. Bereits ein Jahr nach dem offiziellen Start von „MüZe" waren die Sammlerinnen und Sammler fachlich und methodisch in die Lage versetzt worden, die gesamte Tiersammlung und -konservierung in eigener Regie zu übernehmen. Auch drei nordhessische Forstämter (Wehretal, Bad Hersfeld, Reinhardshagen) waren in dieser Zeit zum Projekt hinzugekommen und beteiligten sich engagiert an den Zeckensammelaktionen.

Während der Umsetzung erhielt „MüZe" eine bemerkenswerte mediale Aufmerksamkeit, die eine effiziente Öffentlichkeitsarbeit ermöglichte. Allein im Jahr 2010 wurden über 30 Zeitungsartikel veröffentlicht und mehrere Fernsehberichte und Radiointerviews ausgestrahlt. Das Interesse der Landkreise an „MüZe" war in der ersten Zeit so groß, dass die Sammelaktionen und damit auch die Aufklärung der Bevölkerung in den nordhessischen Landkreisen im Hinblick auf klimatisch-infektiologische Gefahren früher begannen, als sie der Projektplan eigentlich vorgesehen hatte. So kam es, dass schon 2010, also ein Jahr nach Beginn des Projekts, in vier nordhessischen Landkreisen Stechmücken und Zecken gesammelt wurden. Ein Jahr später bestand das nordhessische Überwachungssystem in allen fünf Landkreisen, so dass zu einem relativ frühen Zeitpunkt ein größerer logistischer Aufwand seitens des „MüZe"-Leitungsteams nötig wurde.

Im Rahmen des „MüZe"-Projekts sollen möglichst alle Altersschichten der nordhessischen Bevölkerung für die Infektionsgefahren von Stechmücken und Zecken sensibilisiert werden. Während die Erwachsenen hauptsächlich über Informationsveranstaltungen und Pressearbeit informiert werden (leider stoßen solche Ereignisse bei den Jüngeren unter 20 Jahre nicht auf besonderes Interesse), kann eine effiziente Sensibilisierung jüngerer Zielgruppen für Klima assoziierte Infektionsrisiken generell durch einen selbst etablierten Ansatz im „Setting" Schule als einem Ort erreicht werden, an dem viele Kinder und Jugendliche zeitgleich und leichter für „MüZe" zu gewinnen sind. Deshalb wurde 2012/13 an einigen Grundschulen wie der Osterbachschule in Homberg-Efze, der Schule VillaR in Volkmarsen, der LINGG Schule in Bad Hersfeld, der Wöhler-Schule in Kassel und 2011 an der Kas-

[18] Gebhardt, M., Schlott, T. 2011: 206-211.

seler Willy-Brand-Schule als einer berufsbildenden Institution initial der Wissensstand von teilnehmenden Klassen zum Thema Klimawandel und Borreliose mit Hilfe eines Fragebogens erhoben, und darauf aufbauend erfolgten in den Schulen pädagogisch-didaktisch speziell zugeschnitte Workshops und altersgerechte Unterrichtseinheiten zur Vermittlung von Präventionsmöglichkeiten in Bezug auf die Borreliose. Neben den pädagogischen Konzepten für Berufs- und Grundschüler entwickelte das „MüZe"-Team neue Lehrmaterialien, so z.B. ein Kartenspiel in Form eines Zeckenquartetts, das neben der üblichen Quartett-Spielfunktion Bilder und Informationen von den in Deutschland heimischen Zecken, dem Lebenszyklus und der Lebensweise von Zecken, den Infektionsgefahren und präventiven Verhaltensmaßnahmen enthält. Mit dem Zeckenquartett können bereits jüngere Kinder spielend lernen und für das Thema interessiert werden. Ergänzend fand 2011 im Rahmen der von der Fuldaer Kinderakademie KAF getragenen „Kinderuniversität" an der Hochschule Fulda eine kindgerechte Vorlesung mit dem Thema „Die Zecke – ein gefährlicher Blutsauger" statt, zu der viele wissbegierige Kinder erschienen waren.

Zur Unterstützung der Sammelaktionen und Auswertungen existiert im Gesundheitsbereich ein Netzwerk, das von der Regionalmanagement Nordhessen GmbH im Gesundheitsbereich entwickelt wurde und Schnittstellen zu Krankenhäusern, Reha-Kliniken, Pflegeeinrichtungen, Ärztenetzwerken, Landkreisen und der Stadt Kassel, dem Regierungspräsidium Kassel, Gesundheitsdienstleistern, Krankenkassen sowie kommunalen gesundheitsbezogenen Einrichtungen und Schulen umfasst. Vor diesem Hintergrund fungierte das Regionalmanagement mit seinem Cluster Gesundheit als Vermittler und Koordinator in der Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse im Rahmen des Umsetzungsprojektes „Klimawandel und Gesundheit: Anpassungsmaßnahmen der Bevölkerung und der Infrastrukturen der Gesundheitsvorsorge". Für die Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und Forschungsergebnisse hat das Regionalmanagement Nordhessen in enger Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der Hochschule Fulda, den Klimaanpassungsbeauftragten und der Klimaanpassungsakademie gemeinsame Veranstaltungen initiiert und organisiert, Ergebnisse präsentiert und reziprok Kontakte ermöglicht. Verschiedene Aspekte des Klimawandels wurden bei Netzwerktreffen für Kooperationspartner thematisiert. Dazu wurden die Veranstaltungsformate anlass- und zielgruppenbezogen konzipiert und durchgeführt.

In den fünf nordhessischen Landkreisen wurden im Laufe des Projektes über tausend Stechmücken gesammelt, bestimmt und konserviert. Jede der Stechmückengattungen, die in Deutschland vorkommen, war unter den gesammelten Exemplaren. Am häufigsten war die Gattung Culex gefolgt von der Gattung Ochlerotatus vertreten. Selten wurden Anopheles und Culiseta Stechmücken gefangen. Die

Asiatische Tigermücke wurde in Nordhessen nicht gefunden. Insgesamt wurden über 5000 Zecken von Projektbeteiligten und den drei Forstämtern gesammelt. Bei den molekularbiologisch genetischen Tests konnte das FSME-Virus in keiner der getesteten Zecken nachgewiesen werden, so dass in diesem Zusammenhang von keiner augenscheinlichen Gefährdung der nordhessischen Kreise ausgegangen werden kann. Man darf jedoch nicht vergessen, dass dieser Befund nicht die Möglichkeit ausschließt, dass die eine oder andere FSME infizierte Zecke bereits über den Vogelzug oder den Autotransport nach Nordhessen gelangt ist, dort aber wegen der geringen Zahlen noch keinen Menschen und kein Tier infiziert hat oder bisher nur zu wenigen, inapparenten und damit nicht dokumentierten FSME-Infektionen geführt hat. Hingegen wurde der Erreger Borreliose im Durchschnitt bei 32,9% der Zecken entdeckt. Aus dieser Angabe kann allerdings keine allgemeine Faustregel abgeleitet werden, denn eine bedeutsame Erkenntnis aus dem „MüZe"-Projekt ist, dass es starke Variationen der Erregerlasten von Zecken je nach Untersuchungsareal gibt. Im Gegensatz zur weit verbreiteten Meinung, dass jede vierte Zecke mit Borreliose infiziert ist, konnte dies hier nicht empirisch belegt werden. Stattdessen schwanken die Vorkommnisse der Borrelien sehr stark, und je nach Areal beträgt der Prozentsatz der infizierten Zecken zwischen 16% und 60%. Es gibt sogar einzelne Wiesen, in denen in einem bestimmten Jahr 70% der getesteten Zecken infiziert waren und im Folgejahr fast keine infizierten Zecken mehr entdeckt werden konnten. Das Gefährdungspotential für die Bevölkerung scheint sich also von Jahr zu Jahr selbst in kleinteilig betrachteten Gebieten dramatisch verändern zu können, so dass jährliche neue Sammel- und Testaktionen unter Beteiligung der lokalen Bevölkerung Sinn machen, um die lokale und jährliche Veränderlichkeit von Risiken zu identifizieren und um eine Risikobewertung und Risikokommunikation zu gewährleisten.

In diesem Zusammenhang kann es nicht verwundern, dass sich der Versuch der Etablierung prognostischer statistischer Modelle für lokale Erkrankungsrisiken durch Zecken als nicht zielführend erwiesen hat. Die Befunde führten zu keinen signifikanten Zusammenhängen zwischen basalen Klimaparametern (Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Regenmenge; Quelle: mikroklimatische Karten des Deutschen Wetterdienstes) und der Infektiosität von Zecken bzw. zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen verschiedenen großflächigeren Sammelgebieten. Das mag einerseits damit zusammenhängen, dass im Laufe von „MüZe" eine Konzentrierung einer größeren Gruppe von Freiwilligen auf kleine, fest definierte Sammelareale nicht möglich war, was einen wichtigen Erfahrungswert für die Schaffung zukünftiger Überwachungssysteme darstellt; die beruflichen Belastungen der Projektbeteiligten, lange Anfahrtswege zum Sammelort in Abhängigkeit vom Wohnort, ungeeignete Wetterbedingungen (Regenfälle oder tagelanges hei-

ßes, trockenes Klima) bei terminlich vorab fixierten Sammelaktionen vereitelten dies. Stattdessen erfolgte das Sammeln von Tierproben eher individuell (z.B. bei der Freizeitgestaltung). Dass prognostische Aussagen nicht möglich waren, ist auch darauf zurückzuführen, dass im Laufe von „MüZe" jene Komplexität an Zusammenhängen bewusst wurde, welche die Zahl der Zecken und damit die Gefährdung für den Menschen reguliert. Hier spielen die Faktoren Flora und Fauna eine ganz entscheidende Rolle, denn z.B. können in einigen Ökosystemen sehr wenige Stückzahlen an größerem Wild die komplette Zeckenpopulation über Jahre und unabhängig vom Klima aufrecht erhalten; letztendlich tragen solche Wildtiere eine Masse an Zecken und Zeckeneiern in ihrem Fell und verteilen diese auf kaum zu kalkulierende Art und Weise, wie es auch mit Zecken beladene Vögel über ihr Federkleid tun. Erschwerend für Prognosen kommen die spezifischen lokalen geobotanischen Bedingungen hinzu, also die besondere Lage, Art, Höhe und Verteilung des Pflanzenbewuchses. Die Pflanzendecke ist für das Aufkommen und die Existenz zahlreicher kleinerer Säugetiere bedeutsam, die als infizierte Wirtstiere für saugende Zecken in Frage kommen und damit maßgeblich die Prävalenz und Inzidenz der Durchseuchung von Zecken beeinflussen. All diese genannten Faktoren sind von der Forschung noch nicht untersucht worden; sie erfordern konzertierte interdisziplinäre Forschungsansätze samt multivariater Analysen von Zoologen, Geobotanikern, Mikrobiologen, Forstwissenschaftlern und Meteorologen auf kleinen GPS-justierten Arealen, die dann quasi ständig vom wissenschaftlichen Team betreut werden müssen.

Das Projekt „MüZe" hat zu bemerkenswerten neuen mikrobiologischen Basiserkenntnissen geführt. Ein wichtiger Befund der letzten Projektjahre ist, dass in nordhessischen Lederzecken (Argas vespertilionis), die von toten Fledermäusen abgesammelt wurden und sich als Kommensalen in und in der Nähe von Fledermaus-Wochenstuben aufhalten, B. burgdorferi nachgewiesen werden konnte. Diese Erstbeschreibung legt den Schluss nahe, dass Fledermäuse als natürliches Borreliose-Reservoir dienen könnten. Ein ebenfalls wichtiges Resultat von „MüZe" ist, dass Zecken beim Saugen an einzelnen Wirtstieren (Wild) ihre Infektionsfähigkeit im Hinblick auf die Borreliose verlieren können; es scheint dabei zu einer kompletten Eradikation der Bakterien zu kommen, was mit dem Immunsystem des Wirtes zusammenhängen könnte.

Im Zuge von „MüZe" gelang erstmals der Nachweis seltenerer Bakterienspezies in nordhessischen Ixodes-Zecken.[19] In zahlreichen Tieren wurden die Bakterien Anaplasma phagocytophilum (Erreger der Anaplasmose), Candidatus Neoehr-

[19] Die Testungen wurden im Rahmen des Vorhabens „MüZe" im Herbst 2012 vorgenommen. Die Ergebnisse der Testungen sind bislang unveröffentlicht.

lichia mikurensis (Erreger der Neoehrlichiose) und Candidatus Midichloria mitochondrii mittels Polymerase-Ketten-Reaktion und DNS-Sequenzanalyse nachgewiesen. Folglich erscheint das infektiöse Potential von Zecken in einem ganz neuen Licht: es ist so, dass einzelne Zecken einen bunten „Cocktail" aus verschiedenen Erregern enthalten, die beim Stich auf den Menschen allesamt und zeitgleich übertragen werden und wahrscheinlich je nach immunologischem Status die eine oder andere akute oder inapparente Infektion verursachen. Diese Daten sollten bei der Diagnostik von Erkrankungen mit unklarer Symptomatik Beachtung finden, zumal vorstellbar ist, dass in Nordhessen eine unbekannte Zahl an infizierten asymptomatischen Personen existiert.

Da die Borreliose das größte Infektionsrisiko unter allen vektorübertragenen Krankheiten in Nordhessen darstellt, wurde diesem Thema seit 2010 im Projekt „MüZe" besondere Beachtung geschenkt. Um die regionale Bevölkerung in ausreichendem Maß bezüglich der Ursachen und persönlichen Auswirkungen der Borreliose aufklären zu können, war ein Verständnis der Umgehensweise mit der Bedrohung durch Zecken notwendig. Die Gefahr, sich über einen Zeckenstich mit der Krankheit Borreliose zu infizieren, ist abhängig vom Verhalten in Freizeit und Beruf. Menschen, die sich berufsbedingt viel in der Natur aufhalten, sind erwartungsgemäß stärker gefährdet als andere. Diese Überlegung trifft besonders auf Beschäftigte in der Forst- und Landwirtschaft zu, weshalb diese beruflichen Gruppen exemplarisch ausgewählt wurden, um Einblicke in die Wahrnehmung und individuelle Prävention der Borreliose zu erlangen.

In einer Studie wurde das gesundheitliche Zeckenrisiko bei Forstarbeitern empirisch untersucht.[20] Bei dieser schriftlichen, anonymisierten Erhebung im Rahmen des „MüZe"-Projekts wurden 1.400 Fragebögen an alle hessischen Forstämter versendet, der Rücklauf betrug 54%. Ziel der Studie war es, aktuelle Informationen über die Zeckenexposition, Prävention und Risikowahrnehmung von Bediensteten des Landesbetriebes Hessen Forst zu erhalten. Es handelt sich hierbei um die größte Befragung, die je in einem deutschen Bundesland durchgeführt wurde. Die Ergebnisse der Studie führen eindrücklich vor Augen, dass Borreliose ein hohes Berufsrisiko für forstwirtschaftlich Bedienstete darstellt. Von den Forstbediensteten, welche zum Zeitpunkt der Befragung im Durchschnitt bereits 15 Jahre lang in der Forstwirtschaft arbeiten, sind bereits 36% schon einmal an einer diagnostizierten Borreliose erkrankt. Besonders auffällig in der Erhebung war die Häufigkeit, mit der die Befragten von Zecken gestochen werden; ihren Angaben zufolge sind 85% der forstwirtschaftlich Beschäftigteninnerhalb ihrer Berufszeit mehr als 10-

20 Schlott, S., Gebhardt, M. 2012: 88-91.

mal von einer Zecke gestochen worden, und viele gaben zusätzlich an dass sie schätzungsweise bis 500 Zeckenstiche während ihres beruflichen Lebens bekommen hätten. 27% der Befragten hatten ihre Arbeit aufgrund eines Zeckenstiches zeitweise nicht mehr ausführen können, und einige hatten trotz abgeschlossener Borreliose-Therapie weiterhin Beschwerden, so dass zum Zeitpunkt der Studie 15% akut an den Folgen einer Borreliose Erkrankung litten. Unter diesen Risikoaspekten erweisen sich die (nord-)hessischen Forstbediensteten als hochsensibilisiert für das von Zecken ausgehende Infektionsrisiko.[21]

In einer weiteren Studie wurde untersucht, wie nordhessische Bäuerinnen das Risiko einer Borrelieninfektion wahrnehmen und welche Bewältigungsmuster sie bei ihrer täglichen Arbeit entwickeln.[22] Im Detail wurde eine Diskussion mit zwei nordhessischen Landfrauen geführt, wobei eine der beiden an Borreliose erkrankt war, während die andere Frau bisher kaum mit Zecken in Kontakt gekommen war. Es zeigte sich, dass eine durchgemachte Borreliose-Krankheit die Sinne und Gedanken für jene Gefahren schärft, die von Zeckenstichen ausgehen. Die Befragten sind durch eine hohe Berufsidentifikation bestimmt und geben der notwendigen Arbeit auf dem heimischen Hof teils selbst Vorrang vor ihren eigenen gesundheitlichen Belangen, ein zielgruppenspezifischer Präventionsansatz könnte sich jedoch dann ergeben, wenn beispielsweise erkrankte Berufskolleginnen geschult und als Wissensmediatoren auf Landfrauentagen, Arbeitsschutzbelehrungen, Treffen der Vereinigung der Landfrauen oder in berufsgruppenspezifischer Literatur auftreten.

4 Transfermöglichkeiten in andere Regionen – Empfehlungen

Das Projekt „MüZe“ hat sich als ein überaus vielseitiges und lehrreiches Forschungsvorhaben erwiesen, das über die Jahre zu einem funktionsfähigen Überwachungssystem geführt hat. Die methodisch-logistischen Anforderungen an ein solch komplexes, aufwendiges und interaktives Projekt sind in einem „MüZe“-Handbuch verarbeitet worden, das über die Homepage der Regionalmagement Nordhessen GmbH abrufbar ist. Das Handbuch dient als Leitfaden für die Entwicklung und standardisierte Umsetzung eines Monitoringsystems bezüglich Zecken und Stechmücken. Auf diese Weise können interessierte Laien und Experten von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Erfahrungen bei der praktischen Umsetzung des Modellprojekts „MüZe“ profitieren. Letztendlich wird dieses Methodenhandbuch auch zur Weiterentwicklung und Optimierung von „MüZe“ dienen, insbesondere was den Transfer des Projektes in nordhessische Naturschutzver-

21 Schlott, S., Gebhardt, M. 2012: 88-91.

22 Zahren, J., Schlott, T., Kreher, S. 2012.

bände, Jäger- und Wandervereine betreffen könnte und auch dessen Implementierung im nordhessischen Bildungssektor. Dort sind unter den Schülerinnen und Schülern zahlreiche Motivierte zu erwarten, die im Rahmen der Nachhaltigkeit den „MüZe"-Gedanken in Form von Arbeitsgemeinschaften und Unterrichtsinhalten über Jahre umsetzen und weitertragen könnten. Zusätzlich konnten aus den Erfahrungen des Gesundheitsprojekts „MüZe" sowohl infektiologische als auch präventiv gesundheitsförderliche Daten abgeleitet werden, die zurzeit in einer Informationsbroschüre zusammengefasst werden (abrufbar über die Homepage der Regionalmanagement Nordhessen GmbH). Beide Werke mögen dazu dienen, auch in anderen Regionen Deutschlands vergleichbare Überwachungssysteme zu etablieren; die erzielten empirischen Ergebnisse und die gewonnenen Erfahrungen machen Mut.

Wenn auch im Rahmen von „MüZe" das FSME-Virus in Zecken nicht nachweisbar war, wenn auch die Asiatische Tigermücke in Nordhessen nicht gefunden wurde und virale exotische Krankheitserreger in Stechmücken nicht vorhanden waren, bleiben Beobachtungen der Entwicklung von lokalen Zecken- und Mückenpopulation aufgrund der erwarteten klimabedingten Veränderungen weiterhin wichtig; dieser Schluss gilt umso mehr für süddeutsche Gebiete, in denen im Schnitt höhere Temperaturen zu verzeichnen sind. Die Erfahrungen lehren, dass konkrete infektiologische Gefährdungslagen in Bezug auf einige Arthropoden ausgelöste Erkrankungen a) quasi über Nacht und dann zunächst als Einzelfälle oder lokaler Ausbruch einzutreten pflegen b) oft auf kleinere Bezirke beschränkt sind, da zur Entstehung und Aufrechterhaltung einer epidemischen Infektionskette in der Regel eine größere Zahl an infizierten Menschen und Tieren als Zwischenwirte für Erreger existieren müssen, Bedingungen also, die so in Deutschland nicht gegeben sind. Bei einem bestehenden Monitoringsystem würden zukünftig schnelle Gegenreaktionen möglich werden, wie z.B. das Aufstellen von Warnschildern in risikoreichen Gebieten und die Publikmachung von Empfehlungen bezüglich des Tragens langer Kleidung, der Verwendung von Insekten-Repellentien und der Verwendung von Moskitonetzen. Unter dieser Prämisse wären auch Schutzmaßnahmen im Hinblick auf weniger bedeutsame Erreger wie den Anaplasmose-Erreger und den Neoehrlichiose- Erreger denkbar. Über deren Prävalenz existieren in Nordhessen noch keine verlässlichen Daten, aber die Analysen von Zecken im Rahmen von „MüZe" haben in einigen Gebieten Hinweise auf höhere Durchseuchungsraten und Ko-Infektionen mit anderen Krankheitserregern ergeben. Ob diese Befunde auf andere Regionen übertragbar sind, sei dahingestellt.

Was eine effektive Primärprävention betrifft, muss ein Landkreis nicht einmal zwingend gesammelte Zecken mit kostspieligen genetischen Spezialverfahren auf Krankheitserreger testen. Allein eine drastische Reduktion der Zeckenzahl pro

Areal senkt das Infektionsrisiko für die Bevölkerung. Jede Kommune kann durch adäquates Müllmanagement an Grill- und Spielplätzen und in häufig frequentierten Parkanlagen dazu beitragen, dass sich Nagetiere wie Mäuse und Siebenschläfer, die als Borreliose-Reservoir für Zecken bekannt sind, nicht übermäßig vermehren. Außerdem wäre es für Kommunen möglich, durch das regelmäßige Mähen von Grünflächen, das Stutzen von Büschen und Sträuchern sowie die Landschaftspflege von Wald- und Naherholungsgebieten der Übertragung der Borreliose, Anaplasmose und Neoehrlichiose auf floraler bzw. geobotanischer Ebene vorzubeugen. Das alles setzt aber voraus, dass die Zahl der Zecken mit hoher Präzision abgeschätzt werden kann, um rechtzeitig potentielle Hochrisikogebiete zu identifizieren. Hier schließt sich der gedankliche Kreis: ein Projekt wie „MüZe" würde diesen Zweck vollständig und kostengünstig erfüllen, wenn die Sammlungen z.B. unter der Aufsicht des öffentlichen Gesundheitsdienstes ablaufen würden.

5 Ausblick

Die für die Umsetzung definierten Ziele von „MüZe" sind mit der Verstetigung einzelner Teilziele wie der Aufklärung der Bevölkerung und der Bewertung des Infektionsrisikos erreicht worden. Parallel dazu konnte mit der Untersuchung der Verteilung und Ausbreitung potentieller Mücken- und Zeckenvektoren ein weiteres Basismodul für die Entwicklung präventiver Strategien abgebildet werden. Damit sind zweifelsohne nachhaltige Maßnahmen im Rahmen der Implementierung eines Monitoring-Systems in Nordhessen eingeleitet worden. Um die Fortsetzung zu gewährleisten, bestehen Möglichkeiten, das Projekt umfangreicher in nationalen und internationalen Tätigkeiten einzubinden und damit eine noch größere Wahrscheinlichkeit einer Verstetigung zu erreichen. So könnten die Mückensammlungen in den nordhessischen Landkreisen optional an die Institute Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. und Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit gekoppelt werden, die mit dem Aufbau „Mückenatlas – Deutschland kartiert Stechmücken" beauftragt sind. Auf einer bundesweiten Kartendarstellung sind dort die Fundpositionen (Fangdatum, Fundort und Name) der jeweiligen Sammler (dann auch die der Ehrenamtlichen aus Nordhessen) eingetragen. Parallel zur Bestimmung und Dokumentation der verschiedenen Arten analysieren Virologen, ob Viren in den Mücken zu finden sind. Infektionsversuche sollen zudem zeigen, ob die heimischen Mückenarten bestimmte Viren aufnehmen und weitergeben können. Mittelfristig planen die Beteiligten der oben genannten Institute, dem Mückenatlas vergleichbare Projekte für weitere Blutsauger und potenzielle Überträger von Krankheitserregern, wie Zecken, Gnitzen, Kriebelmücken und Bremsen folgen zu lassen, damit würde dann beispielsweise auch ein „Zeckenatlas" entstehen. Somit könnte das Projekt

„MüZe“ einen wichtigen Beitrag zur Kartierung der Stechmückenarten und damit ebenfalls zur Risikobewertung leisten (Sammlungen und Sammler aus Nordhessen sind bis dato auf der Mückenkarte nicht vermerkt), und es wird ein Anreiz geschaffen, in den folgenden Jahren das Interesse der Ehrenamtlichen aus der nordhessischen Bevölkerung an dem Projekt zu erhalten. Neben diesem nationalen Engagement besteht die Möglichkeit, sich an dem internationalen Netzwerk von Eleonora Flacio, Instituto cantonale di microbiologia, zu beteiligen. Die Biologin baut ein europaweites Informationsnetz zur Überwachung der Tigermücke auf, da sich die globale Situation hinsichtlich der Ausbreitung aufgrund des wärmeren Klimas weiter verschärft hat.

Es ist abzusehen, dass eine Fortführung des Monitorings von Vektoren nach Ablauf von „MüZe“ sowohl von einer umfassenden Anschlussfinanzierung als auch der Einrichtung einer übergeordneten Koordinationsstelle abhängig ist. Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse konnten weitere Impulse u.a. bezüglich einer stärkeren Einbindung der jungen Generation zur Sensibilisierung und längerfristigen Verstetigung gesetzt werden. Mit Unterstützung von Bildungseinrichtungen der nordhessischen Landkreise werden zukünftig Dozenten lokaler Volkshochschulen und anderer Schulformen gewonnen, um „MüZe“ in den Unterricht (z.B. Biologie) einzubauen. Der bestehende Kontakt zum Schulamt Kassel wird vom Cluster Gesundheit des Regionalmanagement Nordhessen dahingehend intensiviert. Eine Vernetzung der Bildungseinrichtungen mit speziellen Zielgruppen der Verwaltung und Wirtschaft wird angebahnt. Die kostenintensive mikrobiologische Testung der Vektoren im Labor kann perspektivisch nur durch Sponsoring bzw. Subventionen sichergestellt werden.

Literatur

Gebhardt, M., Schlott, T. (2011): Aufbau eines bevölkerungsgestützten Monitorings von potentiell infektiösen Vektoren. Projekt „MüZe“ – ein Erfahrungsbericht. In: Zeitschrift für Prävention und Gesundheitsförderung 3, S. 206-211.

Hemmer, CJ., Frimmel, S., Kinzelbach, R., Gürtler, L., Reisinger, EC. (2007): Global warming: trailblazer for tropical infections in Germany? In: Deutsche Medizinische Wochenschrift 132, S. 2583-2589.

Ingendahl, B., Thieme, I. (2009): Gesundheitliche Effekte des Klimawandels. Aufklärung und Bewusstseinsbildung als wesentlicher Bestandteil von Anpassungsmaßnahmen. In: Umweltmedizinischer Informationsdienst- Themenheft. "Klimawandel und Gesundheit". Hg. v. Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt, S. 5-7.

Klasen, J. (2009): Neue Krankheitserreger und ihre Überträger: Klimawandel könnte Gesundheitsgefahren in Deutschland zur Folge haben. In: Umweltmedizinischer Informationsdienst- Themenheft. "Klimawandel und Gesundheit". Hg. v. Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt, S. 21-23.

Plettenberg, A., Mohrmann, G., Stoehr, A., Meyer, T. (2007): Borreliose und andere durch Zecken übertragene Infektionen – Ein Update. In: Wissenschaft und Praxis, S. 354-359.

Robert Koch-Institut (RKI) (2010): Zur Situation bei wichtigen Infektionskrankheiten in Deutschland. Lyme-Borreliose: Analyse der gemeldeten Erkrankungsfälle der Jahre 2007 bis 2009 aus den sechs östlichen Bundesländern. In: Epidemiologisches Bulletin 12, S. 101-107.

Robert Koch-Institut (RKI) (2012): FSME: Risikogebiete in Deutschland (Stand: Mai 2012). Bewertung des örtlichen Erkrankungsrisikos. In: Epidemiologisches Bulletin 12, S. 189-204.

Schlott, S., Gebhardt, M. (2012): Eine landesweite Befragung von hessischem Forstpersonal. Forstarbeit und gesundheitliches Zeckenrisiko. In: AFZ-Der Wald, 10-11, S. 88-91.

Stanek, G. (2007): Schildzecken-Borreliose und andere durch Zecken vermittelte Erkrankungen. In: Antibiotika Monitor 1, S. 2-16.

Zahren, J., Schlott, T., Kreher, S. (2012): Muster der Risikowahrnehmung und Bewältigung der Borreliose – untersucht am Beispiel einer Gruppendiskussion mit nordhessischen Bäuerinnen. pg-papers 02, Fulda.

Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., Cramer, W. (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungstrategien klimasensitiver Systeme. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau.

Anpassungsstrategien im Personenverkehr – insbesondere im Ausbildungs- und Berufsverkehr

Helmut Holzapfel, Carolin Röhrig[1]

Übersicht

1 Einleitung ... 365
2 Der Einfluss des Wetters auf das Verkehrsverhalten und die Verkehrsinfrastruktur in Nordhessen ... 366
3 Chancen und Risiken für den Bereich Personenverkehr ... 366
4 Präzisierung des Untersuchungsfelds ... 367
5 Zielsetzung zur Lösung des Klimaanpassungsproblems ... 369
6 Darstellung der Problemlösung ... 373
6.1 Konkrete Handlungsempfehlungen für den Motorisierten Individualverkehr ... 373
6.2 Konkrete Handlungsempfehlungen für den Öffentlichen Verkehr ... 374
6.3 Konkrete Handlungsempfehlungen für den Radverkehr ... 378
6.4 Berücksichtigung von Siedlungsdichte und Nutzungsmischung in der Stadt- und Regionalplanung ... 379
6.5 Berücksichtigung der Bedürfnisse älterer Menschen als eine besonders vulnerable Bevölkerungsgruppe ... 380
7 Beschreibung des exemplarischen Umsetzungsprojektes ... 380
8 Allgemein erreichte Ergebnisse ... 382
9 Transfermöglichkeiten in andere Regionen - Empfehlungen ... 383
Literatur ... 384

1 Einleitung

Das KLIMZUG-Teilprojekt „Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr“ geht der Frage nach: Wie der Klimawandel den Personenverkehr in Nordhessen beeinflusst und wie die Mobilität der Menschen in der Region sichergestellt werden kann? Neben direkten Gefahren des Verkehrs durch Wettereinflüsse (z.B. Straßenschäden bei Hitze, Überschwemmungen, Sturm) werden vor allem auch die zu erwartenden Reaktionen der Ver-

[1] Wissenschaftliche Mitarbeiter/innen am Teilprojekt Personenverkehr waren außerdem Dipl.-Geogr. Claudia Nash, Dipl.-Ing. Joachim C. Otto und Dipl.-Ing. Dieter Stepner.

kehrsteilnehmer auf den Klimawandel analysiert und die Folgen prognostiziert. Ziel war es, Maßnahmen zu formulieren und Konzepte zu entwickeln, wie die Verkehrsarten auch in Krisenfällen funktionsfähig erhalten werden können.

In den nachfolgenden Kapiteln wird überwiegend aus dem Endbericht des Teilprojektes Personenverkehr zitiert.[2] Der vollständige Bericht kann bei der Universität Kassel, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung/ Mobilitätsentwicklung, angefordert werden.

2 Der Einfluss des Wetters auf das Verkehrsverhalten und die Verkehrsinfrastruktur in Nordhessen

Der Klimawandel wird den gesamten Personenverkehr betreffen. Schon heute ist Verkehr wetterabhängig und bei ungünstigen Wetterlagen kommt es zu relevanten Beeinträchtigungen. Bekannt sind etwa Störungen im Schüler- und Berufsverkehr an schneereichen Tagen, bei Sturm, Starkregen oder Hitze. Die Zunahme solcher Zustände stellt bislang noch ungeklärte Fragen, sowohl was die möglichen Verhaltensänderungen als auch die gebotene Anpassung des gesamten Verkehrssystems und Verkehrsmanagements betrifft. Im Rahmen des Teilprojektes konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welchen Einfluss Extremwetterlagen auf die Verkehrsteilnahme und die Verkehrsmittelwahl haben, welchen Verbesserungsbedarf die Verkehrsteilnehmer und Verkehrsteilnehmerinnen sehen und welche Maßnahmen im Rahmen der Klimaanpassung daher notwendig erscheinen. Zudem wurde die Verkehrsinfrastruktur in Nordhessen auf klima- und witterungsbedingte Vulnerabilitäten analysiert. Hierbei wurden die witterungsbedingten Faktoren im Verkehr der Vergangenheit und der Gegenwart speziell für die Region Nordhessen ermittelt, um den Anpassungsbedarf für mögliche Extremwetterlagen in der Zukunft benennen zu können. Im Rahmen des Umsetzungsverbundes Personenverkehr, der an das Teilprojekt anschloss, wurden die Erkenntnisse weiter verbreitet, um das Thema Klimaanpassung im Bewusstsein der lokalen Akteure sowie der Bevölkerung zu verankern und weitere Maßnahmen auf den Weg zu bringen.

3 Chancen und Risiken für den Bereich Personenverkehr

Ziel des Teilprojektes Personenverkehr war es, im Rahmen der Daseinsvorsorge für die Bevölkerung Mobilitätsoptionen zu gewährleisten und aufrechtzuerhalten und somit Abhängigkeiten im Alltag zu verringern. Eine vorrangige Stellung in der Untersuchung des wetterabhängigen Personenverkehrs kam hierbei dem

[2] Holzapfel et al. 2011.

Ausbildungs- und Berufsverkehr in Nordhessen zu: Während im Freizeitverkehr über die Durchführung hierfür notwendiger Ortsveränderungen eher flexibel und situationsbedingt entschieden werden kann, muss ein reibungsloser Ablauf des Ausbildungs- und Berufsverkehrs einer Region in jedem Fall gewährleistet sein. Neben der Auswertung von verschiedenen Verkehrsdaten wurde eine Befragung in der Region Nordhessen durchgeführt, um einen tieferen Einblick in die wetterabhängigen Entscheidungsstrukturen der Verkehrsteilnehmer sowie deren Bewertung des vorhandenen Angebots zu bekommen. Extremwetterereignisse stellen vielfältige Anforderungen an die Verkehrsinfrastruktur dar, wie umfassend untersucht wurde. Der Begriff Infrastruktur ist hier sehr weit gefasst und umfasst das gesamte wetterrelevante Angebot im Verkehrssektor. Dieses Angebot wurde in der Region Nordhessen bezogen auf alle Verkehrsarten (außer Flug- und Schiffsverkehr) erfasst und auf wetterabhängige Nutzungseinschränkungen hin analysiert. Nach dieser Untersuchung zeichnen sich durchaus einige Vulnerabilitäten der Verkehrsinfrastruktur deutlich ab. Das Teilprojekt zeigt auf, dass der Verkehrsbereich nicht ohne nennenswerte Klimaanpassungsmaßnahmen auskommt. So führen im Durchschnitt mildere Winter keinesfalls zu günstigeren Verhältnissen im Straßenverkehr, vielmehr ist etwa durch einen zu erwartenden häufigeren Frost-Tau-Wechsel mit stärkeren Schäden der Straßeninfrastruktur zu rechnen. Auch für den Öffentlichen Nahverkehr (ÖV) konnte aufgezeigt werden, dass es zu vielfältigen Störungen des Angebots kommen kann, die zu Problemen im Ablauf führen und etwa im Schienenverkehr durch den Abbau von Ausweichstellen verschärft werden können. Bei den analysierten und im Alltag bereits erkennbaren Beeinträchtigungen handelt es sich häufig um Einzelfälle, die mitunter nicht besonders dramatisch erscheinen. Deutlich werden jedoch Beeinträchtigungen, die insbesondere durch nicht immer sofort offensichtliche Folgeprobleme oder auch ein zeitliches Aufeinandertreffen von Vorfällen verschärft werden können. Das Teilprojekt hat daher im Rahmen seiner Untersuchung immer wieder Kostenaspekte thematisiert und insbesondere für Klimaanpassungsmaßnahmen im ÖV detaillierter aufgeführt. Aus der Analyse der Vulnerabilitäten der Verkehrsinfrastruktur sowie der Untersuchung von Verhaltensaspekten im Personenverkehr, in Zusammenhang mit dem Klimawandel, ergeben sich Handlungsnotwendigkeiten für Kommunen oder verschiedene Akteure, die im Rahmen eines Maßnahmenkatalogs zusammengefasst werden.

4 Präzisierung des Untersuchungsfelds

Das Untersuchungsfeld gliedert sich in die folgenden Teilbereiche: die Untersuchung des wetterabhängigen Verkehrsverhaltens und die Analyse der Verkehrsinfrastruktur. Ziel der Forschungsarbeit war es, Informationen zu wetterabhängi-

gen Verhaltensweisen zu erhalten, um somit mögliche Verhaltenstendenzen und Reaktionen der Verkehrsteilnehmer im Rahmen des Klimawandels abschätzen zu können. Darüber hinaus sollte erfasst werden, welche Aspekte der Klimaanpassung den Verkehrsteilnehmern in Nordhessen besonders relevant erscheinen und in welchen Bereichen sie einen Verbesserungsbedarf sehen. Um sich den dargestellten Fragestellungen zu nähern, wurde sowohl ein qualitativer als auch ein quantitativer Ansatz gewählt. Um eventuelle wetterabhängige Verhaltensänderungen statistisch nachprüfen zu können, wurde eine Auswertung der SrV-Daten[3] mit Bezug auf Hitzetage vorgenommen.[4] Zudem fand eine qualitative Befragung (Leitfadeninterviews) in Nordhessen statt, um einen Einblick in die Entscheidungsstrukturen der einzelnen Verkehrsteilnehmer zu erlangen und festzustellen, welche Relevanz dem Wetter bei Verkehrsentscheidungen im Alltag überhaupt zukommt. Deutlich wurde im Rahmen der Untersuchung, dass der Klimawandel zu einer Stärkung des Motorisierten Individualverkehrs (MIV) führen wird. Der Pkw erscheint bei unbeständigeren Wetterlagen sowie beim Auftreten von sog. Extremwetterlagen aufgrund verschiedener Qualitäten als das bevorzugte Verkehrsmittel. So bietet er etwa bei Regen Schutz. Dadurch, dass der überwiegende Teil der Pkw mittlerweile mit einer Klimaanlage ausgestattet ist, bietet er die Möglichkeit einer Temperaturregulierung entsprechend der individuellen Bedürfnisse. In allen Altersgruppen zeichnete sich ab, dass Extremwetterereignisse und unbeständigere Wetterlagen die Pkw-Nutzung begünstigen. Besonders ältere Menschen sind jedoch bei Hitze geneigt, Alltagswege zu unterlassen oder zu verschieben. Vor allem ältere Menschen werden während Hitzeperioden besonders in ihrem körperlichen Wohlbefinden und ihrer Alltagsmobilität beeinträchtigt. Neben der Bestätigung dieser Annahme zeigte sich jedoch deutlich, dass die Einschränkungen über diesen Aspekt hinausgehen: Die Untersuchung verdeutlichte, dass allgemein die Folgen den Klimawandels (weitere Extremwetterlagen wie Blitzeis, unbeständigere Wetterverhältnisse) für die Verkehrsteilnahme älterer und alter Menschen zu Einschränkungen in der Alltagsmobilität führen und ohnehin schon vorhandene Probleme bei der Verkehrsteilnahme noch verstärken. Bei den, in diesem Projekt besonders betrachteten, Ausbildungs- und Berufswegen zeigt sich eine vergleichsweise geringe Veränderung des Verkehrsverhaltens in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen. Es handelt sich bei Ausbildungs- und Berufswegen

[3] SrV bedeutet System repräsentativer Verkehrsverhaltensbefragungen mit dem Mobilitätskennwerte der städtischen Wohnbevölkerung ermittelt werden. Die Daten folgender SrV-Städte sind in die Untersuchung aus dem Jahr 2008 eingegangen: Augsburg, Berlin, Bremen, Chemnitz, Cottbus, Dessau-Rosslau, Dresden, Düsseldorf, Erfurt, Frankfurt a.M., Fürth, Gera, Halle, Jena, Kaiserslautern, Kassel, Kiel, Leipzig, Magdeburg, Mainz, Mannheim, Potsdam, Rostock, Schwerin, Spremberg, Ulm sowie Zwickau.

[4] TU Dresden 2009a, 2009b, 2009c.

um nicht disponible Wege. Gerade bei diesen Wegezwecken, die mit entsprechenden Verpflichtungen im Alltag einhergehen, ist ein zuverlässiger Ablauf und eine entsprechende Informationspolitik bei wetterabhängigen Störungen von großer Bedeutung. Stärkere, wetterabhängige Veränderungen zeigen sich beim Freizeitverkehr, insbesondere bei Extremwetterlagen, wie Sturm und Gewitter oder an Hitzetagen, die häufiger zu einer Unterlassung oder zeitlichen Verschiebung von Wegen oder einer Änderung angesteuerter Standorte führen. Dass Arbeitswege im Vergleich zu Freizeit- und Sportwegen kaum von Wetterfaktoren beeinflusst werden, bestätigt auch Sabir.[5] Beim Ausbildungsverkehr weist der Wissenschaftler jedoch für warme Tage einen Anstieg des Fahrradverkehrs nach. Der Fahrradverkehr ist durch unbeständige Wetterverhältnisse und extreme Wetterlagen (Starkregen, Blitzeis) besonders betroffen. Es zeichnet sich insbesondere im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ein deutlicher Handlungsbedarf ab, um einen Attraktivitätsverlust durch Folgen des Klimawandels zu verhindern. Im Rahmen einer Stärkung des Umweltverbundes – da Klimaanpassung immer unter Berücksichtigung von Klimaschutzzielen erfolgen sollte – sind Klimaanpassungsmaßnahmen im Bereich ÖV von besonderer Bedeutung; in diesem Bereich wurde im Rahmen des Projekts daher auch eine entsprechende Klimaanpassungsmaßnahme umgesetzt. Es wurde in der Untersuchung zudem sehr deutlich, dass die Vulnerabilität in Bezug auf den Klimawandel stark von siedlungsstrukturellen Gegebenheiten und dem Wohnort der Menschen abhängt.

Im Rahmen der Untersuchung von Vulnerabilitäten der Infrastruktur des Personenverkehrs wurde festgestellt, bei welchen Verkehrsmitteln in welchen Bereichen Wettereinflüsse zu verstärkten Nutzungsbeeinträchtigungen, ggf. zu Schäden, vermehrten Kosten und somit zu Auswirkungen auf die Qualität und Wirtschaftlichkeit des Personenverkehrs führen können. Ziel war es, die witterungsbedingten Faktoren im Verkehr der Vergangenheit und der Gegenwart speziell für die Region Nordhessen zu ermitteln, um den Anpassungsbedarf für mögliche Extremwetterlagen in der Zukunft benennen zu können.

5 Zielsetzung zur Lösung des Klimaanpassungsproblems

Aus den Ergebnissen zeichnen sich einige Aspekte ab, die im Rahmen der Etablierung nutzerorientierter Klimaanpassungsmaßnahmen in Nordhessen vorrangig berücksichtigt werden müssten. Während der Pkw durch verschiedene Qualitäten (Schutzfunktion, Transport direkt von A nach B etc.) grundsätzlich bei unterschiedlichen Wetterlagen oft als das geeignete Verkehrsmittel erscheint – und daher tendenziell durch den Klimawandel eher eine Stärkung erfahren wird – zeich-

[5] Sabir 2011: 42.

net sich gerade im ÖV ein umfassender Handlungsbedarf ab. Neben allgemeinen Qualitätskriterien (Nähe zur Haltestelle am Wohnort, Pünktlichkeit, Sauberkeit) gibt es Teile im ÖV-Angebot, die im Rahmen der Klimaanpassung aus Nutzersicht verbessert werden müssten. Diese betreffen insbesondere den Wetterschutz an Haltestellen. Auch wenn an vielen von ihnen Unterstellmöglichkeiten installiert wurden, so zeigt sich, dass sich viele dieser Anlagen insbesondere bei Starkregen und/ oder Wind als nicht besonders funktional erweisen, da z.B. das Dach zu hoch ist oder ein Seitenschutz fehlt (siehe Abbildung 1). Auch erweist sich eine vollständig transparente Gestaltung von Haltestellenanlagen bei Hitzetagen als nicht günstig, da die Wartenden hier oft einer direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind und in den Wartehäuschen sehr hohe Temperaturen entstehen können. Dementsprechend besteht an vielen Haltestellenanlagen im Rahmen der Klimaanpassung ein Nachrüstungsbedarf. Ebenfalls ein zentrales Thema stellt die Temperaturregulierung in den Bussen und Bahnen dar. In erster Linie wurden hier zu hohe Temperaturen in den Fahrzeugen an sehr warmen oder heißen Tagen angesprochen, die Fahrgäste als sehr unangenehm und auch körperlich belastend empfinden. Die Gründe können in diesen Fällen darin liegen, dass die Klimaanlagen ausfallen oder aber vom Fahrer während der Fahrt ausgestellt werden. Klimaanlagen fehlen derzeit lediglich in den Straßenbahnen der Stadt Kassel sowie in Ausnahmefällen in Zügen des Regionalverkehrs. Dass die Temperaturregulierung ein zentrales Thema für ÖPNV-Kunden ist, zeigen auch entsprechende Rückmeldungen der Kunden an den Nordhessischen Verkehrsverbund (NVV). Neben zu hohen Temperaturen im Sommer besteht hier an besonders kalten Tagen im Bahnverkehr die Herausforderung für die Betreiber, bereits zu Beginn einer Fahrt die Wagen entsprechend vorgeheizt zu haben.

Einen der weiteren zentralen Punkte in Bezug auf extreme Wetterverhältnisse stellt eine Verbesserung der Informationsübermittlung an den Kunden insbesondere in ländlichen Gebieten dar, um diesem die Möglichkeit zu geben, auf wetterbedingte Änderungen des Verkehrsangebots oder Ausnahmesituationen entsprechend reagieren zu können. Kunden haben für wetterbedingte Störungen im ÖV durchaus Verständnis, wie in der Befragung deutlich wurde. Nicht zuletzt durch die Topographie kann es in einigen Gebieten Nordhessens z.B. durch Blitzeis dazu kommen, dass Busse Straßen mit starkem Anstieg nicht mehr befahren können und es somit zu kurzfristigen Ausfällen oder Routenänderungen kommen kann. Als problematisch wird von den Verkehrsteilnehmern in solchen Fällen weniger der Ausfall an sich angesehen, als vielmehr die fehlende Informationsübermittlung: Der Kunde wird in solchen Ausnahmesituationen demnach im Unklaren gelassen, ob es sich noch lohnt, zu warten, oder eine alternative Transportmöglichkeit in Anspruch genommen werden muss. Bei starken Verspätungen oder Ausfäl-

len hat der Kunde in einigen Gebieten Nordhessens demnach bislang keine Anpassungsmöglichkeit. Eine besondere Berücksichtigung kommt hierbei dem Ausbildungs- und Berufsverkehr zu, der den Betroffenen in wetterbedingten Ausnahmesituationen einen geringen oder gar keinen zeitlichen Spielraum lässt. Auch wenn es sich etwa bei Ausfällen um relativ seltene Ereignisse handelt, können diese im konkreten Fall für den Einzelnen durch entsprechende terminliche Verpflichtungen zu ernsthaften Problemen führen (z.B. für berufstätige Mütter bei Ausfällen im Schülerverkehr). Neben Unannehmlichkeiten in einem konkreten Fall bedeutet die Unsicherheit in diesem Zusammenhang eine deutliche Einschränkung im Alltag und eine Minderung, der vom Kunden empfundenen Qualität des Öffentlichen Nahverkehrs. Die Übermittlung von Informationen über wetterbedingte Verkehrsbedingungen ist grundsätzlich in Bezug auf alle Verkehrsmittel ein Thema, das im Rahmen von Klimaanpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden muss. Die Relevanz der Themen Kontakt zum Kunden und Informationsübermittlung wurde von den Experten der Begleitgruppe bestätigt. Derzeit existiert keine einheitliche Richtlinie dazu, wie die Kommunikation und die Fahrgastinformation geregelt werden soll. In einigen Agglomerationsräumen übermittelt eine digitale Anzeige, das Dynamische Fahrgastinformationssystem (DFI), an einigen Haltestellen Informationen für den wartenden Kunden (z.B. Bahnhof Eschwege und Kasseler Stadtgebiet). Ähnliche Angebote wären im ländlichen Raum laut Aussage der Experten jedoch nicht finanzierbar. Der NVV bemüht sich derzeit eine sehr umfangreiche Informationsplattform einzurichten, auf die von allen Verkehrsunternehmen der Region zeitnah Informationen zu Störungen und Ausfällen gemeldet werden sollen und die dem Kunden via Internet jederzeit zur Verfügung steht.

Klimaanpassung ist grundsätzlich immer in einem engen Zusammenhang mit dem Klimaschutz zu sehen. Demnach gilt es, dem besonderen Anpassungsbedarf im ÖV gerade auch im Hinblick auf eine Stärkung des Umweltverbundes unter Nachhaltigkeitsaspekten Rechnung zu tragen. Deutlich wird im Rahmen dieser Untersuchung zudem die Bedeutung von siedlungsstrukturellen Gegebenheiten. Diese entscheiden darüber, ob im Alltag zwangsläufig weite Wege zu Versorgungseinrichtungen und Aktivitätsstandorten notwendig werden oder nicht. Es zeigte sich in der Befragung deutlich, dass Personen, die in zentralen, nutzungsgemischten Gebieten leben, mehr Wahlmöglichkeiten in Bezug auf die Alltagsgestaltung zur Verfügung stehen. Diese können somit auch flexibler auf extreme Wetterlagen reagieren – durch Alternativen bei Versorgungseinrichtungen sowie mehr Entscheidungsspielraum in Bezug auf die Fortbewegungsart (notfalls geht man bei großer Hitze zum kleineren Laden in der Nachbarschaft etc.). Im Rahmen einer integrierten Verkehrsplanung, die grundsätzlich Siedlungsstrukturen und

Verkehr in einem engen Zusammenhang sieht, wird der zunehmenden Bedeutung der Nahmobilität Rechnung getragen: Diese betrifft den Verkehr auf kurzen Distanzen sowie Erreichbarkeiten und Zugänglichkeiten von aufzusuchenden Alltagseinrichtungen, welche die Bewegungsflexibilität und -qualität in Quartieren ausmacht. Sie baut demnach auf dem Leitbild der kompakten, nutzungsgemischten „Europäischen Stadt" auf.[6] Bei der Bereitstellung eines Verkehrsangebots und der Durchsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen müssen insbesondere die Anforderungen und (körperlichen) Grenzen besonders vulnerabler Bevölkerungsgruppen (kleinen Kindern, älteren Menschen) berücksichtigt werden.



Abbildung 1: Haltestelle Königsplatz in Kassel (C. Nash)

Aus der Analyse der Verkehrsinfrastruktur in Nordhessen auf klima- und witterungsbedingte Vulnerabilitäten können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden: Im Bereich des Straßenverkehrs können witterungs- und klimabedingte Ereignisse, wie Stürme, Schneefall, Frost und Starkregen in Nordhessen zu erheblichen Beeinträchtigungen führen. Im Bereich von Bundesstraßen gelingt es – außer bei Überflutungen – zumeist noch, die Störungsursachen kurzfristig zu beseitigen; haben die Straßen geringere Verkehrsbedeutung, so dauern die Aufräumarbeiten bereits teilweise mehrere Wochen, weil die Finanzmittel der Straßenmeistereien begrenzt sind. Beim Schienenverkehr wird die Benutzbarkeit von Bahnen vor allem durch Stürme und Frost gestört, seltener durch Niederschläge, Wassermassen und Herbstlaub. Durch die geringe Netzdichte wirken sich Schäden sehr großräumig aus, zum Teil bedarf es Stunden bis Tage Arbeit, bis die Schienenstre-

[6] Vgl. Dittrich-Wesbuer et al. 2010: 36; BMVBS 2011: 30.

cken wieder befahrbar sind. Im Radverkehr sind Überschwemmungen von Flussradwegen die wesentliche Ursache von längeren witterungsbedingten Sperrungen. Daneben spielen noch Schnee und Eis eine bedeutende Rolle als Quelle von Störungen, zumal es nur in Ausnahmefällen einen Winterdienst für Radwege gibt und häufig Fahrradanlagen sogar durch die Winterdienste mit Schnee zugeschoben werden. Gelegentlich ist der Radverkehr durch Windbruch oder Schnee- und Eisbruch behindert.

Um einen klimaangepassten Personenverkehr zu gewährleisten, müssen verschiedene Aspekte und Maßnahmen berücksichtigt werden, die im nachfolgenden Kapitel konkret aufgezeigt werden.

6 Darstellung der Problemlösung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es durchaus einen vielfältigen Anpassungsbedarf im Personenverkehr in der Region Nordhessen gibt. Aus diesem Grund wurden im Projekt notwendige Klimaanpassungsmaßnahmen abgeleitet. Diese Maßnahmen sollen einen Beitrag zu resilienteren Versorgungsstrukturen leisten und verhindern, dass der ÖV als Teil des Umweltverbundes an Attraktivität einbüßt. Bei der folgenden Auflistung von notwendigen Klimaanpassungsmaßnahmen kann es sich selbstverständlich nicht um einen Leitfaden mit einem Anspruch auf Vollständigkeit handeln. Es werden hier jedoch viele zentrale Anpassungsbereiche mit entsprechenden Maßnahmen aufgeführt, die auch für andere Regionen eine Relevanz haben. Bei diesen handelt es sich sowohl um „harte“, investive sowie um sogenannte „weiche“ Maßnahmen. Grundsätzlich muss berücksichtigt werden, dass sich der Klimawandel in Regionen unterschiedlich auswirken wird und diese zudem unterschiedliche Ausgangsbedingungen (in Bezug auf das Verkehrsangebot, die Topographie etc.) aufweisen.

6.1 Konkrete Handlungsempfehlungen für den Motorisierten Individualverkehr

Ein Handlungsschwerpunkt im Bereich des Motorisierten Individualverkehrs ist die Aufrechterhaltung und Ausweitung bestehender Betriebsdienste sowie die Koordination dieser untereinander. Weitere Handlungsfelder können sowohl das Straßennetz in seiner Gesamtheit als auch einzelne punktuelle Eingriffe betreffen (siehe Tabelle 1).

Schwerpunkt	Konkrete Handlungsmaßnahmen
Betriebsdienste	Aufrechterhaltung und Ausweitung bestehender Betriebsdienste sowie die Koordination dieser untereinander.
Bäume und Alleen	Regelmäßige Baumkontrolle und Baumpflege im Umfeld von Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in Bezug auf Windbruch und Windwurf. Hierbei sollte die bestehende Zusammenarbeit zwischen Naturschutz, Forstbehörden und Ämtern für Straßen- und Verkehrswesen intensiviert werden. Straßenbegleitende Baumbestände müssen überprüft und gesichert werden. Alleen, insbesondere solche, die der Beschattung begleitender Rad- und Fußwege dienen, sollten erhalten werden.
Gräben und Abläufe	Regelmäßige Kontrolle und Reinigung von Straßengräben und Wasserabläufen, um Überschwemmungen, Hangabgänge und Erdrutsche zu vermeiden.
Hänge	Steile Hänge können mit Netzen oder Mauern gesichert werden. Im Zweifelsfall muss die Erdstatik geprüft werden.
Brücken	Regelmäßige Kontrolle von Brückenbauwerken.
Umleitungen	Bei Sperrungen von Streckenabschnitten sollten Betriebsdienste eindeutige Umfahrungsstrecken ausweisen.
Schnee und Eis	In den Wintermonaten muss das Räumen und Streuen der wichtigsten Verkehrsverbindungen vor dem Beginn des Berufsverkehrs erfolgen. Hiermit sind auch die Radwege sowie Zugänge und Verkehrswege für den ÖV gemeint.
Reparaturen	Zeitnahe und hochwertige Reparatur von Oberflächenschäden ist wichtig für die langfristige Sicherung der Straßeninfrastruktur, weshalb eine Verlagerung von Finanzmitteln, von Neubau zu Erhalt, notwendig ist. Die Reinigung der Straßen von Moos und Laub ist relevant für die Sicherheit. Die Erneuerung älterer, temperatur- und lastempfindlicher Asphaltdecken – aber auch Prüfung neuerer, zu wenig elastischer Asphaltdecken – wird empfohlen.

Tabelle 1: Handlungsmaßnahmen für den Motorisierten Individualverkehr

6.2 Konkrete Handlungsempfehlungen für den Öffentlichen Verkehr

Wie die Untersuchungen ergeben haben, gibt es einen vielfältigen Klimaanpassungsbedarf im ÖV, zu dem im Folgenden konkrete Maßnahmen (siehe Tabelle 2) aufgeführt werden. Es zeigte sich, dass es nicht nur in der Region Nordhessen bei der Ausstattung von Haltestellenanlagen deutliche Unterschiede im Klimaanpassungsbedarf gibt. Bei der Betrachtung des Wetterschutzes sind verschiedene Ausstattungsstufen erkennbar, die von Haltestellen ohne jegliche Schutzvorrichtungen

bis hin zu Haltestellenanlagen mit abgeschlossenen Wartehallen reichen. Das Teilprojekt spricht sich für eine Definition von Mindeststandards in Bezug auf Klimaanpassungsaspekte von Haltestellenanlagen aus. In den letzten Jahren wurden Wartehallen im Öffentlichen Nah- und Regionalverkehr häufig transparent gestaltet. Diese modernen Haltestellenanlagen werden von den Kunden mit Bezug auf eine helle, freundliche Atmosphäre und die Möglichkeit, das Umfeld sehen zu können, sehr positiv bewertet. Jedoch sollte bei der Gestaltung des Daches dieser Wartehallen darauf geachtet werden, dass ein entsprechender Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung gewährleistet ist. Dieser kann durch verschiedene schattenspendende Elemente sowie durch Nachrüstungen mit verschiedenen Sonnenschutzfolien an Glasdächern erreicht werden. Der Umsetzungsverbund hat im Herbst 2011 exemplarisch eine klimaangepasste Nachrüstung an zwei Haltestellenanlagen im Werra-Meißner-Kreis durchgeführt. Für die Gewährleistung des Sonnenschutzes wurden die transparenten Glasdächer mit unterschiedlichen Sonnenschutzfolien beschichtet (siehe Abbildung 2 und 3). Die dunkle Folie reflektiert 90% und die weiße Folie rund 95% der Wärmestrahlung. Die Kosten für kundenfreundliche und klimaangepasste Ausstattungen variieren sehr stark, da die Möglichkeiten von Nachrüstungen einzelner Haltestellenmodule bis hin zur Anschaffungen neuer Haltestellenanlagen reichen. Die Klimaanpassungsaspekte des Teilprojektes (fester und rutschsicherer Bodenbelag sowie Gewährleistung eines entsprechenden Sonnenschutzes) wurden im Juli 2012 in den Leitfaden für die Antragstellung zur Förderung von Haltestellenanlagen von Hessen Mobil aufgenommen.

Die Klimatisierung von Fahrzeugen stellt einen weiteren zentralen Aspekt der Klimaanpassung dar und leistet einen wichtigen Beitrag zum Attraktivitätserhalt des ÖV im Rahmen des Klimawandels. Zur Klimaneutralität sind unbedingt nur noch Klimaanlagen mit dem Kältemittel CO_2 zu verwenden. Durch eine entsprechende Klimatisierung kann eine starke Wärmebelastung der Kunden an Hitzetagen verhindert werden. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass in klimatisierten Fahrzeugen oft keine Möglichkeiten zur Lüftung mehr bestehen. Bei einem Ausfall der Klimaanlagen kann somit nicht mehr reagiert werden. Es ist daher im Rahmen der Klimaanpassung anzuraten, dass auch in allen klimatisierten Fahrzeugen Lüftungsfenster oder -klappen beibehalten werden. Diese könnten für den normalen Betrieb abschließbar sein, ermöglichen jedoch einen notwendigen Luftaustausch im Fahrzeug, wenn die Klimatisierung in Ausnahmefällen ausfallen sollte.



Abbildung 2: Umrüstungsmaßnahme Haltestelle Bahnhof in Eschwege-Niederhone (C. Röhrig)



Abbildung 3: Umrüstungsmaßnahme Haltestelle Kreiskrankenhaus in Eschwege (C. Röhrig)

Es hat sich gezeigt, dass ÖV-Kunden durchaus Verständnis für gelegentliche Störungen und Ausfälle durch extreme Wetterlagen haben. Dennoch bedarf es besonders in ländlichen Gebieten einer Verbesserung der Informationsübermittlung in solchen Fällen, da die Taktdichten im ÖV hier in der Regel geringer sind und die Installation von Dynamischen Fahrgastinformationssystemen vor allem unter Kostenaspekten nicht möglich ist. Notwendig ist daher gerade hier eine umfassende Informationsplattform im Internet, auf die von den Fahrern verschiedener Verkehrsunternehmen eines Verbundes zeitnah und ohne großen Aufwand Ände-

rungen in der Bedienung eingespeist werden können und die von den Kunden kurzfristig zur Überprüfung ihres Anschlusses aufgerufen werden kann. Informationen zu Störungen des Ablaufs oder Ausfällen müssten von Personen, die über keinen Internetanschluss verfügen (insbesondere ältere Menschen) oder denen dieser in einer konkreten Situation nicht zur Verfügung steht (nicht alle Mobiltelefone haben Internetanschluss) ebenfalls über eine Information-Telefonnummer erfragbar sein.

Schwerpunkt	Konkrete Handlungsmaßnahmen
Haltestellen	Überdachung (nicht zu hoch angebracht) mit Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung. Dieser kann durch verschiedene schattenspendende Elemente sowie durch Nachrüstungen mit verschiedenen Sonnenschutzfolien an Glasdächern erreicht werden.
	Seitenschutzvorrichtung vor Wind und Regen.
	Fester und rutschsicherer Bodenbelag.
Fahrzeuge	Klimatisierung von Fahrzeugen.
	Lüftungsfenster und -klappen sollten beibehalten werden, um bei Ausfällen der Klimatisierung einen notwendigen Luftaustausch in den Fahrzeugen zu ermöglichen.
Schienenverkehr	Funktionierende Betriebsdienste sind elementar, um umgeworfene Bäume und abgebrochene Äste von Schienen zu entfernen, um Oberleitungen und Weichen zu enteisen und Oberleitungsschäden zu reparieren sowie um Anlagen zu reinigen.
	Um Schienenverformungen bei Hitze zu vermeiden, sollten nach Neu- und Umbauarbeiten an Schienen, diese in den ersten Tagen nur langsam befahren werden.
	Im DB-Fernverkehr sollte eine präventive Reduzierung der Geschwindigkeit auf 200 km/h den Schotterflug vermeiden können. Dieser hat in der Vergangenheit durch herunterfallendes Eis zu erheblichen Fahrzeugschäden geführt. Im DB-Regioverkehr gehören die Winterfestmachung aller Fahrzeuge sowie der Einsatz von Enteisungsmitteln an Trittstufen zu den wesentlichen Maßnahmen.
Informationen	Verbesserung der Informationsübermittlung bei Ausfällen und Störungen durch Extremwetterlagen, insbesondere im ländlichen Raum.
	Installation von Dynamischen Fahrgastinformationssystemen (DFI) an wichtigen Haltestellen.

Tabelle 2: Handlungsmaßnahmen für den Öffentlichen Verkehr

Denkbar wären ebenfalls entsprechende Informationsdienste über das Mobiltelefon, durch die Personen für eine bestimmte Linie (für die sie diesen Dienst abon-

niert haben) automatisch und zeitnah über Störungen und Ausfälle informiert werden.

6.3 Konkrete Handlungsempfehlungen für den Radverkehr

Da dem Radverkehr in Nordhessen von Seiten der meisten Verwaltungen derzeit noch nicht eine ähnlich hohe Priorität zugemessen wird, wie dem Autoverkehr oder dem ÖV, besteht hier nur ein geringes Problembewusstsein in Bezug auf witterungsbedingte Vulnerabilitäten. Ein Ausfall von Radrouten durch Schnee, Glatteis, Schmutz oder Überflutungen wird als unvermeidliche Folge jahreszeitlicher (Extrem-)Wetterlagen betrachtet. Um den Radverkehr als wesentlichen regionalen Verkehrsträger für alle Jahreszeiten zu etablieren und eine geringere Abhängigkeit des Radverkehrs von Auswirkungen aufgrund Extremwetterlagen herzustellen, müssten Anpassungsstrukturen an den Klimawandel für diese Verkehrsart vielfach völlig neu aufgebaut werden.

Schwerpunkt	Konkrete Handlungsmaßnahmen
Förderung	Allgemeine Förderung des Radverkehrs und Ausbau der Radwege.
	Sofern klassifizierte Straßen (Kreis-, Landes- oder Bundesstraßen) Teil einer offiziellen Radverkehrsverbindung sind, muss auf ihnen eine Geschwindigkeitsbeschränkung für den MIV angeordnet werden. Dies gilt auch bei der temporären Nutzung als Umleitungsstrecke. Die Geschwindigkeitsbeschränkungen sollten überwacht werden.
	Kampagnen für eine angepasste Winterbereifung durchführen. Mit Spike-Reifen lässt sich beispielsweise gefahrlos auf Eis und Schnee fahren.
Betriebsdienste	Beseitigung von Eisglätte und Schnee auf den wichtigsten Radrouten (Hauptverbindungen).
	Regelmäßige Reinigung von Radwegen, insbesondere in ländlichen Gebieten, wo häufig landwirtschaftliche Fahrzeuge auf den Radwegen verkehren und für Verschmutzungen sorgen. Beseitigung von Schlaglöchern. In Bereichen mit erhöhter Überschwemmungsgefahr (siehe Regionalplan) sowie erhöhter Bodenfeuchtigkeit ist die Verwendung von Asphalt- oder Betondecken erforderlich.
	Bei Sperrungen z.B. durch Bauarbeiten müssen Umleitungsstrecken ausgewiesen werden.
Ausstattungen	Errichtung von Schutzhütten oder Rastanlagen in regelmäßigen Abständen macht das Radwegenetz auch bei unsicheren Wetterlagen besser nutzbar. Toiletten und Trinkwasserstellen (Quellen) steigern die Attraktivität des Radwegenetzes. Hinweisschilder sollten auf die Entfernung solcher Angebote hinweisen.
	Errichtung von überdachten Fahrradabstellanlagen oder Fahrradboxen

	an Bahnhöfen, Busbahnhöfen, wichtigen Haltestellen und zentralen Einrichtungen.
	In den Schulwegeplänen, wo Darstellungen die sichersten Wege zur Schule empfehlen, müssen Radverkehrswege und –anlagen auch aufgeführt werden. Zudem sollten überdachte Fahrradabstellanlagen an allen Schulen zum Ausstattungsstandard gehören.

Tabelle 3: Handlungsmaßnahmen für den Radverkehr

6.4 Berücksichtigung von Siedlungsdichte und Nutzungsmischung in der Stadt- und Regionalplanung

In der Untersuchung wurde deutlich, dass sich unterschiedliche Vulnerabilitäten in Abhängigkeit vom Wohnumfeld ergeben. Personen, die in stärker nutzungsgemischten, zentraleren Lagen leben, verfügen grundsätzlich über mehr Wahlmöglichkeiten in Bezug auf das Verkehrsangebot sowie verschiedene Versorgungseinrichtungen und damit kürzere Wege zu vielen aufgesuchten Standorten ihrer Alltagsgestaltung. Dementsprechend muss auch im Rahmen der Klimaanpassung der Bedeutung des Zusammenhangs zwischen Verkehr und siedlungsstrukturellen Gegebenheiten Rechnung getragen werden und in der Stadt- und Regionalplanung die Siedlungsdichte und eine Nutzungsmischung berücksichtigt werden. Dezentrale Versorgungseinrichtungen „auf der grünen Wiese“ sowie die Ausweisung von monofunktionalen Wohngebieten in Randlagen sollten daher im Rahmen der Klimaanpassung vermieden und nicht nur unter Umwelt- und Klimaschutzaspekten, sondern auch im Interesse einer Klimaanpassung ein attraktives ÖV-Angebot bereitgestellt werden.



Abbildung 4: Monofunktionales Wohngebiet im Schwalm-Eder-Kreis (C. Röhrig)

6.5 Berücksichtigung der Bedürfnisse älterer Menschen als eine besonders vulnerable Bevölkerungsgruppe

Bei der Bereitstellung eines Verkehrsangebots und der Durchsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen müssen insbesondere die Anforderungen und (körperlichen) Grenzen besonders vulnerabler Bevölkerungsgruppen berücksichtigt werden. Neben kleinen Kindern (die vor Hitzebelastungen geschützt werden müssen) stellen ältere Menschen eine Bevölkerungsgruppe dar, deren Bedürfnisse eine besondere Berücksichtigung erfahren müssen. Diese Gruppe sollte daher etwa in Fahrgastbeiräten von Nahverkehrsunternehmen entsprechend vertreten sein und in Diskussions- und Entscheidungsprozesse zu einem am Nutzer orientierten Verkehrsangebot eingebunden werden. Für die Gewährleistung einer entsprechenden Interessensvertretung können zudem u.a. Seniorenheime und -verbände oder Seniorenbeauftragte in Städten und Kommunen einbezogen werden. Bei der Vermittlung des ÖPNV-Angebots – der regulären Abfahrtszeiten von Bus und Bahn, des Anrufsammeltaxis oder gar besonderer Angebote, wie eines Senioren-Einkaufsbusses – sollten gezielt verschiedene Medien ausgewählt werden (Zeitung, Gemeindeblatt, Radio-Spot), um die Gruppe älterer Menschen zu erreichen.

7 Beschreibung des exemplarischen Umsetzungsprojektes

In der letzten Phase des Teilprojektes Personenverkehr bestand der Anspruch bei der exemplarischen Umsetzung einer Klimaanpassungsmaßnahme, eine Maßnahme durchzuführen, die einen Attraktivitätsverlust der Nutzung von Bus und Bahn durch Auswirkungen des Klimawandels verhindern soll. Bei der Untersuchung von Haltestellen in der Region zeigte sich, dass vielfach Grundausstattungen für einen Wetterschutz nicht gegeben sind und insbesondere der Sonnenschutz an Haltestellen ein Thema ist, das bislang bei den zuständigen Akteuren in der Region noch keine oder zumindest kaum Berücksichtigung gefunden hat. Die thermische Belastung durch fehlende Sonnenschutzvorrichtungen an Haltestellen erschien nach den Untersuchungen des Teilprojekts als ein Aspekt der Klimaanpassung, dem von den Kunden mit Bezug auf Hitzetage eine hohe Relevanz bescheinigt wurde und der in der derzeitigen Gestaltung von Haltestellenanlagen, bei der schwerpunktmäßig ein modernes Design und eine größtmögliche Transparenz im Vordergrund steht, noch keine oder zumindest kaum Beachtung erfährt. So sind Kunden an sehr heißen Tagen unter Glasdächern von vielen Wartepavillons der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt, die Wartezeiten unangenehm und zeitweise – insbesondere um die Mittagszeit – unerträglich werden lassen kann. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund einer erwarteten Zunahme von Hitzeperioden im Hochsommer bedarf es hier einer Umgestaltung oder Nachrüstung an vielen Haltestellenanlagen. Dies führte im Teilprojekt daher zu der Entschei-

dung, zusammen mit Kooperationspartnern[7] am Ende des dritten Projektjahres eine entsprechende Klimaanpassungsmaßnahme umzusetzen. Um die Möglichkeiten der Umsetzung entsprechender Nachrüstungen an Haltestellen im Rahmen des KLIMZUG-Projekts im Werra-Meißner-Kreis zu besprechen, wurde ein Treffen mit der örtlichen Klimaanpassungsbeauftragten, mit dem Geschäftsführer der örtlichen Nahverkehrsgesellschaft, zwei Vertreterinnen der Stadt Eschwege sowie einer Vertreterin des NVV durchgeführt. Gemeinsam mit den Experten entschloss sich das Teilprojekt eine effektive aber nicht kostenintensive Maßnahme an zwei ausgewählten Haltestellen in Eschwege umzusetzen. Die völlig transparenten Haltestellen „Kreiskrankenhaus" in Eschwege und „Bahnhof" in Eschwege-Niederhone sollten mit speziellen Sonnenschutzfolien nachgerüstet werden. Nach der bestmöglichen technischen Lösung wurde eingehend recherchiert. Geeignete Folien zur Nachrüstung, mit denen transparente Haltestellendächer beklebt werden können, werden von der Firma Solar Screen hergestellt. Bei der Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahme wurde mit der Firma ProtectES-Solar[8] aus Kaufungen zusammengearbeitet, die auf Hitzeschutz- und Energiespartechnik und somit u.a. auch auf die professionelle Anbringung entsprechender Folien spezialisiert ist. Die Firma hatte sich bereiterklärt, zur Unterstützung dieses Modellprojekts lediglich die Material- und Fahrtkosten in Rechnung zu stellen. Unter den Kooperationspartnern einigte man sich, unterschiedliche Folien an den Haltestellen auszuprobieren. Die Experten entschlossen sich folgend für die Anbringung der transparenten, reflektierenden Folie (reflektiert 90% der Wärmestrahlung) an der Haltestelle „Kreiskrankenhaus" sowie für eine weiße, schattenspendende Folie (reflektiert 95% der Wärmestrahlung) an der Haltestelle „Bahnhof" in Eschwege-Niederhone.

Begleitend zu der Durchführung der Klimaanpassungsmaßnahme wurden vom Teilprojekt zusammen mit der Klimaanpassungsbeauftragten Artikel in den WFG-Mitteilungen sowie im Newsletter KLIMZUG-Nordhessen veröffentlicht. Ebenfalls wurde die Klimaanpassungsmaßnahme in zwei Presseartikeln im Landkreis, der Werra-Rundschau sowie der Hessischen/Niedersächsischen Allgemeinen Witzenhausen (HNA) aufgegriffen. Im Rahmen des Umsetzungsverbundes wurden die Projektergebnisse und die Umrüstungsmaßnahme bei verschiedenen Veranstaltungen (Verkehrsausschuss Stadt Kassel, Magistratssitzung Stadt Bad Wildungen, Euregia Leipzig) präsentiert und diskutiert. Um das Thema Klimaanpassung im Bewusstsein der Bevölkerung zu verankern und über die durchgeführte

[7] Nordhessischer Verkehrsverbund, Nahverkehr Werra-Meißner GmbH, Klimaanpassungsbeauftragte des Werra-Meißner-Kreises, Stadt Eschwege, ProtectES-Solar.

[8] Ansprechpartner der Firma war Herr Daniel Döbel. Weitere Informationen im Internet unter www.protectes-solar.de.

konkrete KLIMZUG-Umsetzungsmaßnahme zu informieren, wurde im Juli 2012 ein Pressegespräch mit allen Kooperationspartnern sowie dem Landrat des Werra-Meißner-Kreises an der umgerüsteten Haltestelle in Eschwege organisiert (siehe Abbildung 5). Presseartikel hierzu wurden in der HNA, Werra-Rundschau und dem KLIMZUG-Newsletter veröffentlicht. Die Umrüstungsmaßnahme wurde schließlich in die Maßnahmendatenbank des Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) eingetragen.[9]



Abbildung 5: Pressegespräch und Vorstellung der Umrüstungsmaßnahme in Eschwege (A. Molnár)

8 Allgemein erreichte Ergebnisse

Die im Rahmen der Forschungsarbeit aufgebauten Netzwerke haben es ermöglicht, zusammen mit Kooperationspartnern aus der Region Nordhessen, die Klimaanpassungsmaßnahme exemplarisch umzusetzen. Als sehr hilfreich haben sich bei dem Aufbau von Kooperationsnetzwerken die Klimaanpassungsbeauftragten erwiesen. Im Sommer 2012 wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit eine Kundenbefragung[10] an den beiden umgerüsteten Haltestellen durchgeführt. Diese kam zu dem Ergebnis, dass die ÖV-Kunden die Umrüstungsmaßnahme begrüßen und sich mehr Informationen zu Thema Klimaanpassung wünschen.[11] Die Klimaanpassungsmaßnahme macht deutlich, dass bei der Bevölkerung wie auch bei den lokalen Akteuren Interesse am Thema Klimaanpassung besteht. Während des Umsetzungsverbundes konnten die Kontakte zu weiteren nordhessischen Kom-

[9] Die KomPass Tatenbank dokumentiert Projekte und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. S. www.tatenbank.anpassung.net.
[10] Aufgrund der geringen Stichprobe ist die Befragung nicht repräsentativ.
[11] Paul 2012: 33f.

munen sowie zu Hessen Mobil ausgeweitet werden. Es fand ein intensiver Austausch mit der Stadt Kassel, der Kasseler Verkehrsgesellschaft (KVG) und der Stadt Bad Wildungen statt, um gemeinsam Maßnahmen umzusetzen. Diese Kontakte werden auch nach Beendigung des Umsetzungsverbundes weiterverfolgt. Wie bereits oben erwähnt, hat Hessen Mobil die Aspekte der Klimaanpassung in die neue Förderrichtlinie von Haltestellen aufgenommen. Zur Streuung der Erkenntnisse wurde aus dem Maßnahmenkatalog des Projektendberichtes ein anschaulicher Leitfaden konzipiert, der an Kommunen und andere Institutionen in Nordhessen weitergegeben werden soll. Damit die Klimaanpassung im Personenverkehr in Nordhessen zukünftig eine weitere Berücksichtigung erfahren kann, wurde die bestehende Begleitgruppe in das Netzwerk MoWiN.net[12] überführt.

9 Transfermöglichkeiten in andere Regionen – Empfehlungen

Wie im vorangegangenen Kapitel erwähnt, wurde ein Leitfaden für den Bereich Personenverkehr konzipiert. Dieser kann Kommunen und Institutionen bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen und -strategien unterstützen und daher als Arbeitshilfe dienen. Es ist darauf hinzuweisen, dass dieser Leitfaden selbstverständlich nicht auf jede Region übertragen werden kann und es keinen entsprechenden Anspruch auf Vollständigkeit gibt. Denn der Klimawandel wird sich regional unterschiedlich auswirken und trifft zudem vor Ort auf verschiedene Ausgangsbedingungen.

Die exemplarische Umrüstungsmaßnahme macht deutlich, wie mit geringen finanziellen Mitteln transparente Haltestellen, die es deutschlandweit gibt, mit Sonnenschutz ausgestattet werden können. Der Austausch mit Halltestellenherstellern hat gezeigt, dass das Thema Klimaanpassung bei der Gestaltung von Haltestellen keine wirkliche Rolle spielt. Diese verkaufen lediglich das, was die Kunden wünschen.

Es wird empfohlen mit den Erkenntnissen aus dieser Projektarbeit auf Kommunen und lokale Akteure zuzugehen, damit dem Thema Klimaanpassung eine gewichtigere Stellung im Bereich Verkehrsplanung und Siedlungsentwicklung zukommt.

Mit Blick auf die Verstetigung von Klimaanpassungsaktivitäten im Bereich Personenverkehr wurde die Begleitgruppe im Februar 2013 in das Mobilitätsnetzwerk MoWiN.net überführt, um auch über das KLIMZUG-Projekt hinaus eine Arbeitsgruppe zum Thema Klimaanpassung aufrechtzuerhalten. Insofern bestehen gute

[12] MoWiN.net ist ein Netzwerk des Regionalmanagements Nordhessen, das Unternehmen der regionalen Mobilitätswirtschaft in Nordhessen zusammenbringt.

Voraussetzungen, dass das Thema Klimaanpassung im Bereich Personenverkehr auch über das Projekt KLIMZUG-Nordhessen hinaus bearbeitet wird.

Literatur

BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Klimagerechte Stadtentwicklung, Forschungen Heft 149, Berlin.

Dittrich-Wesbuer, Andrea; Frehn, Michael; Thiemann-Linden, Jörg (2010): Mehr Platz für Nahmobilität, in: PlanerIn, Heft 4, S. 36-37.

Holzapfel, Helmut; Nash, Claudia; Otto, Joachim C.; Röhrig, Carolin; Stepner, Dieter (2011): Endbericht des Teilprojektes V1 . Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr, Kassel.

Paul, Viktor (2012): Evaluation des Teilprojektes V1 im Rahmen des Verbundprojektes: KLIMZUG-Nordhessen, Bachelorarbeit, Kassel.

Sabir, Muhammad (2011): Weather and Travel Behaviour, Rechearch Series, Vrije Universiteit Amsterdam, Doktorarbeit, abrufbar unter http://dare.ubvu.vu.nl/handle/1871/19500, [Zugriff 8. November 2011].

TU Dresden, Lehrstuhl Verkehrs- und Infrastrukturplanung (2009a): Mobilität in Städten – SrV 2008. Mobilitätssteckbrief für Kassel, Dresden.

TU Dresden, Lehrstuhl Verkehrs- und Infrastrukturplanung (Hrsg., 2009b): Endbericht zur Verkehrserhebung „Mobilität in Städten – SrV 2008“ und Auswertung zum SrV-Städtepegel, Dresden.

TU Dresden, Lehrstuhl Verkehrs- und Infrastrukturplanung (Hrsg. 2009c): Sonderauswertung zur Verkehrserhebung „Mobilität in Städten – SrV 2008. Städtevergleich, Dresden.

STÄDTISCHER GÜTERVERKEHR

Carsten Sommer, Claudia Witte, Oliver Eikenberg, Peter Krichel

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG 385
2 KLIMAFOLGEN UND KLIMAANPASSUNG IM VERKEHR 385
3 LUFTQUALITÄT IM KASSELER BECKEN 389
4 ZIEL UND UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND DES TEILPROJEKTES 391
5 METHODISCHES VORGEHEN 393
6 ERGEBNISSE: MAßNAHMEN ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL IM STÄDTISCHEN GÜTERVERKEHR 396
6.1 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER LUFTQUALITÄT (PROGNOSENULLFALL) 396
6.2 CITY-LOGISTIK 398
6.3 FÖRDERUNG VON FAHRRADKURIEREN 401
7 AUSBLICK UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF 402
LITERATUR 403

1 Einleitung

Der städtische Güterverkehr ist zweifach durch den Klimawandel betroffen: Einerseits führt der Klimawandel zu Schädigungen an der Infrastruktur, mit der Folge, dass die Zuverlässigkeit der Gütertransporte gefährdet ist. Andererseits sind im straßengebundenen Güterverkehr restriktive Maßnahmen zu erwarten, um die durch den Klimawandel erhöhten Luftschadstoffimmissionen unterhalb der Grenzwerte zu halten. In diesem Zusammenhang wurden Klimaanpassungsmaßnahmen, d.h. Maßnahmen, die trotz Restriktionen im Kfz-Verkehr die Versorgung der Bevölkerung mit Gütern und Dienstleistungen weiterhin gewährleisten, entwickelt und auf ihre Wirksamkeit hin untersucht.

2 Klimafolgen und Klimaanpassung im Verkehr

Die Folgen des Klimawandels haben direkte Auswirkungen auf den Verkehrsbereich, denn extreme Wetterlagen können den Verkehr auf Straße, Schiene, Wasser und in der Luft behindern. Solche Folgen sind beispielsweise:

- Beeinträchtigung des Verkehrs durch schlechte Sichtverhältnisse und nasse Fahrbahnen aufgrund häufigerer und stärkerer Niederschläge,
- Destabilisierung und Zerstörung von Straßen- und Bahntrassen aufgrund von Hangrutschen oder Unterspülungen,
- Schädigung von Straßen und Gleisen durch Stürme und Windwurf,
- Anstieg der Unfallzahlen aufgrund von Hitzewellen (Konzentrationsfähigkeit sinkt i.d.R. bei hohen Temperaturen).[1]

Aufgrund des Klimawandels und der Klimafolgen ergeben sich im Verkehrsbereich die drei Anpassungsbereiche

- Infrastruktur,
- Personenverkehr (individuelles Verkehrsverhalten) und
- Güterverkehr.

Dabei hat einerseits der Klimawandel direkte Auswirkungen auf die drei Anpassungsbereiche, andererseits beeinflusst die durch das Klima veränderte Verkehrsinfrastruktur inklusive der Fahrzeuge das individuelle Verkehrsverhalten und den Güterverkehr (Abbildung 1).

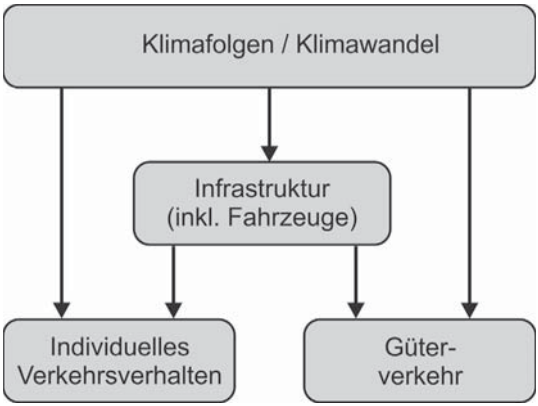


Abbildung 1: Anpassungsbereiche an den Klimawandel und die Klimafolgen im Verkehrssektor

Die Infrastruktur im Straßen- und Schienenverkehr ist direkt von den Folgen des Klimawandels betroffen (erste Ebene). Dabei schaden der Straßeninfrastruktur besonders lang anhaltende Hitzeperioden und häufige Wechsel von Frost- und Tauperioden. Hohe Oberflächentemperaturen können den Straßenbelag aufweichen,

[1] Vgl. BUND 2008; ROTTER et al. 2011.

wodurch Spurrillen und langfristige Schäden entstehen können. Häufige Temperaturschwankungen um 0°C erhöhen die Wahrscheinlichkeit für Schäden an der Straßenoberfläche. Die Auswirkungen von Hitze und vermehrten Niederschlägen werden für die Straßeninfrastruktur allerdings als beherrschbar eingeschätzt, weil

- Straßen durch modifizierte Baustoffe eine höhere Hitzebeständigkeit erhalten können und
- ergiebige Niederschläge durch verbesserte straßenseitige Entwässerungssysteme aufgefangen werden können.[2]

Da Temperatur-, Wind- und Niederschlagsverteilungen bemessungsrelevante Einflüsse darstellen, hat der Klimawandel Einfluss auf Planung, Entwurf, Bemessung, Bau und Betrieb der Straßeninfrastruktur. Aus dem Grund hat die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) eine Strategie entwickelt, in der die Vorgehensweise zur Ermittlung der Auswirkung des Klimawandels, der Betroffenheit sowie des Anpassungs- und Handlungsbedarfs fixiert wurde. So wurden beispielsweise mit Blick auf die Änderung der Niederschläge und Temperaturen zunächst die damit einhergehenden Risiken für Böschungen, Brücken sowie Straßenbeläge abgeschätzt und erste Handlungshinweise für bautechnische Anpassungsmaßnahmen erarbeitet.[3]

Bei der Schienenverkehrsinfrastruktur sind besonders Anlagen der Stromversorgung und Signale durch die zu erwartende Zunahme von Stürmen stark gefährdet. Hochwasserperioden können darüber hinaus zu Überschwemmungen von Bahnanlagen führen, vor allem in Gebieten mit geringen Höhendifferenzen zwischen Schienen und Wasserflächen.[4] Neben der Schieneninfrastruktur sind auch die Fahrzeuge im Schienenverkehr vom Klimawandel betroffen, indem aufgrund von stark ausgeprägten Hitzeperioden die Elektronik (z.B. Klimaanlage) versagen kann. Als Konsequenz der genannten Klimafolgen ergeben sich zunehmend Verspätungen im Personen- sowie Güterverkehr. Im Gegensatz zum eng vermaschten Straßennetz haben temporäre Sperrungen im Schienennetz größere negative Folgen auf Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit im gesamten Verkehrsnetz.

Die größten Herausforderungen aus den Folgen des Klimawandels ergeben sich bei den Bundeswasserstraßen. Um dort einen sicheren, leichten und gleichzeitig wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten zu können, sind möglichst lagestabile Fahrrinnen von ausreichender Tiefe und Breite sowie moderate und berechenbare Fließ-

2 BUND 2008.
3 Vgl. TEGETHOF 2011.
4 Vgl. BUND 2008.

geschwindigkeiten erforderlich. Bedingt durch den Klimawandel wird es in Zukunft immer schwieriger, diese Rahmenbedingungen sicher vorhalten zu können.

Der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf das *individuelle Verkehrsverhalten* (zweite und dritte Ebene). Bedingt durch zunehmende Hitzeperioden kann die Aufmerksamkeit bei den an den Verkehr teilnehmenden Personen stark beeinträchtigt werden. Dies kann u.U. zu erhöhten Unfallzahlen im Verkehr führen, wenn keine Klimaanlagen in den Fahrzeugen vorhanden sind. Die Straßenverkehrssicherheit kann durch schlechte Sichtverhältnisse und rutschige Fahrbahnen aufgrund zukünftig häufiger und stärker auftretender Niederschläge (Regen, Schnee, Hagel) zusätzlich beeinträchtigt werden. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Mobilität in Nordhessen, d.h. u.a. auf die Anzahl der Ortsveränderungen oder die Verkehrsmittelwahl, wurden bereits erläutert.

Der *Güterverkehr* ist als Teil des Gesamtverkehrs von den genannten Auswirkungen des Klimawandels ebenso betroffen (zweite und dritte Ebene). Vordringliches Ziel einer Anpassung an den Klimawandel in Bezug auf den Güterverkehr muss es sein, die Versorgung der Bevölkerung mit Waren und Dienstleistungen sicherzustellen. Zu diesem Zweck muss zum einen die Infrastruktur im Hinblick auf die zukünftigen Wetterereignisse modifiziert und optimiert werden, zum anderen müssen die Menschen über die sich ändernden Rahmenbedingungen informiert werden, um sich anpassen zu können. Aufgrund der immer stärkeren Ausrichtung der gesamten Wirtschaft auf eine Just-in-time-Produktion werden die Gütertransporte zeitlich immer sensibler. So können schon kleine Störungen des Transportvorgangs (z.B. aufgrund von Klimafolgen) große Störungen im Produktionsablauf von Wirtschaftsunternehmen nach sich ziehen.

Neben den direkten physikalischen Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr müssen auch die im Rahmen von Anpassungsstrategien und -plänen verabschiedeten Veränderungen von Verordnungen oder Gesetzen etc. berücksichtigt werden.[5] In diesem Zusammenhang stellt die Notwendigkeit der Anpassung des städtischen Güterverkehrs an den Klimawandel eine Besonderheit dar (siehe Abbildung 2). Hohe verkehrsbedingte Luftschadstoffimmissionen, die im Wesentlichen an Hauptverkehrsstraßen und in Innenstädten oder Innenstadtnähe auftreten, können Verkehrsbeschränkungen zur Folge haben. So müssen besonders die Ballungsräume auf die Verschärfung der Grenzwerte für Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) sowie für Stickstoffoxide (NO_x) reagieren. Daraus können restriktive Maßnahmen im Kraftfahrzeugverkehr in Form von Umweltzonen und Fahrverboten für bestimmte Fahrzeugklassen resultieren. Gerade der städtische Güterverkehr

[5] Vgl. ROTTER et al. 2011; WEIDLICH 2011.

wird von den neuen Umweltstandards u.a. aufgrund des hohen Anteils an Dieselfahrzeugen besonders betroffen sein. Somit ergibt sich die Notwendigkeit der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im städtischen Güterverkehr, mit denen auch den durch den Klimawandel verstärkt auftretenden Verkehrsbeschränkungen begegnet werden kann.

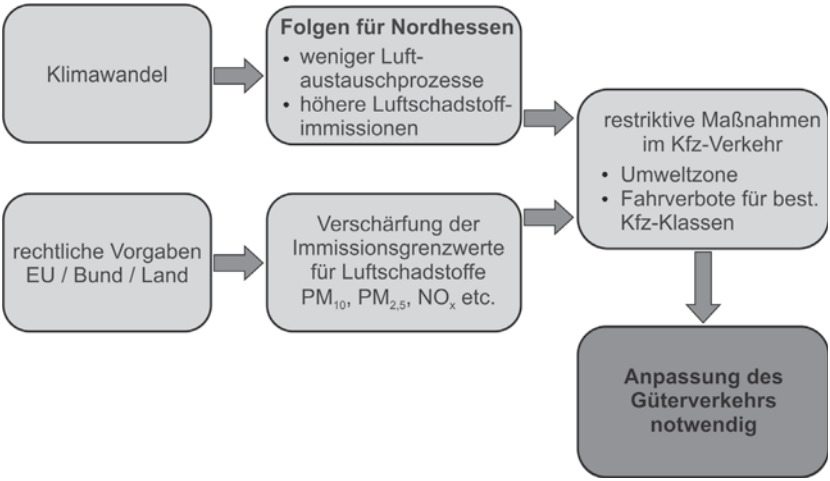


Abbildung 2: Notwendigkeit der Anpassung des städtischen Güterverkehrs an den Klimawandel

Klimaanpassungsmaßnahmen im städtischen Güterverkehr sind in diesem Kontext Maßnahmen, die trotz Restriktionen im Kfz-Verkehr die Versorgung der Bevölkerung mit Gütern und Dienstleistungen weiterhin gewährleisten und die bestenfalls dazu führen, dass Restriktionen vermieden werden können. Diese Maßnahmen passen sich daher den ordnungspolitischen Vorgaben an, die im Zusammenhang mit den Klimaveränderungen von Relevanz sind.

3 Luftqualität im Kasseler Becken

Die zu erwartenden klimatischen Veränderungen werden wie zuvor beschrieben aufgrund der spezifischen topografischen Lage des Ballungsraums Kassel im Kasseler Becken zu besonders ausgeprägten Überwärmungen und zu deutlich schwächerer Durchlüftung insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen führen als in vielen anderen Räumen. Wo heute die Immissionsgrenzwerte noch eingehalten werden, da die Luftschadstoffimmissionen aufgrund der vorhandenen Durchlüftung immer noch abtransportiert werden können, wird es künftig durch die deutlich schwächeren Durchlüftungen bei gleichbleibenden Emissionen zu einem weiteren Anstieg der Immissionen in bestimmten Gebieten des Kasseler Beckens

kommen bis schließlich die Immissionsgrenzwerte nicht mehr eingehalten werden können.

Schon in den letzten Jahren hat sich an den Kasseler Messstationen im städtischen Hintergrund und in Verkehrsnähe bei bestimmten Luftschadstoffen eine Überschreitung der Grenzwerte gezeigt (siehe Abbildung 3). Im städtischen Hintergrund wurden in den Jahren 2002 und 2003 nur die Grenzwerte für den Tagesmittelwert bei den Feinstäuben (PM_{10}) überschritten. Allerdings zeigt sich an der verkehrsnahen Luftmessstation an der Kasseler Fünffensterstraße, dass besonders die NO_2-Jahresmittelwerte schon in den letzten Jahren mehrfach überschritten wurden. Um Grenzwertüberschreitungen zu vermeiden oder zu minimieren, ist eine Reduzierung von Luftschadstoffemissionen (in sensiblen Bereichen) notwendig.

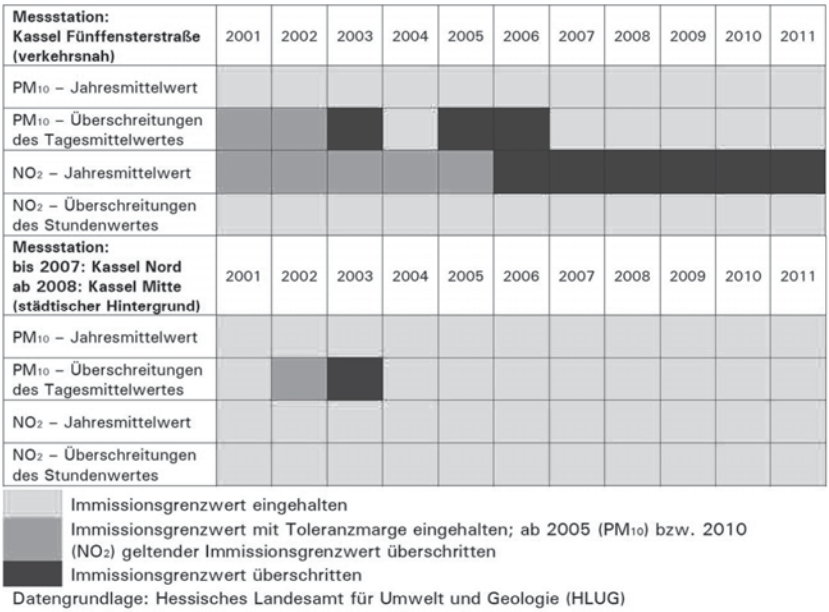


Abbildung 3: Einhaltung und Überschreitung der Immissionsgrenzwerte in Kassel von 2001 bis 2011 im städtischen Hintergrund und verkehrsnah[6]

Ein Vergleich der verkehrsbedingten NO_X-Emissionen in der Innenstadt von Kassel in den Jahren 2000 bis 2010 mit den gemessenen NO_2-Immissionen an der Messstation Kassel Fünffensterstraße zeigt, dass die Immissionen im Gegensatz zu den verkehrsbedingten Emissionen stagnieren bzw. leicht steigen (siehe Abbil-

[6] Datengrundlage: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG).

dung 4). Neben der veränderten Fahrzeugflotte (ein höherer Anteil an Dieselfahrzeugen) und der Zunahme von Rußfiltern bei Dieselfahrzeugen deutet einiges darauf hin, dass auch der Klimawandel mit einer Zunahme von austauscharmen Wetterlagen einen wesentlichen Beitrag zur Immissionsentwicklung leistet.

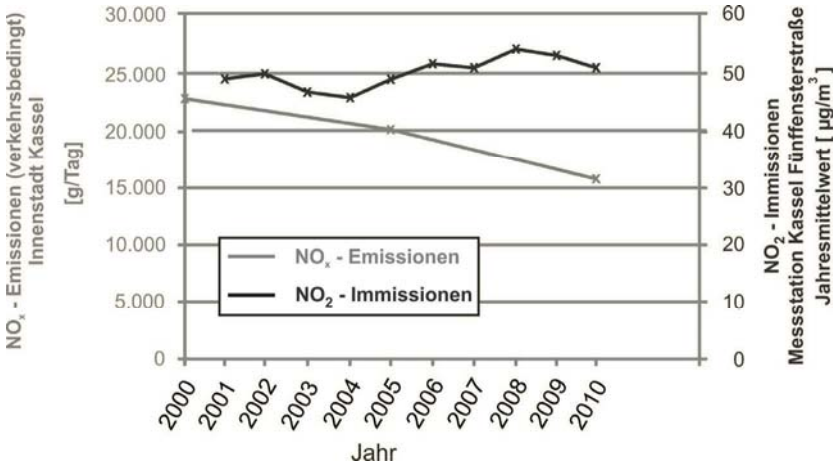


Abbildung 4: Entwicklung der verkehrsbedingten NO_X-Emissionen in der Innenstadt von Kassel (Modellrechnung) und NO_2-Immissionen an der Messstation Kassel Fünffensterstraße in den Jahren 2000 bis 2010

4 Ziel und Untersuchungsgegenstand des Teilprojektes

Die Immissionsgrenzwerte einiger Luftschadstoffe (PM_{10}, NO_2) werden vielerorts, insbesondere in Innenstadtbereichen der Großstädte, nicht eingehalten. Dies gilt wie oben dargestellt auch für die Kasseler Innenstadt.

Ein hohes Maß an Luftschadstoffen wird dabei durch den Straßengüterverkehr emittiert, da zumeist Dieselfahrzeuge eingesetzt werden, welche wesentlich für die lokale Emission von Ruß und Stickstoffoxid verantwortlich sind. Charakteristisch für den städtischen Straßengüterverkehr sind viele Stopps, kurze Wege zwischen den einzelnen Stationen, Behinderung von anderen Verkehren, Beeinträchtigungen der Aufenthaltsqualität sowie hohe lokale Umweltbelastungen mit Schadstoffen und Lärm. Für Innenstädte besteht aufgrund der hohen Dichte von Einrichtungen und Betrieben ein hoher Handlungsbedarf, neue Strategien und Maßnahmen zu entwickeln, die eine nachhaltige Abwicklung des Güterverkehrs sicherstellen.

Vor diesem Hintergrund war das *Ziel des Teilprojektes* die Entwicklung von Maßnahmen im städtischen Güterverkehr, die

- die Versorgung der Bevölkerung mit Gütern und Dienstleistungen vor dem Hintergrund verkehrlicher Restriktionen gewährleistet (Klimaanpassungsmaßnahmen) und dabei
- die Endlichkeit des (billigen) Erdöls als Energiequelle des städtischen Güterverkehrs und
- die generellen Zielvorstellungen der Stadt-, Regional- und Verkehrsplanung berücksichtigen (nachhaltige Mobilität).

Klimaanpassungsmaßnahmen im städtischen Güterverkehr sind dann besonders wirksam, wenn sie dazu führen, dass die zulässigen Immissionsgrenzwerte von Luftschadstoffen eingehalten werden, so dass restriktive Maßnahmen im Straßengüterverkehr vermieden werden können. Die zu entwickelnden Maßnahmen sollten daher zu einer Minimierung der durch den Straßengüterverkehr verursachten Luftschadstoffemissionen führen.

Hinsichtlich ihres Potenzials zur Reduzierung von Luftschadstoffemissionen wurden zwei wesentliche verkehrsplanerische Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel für eine klimaangepasste Abwicklung des städtischen Güterverkehrs untersucht:

- Warenbündelung mittels City-Logistik mit konventionellen Fahrzeugen und mit einem Fahrzeugpool aus emissionsfreien Fahrzeugen sowie
- Stärkung von Fahrradkurierdiensten.

Beide Maßnahmen beruhen auf den drei Strategien

- Vermeidung von Verkehr,
- Verlagerung des motorisierten Kfz-Verkehrs auf andere, umweltfreundliche Verkehrsmittel sowie
- umweltschonende Abwicklung des motorisierten Kfz-Verkehrs.

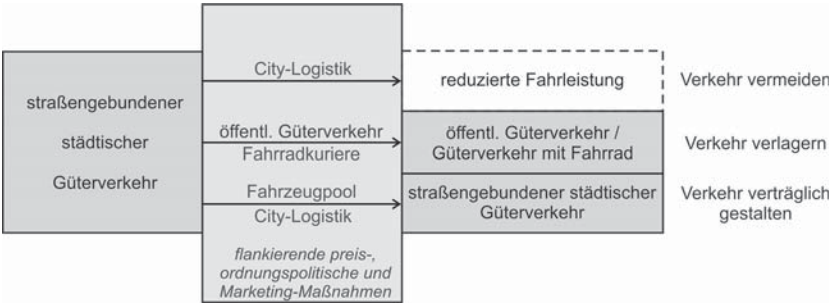


Abbildung 5: Klimaanpassungsmaßnahmen im städtischen Güterverkehr

Häufig sind bei verkehrsplanerischen Maßnahmen flankierende preis- und ordnungspolitische sowie Marketingmaßnahmen notwendig, um eine breite Resonanz zu erzielen. In Abbildung 5 sind die Maßnahmen, die auf den oben genannten Strategien beruhen, dargestellt. Diese Maßnahmen stellen, wie in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel gefordert,[7] nicht nur sinnvolle Anpassungsstrategien an den Klimawandel dar, sondern entsprechen gleichzeitig durch einen geringeren Ausstoß von Treibhausgasen dem Klimaschutzziel.

5 Methodisches Vorgehen

Aufgrund der Fokussierung auf den städtischen Straßengüterverkehr, dessen negative Folgen besonders die verkehrssensiblen Innenstädte treffen, beschränkt sich das Untersuchungsgebiet auf die Kasseler Innenstadt. Das methodische Vorgehen bei der Bearbeitung orientiert sich am Ablauf des Planungsprozesses und ist in Abbildung 6 mit den einzelnen Arbeitsschritten und Abhängigkeiten untereinander dargestellt.

Im Rahmen der *Grundlagen- und Bestandsermittlung* erfolgten zunächst eine ausführliche Literaturauswertung hinsichtlich Luftschadstoffe, Abgasnormen und Fahrzeugantriebe sowie eine Analyse der demografischen und sozioökonomischen Entwicklung in Nordhessen. Dabei wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf Nordhessen erläutert, woraus sich am Beispiel des Ballungsraums Kassel die Notwendigkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen im städtischen Güterverkehr herausstellte.

Im Bereich des städtischen Güterverkehrs sind derzeit mit Ausnahme der Erhebung „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD)“ nur sehr wenige verlässliche Datenquellen verfügbar. Zur Bestandsaufnahme der Nachfrage im Güterverkehr

[7] BUND 2008.

in der Stadt Kassel wurden daher neben der Auswertung vorhandener Daten (KiD 2002) zusätzlich eigene Erhebungen durchgeführt und ausgewertet.

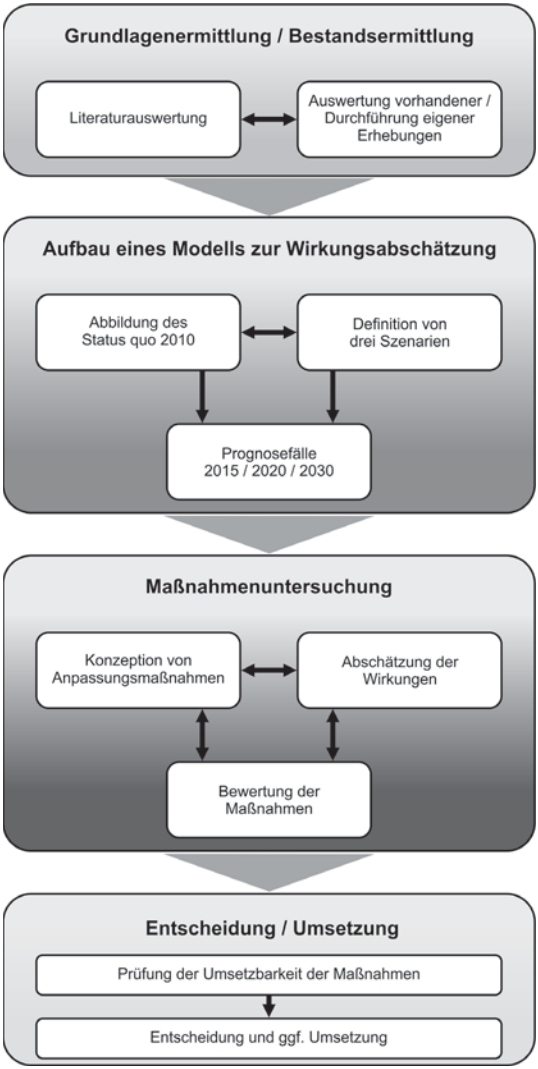


Abbildung 6: Methodisches Vorgehen

Ein wesentlicher Schritt bei der Abschätzung der Wirkungen von Klimaanpassungsmaßnahmen war der *Aufbau eines Modells zur Wirkungsabschätzung*. Basierend auf der Grundlagen- und Bestandsermittlung wurde zunächst der Status quo

des Güterverkehrsaufkommens und der vom Güterverkehr verursachten Luftschadstoffemissionen für die vom Klimawandel besonders betroffene Kasseler Innenstadt abgeschätzt. Die Ergebnisse des Status quo waren die Grundlagen für die Ableitung der Prognosefälle.

Um Unsicherheiten bei der zukünftigen Entwicklung abbilden zu können, wurde die Szenariotechnik genutzt, mit der ein breites Spektrum denkbarer zukünftiger Entwicklungen abgeleitet werden konnte. Zur Abschätzung der Wirkungen von Klimaanpassungsmaßnahmen für die Prognosehorizonte 2015, 2020 und 2030 wurden jeweils drei Szenarien definiert. Das Trendszenario geht im Wesentlichen von Trendfortschreibungen und „mittleren" Annahmen zur wirtschaftlichen Entwicklung aus. Die beiden anderen Szenarien stellen Extreme möglicher Entwicklungen dar und unterstellen eine optimistische bzw. pessimistische Wirtschaftsentwicklung (Szenario „wirtschaftlicher Aufschwung" bzw. „Stagnation"). In die Definition der Szenarien gingen neben der wirtschaftlichen Entwicklung demografische Aspekte sowie Veränderungen in der Zusammensetzung der Kfz-Flotte ein.

Das Modell zur Wirkungsabschätzung basiert auf drei Schritten (Abbildung 7):

1. Im ersten Schritt wird die Verkehrsleistung in der Innenstadt von Kassel (Quell-, Ziel- und Binnenverkehr), differenziert nach der Verkehrsart (z.B. Werkverkehr, Speditionsverkehr) auf Basis der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung abgeschätzt.
2. Mit Hilfe des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA)[8] lässt sich anschließend die Verkehrsleistung nach Fahrzeugklassen (Pkw, Lkw bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht etc.) aufteilen. Die Entwicklung von lokal emissionsarmen oder -freien Antriebstechnologien wie Hybrid- oder Elektroantrieb wurde auf Basis ergänzender Prognosen im Modell berücksichtigt.[9]
3. Auf Grundlage der nach Fahrzeugklassen differenzierten Verkehrsleistung können im dritten Schritt die verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen für die Kasseler Innenstadt berechnet werden. Dazu wird im Wesentlichen auf die spezifischen Emissionen, d.h. Emissionen je Fahrzeugkilometer und Fahrzeugklasse aus dem HBEFA, zurückgegriffen. Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb verursachen lokal keine Luftschadstoffe, Hybrid-Fahrzeuge 65% der Emissionen von Euro 6-Fahrzeugen.[10]

---

8 HBEFA 2010.

9 Die Abschätzung beruht auf der Shell-Pkw-Studie sowie dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität, vgl. SHELL 2009; BUND 2009.

10 SHELL 2009.

Im Rahmen der Maßnahmenuntersuchung wurden schließlich Klimaanpassungsmaßnahmen für den städtischen Güterverkehr im Detail konzipiert, deren Wirkungen auf die Luftqualität abgeschätzt und bewertet. Wie oben genannt, standen dabei die beiden Maßnahmenbündel City-Logistik und Stärkung von Fahrradkurierdiensten im Fokus.

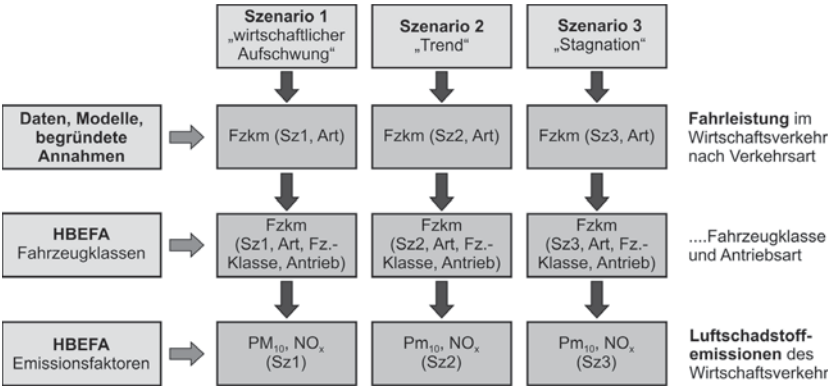


Abbildung 7: Modell zur Wirkungsabschätzung

Mit Hilfe des Modells zur Wirkungsabschätzung wurden innerhalb der drei Szenarien für die einzelnen Prognosehorizonte die Emissionen jeweils ohne und mit Umsetzung der betrachteten Klimaanpassungsmaßnahmen für die Kasseler Innenstadt berechnet. Aus dem Vergleich der Ergebnisse von Ohne- und Mit-Fall konnte die Effektivität der Maßnahmen beurteilt werden.[11]

Diese Ergebnisse waren die Grundlagen für eine Diskussion mit den Umsetzungspartnern in Verwaltung und Wirtschaft, um in der letzten Projektphase konkrete Schritte zur Umsetzung auszuloten (Phase der *Entscheidung und Umsetzung*).

6 Ergebnisse: Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel im städtischen Güterverkehr

6.1 Zukünftige Entwicklung der Luftqualität (Prognosenullfall)

Mit Hilfe des Modells zur Wirkungsabschätzung wurden zunächst die Luftschadstoffemissionen ohne die Umsetzung zusätzlicher Klimaanpassungsmaßnahmen für die Prognosehorizonte 2015, 2020 und 2030 berechnet (Prognosenullfall). Die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für PM_{10} und NO_x sind in Abbildung 8

[11] S. unten.

und Abbildung 9 dargestellt. Fast die Hälfte der Emissionen wird heute aber auch im Jahr 2030 durch Post- und Paketdienste (KEP-Dienste) verursacht.

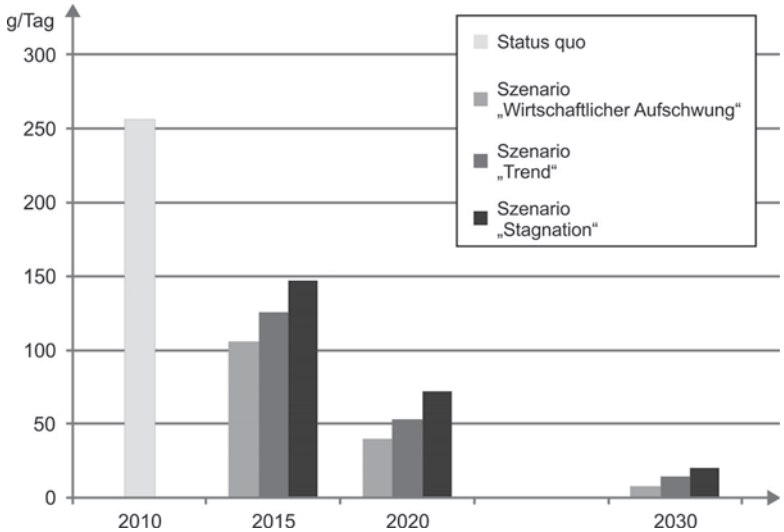


Abbildung 8: PM_{10}-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr (antriebsbedingt) in der Innenstadt Kassel, Prognosenullfall

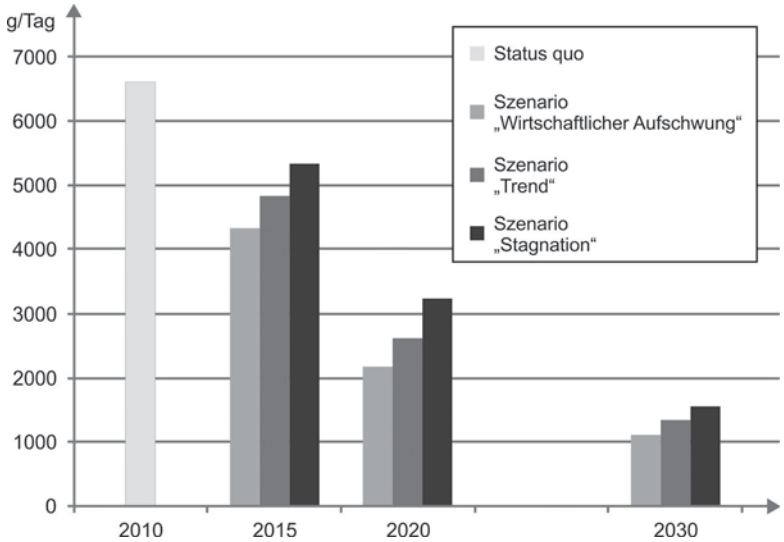


Abbildung 9: NO_x-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr (antriebsbedingt) in der Innenstadt Kassel, Prognosenullfall

Die Ergebnisse zeigen, dass die Erneuerung der Fahrzeugflotte hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen einen wesentlichen Einfluss auf die Reduzierung der durch den Güterverkehr verursachten Luftschadstoffemissionen hat. Auch ohne weitere Maßnahmen reduzieren sich die Emissionen im Zeitverlauf stark. Im Szenario „wirtschaftlicher Aufschwung" sind die Emissionen trotz geringfügig höherer Fahrleistung deutlich geringer als in den anderen Szenarien, da sowohl ein größerer Anteil an Hybrid- und Elektrofahrzeugen als auch ein größerer Anteil an Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben besserer Schadstoffklassen bei der Szenarienbildung zum Ansatz kam.

Wie zuvor beschrieben, bedeutet ein deutlicher Rückgang der Emissionen nicht zwangsläufig, dass auch die Immissionen in gleichem Maße zurückgehen. Wie in den letzten Jahren beobachtet werden konnte (siehe Abbildung 4), ist dagegen eher von einer abgeschwächten Entwicklung bei den Immissionen auszugehen. Der Rückgang der Immissionen wird vermutlich schwächer ausfallen – vor allem deshalb, weil sich durch den Klimawandel der Luftaustausch im Kasseler Becken in Zukunft weiter verringern wird. Daher sind zusätzliche Maßnahmen zur Minimierung der Emissionen auch in Zukunft erforderlich, um eine hohe Luftqualität in der Kasseler Innenstadt zu erreichen.

6.2 City-Logistik

City-Logistik wird als Maßnahmenpaket verstanden, das dazu dient, den städtischen Güterverkehr möglichst ökologisch und ökonomisch sinnvoll zu gestalten. Dieses Ziel wird im Wesentlichen dadurch erreicht, dass gleichgerichtete Güterströme innerhalb eines Stadtgebiets gebündelt werden.

Das Zusammenfassen von Güterströmen führt zu einer Touren- und Sendungsverdichtung. Eine Tourenverdichtung erfolgt durch das Zusammenlegen und die Neuplanung von sich bisher überlappenden Touren zweier oder mehrerer Transporteure. Dadurch verringern sich die Entfernungen zwischen den Empfängern und die Fahrleistungen der Verteilerverkehre. So werden die Fahrzeuge für ein Tourengebiet besser ausgelastet. Durch die Effekte der Touren- und Sendungsverdichtung und die gemeinsame Abwicklung logistischer Leistungen lassen sich die Kapazitätsauslastung eingesetzter Transportmittel verbessern sowie die Anzahl der notwendigen Transportmittel und der zurückgelegten Fahrstrecke reduzieren. Daneben kann eine geringfügige Beschleunigung der Belieferung durch Entlastung des innerstädtischen Verkehrsaufkommens erreicht werden.

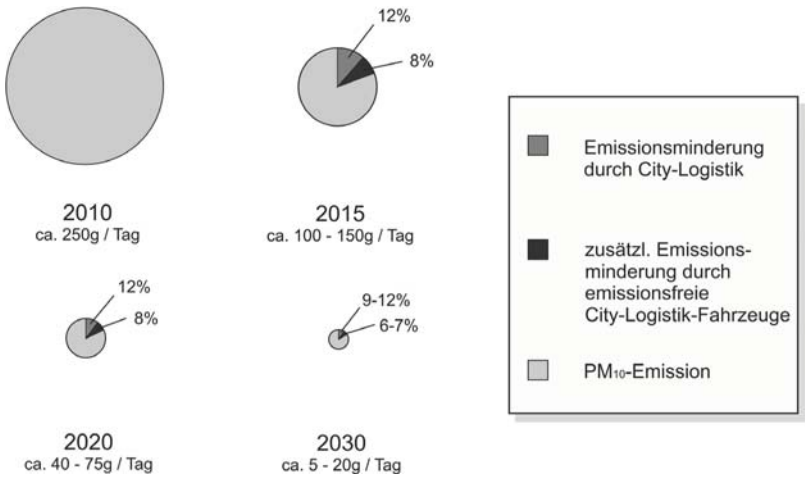


Abbildung 10: PM_{10}-Emissionen und relative Änderungen der PM_{10}-Emissionen im Güterverkehr bei der Einführung einer City-Logistik

Durch die Einrichtung einer City-Logistik in der Innenstadt von Kassel lassen sich die PM_{10}-Emissionen um ca. 12% bezogen auf den Güterverkehr senken. Erst durch eine fortschreitende Erneuerung der Fahrzeugflotte (im Prognosejahr 2030) geht das Reduktionspotenzial prozentual zurück, wobei die Gesamtemissionen dann auf einem sehr niedrigen Niveau liegen werden. Durch den Einsatz von lokal emissionsfreien Fahrzeugen bei der City-Logistik lassen sich zunächst deutlich stärkere Emissionsminderungen erreichen (Abbildung 10).

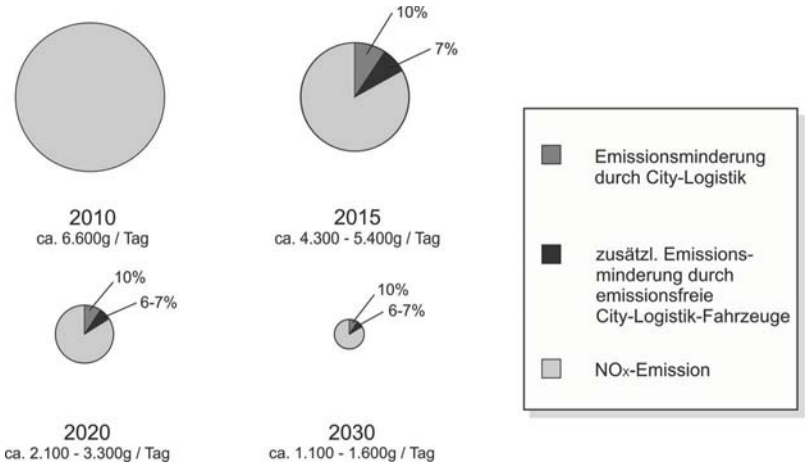


Abbildung 11: NO_X-Emissionen und relative Änderungen der NO_X-Emissionen im Güterverkehr bei der Einführung einer City-Logistik

Auch die NO_X-Emissionen im Innenstadtbereich von Kassel können bezogen auf den Güterverkehr durch City-Logistik um ca. 10% mit herkömmlichen Fahrzeugen und ca. 16-17% mit lokal emissionsfreien Fahrzeugen reduziert werden (Abbildung 11). Zumindest bis zum flächendeckenden Einsatz von (lokal) emissionsfreien Fahrzeugen im Innenstadtbereich lassen sich die PM_{10}- und NO_X-Emissionen durch diese Maßnahme deutlich reduzieren.

Zur Umsetzung einer City-Logistik müssen bestimmte Voraussetzungen und Rahmenbedingungen durch die Kommunen in Verbindung mit den beteiligten Akteuren geschaffen werden wie z.B.:

- Definition der verkehrssensiblen Zone,
- Einbindung der betroffenen Akteure,
- Schaffung der Grundlagen für eine betriebswirtschaftliche Kooperation oder Einrichtung von preis- und/oder ordnungspolitischen Maßnahmen für die verkehrssensible Zone,
- Einrichtung einer Kooperationsform.

Zwei wesentliche Erfolgsfaktoren hierbei sind eine intensive Einbindung der betroffenen Akteure (Einzelhandel) und die Einrichtung von preis- und/oder ordnungspolitischen Maßnahmen in der verkehrssensiblen Zone. Vergangene und aktuelle City-Logistik-Projekte wie RegLog® in Regensburg zeigen, dass ohne diese Rahmenbedingungen eine City-Logistik langfristig nicht erfolgreich betrieben werden kann.[12] Ein weiterer wichtiger Treiber der City-Logistik in Regensburg war die aktive Förderung durch BMW. Es wird auch in Nordhessen empfohlen, einen großen Wirtschaftskonzern als Förderer für das City-Logistik-Projekt wie z.B. Volkswagen, Daimler oder SMA zu gewinnen.

Das regionale Netzwerk MoWiN.net (Mobilitätswirtschaft Nordhessen) bietet sich als Netzwerk und Moderator bei der Einführung einer City-Logistik an. Gerade bei der Einbindung der betroffenen Akteure können die vorhandenen Strukturen und Kontakte für Gesprächsrunden und Abstimmungen genutzt werden. Im Netzwerk MoWiN.net sind auch viele Speditionen vertreten, die in Nordhessen tätig sind. Aus ersten Gesprächen mit den Speditionen lässt sich schließen, dass viele Speditionen der Einführung einer City-Logistik in Kassel aufgeschlossen gegenüberstehen und diese auch unterstützen würden.

[12] WEININGER 2011.

6.3 Förderung von Fahrradkurieren

Fahrradkuriere bieten die Möglichkeit, innerstädtischen Güterverkehr emissionsfrei abzuwickeln. In Deutschland gibt es derzeit etwa 100 Fahrradkurierbetriebe, die hauptsächlich in Groß- und Mittelstädten tätig sind. Fahrradkuriere sind in der Regel Nischenanbieter und überwiegend als selbstständige Unternehmer oder als Mitarbeiter in kleinen Unternehmen organisiert.

Die Wirkungsberechnung für die Klimaanpassungsmaßnahme „Stärkung des Fahrradkurierwesens" in der Innenstadt von Kassel zeigt, dass durch eine verstärkte Inanspruchnahme von Fahrradkurieren in der Innenstadt von Kassel die PM_{10}- sowie die NO_X-Emissionen um etwa 3% bezogen auf den Güterverkehr gesenkt werden können. Durch eine fortschreitende Erneuerung der Fahrzeugflotte (im Prognosejahr 2030) geht das Reduktionspotenzial prozentual zurück, wobei die Gesamtemissionen dann auf einem niedrigen Niveau liegen werden.

Die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Fahrradkurieren werden sich zukünftig weiter verbessern: Die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels und die Umsetzung präventiver Maßnahmen erzeugen ein gestiegenes Umweltbewusstsein und ein Umdenken in der Gesellschaft. Hinzu kommen steigende Energiepreise, die die Nutzung von motorisierten Lieferfahrzeugen teurer und damit unattraktiver machen. Weiterhin kann sich zukünftig durch die verstärkte Nutzung von Pedelecs oder E-Bikes die Erschließung eines größeren räumlichen Radius ergeben. Dieser Umstand wurde bei den Wirkungsberechnungen nicht berücksichtigt.

Um eine nachhaltige Steigerung des Güterverkehrsanteils von Fahrradkurieren in Nordhessen zu erreichen, sollten unterstützende Maßnahmen durchgeführt werden wie z.B.

- ein Aufbau von Kooperationen z.B. mit KEP-Diensten sowie,
- die Durchführung von Marketing- und Imagekampagnen.

Zur Steigerung des Bekanntheitsgrads von Fahrradkurieren können diese in den nächsten Jahren in bekannte Veranstaltungen der Stadt Kassel und der Region Nordhessen integriert werden. Die Kommunen sollten aus Sicht der Verfasser eine Vorbildfunktion einnehmen und daher z.B. ihren Schriftverkehr über Fahrradkuriere abwickeln. Ziel dieser Kampagnen ist es, den umweltfreundlichen Transport mit Fahrradkurieren einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen.

Auch Kooperationen mit KEP-Diensten ermöglichen Fahrradkurierbetrieben, ihr Leistungsangebot auf größere Sendungen und weitere Distanzen auszudehnen. Der Fahrradkurier kann damit für Kunden als alleiniger Ansprechpartner für den

Versand sämtlicher Waren auftreten, indem er die Sendungen, die nicht für den Transport mit Fahrrädern geeignet sind, aussortiert und an den KEP-Dienst weiterleitet. Fahrradkuriere können durch die Übernahme von Briefdiensten Leerfahrten und freie Zeiten zwischen Kurieraufträgen effizient ausnutzen.

Mit Marketing- und Imagekampagnen können Kundenpotenziale erschlossen werden, indem die oftmals unerwartet großen Einsatzmöglichkeiten (maximale Entfernung, Größe, Gewicht, wetterunabhängig, besondere Dienstleistungen) kommuniziert und Barrieren aufgrund des schlechten Ansehens abgebaut werden. Für eine weitere Verlagerung von Warenströmen auf Fahrradkuriere wird es auch nötig sein, die Unternehmensstruktur der Kurierdienste zu professionalisieren.

Zur Förderung von Fahrradkurieren kann es auch sinnvoll sein, diese in Förderprogramme zur Elektromobilität einzubinden. Durch den Einsatz von Pedelecs ggf. kombiniert mit größeren Lastenanhängern können sowohl die Reichweite als auch das Transportvolumen und Transportgewicht der Fahrradkuriere gesteigert werden. Damit kann die Effizienz der Klimaanpassung weiter erhöht werden.

7 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Der Klimawandel führt nicht nur in Kassel, sondern auch in vielen anderen Städten und Kurorten Nordhessens zu einer starken Erwärmung mit der Folge eines geringeren Luftaustausches.[13] Neben den negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind besonders in Kurorten negative Folgen in Tourismus und Wirtschaft zu erwarten. Ein Luftkurort, der seinen Status nur bei besonderer Luftqualität erhalten kann, ist durch diese Klimafolgen sogar doppelt betroffen: Neben den negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind bei einer Aberkennung des Luftkurort-Status große negative Folgen in Tourismus und Wirtschaft zu erwarten. Aus diesem Grund können gerade für (Luft-)Kurorte Maßnahmen wie die Einführung einer City-Logistik interessant sein, um auch in Zukunft den Anforderungen nach besonderer Luftqualität gerecht zu werden.

Weiterer Forschungsbedarf bezüglich Klimaanpassungsmaßnahmen im Güterverkehr besteht vor allem im Bereich der Verkehrsinfrastruktur und der damit verbundenen Zuverlässigkeit von Logistik-Ketten. Die Infrastruktur muss im Hinblick auf die zunehmenden Extremwetterereignisse modifiziert und optimiert werden. Besonders wegen der immer stärkeren Ausrichtung der Wirtschaft auf Just-in-time-Produktionen werden Gütertransporte zeitlich immer sensibler. Zuverlässigkeitseinbußen aufgrund des Klimawandels können dort schnell zu Problemen in der Logistik-Kette der Firmen führen. Es sind daher intelligente Optimie-

[13] S. oben.

rungsstrategien von Nöten, um auch in Zukunft eine zuverlässige Versorgung der Bevölkerung mit Waren und Dienstleistungen sicherstellen zu können.

Literatur

BUND (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Die Bundesregierung, Berlin, 2008.

BUND (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, Die Bundesregierung, Berlin, 2009.

HBEFA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Infras AG, Bern, 2010.

ROTTER ET AL. (2011): Rotter, M.; Glahe, J; Hoffmann, E.: Klimawandel: Was kommt künftig auf die Verkehrsbranche zu? Neben Vermeidung ist Anpassung gefragt, in: Der Nahverkehr, Heft 5, 2011.

SHELL (2009): Shell-Pkw-Szenarien bis 2030. Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Auto-Mobilität, Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.), Hamburg, 2009.

TEGETHOF (2011): Tegethof, U.: Klimawandel – Anpassungsstrategien für die Straßenverkehrsinfrastruktur, in: Straße und Autobahn, Heft 2, 2009.

WEIDLICH (2011): Weidlich, S.: Regelungsbedarfe zur Anpassung des Straßenverkehrs an den Klimawandel, in: Neue Zeitschrift für Verkehrsrecht NZV, Heft 2, 2011.

WEININGER (2011): Weininger, H.: RegLog®. City-Logistik für Regensburg, Vortrag auf der Fachveranstaltung Klimaangepasste Mobilität -Erkenntnisse und Ergebnisse, Kassel, 01.12.2011.

VORAUSSCHAUENDE ENERGIEBEREITSTELLUNG FÜR PRODUZIERENDE UNTERNEHMEN

Bastian Lang, Marco Esser, Thorsten Nennmann, Alexander Schlüter

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG 405
2 AUFGABENSTELLUNG 406
2.1 ENERGIEPROGNOSE 407
2.2 ENERGETISCHE PROGNOSE DER ZUKUNFT 410
2.3 ERGEBNIS UND AUSBLICK 414
3 UMSETZUNG 415
3.1 VORAUSSETZUNGEN DES VORHABENS 415
3.2 PROJEKTABLAUF 416
3.3 ENTWICKLUNG EINER HANDSTEUERUNG 420
3.4 LOGIKENTWICKLUNG FÜR DIE AUTOMATISCHE STEUERUNG 424
3.5 HERAUSFORDERUNG UND AUSBLICK 427
LITERATUR 428

1 Einleitung

Der Klimawandel stellt insbesondere bei extremen Wetterbedingungen spezielle Bedingungen an produzierende Unternehmen. Diesen wird die Anpassung an den Klimawandel erheblich erleichtert, wenn sie in der Lage sind, ihren Energiebedarf vorausschauend zu steuern.

In dem Teilprojekt „Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel“ wurde in Zusammenarbeit zwischen dem Fachgebiet „Umweltgerechte Produkte und Prozesse“ (upp) der Universität Kassel, dem Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien e.V. (deENet) und der Limón GmbH eine vorausschauende Steuerung für ein modifiziertes Konzept einer dezentralen Energieversorgungseinheit (DezEv) entwickelt. Inhalt des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines Simulationssystems, das eine Aussage über die Auswirkungen verschiedener Wetterbedingungen auf die Produktion ermöglicht. Auf Basis eines Modells für Gebäude, Infrastruktur sowie Maschinen und Anlagen ist zusammen mit vorgegebe-

nen Klimaszenarien[1] eine Prognose für den Energiebedarf, die Produktivität und die Produktionskosten realisiert worden. Hierfür war es von besonderer Bedeutung, dass die Anzahl der Parameter des Modells überschaubar bleibt, um mit einem beherrschbaren Aufwand die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch und die Energiekosten für ein Unternehmen zu identifizieren. Zu diesem Zweck musste zunächst eine unternehmensspezifische Identifikation mit anschließender Sensitivitätsanalyse der relevanten Parameter erfolgen. Die Entwicklung des Simulationsmodells der dezentralen Energieversorgungseinheit und geeigneter Simulationen ließen es im Anschluss zu, die Auswirkungen technischer Veränderungen im Vorfeld zu betrachten und mögliche Auslegungsfehler zu minimieren.

2 Aufgabenstellung

Ziel des Forschungsprojektes[2] war die Prognose von elektrischen sowie thermischen Energieverläufen von produzierenden Unternehmen. Daraus sollten sich verschiedene Anpassungsstrategien an den Klimawandel ableiten. Die Vorhersage basiert auf bekannten Produktionseinflüssen, wie beispielsweise Produktionsplan oder Umgebungstemperatur. Diese Daten sind für die nahe Zukunft bekannt und bestimmen den Wärme-, Kälte- und Strombedarf des Unternehmens maßgeblich, jedoch bisher in unbekannter Größe. Die Datenerhebung erfolgt zunächst anhand eines Simulationssystems. Dieses repräsentiert einen realen Fertigungsbetrieb (vgl. Abbildung 1). Das Energieprofil des Simulationssystems ist zuvor an die reale Fabrik angepasst worden. Hierdurch ist es möglich, unterschiedliche Szenarien schnell und kostengünstig durchspielen.

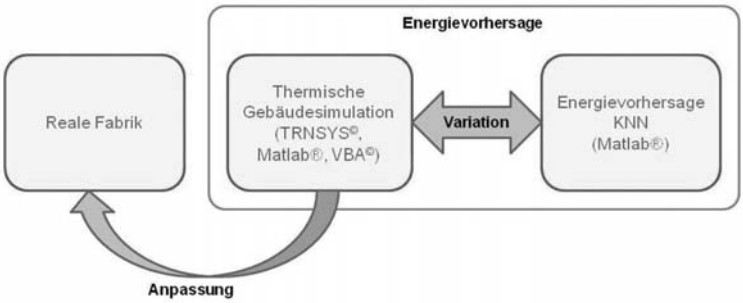


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Simulationsmodells[3]

1 S. Kap. II: Matovelle, Simon; s. auch Matovelle 2011.
2 Wesentliche Ergebnisse wurden in der Dissertation Lang 2011 veröffentlicht.
3 Lang 2011: 4.

2.1 Energieprognose

Die Energieprognose der verschiedenen Medien Strom, Wärme und Kälte erfolgt zunächst über ein Vorhersagemodul. Dieses muss eine hohe Vorhersagepräzision erreichen, weil die Genauigkeit einen maßgeblichen Einfluss auf die Steuerung der Energiebereitstellung besitzt. Das wiederum entscheidet anhand des prognostizierten Bedarfes beispielsweise über die effizienteste Nutzung der Aggregate (z.B. BHKW, Speicher). In Voruntersuchungen wurden diverse Prognosesysteme (z.B. Zeitserienmodelle, Support-Vector-Machines) genauer betrachtet, wobei die Entscheidung am Ende zugunsten künstlicher neuronaler Netze (KNN) ausfiel. Ihre bisherigen Einsatzgebiete erstreckten sich, neben einer Vielzahl von technischen Anwendungen, auch auf die Energieprognosen. Weiterhin sind sie sehr flexibel einsetzbar und haben in verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten gute Prognosegüten gezeigt. Zur Erstellung der KNN wurde die Software Matlab® verwendet. Darauf aufgesetzt wurde eine Oberfläche programmiert, welche die Auswertung funktionalisierte. Das Ergebnis der Prognose auf Basis von 300.000 Versuchen zeigt ein geteiltes Bild: die Vorhersage des Wärmebedarfs (vgl. Abbildung 2) für das spezielle Unternehmen ist aufgrund der thermischen Trägheit nur befriedigend. Die Prognosegüte des elektrischen Bedarfs hingegen ist sehr gut. Die besten Ergebnisse der Untersuchung sind nachfolgend aufgeführt. Die Simulation gibt die Güte der Ergebnisse in Form der Kennzahlen mittlerer absoluter Fehler (MAE) und maximale absolute Abweichung (MAPD) an. Der mittlere absolute Fehler MAE stellt das Qualitätskriterium der Prognose dar. Je kleiner er ist, desto präziser ist die Prognose. MAPD ist die mittlere absolute Abweichung verglichener Werte.[4]

Das KNN zur Wärmeprognose wurde mit neun Parametern angelernt, wobei das Netz einen MAE von 43 kW und einen MAPD von 356 kW erzielte. Die Eingangsparameter lauten:

Zeit	Produktion	Klimatisierung	Äußere Einflüsse
Tag des Jahres	Produktionsplan	Lüftungssignal	Windgeschwindigkeit
	Arbeitsstatus	Hallentemperatur	Luftfeuchte
	Peakload		Umgebungstemperatur

Tabelle 1: Gruppierte Eingangsparameter der Wärmeprognose

[4] Lang 2011: 63.

Es konnte festgestellt werden, dass nicht alle Parameter einen direkten Einfluss auf den thermischen Energiebedarf haben. Beispielsweise hatte die Windgeschwindigkeit nur einen minimalen Einfluss auf den Bedarf (Konvektion), jedoch korreliert sie sehr stark mit der Umgebungstemperatur, sodass sie den Einfluss dieser deutlich steigerte (z.B. liegt bei niedrigen Temperaturen oft eine hohe Windgeschwindigkeit vor).

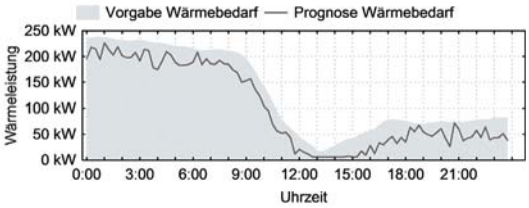


Abbildung 2: Vergleich von Prognose und Vorgabe des Wärmebedarfs eines Beispieltages

In Abbildung 2 ist ein Beispieltag mit Prognose und realem Bedarf (Vorgabe) dargestellt. Der grundsätzliche Verlauf wird nachvollzogen, im Durchschnitt ist eine Abweichung von etwa 40 kW zu erkennen. Dieses Ergebnis zeigt somit eine gute Tendenz, aber keinen exakten Wert. Für eine Einschätzung eines zukünftigen Bedarfs ist diese jedoch ausreichend.

Im Gegensatz zur thermischen Prognose erzielt die Stromprognose einen MAE von 3 kW und einen MAPD von 10 kW, der Fehler über das Jahr liegt bei 0,004% (200 kWh). Der Hauptanteil dieses Fehlers liegt außerhalb der Arbeitszeit bei der Grundlast von 40 kW vor, da diese zufällig um ± 10% variiert. An dieser Stelle gibt es keinen Indikator für die Bedarfsänderung. Die Eingangsgrößen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Zeit	Produktion	Klimatisierung	Äußere Einflüsse
Wochentag	Produktionsplan	Lüftungs-signal	Umgebungs-temperatur
	Arbeitsstatus	Hallen-temperatur	
	Peakload		

Tabelle 2: Gruppierte Eingangsparameter der Stromprognose

Abbildung 3 zeigt, dass die Prognose den Strombedarf sehr exakt vorhersagen kann. Sämtliche Spitzen- und Grundlasten werden exakt prognostiziert, wobei an diesem Beispieltag wie auch bei dem Rest des Jahres nur ein geringer Modellfehler auftritt.

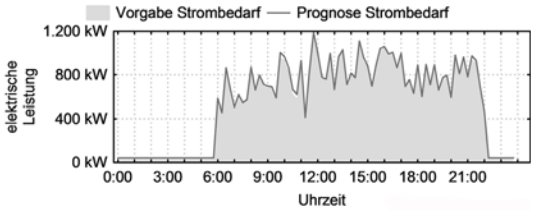


Abbildung 3: Vergleich von Prognose und Vorgabe des Strombedarfs eines Beispieltages[5]

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Strukturen des KNN sehr individuell und stark vom jeweiligen Anwendungsfall abhängen. Es konnte festgestellt werden, dass bei der Parameteruntersuchung die Reihenfolge einen großen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse und den Aufwand der Untersuchung hat.

Einzelne Parameter wie z.B. die Transferfunktion oder das Biasneuron verringern die Häufigkeit mit der, bei gleicher Netzstruktur, gute Ergebnisse erzielt werden können (statt 80% nur noch 10% brauchbare Ergebnisse, die jedoch eine noch bessere Qualität besitzen).

Das innovative Energieprognosesystem zusammen mit der intelligenten Steuerung ergibt somit eine enorme Optimierungsvielfalt. Die Steuerung der Energiebereitstellung ist effizienter, produktionsförderlicher („sanfter Lastabwurf“) und an das Klima angepasst (auch Hitzeperioden können mit bestehender Technik ausgeglichen werden). Eine Bedarfsprognose für Unternehmen ist damit möglich. Mithilfe eines Monitoringsystems ist die Datenerhebung der ausgewählten Eingangsgrößen sowohl für den Strom als auch die Wärme realisierbar.

Nicht zu vernachlässigen ist dabei der Einfluss des Messfehlers bei der Datenerhebung. Je nach Fehlerart (systematischer oder zufälliger Fehler und Fehlereinbindung in die Prognose) ist eine andere Reaktion des KNN zu erwarten (Fehlerfortpflanzung).[6] Hierzu sind gesonderte Untersuchungen durchzuführen.

Bisher unberücksichtigt blieb weiterhin die Prognosequalität der Wetterdaten, die bisherige Annahme geht von 100% Genauigkeit aus. Eine Wettervorhersage gilt als gut, wenn z.B. die Temperatur weniger als 2,5°C von der Vorhersage abweicht.[7] Diese Abweichung kann im ungünstigsten Fall einen Fehler von 50 kW

5 In Anlehnung an Lang 2011: 120.
6 Mühl 2008.
7 Deutscher Wetterdienst 2008.

bedeuten oder im günstigsten Fall keinen. Auf die Windgeschwindigkeit bezogen (hier ist eine Abweichung kleiner 2,5 m/s ein gutes Ergebnis), kann dies einen Fehler von 25 kW bedeuten. Dies zeigt den Einfluss des Wetters auf das Ergebnis, zumal die Prognosequalität bei starken Temperaturschwankungen abnimmt.

Ein weiterer unberücksichtigter Aspekt sind starke, unvorhergesehene Schwankungen im Bedarf wie z.B. Produktionsausfälle oder Streiks. Die Informationen, die diese Veränderungen belegen, liegen dem KNN nicht rechtzeitig vor. Eine Prognose ist nicht möglich. An dieser Stelle ist ein manueller Eingriff notwendig. Bei einer dauerhaften Änderung führt dies unweigerlich zum „Anlernen" eines neuen KNNs, so dass in späteren Versuchen diese Parameter berücksichtigt werden.

Hingegen kann das Netz gut auf Ferien und Feiertage oder eine Änderung der Produktionsmenge reagieren, denn dies sind Informationen, die in das KNN als Eingangsparameter eingehen.

2.2 Energetische Prognose der Zukunft

Die angelernten KNN sind in der Lage Strom, Wärme und Kälte zu prognostizieren. Jedoch sind aufgrund der thermischen Trägheit vor allem Wärme- und Kältebedarfe mit Fehlern behaftet. Aufgrund dessen werden im Folgenden drei verschiedene Szenarien betrachtet: Das Kunststoffunternehmen produziert immer am gleichen Standort, aber mit drei verschiedenen Schichtmodellen (siehe hierzu Tabelle 3). Die Kältebereitstellung erfolgt über eine Kompressionskältemaschine mit 150 kW Kälteleistung (COP ≈ 3). In der Tabelle ist zu sehen, dass bei einem Ein-Schichtbetrieb etwa zehn Mal so viel Wärme wie Kälte notwendig ist. Bei einem Drei-Schichtbetrieb[8] hingegen ist der Bedarf etwa ausgeglichen, d.h. die innere Last in Kombination mit der höheren Durchschnittstemperatur führt dazu, dass der Wärmebedarf abnimmt und der Kältebedarf zunimmt. Der Strombedarf steigt mit zunehmender Schichtanzahl kontinuierlich an.

Schichtmodell	Wärmebedarf	Kältebedarf	Strombedarf
Ein-Schicht	960 MWh	19 MWh	1.450 MWh
Zwei-Schicht	821 MWh	77 MWh	2.550 MWh
Drei-Schicht	106 MWh	153 MWh	4.885 MWh

Tabelle 3: Schichtmodelle der Analyse – Grunddaten 2003

[8] Nur im Drei-Schichtbetrieb wird auch am Wochenende gearbeitet.

Die Prognose wurde mit einem Extremklimadatensatz von Kreienkamp[9] erstellt. Die mittlere Temperatur beträgt hierin 11,2°C (etwa 2°C höher als heute), die Maximaltemperatur 35,5°C (etwa 4°C mehr als heute). Mithilfe dieses Datensatzes ergaben sich die nachfolgenden Ergebnisse.

In der Tabelle 4 ist der mittlere absolute Fehler (MAE) das Qualitätskriterium der Prognose. Es ist zu sehen, dass der Fehler mit zunehmender Schichtenanzahl abnimmt. Der Grund für dieses Verhalten liegt in der thermischen Trägheit (Wärmekapazität der Maschinen), welche das KNN nur ungenügend wiedergibt. Diese negative Auswirkung ist bei einem Ein-Schichtbetrieb stärker als bei einer 24 h Produktion (Drei-Schicht). Aufgrund dessen sind in der Tabelle 4 vor allem die Ergebnisse des Drei-Schichtmodells von Bedeutung. Hierbei sinkt der Wärmebedarf um 39% zwischen dem Standardreferenzjahr aus Meteonorm und 2035. Die durchschnittlich benötigte Zusatzleistung im Jahre 2035 liegt zwischen 8 und 17 kW Wärme.

Wärme-bedarf	Mittlerer absoluter Fehler	Vergangen-heit: 2003	Heute: 2010	Prognose: 2035	Mehrbedarf gegenüber 2003
Ein-Schicht	49 kW	960 MWh	936 MWh	808 MWh	-19%
Zwei-Schicht	45 kW	821 MWh	771 MWh	659 MWh	-25%
Drei-Schicht	5 kW	106 MWh	80 MWh	76 MWh	-39%

Tabelle 4: Auswertung Wärmebedarfsprognose

Wärme-bedarf	Mittlerer absoluter Fehler	Vergangen-heit: 2003	Heute: 2010	Prognose: 2035	Mehrbedarf gegenüber 2003
Ein-Schicht	49 kW	960 MWh	936 MWh	808 MWh	-19%
Zwei-Schicht	45 kW	821 MWh	771 MWh	659 MWh	-25%
Drei-Schicht	5 kW	106 MWh	80 MWh	76 MWh	-39%

Tabelle 5: Auswertung Kältebedarfsprognose

[9] S. Kreienkamp 2008.

Der Prognosefehler ist bei diesem Medium (Kälte) minimal, steigt jedoch mit zunehmender Schichtenanzahl an. Begründet ist dieses Verhalten durch den zunehmenden Kältebedarf, was Prognosefehler nach sich zieht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Kältebedarf deutlich zunimmt. Es ist von einer Bedarfszunahme zwischen 20 bis 40 MWh auszugehen, was einer durchschnittlichen Zusatzleistung von 2 bis 5 kW entspricht.

Wärmebedarf	Mittlerer absoluter Fehler	Vergangenheit: 2003	Heute: 2010	Prognose: 2035	Mehrbedarf gegenüber 2003
Ein-Schicht	3 kW	1.449 MWh	1.449 MWh	1.449 MWh	0%
Zwei-Schicht	4 kW	2.551 MWh	2.550 MWh	2.550 MWh	0%
Drei-Schicht	8 kW	4.885 MWh	4.884 MWh	4.883 MWh	0%

Tabelle 6: Auswertung Strombedarfsprognose, ohne Kälte

Die Prognose des Strombedarfs[10] ist sehr genau und weist, in Relation zum Bedarf, einen vernachlässigbaren Fehler auf. Die Vorhersage ergibt einen konstanten Bedarf (Motoren der Lüftung und Kälteanlagen sind nicht berücksichtigt).

In Abbildung 4 ist die prognostizierte, prozentuale Veränderung des Energiebedarfs eines Spritzgießunternehmens dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Wärmebedarf zurück geht und der Kältebedarf deutlich ansteigt. Der notwendige Wärmebedarf nimmt mit der Anzahl der Betriebsstunden (Anzahl Schichten) deutlich stärker ab. Auffällig ist das umgekehrte Verhalten im Fall des Kältebedarfs. Hier nimmt der Bedarf vor allem im Ein-Schichtbetrieb deutlich zu. Dies liegt jedoch nur an dem geringen Grundbedarf (18 MWh) pro Jahr, welcher sich mit zunehmender Betriebsdauer sogar verzehnfacht. Der Mehrbedarf hingegen verdoppelt sich nur.

Der Grund für die Veränderung vor allem der Wärme- und Kältebedarfe liegt in der um 2°C steigenden Temperatur bis zum Jahr 2035. Mitverantwortlich sind außerdem die Temperaturveränderungen über den Tag, die nach unterschiedlichen Vorhersagen zukünftig deutlich extremer ausfallen (Δ>20°C) können. In dem Beispielunternehmen im Zwei-Schichtbetrieb ist hierdurch etwa ab 3.00 Uhr zu heizen, da

[10] Dieser enthält auch die Prognose des Kältebedarfs, da die Kälte über eine Kompressionskältemaschine und damit über Strom bereitgestellt wird. Zu berücksichtigen hierbei ist die Leistungszahl (COP) von etwa 3.

nun die Maschinen erkaltet sind. Mittags gegen 14 Uhr ist jedoch zu kühlen. Dieser Zustand kann mit neuen, angepassten Konzepten effizient genutzt werden, z.B. indem die Speicher zu möglichst günstigen Zeitpunkten (nachts mit Kaltwasser, tagsüber mit Warmwasser) gefüllt werden.

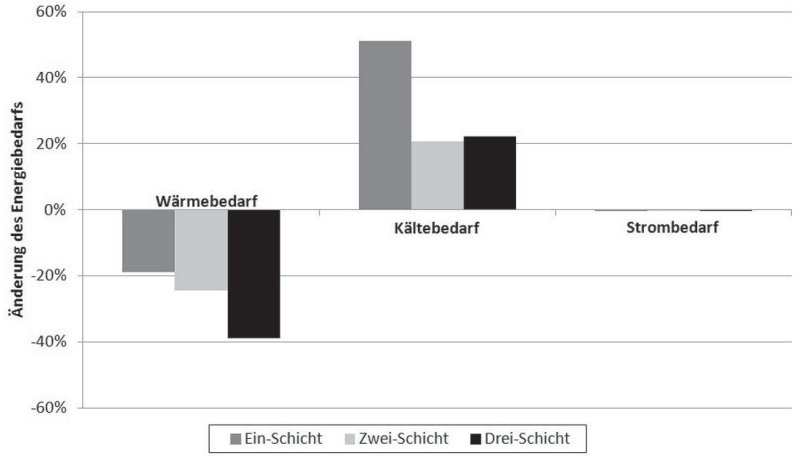


Abbildung 4: Änderung des Energiebedarfs eines Spritzgießunternehmens im Vergleich von 2003 zu 2035[11]

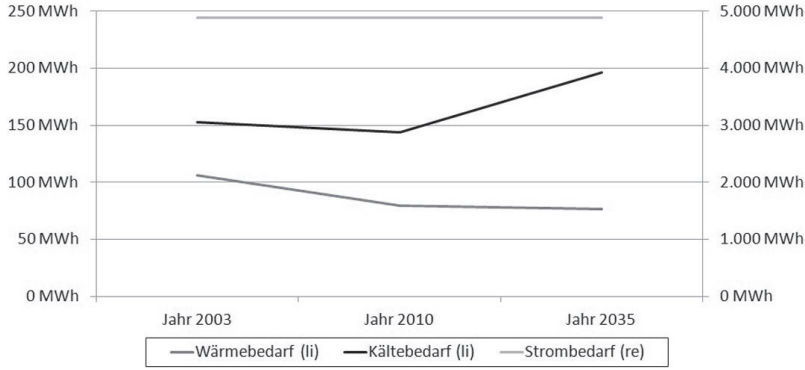


Abbildung 5: Änderung des Energiebedarfs eines Spritzgießunternehmens im Dreischichtbetrieb über die Jahre 2003 bis 2035[12]

In Abbildung 5 ist die Entwicklung des Bedarfs im Dreischichtbetrieb über die Jahre zu sehen. Besonders gut ist zu erkennen, dass der Strombedarf sich nicht

[11] In Anlehnung an Lang 2011: 120.
[12] In Anlehnung an Lang 2011: 127.

verändert,[13] während der Wärmebedarf abnimmt. Außerdem fällt auf, dass der Bedarf bis 2010 deutlich stärker abgenommen hat, als dies bis 2035 geschehen wird. Der Kältebedarf ist bis 2010 etwas abgesunken, wird aber von da an bis 2035 wieder deutlich zunehmen.

2.3 Ergebnis und Ausblick

Die Voruntersuchungen an verhältnismäßig einfachen Simulationsmodellen ergaben sehr positive Ergebnisse, diese ließen sich jedoch aufgrund der Struktur des Simulationssystems nicht auf komplexere Modelle oder die Realität übertragen. Einfache Modelle können aber dennoch dabei helfen, das Verständnis von KNN sowie von Auswirkungen der Strukturänderungen zu erhöhen. Individuelle Problemstellungen bedürfen jedoch angepassten KNN. Die Untersuchung hat gezeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, sämtliche Energiemedien[14] zu prognostizieren. Sie belegt auch, dass der Prognosefehler mit zunehmendem Einfluss der Trägheit ansteigt (vgl. Tabelle 4, die Anzahl der Arbeitsschichten beeinflusst den Zeitraum in dem das System träge reagiert, Aufheizen oder Abkühlen der Maschinen). Das KNN ist somit offensichtlich nicht in der Lage, den Status der Maschinen zu erkennen. Aufgrund der Datenunschärfe (z.B. Wetterprognose) ist davon auszugehen, dass sich die Prognosequalität bei realen Betrieben etwas verschlechtert. Hierfür sind weitere Untersuchungen durchzuführen.

Die durchgeführte Energieprognose zeigt insgesamt den sich verändernden Bedarfstrend. Der zukünftige Wärmebedarf wird, bei gleichzeitigem Anstieg des Kältebedarfs, sinken. Die Szenarien zeigen, dass in Kassel von einer Minimaländerung des Wärmebedarfs von 20% auszugehen ist. Für Unternehmen bedeutet das, dass sich die Betriebsstunden ihrer Anlagen sowie die notwendigen Leistungsklassen verändern werden. Bei gleichen Anforderungen an die Produktion sind zukünftig wesentlich größere Kälteanlagen und kleinere Heizungsanlagen gefordert. Auch ist in der Zukunft von stark veränderten Produktionsbedingungen auszugehen z.B. Grenzluftfeuchte (40–60%), konstante Temperaturen (17–22°C), ggf. Reinraumbedingungen. In Abhängigkeit von der jeweils eingesetzten Technik (z.B. Wärmerückgewinnung) müssen des Weiteren beträchtliche zusätzliche Energiebedarfe angenommen werden. Der Grund hierfür liegt in der Luftkonditionierung. So geschieht z.B. das Befeuchten der Luft mittels Heizen (Verdampfen von Wasser) und das Trocknen der Luft mittels Kühlen (Luft kann bei niedrigen Temperaturen weniger Wasser aufnehmen als bei hohen). Hieraus ergeben sich immense Veränderungen bei den jeweiligen Medien.

---

[13] Die Kälte wird unabhängig vom Strom betrachtet. Die verstärkte Lüftung bedeutet keinen Mehrbedarf an Strom (Vereinfachung).

[14] Druckluft wird nicht prognostiziert.

Die Hauptunterschiede der zukünftigen Energiebedarfe sind in Nordhessen daher auf veränderte Produktionsanforderungen zurückzuführen und nicht auf die verhältnismäßig geringen Klimaänderungen.

3 Umsetzung

Ziel der Umsetzung war die Entwicklung einer vorausschauenden Steuerungsanlage für die dezentrale Energieversorgungseinheit (DezEv) auf Basis der oben aufgeführten Simulationsergebnisse.[15] Das Simulationsmodell prognostizierte dabei den Energiebedarf und die dezentrale Energieversorgungseinheit realisierte die flexible und effiziente Anpassung der Energiebereitstellung. Basis stellte ein Blockheizkraftwerk dar, das sowohl Wärme als auch Strom zur Verfügung stellt. Die benötigte Kälte kann somit entweder durch eine Absorptions- oder eine Kompressionskältemaschine bereitgestellt werden.

Der in der Regel schwankende Bedarf an verschiedenen Formen von Endenergie in der Produktion führt dazu, dass häufig ein Wärme- und Stromüberschuss besteht. Die Möglichkeit der Kälteerzeugung auf Basis von Wärme oder Strom kann dann z.B. bei gemäßigten Wetterbedingungen dazu genutzt werden, um einen höheren Brennstoffnutzungsgrad zu erreichen, da so immer die gesamte bereitgestellte Menge an Strom und Wärme genutzt wird. Bei extremen Wetterbedingungen (Heißwetterperioden) besteht zudem die Möglichkeit, beide Systeme parallel einzusetzen und somit den erhöhten Kühlbedarf zu decken. Entscheidend bei der Kombination ist eine intelligente Steuerung und Regelung, um durch die flexible Anpassung auf die Wetterbedingungen und auf die Anforderungen der Produktion einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen.

3.1 Voraussetzungen des Vorhabens

Als Basis wurde die bestehende Anlagentechnik des Fachgebiets upp, bestehend aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) pflanzenölbetrieben), einer Absorptionskältemaschine, Speichern und einem Druckluftkompressor sowie einem Prüfstand, genutzt. Die Anlage war in einem ersten Aufbau vorhanden; musste aber aufgrund der Integration einer Kompressionskältemaschine und einer Winterentlastung umgebaut werden. Die Anlagentechnik ist in zwei Containern außerhalb des Gebäudes untergebracht, so dass die Wettereinflüsse während des Untersuchungszeitraumes relativ groß waren. Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Stufen der Projektumsetzung näher betrachtet werden.

---

[15] Wesentliche Teile zum Forschungsprojekt wurden bereits in der Dissertation Esser 2013 veröffentlicht.

3.2 Projektablauf

Im Jahr 2009 wurde der hydraulische Umbau der Verrohrung und die Implementierung eines weiteren Kälteerzeugers (Kompressionskältemaschine) und eines Trockenrückkühler, inklusive Pumpen, Ventilen, Sicherheitseinrichtungen etc. durchgeführt und abgeschlossen. Um die Anlage den neuen Anforderungen anzupassen, wurde die gesamte alte Verrohrung entfernt und erneuert. Die Abbildung 6 zeigt die Anlage vor und nach dem Umbau.



Abbildung 6: Innenansicht der DezEv vor und nach dem Umbau

Es folgte die Implementierung der Kompressionskältemaschine mit der Möglichkeit der Freikühlung zur Winterentlastung bei der Kälteerzeugung.

Das Simulationsmodell der dezentralen Energieversorgungseinheit in Matlab® bildet das physikalische Verhalten der darin enthaltenden Aggregate BHKW, Absorptionskältemaschine (AKM), Freikühler, Kompressionskältemaschine (KKM), Wärmespeicher und Kältespeicher ab. Jedes Modul entspricht hierbei einem physikalischen Modell des realen Aggregates. Der Grundaufbau eines jeden Moduls besteht aus einer S-Function, die einen Quellcode einbindet. Alle Funktionen, physikalischen Vorgänge und mathematischen Algorithmen eines Modul-Blocks sind in der Programmiersprache C im Quellcode implementiert. Das im Modell enthaltene Regelungssystem bietet die Möglichkeit Optimierungsansätze für den Betrieb und die Regelung der Versorgungseinheit zu ermitteln.[16]

Das Simulationssystem aus dem Forschungsprojekt dient der Prognose des Energiebedarfs und ermöglicht somit eine vorausschauende Steuerung, die mögliche Engpässe durch frühzeitiges Speichern von Energie überwinden kann. Von besonderer Bedeutung ist daher die Konzeption der übergeordneten Regelstrategien, die die Anpassung bei Extrembedingungen (z.B. Heißwetterperioden mit erhöhtem Kühlbedarf) ermöglichen. Diese Intelligenz wird durch das Zusammenspiel

[16] Angermann et al. 2009.

von Simulation, Neuronalem Netz, Steuerung und der Realanlage, entsprechend Abbildung 7, erreicht.

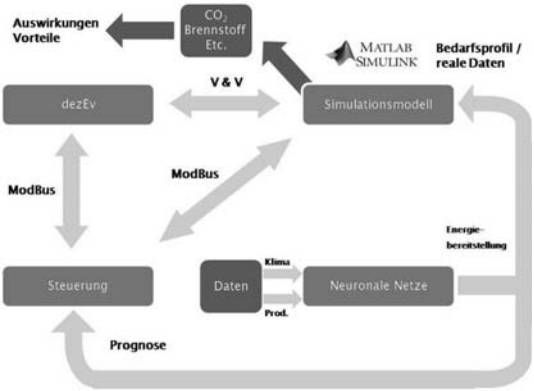


Abbildung 7: Informationsfluss zwischen dezEv, Simulation, Neuronalen Netzen und Steuerung

In dem erstellten Steuerungskonzept kann durch den modularen Aufbau der Programmstruktur die Steuerung je nach Bedarf um unterschiedliche Komponenten (z.B. weitere Wärme- und Kältemaschinen sowie weitere Verbraucher) erweitert und angepasst werden.

Das Konzept der Steuerung wird anhand der folgenden schematischen Abbildungen dargestellt. In Abbildung 8 sind drei beispielhafte Verbrauchsprofile über einen bestimmten Verbrauchszeitraum abgebildet.

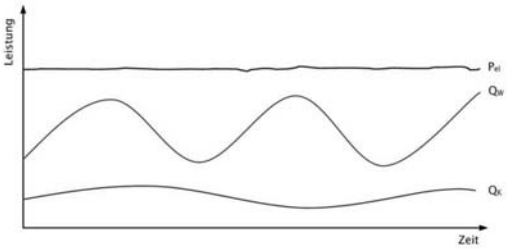


Abbildung 8: Angenommene Verbrauchsprofile

Der elektrische Leistungsbedarf (P_{el}) und der Kältebedarf (Q_K) werden über den Betrachtungszeitraum als konstant zugrunde gelegt. Der Wärmebedarf (Q_W) soll in dem gewählten Beispiel stärker schwanken, was üblicherweise auf Temperaturänderungen der Umgebung oder auf unterschiedliche Produktionsdurchläufe zurückzuführen ist.

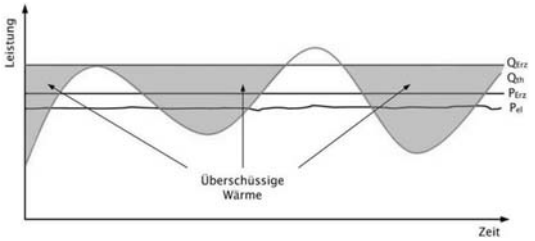


Abbildung 9: Stromgeführte Fahrweise

In Abbildung 9 werden Q_K und Q_W als Q_{th} zusammengefasst, aufgrund des Betriebes der dezentralen Energieversorgungseinheit mit einer Absorptionskältemaschine. Der Strombedarf ist bei dieser Fahrweise (stromgeführt) über den gesamten Zeitraum gleichermaßen durch das BHKW abgedeckt (P_{Erz}). Die Wärmeerzeugung (Q_{Erz}) ist ebenfalls über den Betrachtungszeitraum konstant anzunehmen, da bei gleichmäßiger Stromerzeugung auch gleichmäßig Wärme erzeugt wird. Sie liegt normalerweise über der erzeugten, elektrischen Leistung. Die markierten Flächen zeigen die überschüssige, produzierte Wärme, die ein Notkühler an die Umgebung abgibt und so verschwendet. Bei einem Peak des Wärmebedarfs muss ein Spitzenlastkessel trotzdem noch die Wärmeversorgung absichern.

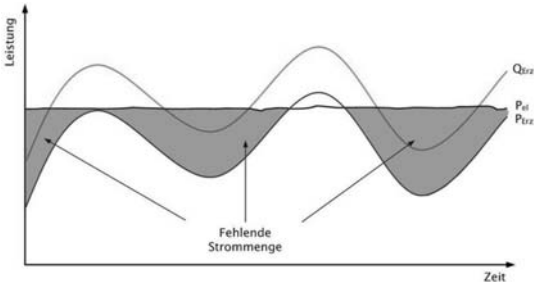


Abbildung 10: Wärmegeführte Fahrweise

Im Gegensatz zur stromgeführten Fahrweise wird bei der wärmegeführten Fahrweise (Abbildung 10) die Wärmebedarfskurve möglichst exakt nachgefahren ($Q_{Erz} = Q_W$). Dadurch ist eine lückenlose Versorgung mit thermischer Energie gewährleistet. Folglich verläuft die produzierte Strommenge (P_{Erz}) ähnlich der Wärmeverbrauchskurve ($Q_{Erz} = Q_W$) und es entsteht eine Unterversorgung an elektrischer Energie (graue Flächen). Der Ausgleich der Unterversorgung erfolgt dann über einen Netzanschluss oder ein Notstromaggregat. Die intelligente Steuerung (Abbildung 11) soll die Vorteile der beiden Fahrweisen verbinden und so eine möglichst effektive Betriebsweise der dezentralen Energieversorgungseinheit gewährleisten.

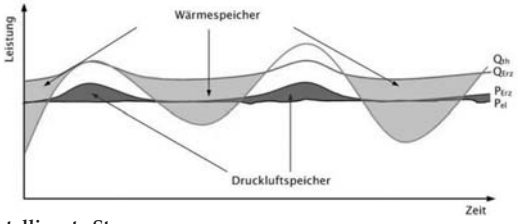


Abbildung 11: Intelligente Steuerung

Die intelligente Steuerung arbeitet mit Wärmespeichern und mit einem Druckluftspeicher, um Unterschiede zwischen Bedarf und Erzeugung auszugleichen. Die Fahrweise ist so optimiert, dass die wirtschaftlichste Kombination zwischen Wärme- und Stromerzeugung erreicht wird. Überschüssige Wärme wird in einem Wärmespeicher eingespeist und bei Bedarf eingesetzt um Engpässe zu überbrücken. Gleiches gilt für zu viel produzierte Kälte, die im Kältespeicher „zwischengelagert" werden kann. Da bei der Erzeugung von thermischer Energie immer auch elektrische Energie anfällt, wird der überschüssige Strom, falls der Verbraucher ihn nicht abnehmen kann, als Druckluft in Druckluftspeichern zwischengespeichert.[17]

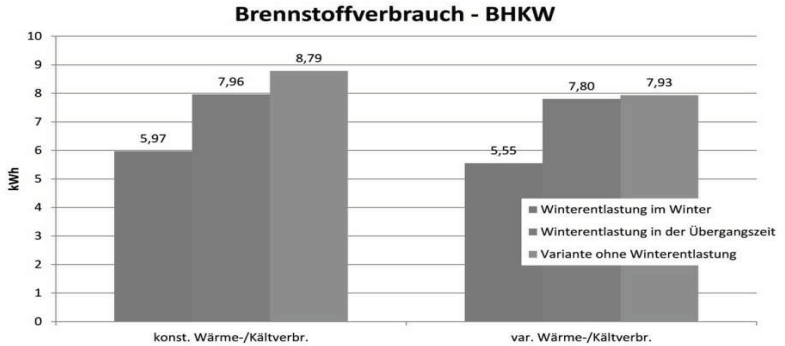


Abbildung 12: Brennstoffverbrauch BHKW aus unterschiedlichen Versuchsläufen mit unterschiedlichen Steuerungsmethoden

Hierbei wird nachgewiesen, dass eine entsprechende Regelungsstrategie die automatische Umschaltung zwischen stromgeführter und wärmegeführter (verbrauchsgeführter) Fahrweise möglich ist. Es wird die Vorgabe umgesetzt, die Anlage möglichst lange im stromgeführten Betrieb zu halten, jedoch bei zu niedrigen Verbräuchen in den wärmegeführten Betrieb umzuschalten. Dazu sind den Verbrauchern Speicher (Wärme-/Kälte-) vorgeschaltet. Das Regelungssystem lässt zunächst den Wärmespeicher befüllen. Nach Erreichen der maximalen Speichertemperatur

[17] Nennmann 2008: 54 ff.

muss das BHKW zum Überhitzungsschutz zusätzlich gekühlt, abgeschaltet oder gedrosselt werden. Um dies zu verhindern schaltet die Regelung den Kältespeicher hinzu. Das BHKW kann nun solange weiterlaufen, bis der Kältespeicher ebenfalls seine Maximaltemperatur erreicht hat. Auf Grund der Nutzung von Speichern ist es energetisch sinnvoller, das BHKW danach abzuschalten (oder Standby-Modus) als seine Leistung zu drosseln. Wärme- und Kältespeicher versorgen unterdessen die Verbraucher. Bei Erreichen der Minimaltemperatur im Wärmespeicher schaltet sich das BHKW wieder ein. Der Kältespeicher fungiert somit als „Puffer" um eine Abschaltung oder Leistungsdrosselung zu verhindern.

3.3 Entwicklung einer Handsteuerung

Im ersten Schritt wurde für die Inbetriebnahme der Einzelkomponenten des Prototyps eine einfache Handsteuerung in LabVIEW™ erstellt. Dazu werden alle Ein- und Ausgänge des Feldbuskopplers direkt mit Elementen der grafischen Benutzeroberfläche (Graphical User Interface, GUI) verbunden. Die Kommunikation zwischen der Hardware und der Software erfolgt durch die LabVIEW™-Modbus®-Bibliothek. Dadurch ist es möglich, alle eingebauten Aktoren zu testen und alle Sensoren auszulesen.[18]

Ein eingeschränkter Betrieb der Anlage ist mit dieser Steuerung möglich, solange der Bediener anwesend ist und die Regelung von Pumpen und Ventilen per Handeingabe vornimmt.

Diese Handsteuerung kommt schon bei der Inbetriebnahme der AKM an ihre Grenzen, da ihre eingebaute Steuerung eine zeitnahe Antwort auf Anforderungen erwartet. Erfolgt eine Antwort auf eine Anforderung, wie z.B. „Kühlwasserpumpe einschalten", nicht in weniger als einer Sekunde, so geht die AKM in Störung und wird sicherheitshalber heruntergefahren. Schon während der Inbetriebnahme mit dem Techniker der Herstellerfirma wurde somit begonnen, verschiedene Steuerungsaufgaben in das LabVIEW™-Programm zu integrieren. Teilweise wurden dabei Informationen über den Betriebszustand der angeschlossenen Pumpen direkt von deren Steuerungsrelais an die AKM gesendet. Einige Ausgänge des Feldbuskopplers sind nur für die Kommunikation mit der AKM belegt, um die Antwort auf die Heizwasseranforderung sofort schicken zu können, auch wenn die Pumpe schon lange in Betrieb und nur das Stellventil zu öffnen ist.[19]

---

18 Esser 2013: 91 f.
19 Esser 2013: 93.

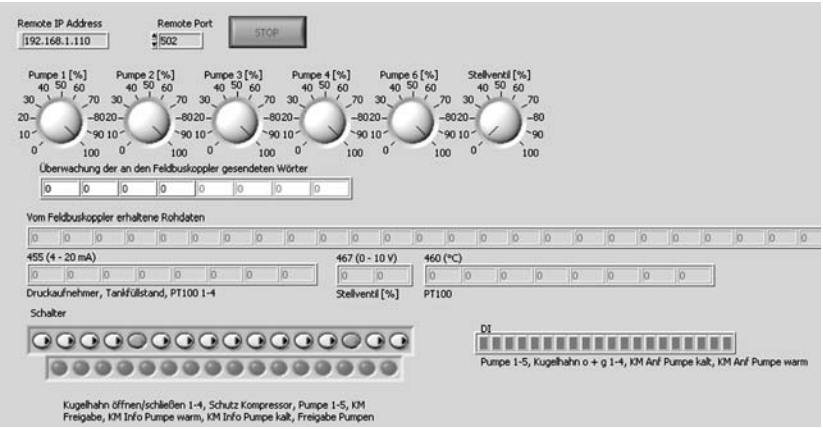


Abbildung 13: Erste Version der Inbetriebnahmesteuerung[20]

Die Handsteuerung wurde um einige Regelungsstrategien erweitert, die für einen ersten Testbetrieb nötig waren. Zur Überwachung wurden alle Daten, die von oder zum Feldbuskoppler gesendet wurden, als Rohdaten auf der Oberfläche dargestellt. Der Betrieb der AKM wurde durch einen simplen Automatikbetrieb sichergestellt, der die Anforderungen der AKM sofort (0,1 Sekunden Antwortzeit) beantwortet und dann die Aktoren wie Pumpen und Stellventile in zuvor eingestellte Arbeitspunkte einregelt. Die Startparameter sind für den BHKW-Betrieb bei voller Leistungsabgabe des Generators ausgelegt. Somit wird die Heizleistung des BHKW von 40 kW durch die Stellventilposition von 50% auf die von der AKM benötigten 21 kW begrenzt. Die AKM ist auch problemlos mit den vollen 40 kW Heizleistung des BHKW zu betreiben. Dies führt jedoch nicht zu einer erhöhten Kälteleistung, sondern nur zu einer höheren Kühllast im Rückkühler der Anlage.[21]

Weitere simple Automatikregelungen waren die Einhaltung der BHKW-Vorlauftemperatur sowie die Frostschutzschaltung. Die Frostschutzschaltung war in den ersten Versionen der Steuerung nötig, da in den Hydraulikkreisen kein Frostschutzmittel enthalten und somit ein Einfrieren der Verrohrung zu befürchten war.[22]

Die Frostschutzschaltung stellte sicher, dass regelmäßig warmes Wasser durch alle Rohrleitungen geführt wurde, was sich allerdings im Nachhinein als problematisch erwiesen hat. So wurde durch Vandalismus und Metalldiebe die externe

20 Esser 2013: 92.
21 Esser 2013: 93.
22 Esser 2013: 94 f.

Stromversorgung entfernt und somit Heizung und Steuerung der Anlage lahmgelegt. In den Weihnachtsferien bei -20°C führte dieser Diebstahl eines Kabels zu einem längeren Ausfall der Anlage auf Grund von Frostschäden und zu hohen Reparaturkosten. Seit diesem Zeitpunkt ist die Anlage vollständig mit einem Glykol-Wasser-Gemisch mit einem Gefrierpunkt von etwa -30°C befüllt. Der Nachteil dieses Gemisches ist die verminderte Wärmekapazität im Vergleich zu reinem Wasser. Das senkt die Speicherkapazität der Wärme- und Kältespeicher.[23]

Die Einhaltung der Vorlauftemperatur ist an zwei Stellen des Systems mit zwei Reglern realisiert worden. Die Rücklaufanhebung sorgt beim Anfahren der Anlage für ein schnelles Erreichen der Betriebstemperatur. Dazu ist ein steuerbarer Kurzschluss zwischen Vor- und Rücklauf des BHKW eingebaut, durch den ein einstellbarer Teil des erwärmten Wassers wieder direkt in das BHKW zurückgeführt werden kann. So ist die optimale Betriebstemperatur schnell erreicht worden, ohne gleichzeitig schon weitere Systemteile mit anwärmen zu müssen. Beim normalen Betrieb der Anlage wird ein Teil des nicht genug abgekühlten Rücklaufs von den Wärmespeichern über den Notkühler abgekühlt, um ein Überhitzen des BHKW zu verhindern. Beide Systeme arbeiteten in der ersten Ausbaustufe mit einem 3-2-Wegehahn und wurden durch eine einfache Zweipunktregelung gesteuert. Die Hysterese des Reglers ist auf 2 K voreingestellt. Die verhältnismäßig lange Totzeitstrecke zwischen Mischerauslauf und Temperaturaufnehmer verstärkte die Schwingungen des Reglers weiter, dadurch schwankte die Temperatur um ±5 K um den eingestellten Zielwert. Das Ergebnis ist ein fast sinusförmiger Verlauf der Temperaturkurve und zeigt, dass ein Zweipunktregler für diese Anwendung nicht die optimale Lösung ist, auch wenn er in den meisten Heizungs- und Klimaanlagensteuerungen integriert ist.[24]

Die Auslagerung der Logik in C++-Code vereinfachte die Parametrierbarkeit der einzelnen Logikelemente. Sukzessive wurden immer mehr Parameter für die Automatik als Eingabeelement auf der Bedienoberfläche realisiert. So ist es dem Benutzer möglich, die Parameter per Oberfläche anzupassen, ohne das Programm verändern zu müssen.[25]

---

23 Esser 2013: 95.
24 Esser 2013: 95.
25 Esser 2013: 96 f.

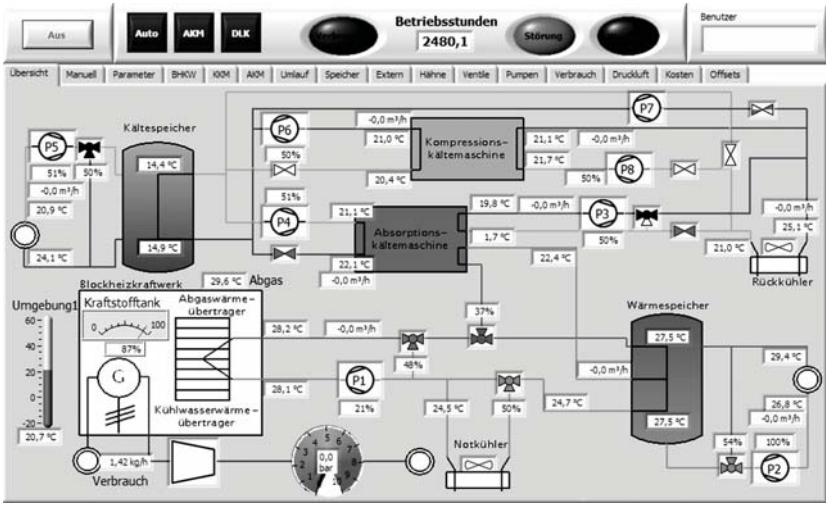


Abbildung 14: Inbetriebnahmesteuerung (final) Anlagenübersicht[26]

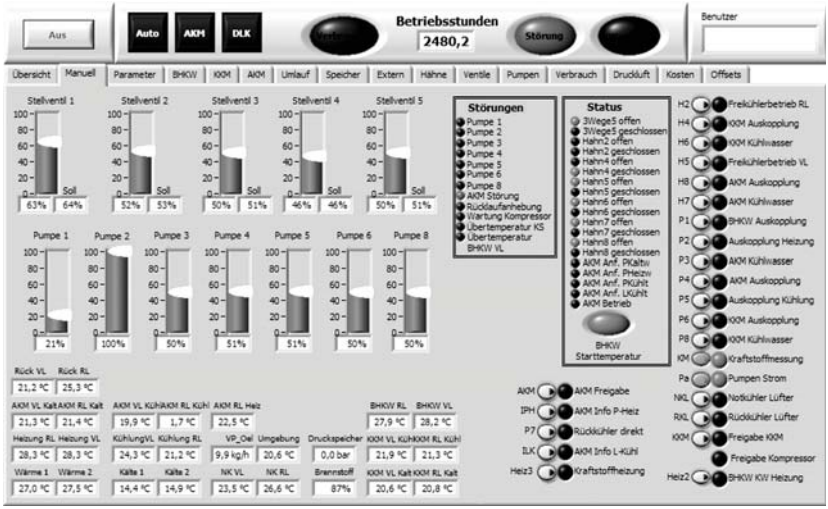


Abbildung 15: Inbetriebnahmesteuerung (final) Handbedienung[27]

In der finalen Version war die automatische Protokollierung der Messwerte, Ventilstellungen und Pumpenleistungen mit dem LabVIEW™-eigenen Protokoll-Modul ähnlich kompliziert an Erweiterungen des Programms anzupassen, wie die

[26] Esser 2013: 102.
[27] Esser 2013: 103.

schon beschriebenen Änderungen an der Feldbusebene. Die Startseite (Abbildung 5) war eine Darstellung des R&I-Schemas der Anlage, auf der die wichtigsten Daten angezeigt wurden. Die Stellung (offen/geschlossen) von Ventilen und der Zustand (an/aus) von Pumpen und Lüftern wurden über die Farbgebung der zugehörigen Symbole angezeigt. Auf der Seite „Manuell" (Abbildung 6) werden alle Daten angezeigt. Zusätzlich stehen Bedienelemente für alle Ausgänge der Feldbusebene zur Verfügung. Alle Einstellungen, die die Logiken, wie zum Beispiel die Rücklaufanhebung, beeinflussen, werden auf der Seite „Parameter" eingestellt. Die Druckluftkompressor-Steuerung der finalen Version der Inbetriebnahmesteuerung enthielt eine Überwachung der Wartungszyklen des Kompressors. Ist eine Wartung des Kompressors nötig, wird seine Aktivierung so lange verhindert, bis eine Quittierung für die Wartung erfolgt. Die Seiten BHKW, KKM, AKM, Umlauf, Extern, Hähne, Ventile, Pumpen, Verbrauch und Druckluft enthalten dafür jeweils ein Verlaufsdiagramm der letzten 30 Minuten mit den zugehörigen Messwerten. Die Aufbereitung der Daten für die Darstellung in LabVIEW™ erstreckt sich über 9 Bildschirmseiten und die Logikbibliothek besteht aus ca. 7.000 Codezeilen in 50 Dateien.[28]

3.4 Logikentwicklung für die automatische Steuerung

Für die Ausarbeitung einer Steuerungslogik ist die Bereitstellung einer eindeutigen Zuordnung der Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Bereitstellungsanlagen für die unterschiedlichen Energiemedien erforderlich. Beispielsweise ist für den Betrieb der AKM eine gewisse Wärmeleistung einzuplanen, während die KKM durch elektrischen Strom angetrieben wird. Genauso wichtig ist die Hinterlegung von Kennlinien der Anlagen sowie der Kosten und Emissionswerten der aus dem Netz bezogenen Medien. Da in der Literatur für die verschiedenen Energieträger unterschiedliche Bezugsgrößen verwendet werden, war in der Anlagensteuerung zunächst eine Umrechnung in eine gemeinsame Bezugsgröße integriert. Beispielhaft sei hier die CO_2-Emission genannt, die für elektrischen Strom aus dem Netz in kg CO_2/kWh, für Pflanzenöl in kg CO_2/l, für Steinkohle in kg CO_2/kg und für Erdgas in kg CO_2/m^3 angegeben wird.

Als gemeinsame Bezugsgröße für weitere Berechnungen wird für diese Arbeit kWh festgelegt. Die Verwaltung der Emissionswerte der verschiedenen Energieträger erfolgt in festgelegten Tabellen, für den Anwender ist zunächst keine Schnittstelle vorgesehen. Die Kosten der Energieträger sind vom Anwender als Parameter einzustellen. Die Hinterlegung der physikalischen Eigenschaften der Energieträger ermöglicht die Vorauswahl von sinnvollen Bezugsgrößen für die

[28] Esser 2013: 101.

Parametereingabe. So wird für den Anwender bei der Eingabe der Erdgaskosten die Auswahl auf €/m³ und €/kWh beschränkt. Der nächste Schritt bestand dann in der Hinterlegung von Kennlinienfunktionen, die anhand des Parameters „gewünschte Ausgangsleistung" die benötigte Menge des passenden Energieträgers für den jeweiligen Anlagenteil ermitteln. Die Kombination dieser Funktionen mit den hinterlegten Emissionswerten gestattet einen einfachen Vergleich der möglichen Betriebsarten der Gesamtanlage im Hinblick auf die CO_2-Emissionen. Die Betrachtung der Kostensituation ist komplexer. Zusätzlich zu den reinen Brennstoff- und weiteren Betriebskosten sind die verschiedenen Förderungen nach Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) zu beachten.[29]

Zur Berechnung der Kosten der Strom- und Wärmebereitstellung durch die verschiedenen Anlagenkomponenten sind somit weitere Parameter erforderlich. Die erste vom Anwender zu beantwortende Frage ist, ob und wenn ja, nach welchem Gesetz die Anlage eine Förderung erhält. Erfolgt keine Förderung, entfallen die zusätzlichen Parameter. Eine Förderung nach KWKG erfordert nur die Angabe der schon abgerufenen Volllaststunden und das Jahr der Inbetriebnahme. So kann die Anlagensteuerung ermitteln, ob noch eine Vergütung in den Medienpreis eingerechnet werden kann. Eine automatische Berechnung der Vergütung nach EEG ist ungleich komplizierter, da die verschiedenen Boni teilweise je nach Anlagengröße oder Brennstoff variiert werden. Zusätzlich ist aufgrund der Vergütungsdegression das Jahr der Inbetriebnahme zu beachten. Die Degression der Biomasseförderung beträgt 1% pro Jahr der Inbetriebnahme nach 2010. Vom Benutzer einzustellende Parameter sind somit zusätzlich zu den Parametern nach KWKG die Summe aller zu erwartender Boni pro kWh (ohne KWK) und das Jahr der Inbetriebnahme. Die Betrachtung des KWK-Bonus ist von der Steuerung automatisch auszuführen, da Betriebszustände ohne vollständigen Verbrauch der erzeugten Wärme möglich sind. Diese Betriebszustände erfordern eine anteilige Berechnung des KWK-Bonus.[30]

Die weitere Berechnung erfordert die Betrachtung einer Abhängigkeitsmatrix (s. Tabelle 7) für den aktuellen Anlagenzustand bei aktuellem Verbrauch. In der Matrix bedeuten negative Zahlen einen Gewinn des entsprechenden Mediums. Die dargestellte Matrix stellt die einfachste Variante der Abhängigkeitsmatrix mit statischen Wirkungsgraden dar. Die für die jeweiligen Anlagenkomponenten hinterlegten Berechnungsfunktionen sind in der Lage, alternative Wirkungsgradkurven

29 Esser 2013: 115.
30 Esser 2013: 115 f.

oder Interpolationen zwischen einigen bekannten Punkten der Wirkungsgradkurve zu verwenden.[31]

Bedarf [kW/kWMedium]				
	Brenn-stoff	Strom	Kühlung	Wärme
BHKW (stromgeführt)	3	0	0	-1,3
BHKW (wärmegeführt)	2,3	-0,77	0	0
DL-Kompressor	0		0	0
Rückkühler	0	0,063	0	0
Notkühler	0	0,013	0	0
KKM	0	0,28	1,23	0
AKM	0	0,04	2,4	1,4

Tabelle 7: Abhängigkeitsmatrix Energiebereitstellung[32]

Anhand der Matrix und der Speicherladestände ermittelt die Anlagensteuerung mögliche Betriebspunkte der Gesamtanlage zur Abdeckung des aktuellen Bedarfs. Im letzten Schritt erfolgt ein Vergleich der gefundenen Betriebspunkte entweder im Hinblick auf die Gesamtkosten oder die Gesamtemissionen, je nach Benutzerwunsch. Abhängig vom Szenario ergeben sich noch weitere Kombinationsmöglichkeiten mit externer Medienbereitstellung.

Ausgangspunkt bei der Berechnung der möglichen Betriebspunkte ist immer das Medium, das auf jeden Fall produziert werden muss, weil entweder der Speicher leer (z.B. Kälte) oder kein Speicher für das Medium vorhanden ist (Strom). Hier erfolgen die Berechnungen der für das Medium nötigen Antriebsleistung und die Definition des Typs der Antriebsleistung (Strom, Wärme, Brennstoff). Sind mehrere Bereitstellungsmöglichkeiten für das Medium vorhanden, findet schon zu Beginn der Berechnung die erste Verzweigung statt. Im Prototyp ist dies nur bei der Kältebereitstellung der Fall, in produktiven Anlagen ist auf jeden Fall mit dem Vorhan-

31 Esser 2013: 116.
32 Esser 2013: 116.

densein eines Anschlusses an das Stromnetz und meist auch mit zusätzlicher Wärmebereitstellung zu rechnen. Für jeden entstehenden Ast ist mit den verbleibenden Medien genauso zu verfahren. Entstehen dabei nicht auflösbare Konflikte, wird der Ast verworfen. Ein Beispiel ist der Strombedarf. Übersteigt die Gesamtleistung aus geplanter elektrischer Medienbereitstellung und Verbraucherbedarf die maximale BHKW-Leistung, so ist diese Lösung nicht verwendbar. Das Verwerfen der Lösungsäste geschieht rekursiv. Sind in einem Ast keine Lösungen mehr vorhanden, so wird er selbst verworfen, was wiederum eine Überprüfung seines übergeordneten Astes veranlasst. Ein Vergleich der verbliebenen Äste geschieht im Anschluss mithilfe der schon beschriebenen Kosten- oder Emissionsfunktionen der einzelnen Komponenten. Der Ast mit dem kleinsten Wert gewinnt. Eine Kombination der beiden Werte zu einem neuen Bewertungskriterium mit einstellbarer Gewichtung könnte für eine spätere Weiterentwicklung von Interesse sein.[33]

3.5 Herausforderung und Ausblick

Die geleistete Arbeit zur Entwicklung von klimaangepasster Steuerungs- und Regelungstechnik steht noch am Anfang, da in der Vergangenheit speziell diese Fragestellungen keine praktische Relevanz und andere Thematiken (Erhöhung Qualität, Produktionsoutput etc.) einen höheren Stellenwert besaßen. Anlagentechnik zum Klimaschutz ist heute auf vielen Ebenen verfügbar. Der nächste Schritt, die Anpassung an ein sich änderndes Klima, ist eine neue Herausforderung, die in der Vergangenheit nicht berücksichtigt wurde. Die Steuerung und Regelung birgt zudem den großen Vorteil, dass sie auch in Bestandsanlagen zur Geltung kommen kann.

Mit der effizienten Energiebereitstellung, die an den Klimawandel angepasst ist, erhöhen sich Ausfallsicherheit und folglich auch die Wirtschaftlichkeit. Eine wirtschaftliche Erfolgsaussicht der klimaangepassten Steuerung ist möglich, aber eher mittelfristig (3-5 Jahre) relevant, da die kommerzielle Nutzung von Klima-Anpassungsmaßnahmen zum heutigen Zeitpunkt nur begrenzt gegeben ist. Die Ergebnisse sind auf jedes energieintensive produzierende Unternehmen unter Berücksichtigung dessen Besonderheiten zu übertragen. Die technischen und wirtschaftlichen Erfolgsaussichten hängen insbesondere von den Ausmaßen des Klimawandels sowie der Energiepreissteigerung ab. Die Übertragung auf verschiedene Branchen muss im Weiteren mit unterschiedlichen Praxispartnern geprüft und weiterentwickelt werden.

Der modifizierte Versuchsstand der dezentralen Energieversorgungseinheit bietet eine breite Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten im Feld der Energiebe-

[33] Esser 2013: 117.

reitstellung. In erster Linie ist jedoch angestrebt, die DezEv (inkl. Steuerung und Simulation) über die Prototypanlage bis zur Marktreife zu entwickeln. Des Weiteren wird die dezentrale Energieversorgungseinheit für die Forschung und Lehre am Fachgebiet upp an der Universität Kassel eingesetzt.

Literatur

Angermann et al. 2009: Angermann, A.; Beuschel, M.; Rau, M.; Wohlfarth, U.: Matlab – Simulink – Stateflow. 6. Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009.

Deutscher Wetterdienst 2010: Wetterlexikon. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. http://www.dwd.de.

Esser 2013: Esser, M.: Erstellung eines intelligenten Steuerungssystems für die integrierte, dezentrale Energiebereitstellung zur Erhöhung der Energieeffizienz, Dissertation, Kassel.

Kreienkamp 2008: Kreienkamp, A; Spekat, A.: IDP – Ein Werkzeug zur explorativen Datenanalyse. Erweiterte Fassung. Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH, 2008.

Lang 2011: Lang, B.: Erstellung eines dynamischen Simulationssystems zur Vorhersage des Energiebedarfsverlaufs im Produktionsprozess, Dissertation, Kassel.

Matovelle et al. 2011: Matovelle A., Simon K.H., Rötzel S.: Klimawandel in Nordhessen: Teil 3: Klimafolgen und Szenarien, Kassel, 2011.

Mühl 2008: Mühl, T.: Einführung in die elektrische Messtechnik. Grundlagen, Messverfahren, Geräte. 3., neu bearbeitete Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8351-9226-3.

Nennmann 2008: Nennmann, T.: Wirtschaftliche Potenziale einer intelligenten Steuerung bei dezentralen Energieversorgungseinheiten. Diplomarbeit am Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Institut für Produktionstechnik und Logistik, Universität Kassel, 2008.

Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die thermische Behaglichkeit in Räumen

Anton Maas, Andrea Schneider[1]

Übersicht

1 Hintergrund und Fragestellung ... 429
2 Hitzebedingte Gesundheitsrisiken ... 430
3 Messtechnische Bestimmung und Vorhersage des Mikroklimas an den ausgewählten Standorten ... 431
3.1 Ist-Zustand Mikroklima ... 431
3.2 Behaglichkeitsuntersuchungen ... 433
3.3 Vorhersage Mikroklima ... 434
4 Untersuchungen von Maßnahmen zur Sicherstellung behaglicher Raumklimata ... 435
5 Umsetzungsmöglichkeiten und Umsetzungsverbund Raumklima ... 441
6 Umsetzungsempfehlungen für die untersuchten Objekte ... 443
6.1 Empfehlungen für die Oskar-von-Miller Schule ... 443
6.2 Empfehlungen für Altenpflegeheime ... 445
7 Transfermöglichkeiten in andere Regionen ... 447
8 Ausblick ... 448
Literatur ... 448

1 Hintergrund und Fragestellung

Aktuelle Klimaszenarien für die Region Nordhessen und insbesondere für den urbanen Raum sagen für die nächsten 30 Jahre deutlich mehr Sommer- und Hitzetage voraus.[2] Je nach Standort kann sich dieser Trend aufgrund mikroklimatischer Einflüsse noch verstärken, was nicht nur das Klima im Außenraum von Gebäuden beeinflussen wird, sondern insbesondere auch das thermische Verhalten der Gebäude selber und damit die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Nutzer. Da sich der Mensch durchschnittlich mehr als 70% seines Lebens innerhalb von geschlossenen Räumen aufhält, ist ein durch Klimaeinflüsse verändertes thermisches

[1] Die Autoren danken weiterhin Dr.-Ing. Michael Krause, Katrin Schalk und Charlotte Ellerbrok für die Mitarbeit im Projekt.
[2] Matovelle 2010.

Verhalten von Gebäuden mit entsprechenden Auswirkungen auf die Behaglichkeit im Innenraum sowie auf die Gesundheit der Nutzer dieser Räume von großer Bedeutung.

Das Ziel des Projektes war die Entwicklung von technologischen Konzepten, die auch bei den zu erwartenden Klimaänderungen einen ausreichenden Komfort innerhalb von Gebäuden ermöglichen. Anhand einer Schule und zwei Alten- und Pflegeheimen wurden die mikroklimatischen Einflüsse auf den Innenraum untersucht. Welche technischen und nichttechnischen Maßnahmen können helfen, damit sich Menschen aller Altersgruppen auch während sehr heißer Sommertage in Gebäuden wohl fühlen? Die Umsetzung dieser Konzepte sollte an den ausgewählten Objekten überprüft und gegebenenfalls durch Umsetzungspartner realisiert werden. Ein Beispiel für nichttechnische Maßnahmen kann ein verändertes Nutzerverhalten sein; hierzu zählt auch die Nachtlüftung, während zu technischen Maßnahmen gebäudeintegrierte Speichermaterialien – z.B. Phasenwechselmaterialien (PCM) – Maßnahmen zur thermischen Bauteilaktivierung oder auch neuartige aktive Klimatisierungsverfahren, wie die solare Klimatisierung zählen. Hierzu werden Gebäude betrachtet, die zurzeit noch ohne aktive Klimatisierungskomponenten genutzt werden.

2 Hitzebedingte Gesundheitsrisiken

Die globale Klimaveränderung hat für den Menschen unter anderem auch gesundheitliche Folgen. Einerseits auf indirektem Wege durch Störung der Nahrungs- und Frischwasserversorgung, Zunahme der Luftverschmutzung und UV-Strahlung durch stratosphärische Ozonabnahme und durch erzwungene Wohnraumänderungen, durch z.B. den Meeresspiegelanstieg und Nahrungsmangel bei Dürre. Ebenso spielt das exponentielle Wachstum von Krankheitserregern bei der Temperaturzunahme eine wichtige Rolle.[3] Andererseits wird die Gesundheit auch auf direktem Wege durch die Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit beeinflusst. Die Auswirkungen der Hitzewelle im Jahr 2003 wurden bereits ausführlich dargestellt und beschrieben.[4] Die Hitzewelle hat besonders in den mittleren Breiten Westeuropas zu langen Perioden mit sehr hohen Temperaturen geführt. Für Frankreich wird für die Hitzewelle im August 2003 offiziell von 14.800 Hitzeopfern gesprochen (dies sind 60% mehr Todesfälle als durchschnittlich erwartet).

Hitzewellen treten durch die globale Erwärmung verstärkt auf[5] und beeinträchtigen nicht nur die Pflegebedürftigen, sondern allgemein Kinder unter 4 Jahren und

[3] Jendritzky 2007.
[4] Koppe et al. 2003.
[5] Matovelle et al. 2011: 4.

alleinlebende Menschen über 75. Letztere sind insbesondere dann betroffen, wenn sie in städtischen Wärmeinseln leben, da die Fähigkeit zur Anpassung an thermische Extreme im Laufe des Lebens altersphysiologisch nachlässt. Ferner steigt die Anfälligkeit für extreme Temperaturereignisse durch Herz-Kreislauf- und Lungenerkrankungen sowie durch die Einnahme von Medikamenten, Drogen und Alkohol. Im Sommerhalbjahr ist also das höchste Ziel die Reduktion der Hitzebelastung bei gefährdeten Bewohnern von Alten- und Pflegeheimen.

Hitzewellen werden im Außenbereich eines Gebäudes gemessen. Da sich pflegebedürftige Menschen allerdings meistens, abhängig von der Höhe ihrer Pflegestufe, im Inneren aufhalten, sagen die erhobenen Daten wenig über die tatsächliche thermische Belastung in einem Altenheim aus. Ein viel wesentlicherer Faktor ist daher das thermische Verhalten der Gebäudeanteile, was wiederum von Lage und Ausrichtung, Baumbestand, Luftschneisen und anderen Faktoren abhängig ist. Daher kann sich das Raumklima erheblich von den im Außenbereich erhobenen Daten unterscheiden, insbesondere bei länger anhaltenden Hitzeperioden. Das bedeutet, dass sich die Innenräume des Pflegeheims stärker aufheizen können als es die Außentemperaturen belegen.[6]

Untersuchungen in Schulen zeigen, dass eine erhöhte Luftwechselrate und eine verringerte Raumtemperatur im Sommer bei vielen Aufgaben zu einer deutlichen Leistungssteigerung führten - insbesondere bei der Schnelligkeit, aber auch hinsichtlich der Fehlerhäufigkeit: Eine Verdopplung der Luftwechselrate steigerte die Leistung bei der Schularbeit um etwa 14,5%, eine Verringerung der Lufttemperatur in der Klasse um 1 K führte zu einer Leistungssteigerung von etwa 3,5%.[7] Bei schlechter Raumluftqualität und/oder hohen sommerlichen Klassenraumtemperaturen kann somit von wesentlichen Leistungsabnahmen ausgegangen werden.

3 Messtechnische Bestimmung und Vorhersage des Mikroklimas an den ausgewählten Standorten

3.1 Ist-Zustand Mikroklima

Das erste Arbeitspaket stellte durch die messtechnische Bestimmung der klimatischen Gegebenheiten im Innen- und Außenraum an den zu untersuchenden Standorten der ausgewählten Objekte (hierbei handelte es sich um eine Schule und zwei Altenwohnheime) die Grundlage für die weitergehenden Betrachtungen dar. In der nah am Kasseler Stadtzentrum und der Universität Kassel gelegenen Oskar-von-Miller Schule (OMV) wurden zwei Klassenräume für die Durchführung der

6 Grewe, Pfaffenberger 2011.
7 Olesen 2008.

Untersuchungen ausgewählt. Im Juni 2009 wurde die Messtechnik in den Räumen H305 und H308 installiert und fortan Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, CO_2-Konzentration und Globetemperatur als Sechsminutenmittelwert aufgezeichnet.

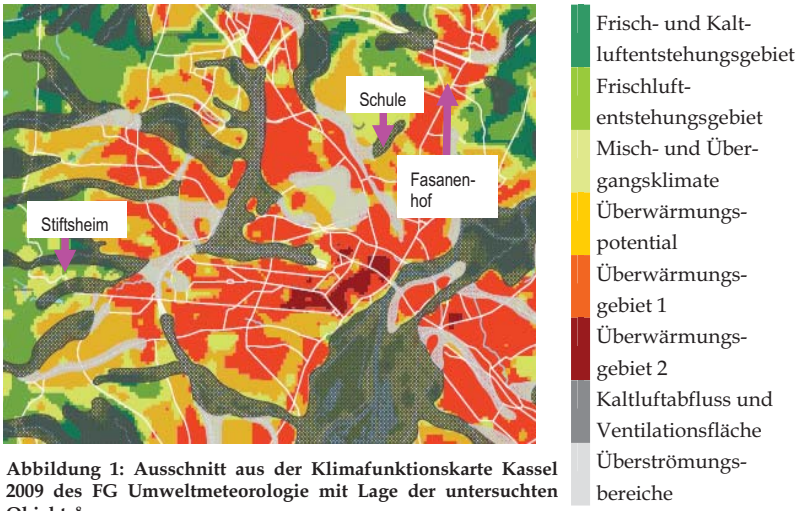


Abbildung 1: Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte Kassel 2009 des FG Umweltmeteorologie mit Lage der untersuchten Objekte[8]

Auf dem Dach des Hauptgebäudes der Schule wurde eine Meteorologiestation aufgestellt, welche vom 10. Juni 2009 bis 30. Juni 2010 u.a. die Werte Lufttemperatur, Globalstrahlung, relative Luftfeuchte, Windrichtung und Windgeschwindigkeit messtechnisch erfasste. Am östlichen Stadtrand von Kassel (Abbildung 1) befindet sich die Seniorenwohnanlage Fasanenhof auf einer Ortshöhe von 160 m gelegen. In zwei Bewohnerzimmern und in einem Aufenthaltsbereich wurden Messeinrichtungen installiert. Messbeginn war in den Bewohnerzimmern der 21. April 2009, bzw. der 25. Juni 2009 im Aufenthaltsbereich. In den Zimmern wurden die relative Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur gemessen, während das Gerät im Aufenthaltsbereich zusätzlich die CO_2-Konzentration aufzeichnete. Das Messgerät für Lufttemperatur und relative Luftfeuchte im Außenbereich wurde im April 2009 im Innenhof nahe einer nach Süden ausgerichteten Wand angebracht. Hintergrund der Platzwahl war das sich in unmittelbarer Nähe befindliche Bewohnerzimmer Nr. 29, in dem Messwerte aufgenommen wurden.

Im Westen, im Stadtteil Wilhelmshöhe, befindet sich das evangelische Altenpflegezentrum Stiftsheim (314 m ü.NN). Hier wurden in einem Bewohnerzimmer und

[8] S. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

in einem Aufenthaltsraum Messeinrichtungen zur Erfassung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur installiert. Messbeginn war der 22. April 2009.

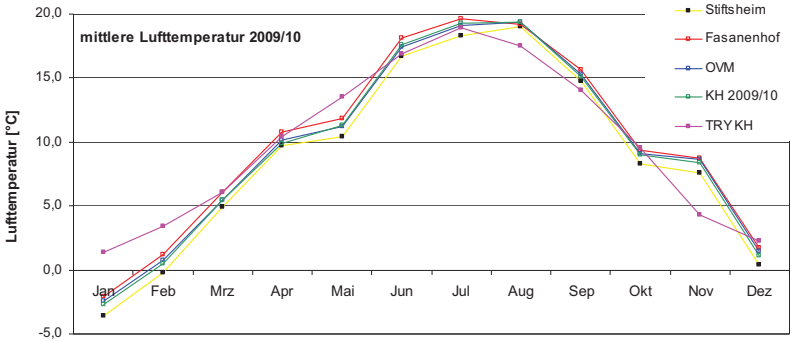


Abbildung 2: mittlere Lufttemperaturen der Standorte für den Auswertungszeitraum an den Messorten sowie des TRY KH

Im Außenbereich wurden die Temperatur- und Feuchtesensoren vor dem Bewohnerzimmer an einem Balkongeländer angebracht.

Die Messstation Klimahaus (KH) des Fachgebietes Bauphysik der Universität Kassel befindet sich im innerstädtischen Gebiet auf einer Ortshöhe von 152 m. Basierend auf den Messdaten der Jahre 1994 bis 2009 wurde unter Zuhilfenahme der DIN EN ISO 15297-4[9] ein Referenzdatensatz (TRY KH) für die statistische Auswertung gebildet.

Wie zu erwarten zeigt die im Stadtteil Wilhelmshöhe gelegene Station am Stiftsheim niedrigere Lufttemperaturwerte gegenüber den Innenstadtstationen des Klimahauses (KH) und der OVM. Die räumliche Distanz zwischen der Station der OVM und der des Klimahauses ist gering (ca. 500 m). Dies spiegelt sich auch in den gemessenen Lufttemperaturen wieder (vergleiche Abbildung 2), welche keine großen Unterschiede zueinander aufweisen. Am Standort Fasanenhof wurden deutlich höhere Werte gemessen, als erwartet. Die Ursache dafür ist die lokale Einbausituation: Die Messgeräte befinden sich in einer Innenecke nahe der nach Süden ausgerichteten, mit Efeu bewachsenen Wand, die zusätzlich ein Luftpolster bildet.

3.2 Behaglichkeitsuntersuchungen

Als Ergänzung zu den messtechnischen Analysen fanden regelmäßige Befragungen in Abstimmung mit dem Teilprojekt „Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken“ zur thermischen Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit in der Schule

[9] DIN EN ISO 15927-4: 2005-10.

und den Alten- und Pflegeheimen statt. Während der Wintermonate wurden diese einmal monatlich durchgeführt. Ab dem Monat März wurden die Schüler wöchentlich, die Bewohner der Alten- und Pflegeheime 14tägig sowie zusätzlich bei Hitzewellen befragt. Unter anderem wurde die Auswertung zur Befragung vom Teilprojekt „Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken“[10] durchgeführt. Die folgenden Erkenntnisse stammen aus diesem Teilprojekt.

In der Gruppe der Schüler[11] wurden 421 Fragebogen für den Zeitraum vom 01.06.2009 bis 31.08.2009 sowie vom 01.05.2010 bis 30.06.2010 ausgewertet. Die Innenraumtemperatur lag während dieser Zeit zwischen 22°C und 30°C. Bei einer Raumlufttemperatur zwischen 22°C und 26°C lag die Bewertung bei mehr als 50% der Befragten bei „genau richtig“. Mehr als 40% empfanden die Temperatur jedoch für diesen Temperaturbereich als „eher kalt“, „eher warm“ oder „sehr warm“. Im Temperaturbereich von 26°C bis 28°C empfanden dreiviertel der Befragten es als „eher warm“ bis „sehr warm“, bei Temperaturen von 28°C bis unter 30°C waren es 90%, die diese Aussage trafen. In den untersuchten Räumen der Pflegeheime wurden nur an 2 Tagen Temperaturen zwischen 28°C und 30°C gemessen, im Vergleich zu 9 Tagen in den Klassenräumen. Deshalb ist die Anzahl der Bewertungen für diesen Temperaturbereich geringer. Die Gruppe der Pflegebedürftigen[12] wertete den Temperaturbereich zwischen 22°C und 26°C mit 80% als „genau richtig“, selbst Temperaturen zwischen 26°C und 28°C wurde noch von der Hälfte der Befragten mit „genau richtig“ angegeben.

3.3 Vorhersage Mikroklima

Die Veränderung des Klimas wird häufig in Form von Prognosen über die Zunahme von Extremereignissen wie Hitzewellen, Dürren, heftige Niederschläge oder die Zunahme von Sommer- und Hitzetagen dargestellt. Diese Aussagen reichen für die Bearbeitung im Teilprojekt nicht aus. Vielmehr sind stündliche Werte der sechs Parameter Lufttemperatur, Windstärke und Richtung, Luftfeuchte, Global- und Diffusstrahlung für die Berechnung notwendig.

Für die Prognose zur Klimaänderung werden Modellrechnungen zum globalen Verhalten durchgeführt. Um spezifische Aussagen treffen zu können, werden für Deutschland Berechnungen mit Hilfe von Regionalmodellen vorgenommen. Im Rahmen des KLIMZUG-Projekts stehen die Ergebnisse aus der CCLM Datenbank zur Verfügung. Zur Bildung eines derartigen zukünftigen Referenzdatensatzes wurden für die Zelle, in der sich die Stadt Kassel befindet, für den Zeitraum 2010 -

10 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
11 79 männlich, Median Alter 24 Jahre.
12 41 weiblich, 10 männlich, Median Alter 87 Jahre.

2040 die relevanten Klimaparameter aus der CCLM-Datenbank ausgelesen. Der Vergleich der Monatsmittelwerte der Lufttemperatur dieses Referenzdatensatzes des zukünftigen Klimas aus der CCLM-Datenbank (TRY 2030 CLM) mit einem Referenzdatensatz des gegenwärtigen Klimas am Standort Kassel (TRY KH) ergibt zu geringe Lufttemperaturen für das zukünftige Klima. Die Begründung hierfür ist darin zu sehen, dass der Einfluss der städtischen Erwärmung (Wärmeinseleffekt) bei der Aufbereitung der Daten nicht genügend berücksichtigt wurde. Die weitere Verwendung dieses Datensatzes wurde auf Grund dessen verworfen.

Im Jahr 2009 startete ein Vorhaben zur Erstellung neuer Testreferenzjahre für Deutschland, welches im Jahr 2011 abgeschlossen wurde.[13] Es wurden innerhalb dieses Projekts Testreferenzjahre erstellt, die den Klimawandel anhand aller für Deutschland zur Verfügung stehenden Klimaprojektionen der Regionalmodelle abbilden. Diese „neuen" Testreferenzjahre wurden zusätzlich um ein Modul erweitert, welches die städtische Wärmeinsel in Ballungsräumen abbildet. Für die Generierung von Zeitreihen für gegenwärtige und zukünftige mikroklimatische Zustände der drei betrachteten Standorte wurde dieses Tool verwendet.

Als Parameter zur Erstellung von standortabhängigen Datensätzen für in Kassel gelegene Orte wurde mit Hilfe des Stadtklimatools die TRY-Region 07, die Einwohnerzahl 200.000 und für den Standort Fasanenhof ein mittleres Stadtgebiet, Standort Stiftsheim der Stadtrand und Standort OVM Schule die eng bebaute Innenstadt gewählt.

4 Untersuchungen von Maßnahmen zur Sicherstellung behaglicher Raumklimata

Basierend auf den Untersuchungen zum zukünftigen thermischen Verhalten der betrachteten Räume wurden verschiedene technische und nichttechnische Maßnahmenvorschläge zur Verbesserung, vor allem des thermischen Raumklimas untersucht. Es sollten Maßnahmen zum Einsatz kommen, welche als umweltgerecht eingestuft werden können.

Bei der Identifizierung von geeigneten Maßnahmen muss unterschieden werden, ob es sich bei dem betrachteten Objekt um einen Neubau oder um ein bestehendes Gebäude handelt. Verschiedene anlagentechnische Konzepte sind bei einem Neubau durchführbar, welche für ein zu sanierendes Gebäude nur unter großem Aufwand möglich und zudem meist mit hohen Kosten verbunden sind. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von thermischer Bauteilaktivierung, die i.d.R. über den Boden oder die Decke zu realisieren ist. Während diese bei einem Neubau in die

[13] BBR et al. 2011.

Deckenplatte integriert werden kann, muss bei einer nachträglichen Installation in einem bestehenden Gebäude die Decke (oder der Fußboden) erhöht werden. Dies zieht Folgekosten, wie die Kürzung von Türblättern oder das Versetzen der Türstürze nach sich.

Soll die Einbindung einer Bauteilaktivierung über die Decke erfolgen, muss beachtet werden, dass in vielen Schulen „abgehängte" Decken vorhanden sind und dort Versorgungsleitungen liegen. Zudem können akustische Probleme in den Räumen auftreten, wenn die Absorberfläche nicht mehr ausreichend groß ist.

Eine weitere technische Maßnahme kann die solare Kühlung darstellen. Das noch zu Beginn des Projektes propagierte umweltgerechte Klimatisierungsverfahren erweist sich in der Umsetzung bei den bestehenden Anlagentechniken der ausgewählten Objekte als nicht sehr sinnvoll. Damit dieses System energieeffizient arbeitet, muss eine hohe Deckungsrate für die solare Kühlung, aber auch für die solare Beheizung gegeben sein. In der Schule stellt dies ein Problem dar, denn vor allem in der Zeit mit der potentiell höchsten Effizienz, nachmittags und in den Sommermonaten, werden die Räume nicht genutzt (Sommerferien). Zudem müssen weitere anlagentechnische Komponenten, wie ein ausreichend großer Pufferspeicher vorhanden sein, um die gespeicherte Energie am nächsten Tag zu nutzen. Ausreichend große Installationsflächen für die Absorber sind ebenfalls eine Voraussetzung.

Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung von technologischen Konzepten, die auch bei den zu erwartenden Klimaveränderungen einen ausreichenden Komfort innerhalb von Gebäuden ermöglichen. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wurde auf dem Simulationsweg überprüft. Es wurden Simulationsmodelle erstellt und das Nutzerverhalten damit anhand der an den Objekten in der Periode 2009/2010 gemessenen Innenraumtemperaturen validiert. Unter Verwendung der erstellten Simulationsmodelle und der prognostizierten Klimadaten konnten Vorhersagen für das zukünftige thermische Verhalten in den Räumen getroffen werden.

Mit Hilfe des zuvor beschriebenen Stadtklimatools[14] wurden jeweils 4 neue Klimadatensätze pro Standort erzeugt. Die Bezeichnung für die erstellten standortbezogenen Testreferenzdatensätze lautet:

TRY 2010 (Testreferenzjahr aus Klimaperiode von 1988 bis 2007) – Jahresdaten

TRY 2010SOM – extrem warmer Sommer

TRY 2035 – Jahresdaten des prognostizierten Klimas

[14] BBR et al. 2011.

TRY 2035SOM – extrem warmer Sommer des prognostizierten Klimas

Als Maß zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit im Sommer in einem Raum sind unbehaglich hohe Raumtemperaturen von Bedeutung. Neben der Häufigkeit des Überschreitens einer definierten Raumtemperatur muss auch die Höhe mit einbezogen werden. Hierzu dienen die Übertemperaturgradstunden Gh_{26}.[15]

Abbildung 3 erläutert grafisch die Berechnungsweise der Übertemperaturgradstunden Gh_{26}. Diese berechnen sich wie folgt:

$$Gh_{26} = \sum_{i=1}^{8760h} (\theta_0 - 26°C)|_{pos} \cdot 1\,h.$$

Dabei wird aus einem vorgegebenen Grenzwert (in Abbildung 3 sind es 26°C) und der empfundenen Raumtemperatur (operative Temperatur) die positive Temperaturdifferenz sowie die Zeit der Überschreitung errechnet.

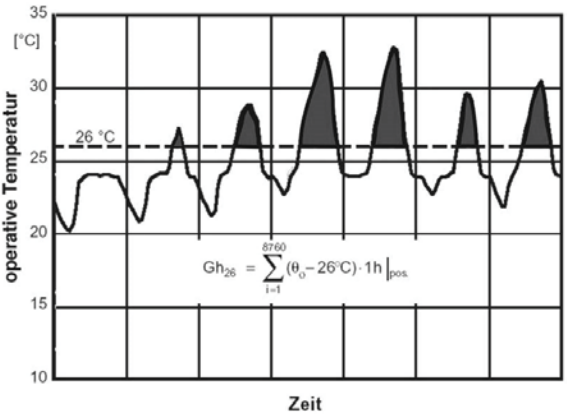


Abbildung 3: Berechnung der Übertemperaturgradstunden

Die Berechnung der operativen Temperatur θ_O ist nach der entsprechenden DIN[16] wie folgt definiert:

$$\theta_O = \frac{\theta_a + \theta_r}{2}$$

[15] Hauser Otto 1997.
[16] DIN EN 13779: 2007-09.

Dabei ist θ_a die Raumlufttemperatur und θ_r die mittlere Strahlungstemperatur aller Oberflächen (Wände, Fußboden, Decke, Fenster, Heizkörper usw.) bezogen auf den betrachteten Ort im Raum.

Der erste Arbeitsschritt ist die Anpassung des gebäudetechnischen Simulationsmodells und die Integration der nutzungs- oder anlagentechnischen Komponenten innerhalb der Maßnahmen für die unterschiedlichen Standorte.

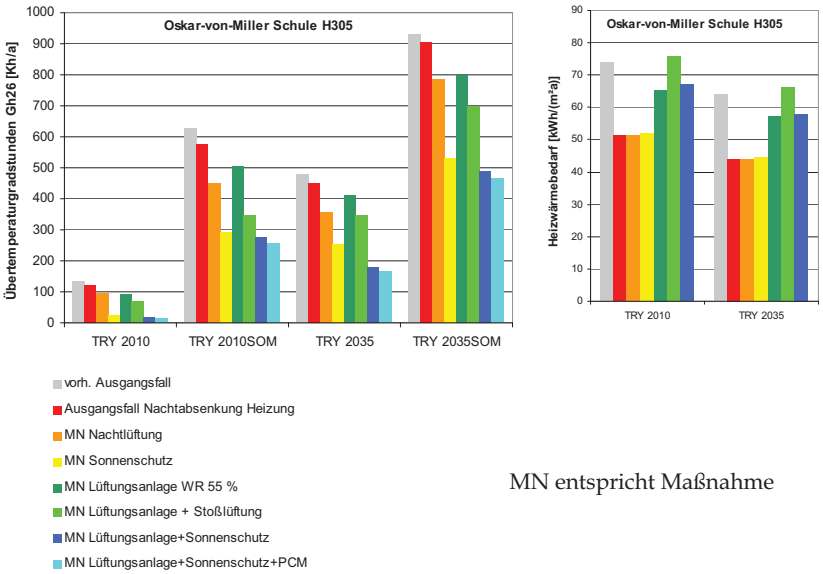


Abbildung 4 Links: Übertemperaturgradstunden während der Nutzungszeit für den Klassenraum H305 der Oskar-von-Miller Schule für verschiedene Maßnahmen unter Verwendung der gegenwärtigen und zukünftigen mittleren sowie der extrem warmen sommerbezogenen Testreferenzdatensätze; rechts: Ergebnisse Heizwärmebedarf während der Nutzungszeit für den Klassenraum H305 der Oskar- von- Miller Schule für verschiedene Maßnahmen unter Verwendung der gegenwärtigen und zukünftigen mittleren sowie der extrem warmen sommerbezogenen Testreferenzdatensätze.

Der „vorh. Ausgangsfall“ für den Klassenraum H305 der OMV beschreibt hierbei die vorgefundenen Randbedingungen ohne Nachtabsenkung der Raum-Solltemperatur während der Nachtstunden (Abbildung 4). Durch diese Maßnahme der Nachtabsenkung der Heizung um bis zu 3 K ist bereits eine geringe Reduzierung der Temperaturen über 26°C zu erkennen. Diese treten vor allem in der Übergangszeit der Heizperiode ein, wenn es zu einer Erwärmung im Raum während des Tages kommt und diese thermische Energie während der Nachtstunden nicht abgegeben werden kann, da bereits wieder geheizt wird. Die mit „Nachtlüftung“ gekennzeichnete Maßnahme liefert ebenfalls eine geringe Reduzierung der Temperaturen über

26°C. Für eine gute Funktionsweise zur nächtlichen Auskühlung ist die thermisch aktivierbare Speicherkapazität des Klassenraums von entscheidender Bedeutung. Diese bestimmt, wie viel thermische Energie im Laufe einer Nacht den Bauteilen tatsächlich entzogen werden kann. Sie ist von den Materialeigenschaften und vom Wärmeübergang zwischen Luft- und Bauteil abhängig. Der nur mäßige Einfluss dieser Maßnahme resultiert im vorliegenden Klassenraum aus den wenig vorhandenen Speichermassen.

Die Maßnahme Sonnenschutz hat allein betrachtet das größte Potential zur Reduzierung der Raumtemperaturen. Über Wetterprognosen werden strahlungsreiche Tage (Tage mit potentiell hohen Temperaturen) identifiziert und der Sonnenschutz bleibt während des gesamten Tages (von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang) automatisch gesteuert geschlossen. Es ergeben sich höhere Energiebedarfe durch Beleuchtung und daraus resultieren geringfügig höhere interne Wärmequellen.

Die Installation der Lüftungsanlage (MN Lüftungsanlage WR 55%) reduziert die Temperaturen über 26°C gegenüber dem Ausgangsfall nur gering. Jedoch wird gegenüber den Vorgängervarianten bei dieser Maßnahme die lufthygienische Komponente positiv beeinflusst. Durch den konstanten Außenluftwechsel der Anlage wird ein CO_2-Wert erreicht, der (bei einer Schülerzahl von rd. 20) unter dem kritischen Wert von 1500 ppm liegt. Dies gilt für den Sommer- und den Winterfall. Durch die Durchführung einer zusätzlichen Stoßlüftung (zusätzlich zum Betrieb der Lüftungsanlage) mit hohem Luftwechsel in den Pausen wird die Anzahl der Stunden über 26°C sowie der CO_2-Gehalt der Innenluft reduziert.

Die vorletzte Variante sieht die Installation einer Lüftungsanlage sowie eines Sonnenschutzes vor, welcher abhängig von der Wettervorhersage für einen strahlungsreichen Tag in der warmen Jahreszeit vorzeitig schließt. Durch diese Maßnahmen sinkt die Anzahl der Übertemperaturgradstunden. In der letzten Variante (MN Lüftungsanlage+Sonnenschutz+PCM) wird zusätzlich zu den vorher beschriebenen Maßnahmen im Zuluftkanal der Lüftungsanlage ein Latentwärmespeicher in Form eines PCM eingebaut. Ein Wärmespeicher soll zu Zeiten eines Überangebots Wärme aufnehmen, um diese zu einem späteren Zeitpunkt abzugeben. Latente Wärme ist die Wärme, die einem Medium zugeführt oder entzogen werden muss, um einen Phasenwechsel zu bewirken (z.B. fest zu flüssig). Vorteile bei der Nutzung latenter Wärme sind die höhere Energiedichte und die konstante Temperatur während des Phasenwechsels. Durch die Verwendung des PCM im Lüftungsgerät können durch Wärmespeicherung die Temperaturspitzen und somit die sommerliche Überhitzung reduziert werden. Der Entladungsvorgang erfolgt nachts durch einen aktiven Betrieb der Lüftungsanlage außerhalb der Nutzungszeit.

Durch die Installation einer Lüftungsanlage erhöht sich der Heizwärmebedarf gegenüber dem betrachteten Ausgangsfall, in dem der Luftaustausch mit der Außenluft über das Fensterlüften realisiert wurde. Die Lüftungsanlage stellt den Nutzern im Raum einen gleichbleibenden Außenluftvolumenstrom zur Verfügung, dieser Luftvolumenstrom ist höher, als er über das Fensterlüften im Winter realisiert werden kann. Daher erhöht sich der Heizwärmebedarf bei der Nutzung einer Lüftungsanlage (Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung von 55%) gegenüber einer Fensterlüftung (aufgrund der höheren Lüftungswärmeverluste). Durch den Einbau einer Lüftungsanlage wird die CO_2-Konzentration während des Aufenthalts der Personen auf einen Wert unter 1500 ppm, der ein konzentriertes und leistungsfähiges Lernen im Sommer und Winter gewährleistet, reduziert.

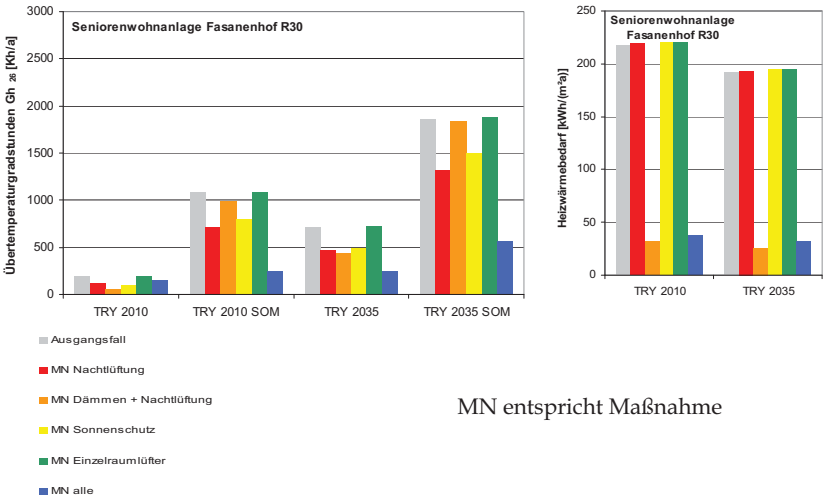


Abbildung 5 Links: Ergebnisse Übertemperaturgradstunden während der Nutzungszeit für das Bewohnerzimmer R30 der Seniorenwohnanlage Fasanenhof für verschiedene Maßnahmen unter Verwendung der gegenwärtigen und zukünftigen mittleren sowie der extrem warmen sommerbezogenen Testreferenzdatensätze; rechts: Ergebnisse Heizwärmebedarf während der Nutzungszeit für das Bewohnerzimmer R30 der Seniorenwohnanlage Fasanenhof für verschiedene Maßnahmen unter Verwendung der gegenwärtigen und zukünftigen mittleren sowie der extrem warmen sommerbezogenen Testreferenzdatensätze.

In der Abbildung 5 ist die Anzahl der Übertemperaturgradstunden Gh_{26} für verschiedene Klimaszenarien und der Einfluss von unterschiedlichen Maßnahmen für ein Bewohnerzimmer (R30) in der Seniorenwohnanlage Fasanenhof dargestellt. Durch die in der ersten Maßnahme realisierte Nachtlüftung (MN Nachtlüftung) reduziert sich die Anzahl der Übertemperaturgradstunden Gh_{26} um rd. 30% gegenüber dem Ausgangsfall. Die Maßnahme MN Dämmen + Nachtlüftung beinhaltet das Dämmen aller Bauteile und den Austausch der Fenster nach aktuellen

Vorschriften[17] und zusätzlich die Durchführung der Nachtlüftung. Durch diese Maßnahme reduziert sich der Heizwärmebedarf um rd. 80% gegenüber dem Ausgangsfall. Gleichermaßen steigt die Anzahl der Übertemperaturgradstunden in diesem Szenarium wieder an. Die Ergebnisse der Gh_{26} für die Simulation des automatisch schließenden Sonnenschutzes (MN Sonnenschutz) liegen in der Größenordnung der Maßnahme Nachtlüftung.

Weiterhin wird der Einfluss einer dezentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung auf das thermische Verhalten im Sommer und Winter in der Variante MN Einzelraumlüfter überprüft. Der Heizwärmebedarf und die Anzahl der Übertemperaturgradstunden Gh_{26} ändern sich in dieser Variante gegenüber dem Ausgangsfall nur gering. In der letzten simulierten Variante (MN alle) werden die zuvor erläuterten Maßnahmen in ihrer Gesamtwirkung betrachtet. In dieser Variante liegt sowohl der Heizwärmebedarf als auch die Anzahl der Übertemperaturgradstunden Gh_{26} unter den Werten des Ausgangsfalls. Diese Maßnahme wird als Empfehlung für die Umsetzung gegeben.

5 Umsetzungsmöglichkeiten und Umsetzungsverbund Raumklima

Bei der Modernisierung von Schulbauten müssen alle Raumklimakomponenten überprüft und ggf. verbessert werden. Dies sind neben der Energieeinsparung das thermische Raumklima sowie die Verbesserung der Raumluftqualität, der Raumakustik und der Beleuchtung. Die Untersuchungen des Teilprojektes beschäftigten sich vor allem mit der Verbesserung der thermischen und lufthygienischen Komponenten. Die (freiwillige) Anforderung an Schulen lautet: der CO_2-Gehalt der Innenraumluft soll einen Grenzwert von 1500 ppm nicht überschreiten und die Innenraumtemperatur sollte nicht über 26°C steigen oder 6 K unter der der Außenluft (bei mechanisch gekühlten Gebäuden) liegen.

Ohne entsprechende Lüftungsmaßnahmen übersteigt erfahrungsgemäß die CO_2-Konzentration der Innenluft nach ca. 35 Minuten den Grenzwert. Durch Simulation wird die Maßnahme mit dem größten Potential an Reduzierung der Temperatur und Optimierung der lufthygienischen Komponente identifiziert. Die Automatisierung der außenliegenden Verschattung, die Installation einer präsenz- und tageslichtabhängigen dimmbaren Beleuchtung in Verbindung mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und integrierten PCM zeigt das Minimum an Übertemperaturgradstunden. Für den Klassenraum H305 wurden folgende Umsetzungsmaßnahmen vorgeschlagen:

[17] EnEV 2009.

- Einbau einer Lüftungsanlage mit einem Außenluftvolumenstrom von 25 m^3/h pro Person und integriertem PCM,
- Automatisierung der vorhandenen Sonnenschutzvorrichtung,
- Installation einer präsenz- und tageslichtabhängigen dimmbaren Beleuchtung.
- Zusätzlich: Durchführung von CO_2-, Lufttemperatur- und Feuchtemessungen sowie Befragungen zur thermischen Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit in dem ausgewählten Klassenraum H305 sowie einem Referenzraum. Einbeziehung der Schülerinnen und Schüler und Lehrerinnen und Lehrer der OMV in den Projektablauf.

An einen Raum in einem Altenpflegeheim wird hinsichtlich der Raumluftqualität keine besondere Anforderung gestellt. Anforderungen an das thermische Raumklima gelten nach Vereinbarung oder nach Arbeitsstättenverordnung für die dort arbeitenden Pflegekräfte. An den Wartungswert der Beleuchtungsstärke wird ebenfalls keine Anforderung formuliert. Bei der Durchführung von baulichen Maßnahmen ist die Energieeinsparverordnung einzuhalten. Diese formuliert Anforderungen an den sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz. Altenwohnheime werden in der EnEV 2009 als Wohngebäude betrachtet.

- Wärmeschutz der Außenbauteile nach EnEV und Einbau von Fenstern mit Wärmeschutzglas,
- Installation einer außen liegenden automatisch betriebenen Sonnenschutzvorrichtung,
- Einbau einer Lüftungsanlage mit integrierten PCM für den Aufenthaltsraum, Einbau eines Einzelraumlüfters im Bewohnerzimmer.

Zur Überprüfung der Effizienz der Maßnahmen in diesen Räumen und entsprechenden Referenzräumen sollten Messungen der CO_2-Konzentration, der Lufttemperatur- und Luftfeuchte sowie Befragungen zur thermischen Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit durchgeführt werden.

Im Sommer 2011 wurde der Umsetzungsverbund „Raumklima“ mit dem Ziel gegründet, die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen in der Schule und in den Altenwohnheimen voranzutreiben. Dieser hat sich in regelmäßigen Abständen getroffen. Für die Umsetzungsmaßnahmen in der OMV kann hier ein Erfolg verzeichnet werden. Die Firma Trox GmbH hat nach Initiative durch die Mitarbeiter des Projektes zugesagt, für die Untersuchung vier Schoolair Lüftungsgeräte zur Verfügung zu stellen. Zwei dieser Lüftungsgeräte werden mit PCM ausgestattet und zwei ohne, um vergleichende Untersuchungen in zwei Klassenräumen zur Wirksamkeit des PCMs durchführen zu können. Die Auswertung zur Effizienz des PCM wird u.a. auch durch Projektarbeiten der Schülerinnen und Schüler der

OMV erfolgen. Die Ergebnisse der Untersuchung werden in die Lehrinhalte der Schule einfließen.

Weiterhin wurden Schulungsmaterialien erarbeitet, welche einen guten Überblick über das Thema bieten. Des Weiteren erfolgte die Klärung der rechtlichen Fragestellung durch die Mitarbeiterinnen des Teilprojektes „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen“.[18] Die Klärung der gesundheitlichen Fragestellung geschah durch die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Teilprojektes „Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken“.[19]

6 Umsetzungsempfehlungen für die untersuchten Objekte

6.1 Empfehlungen für die Oskar-von-Miller Schule

Bei der Durchführung von Maßnahmen sind die Anforderungen, welche sich aus der Energieeinsparverordnung ergeben, einzuhalten. Diese formuliert Anforderungen an den sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz. Die Einhaltung des Brandschutzes ist ebenfalls zu beachten.

Die energetische Sanierung der Außenbauteile ist in der untersuchten Schule bereits vollzogen, weshalb für diese keine Vorschläge zur Verbesserung getroffen werden. Generell sind jedoch zuerst energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle zu tätigen.

Die Anforderung an den Wartungswert der Beleuchtungsstärke beträgt nach DIN EN 12464-1:2011-08 für Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen E_m = 300 lx und für Unterrichtsräume für Abendklassen und Erwachsenbildung E_m = 500 lx.

Es soll eine tageslichtabhängige Allgemeinbeleuchtung durch dimmbare Lichtbänder mit EVG-Lampen realisiert werden. Diese ergänzen das einfallende Tageslicht bis zum optimalen geforderten Niveau des Bemessungswertes der Beleuchtungsstärke. Gesteuert wird die Helligkeit der Beleuchtung über einen Lichtsensor und einen Sensor für die Anwesenheit von Personen, die Wiedereinschaltung des Lichtes erfolgt manuell.

Der Sonnenschutz sollte außenliegend mit einer Lichtlenk-Funktion der Lamellen ausgestattet werden. In Abhängigkeit von der Raumbelegung und der Innenraumtemperaturen werden die Lamellen durch eine automatische Steuerung nur teilweise oder ganz geschlossen, um die Wärmequelle der solaren Strahlung zu mi-

[18] S. Kap IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.
[19] S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.

nimieren und gleichzeitig einen hohen Tageslichtanteil zu ermöglichen, um so einen ausreichenden visuellen Komfort zu gewährleisten.

Mit der Ausführung einer Beleuchtungskontrolle mit Präsenzmelder und einer automatischen Kontrolle, welche die künstliche Beleuchtung in Abhängigkeit vom zur Verfügung stehenden Tageslicht steuert (tageslichtabhängig gedimmt und manuell wieder einschalten) wird der geringste Energiebedarf (und damit interne Wärmequelle) im Vergleich zu den anderen Systemen erzielt. Durch die Verwendung des lichtlenkenden Systems wird der Energiebedarf der Beleuchtung erhöht, aber die solaren Wärmequellen werden z.B. gegenüber dem Nichtvorhandensein eines Sonnenschutzes erheblich reduziert. Es muss somit ein Kompromiss zur Herstellung der visuellen Behaglichkeit durch die vorhandenen Verschattungselemente und der Beleuchtung gefunden werden, welcher den thermischen Komfort ebenfalls mit berücksichtigt.

Als weitere Maßnahme die Verschattung betreffend, wird diese schon in den Morgenstunden vor Sonnenaufgang durchgeführt oder es wird hierbei durch die Schiefstellung der Lamellen ein Teil des diffusen Lichtes hereingelassen und auch während des Tages nicht vollständig geöffnet, wenn durch die Wettervorhersage ein warmer (strahlungsreicher) Tag vorher gesagt wird. Ebenfalls wird der Sonnenschutz weiterhin strahlungsabhängig bei einem bestimmten Grenzwert während des Tages schließen, falls dies nicht durch die Wettervorhersage am Morgen geschehen ist.

Weitere interne Wärmequellen für die Energiebilanz des Raumes stellen die anwesenden Personen, in diesem Fall die Schülerinnen und Schüler und Lehrerinnen und Lehrer, und ihrer elektronischen Geräte (Laptops), dar. Die Belegungsdichte in einem regulären Klassenraum ist relativ hoch, so beträgt z.B. die mittlere maximale Belegungsdichte nach DIN V 18599:2007-02 Teil 10 für ein Gruppenbüro 14 m^2/Person, während es für einen Klassenraum 3 m^2/Person sind. Dementsprechend hoch sind die internen Wärmequellen für den Klassenraum.

Für den Übergang zwischen den Jahreszeiten wurde eine Reduzierung der Überwärmung durch die Realisierung der Nachabsenkung der Heizung in den Klassenräumen ermittelt: In den Klassenräumen sind keine von den Schülern zu regelnden Heizkörperventile vorhanden, vielmehr wird die Raum-Solltemperatur über ein Thermostat erfasst und automatisch geregelt. Im Winter stellt sich häufiger die Situation ein, dass es den Schülern und Lehrenden zu warm ist. Eine Temperaturänderung im Innenraum ist dann nur über Fensterlüften möglich. Die Möglichkeit des selbstständigen Regelns der Raumtemperatur durch die Anwesenden kann dann zu einer Temperaturreduzierung führen. Der Heizenergiever-

brauch wird verringert und in den Übergangszeiten kommt es zu einer Reduzierung der Überwärmung durch die Realisierung der Nachtabsenkung.

In dem Klassenraum H305 wird der Einsatz einer dezentralen RLT-Anlage vorgeschlagen, vor allem vor dem Hintergrund, dass sich die Schule aufgrund der innerstädtischen Lage an einer stark befahrenen Straße befindet und der Schallpegel bei geöffnetem Fenster hoch ist. Schulisches Lernen beruht in hohem Maße auf mündlicher Kommunikation, somit beeinträchtigen akustische Störfaktoren dieses und können zudem einen Belastungsfaktor im Hinblick auf die allgemeine Behaglichkeit darstellen.

Wird eine RLT-Anlage geplant, so sind neben den gültigen Bauordnungen die Normen DIN EN 15251:2008-08, DIN EN 13779:2007-09 und die VDI 6040:2011-06 Blatt 1 relevant. Für ventilatorgestützte Lüftungsanlagen kann nach DIN EN 13779:2007-09 der Außenluftvolumenstrom dimensioniert werden. Durch den Einbau einer ausreichend dimensionierten Lüftungsanlage wird die CO_2-Konzentration der Innenraumluft im Sommer und Winter auf einem Wert unter 1.500 ppm bei normalem Nutzerverhalten gehalten. Zusätzlich wird eine Stoßlüftung mit erhöhtem Luftwechsel während der Pausen durchgeführt, wenn die Außenlufttemperatur während des erhöhten Luftwechsels unter denen der Innenraumlufttemperatur liegt und dadurch nicht zusätzlich ein Wärmeeintrag stattfindet. Die weitere noch beschriebene Maßnahme ist der Einbau von PCM in den Wärmetauscher der Lüftungsanlage, welche durch ihre Materialeigenschaften dazu beitragen sollen, die Spitzenwerte der Innenraumluft zu reduzieren. Dies wird messtechnisch in einem Klassenraum und einem Referenzraum der OMV überprüft.

6.2 Empfehlungen für Altenpflegeheime

Bei der Durchführung von baulichen Maßnahmen ist die Energieeinsparverordnung [EnEV 2009] einzuhalten. Diese formuliert Anforderungen an den sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz. Altenwohnheime werden in der EnEV als Wohngebäude betrachtet. Des Weiteren gilt die Heimstättenverordnung.

An einen Raum in einem Altenpflegeheim wird hinsichtlich der Raumluftqualität keine weitergehende Anforderung gestellt. Anforderungen an das thermische Raumklima gelten nach Vereinbarung oder nach Arbeitsstättenverordnung für die dort arbeitenden Pflegekräfte. An den Wartungswert der Beleuchtungsstärke wird ebenfalls keine Anforderung formuliert.

Zuerst sind Maßnahmen zu ergreifen, um den Heizwärmebedarf zu senken. Für die Gebäudehülle bedeutet dies geeignete Dämmmaßen von Dach, Kellerdecke und Außenwand nach EnEV 2009 durchzuführen. Ebenso bietet der Einbau neuer

Fenster mit Zweischeiben -Wärmeschutzverglasung Energieeinsparpotential gegenüber der bestehenden Isolierverglasung, dies gilt generell für Gebäude.

Die Aufenthaltszeit im Bewohnerzimmer ist abhängig vom Verhalten des Nutzers. Die dort wohnende Person kann sich den ganzen Tag, ausgenommen die Zeit während des Essens, dort aufhalten. Oder sie verbringt viel Zeit außerhalb des Raumes, evtl. hält sie sich tagsüber im Aufenthaltsraum auf. Das Nutzerverhalten für unterschiedliche Bewohnerräume kann demnach sehr unterschiedlich sein. In jedem Fall verbringt sie die Nacht in dem Raum, weshalb dieser Zeitraum ebenfalls zu berücksichtigen ist. Durch den prognostizierten Anstieg der Temperaturen und der stärkeren nächtlichen Überwärmung besonders in städtischen Gebieten, kann die thermische Behaglichkeit im Sommer in Schlafräumen Einfluss auf den Schlaf und auf die Gesundheit der Bewohner nehmen.

Die Maximalwerte der Lufttemperaturen werden während des Tages gemessen, in den Nachtstunden kann es aber ebenfalls noch unangenehm warm im Raum sein. Dies ist besonders in Städten der Fall. Der Einfluss der städtischen Wärmeinsel tritt am stärksten während der Nachtstunden auf. Weil die städtischen Oberflächen die Wärme tagsüber speichern, und diese dann zeitversetzt in den Nachtstunden wieder an ihre Umgebung abgeben.

Um einer Überhitzung der Räume entgegen zu wirken wird der Einsatz von außenliegenden Sonnenschutzelementen empfohlen. Dort wo bisher keine oder nur innenliegende Rollos vorhanden sind, sollten außenliegende Verschattungen aufgrund ihres höheren Wirkungsgrades eingebaut werden.

Eine wichtige Maßnahme ist das Schließen der außenliegenden Verschattung und das Reduzieren sonstiger interner Wärmequellen, soweit dies möglich ist, um von vorneherein die Aufheizung des Innenraums zu beschränken. Aus diesem Grund wird die Automatisierung für das Schließen des Sonnenschutzes in Abhängigkeit der Solareinstrahlung und bei Vorankündigung eines potentiell heißen Tages empfohlen. Zu den internen Wärmequellen zählt ebenfalls die Beleuchtung, deren Einschaltdauer an Tagen mit hoher solarer Einstrahlung und hohen Temperaturen reduziert werden sollte. Weiterhin sollten effiziente Leuchten verwendet werden, die eine hohe Lichtausbeute und weniger Wärmeentwicklung aufweisen.

In der Regel ist es im Sommer draußen nachts kühler als im Raum, weshalb eine erhöhte Nachtlüftung praktiziert werden sollte. Häufig wird eine vollständige Verdunkelung des Raumes oder ein vollständiges Schließen der Fenster während der Nachtstunden gewünscht, was der Nachtlüftung entgegensteht. Hierbei sollte mindestens die außenliegende Verschattung etwas geöffnet und das Fenster gekippt sein, um einen ausreichenden Außenluftvolumenstrom herbeizuführen. Um

das Dilemma welches sich aus Verschattung und gekippten Fenster ergibt zu umgehen, wird der Einbau eines Einzelraumlüfters für das Bewohnerzimmer vorgeschlagen. Dieser versorgt den Raum mit dem hygienisch mind. notwendigen Außenluftvolumenstrom von 0,4 h^{-1}, im Winter mit Wärmerückgewinnung und im Sommer ohne.

Im Aufenthaltsraum befindet sich täglich und den ganzen Tag über eine erhebliche Anzahl von Personen. Die zu empfehlenden Maßnahmen sind denen des Klassenzimmers ähnlich. Lediglich der Vorschlag für die Art und Weise der Beleuchtung könnte aufgrund fehlender Vorgaben weggelassen werden. Allerdings ist dieser auch hier sinnvoll. Eine außenliegende Verschattung ist bereits installiert. Es wird angeregt diese strahlungsabhängig und vorrausschauend zu betreiben.

Eine Differenzierung zwischen den beiden Nutzungen wird hinsichtlich der Installation von Lüftungsanlagen vorgenommen. Im Bewohnerzimmer ist ein Einzelraumlüfter ausreichend, während der Luftvolumenstrom im Aufenthaltsraum aufgrund der größeren Anzahl von Personen höher sein muss. Es wird aber ebenso ein dezentrales Gerät zur nachträglichen Installation vorgesehen, der Außenluftvolumenstrom wird für 25 m^3/h pro Person bemessen. Mit Hilfe des Lüftungsgerätes ist ebenso eine unkomplizierte Durchführung der Nachtlüftung möglich. Im Winter läuft die Anlage mit Wärmerückgewinnung. Im Sommer wird die Wärmerückgewinnung über eine Bypassfunktion umgangen. Hier wird ebenfalls der Vorschlag für den Einsatz von PCM im Lüftungsgerät gegeben.

7 Transfermöglichkeiten in andere Regionen

Die durch das Teilprojekt erzielten Ergebnisse gelten nicht nur spezifisch für die Region Nordhessen, sondern können generell auch auf andere Regionen übertragen werden. Die Transfermöglichkeit der dargestellten Maßnahmen zur Reduktion einer sommerlichen Überwärmung ist somit gegeben. Die Höhe des Einflusses der vorgeschlagenen Maßnahmen ist von der Sommer-Klimaregion abhängig.

In einer Region, in der das sommerliche Außenklima geringere Höchstwerte aufweist als das untersuchte Kasseler Außenklima, beispielweise an der Küste, kann demnach eine geringe Problematik für die sommerliche Überwärmung im Innenraum aufgezeigt werden, weshalb die Wirkung der dargestellten Maßnahmen ebenfalls geringer ausfällt.

In den größeren Städten als Kassel kann die städtische Überwärmung indessen auch höher sein, als im Kasseler Becken. Dies kann folglich eine höhere thermische Unbehaglichkeit in Innenräumen trotz Durchführung aller Maßnahmen zur Folge haben.

8 Ausblick

Es sollte weitere Forschung auf dem Gebiet der besonderen baulichen Anforderungen an Altenwohn- und Pflegeheime die sommerliche Situation betreffend durchgeführt werden. Die vorhandenen Normen und Richtlinien sind in der Regel sehr allgemein gehalten und setzen sich nicht mit den speziellen Bedürfnissen älterer und/oder pflegebedürftiger Menschen auseinander.

Durch den meist sehr langen Prozess der Änderung der Schulbaurichtlinien[20] und der Richtlinien für Pflegeheime entsprechen diese bei Erlass nicht mehr dem aktuellen wissenschaftlichen und technischen Stand.

Die zukunftsorientierte Planung von Bauwerken, speziell die sommerliche Überwärmung betreffend muss stärker forciert werden, um bei höheren prognostizierten Außentemperaturen die Innenraumtemperaturen auf einem akzeptierten Niveau zu halten, dies auch ohne den Einsatz von Klimageräten.

Eine bessere vertikale Transferleistung zwischen Wissenschaftlern und Planern ist eine wichtige Vorrausetzung, um eine Verstetigung der in der Theorie gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis zu gewährleisten.

Literatur

[Arbeitshilfen zum Schulbau 2008] Sekretariat der Kultusministerkonferenz Zentralstelle für Normungsfragen und Wirtschaftlichkeit im Bildungswesen (ZNWB): Arbeitshilfen zum Schulbau, Juli 2008, online verfügbar unter: www.zukunftsraumschule.de.

[BBR et al. 2011] Ein gemeinsames Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) in Zusammenarbeit der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH und dem Deutschen Wetterdienst (DWD): Aktualisierte und erweiterte Testreferenzjahre (TRY) von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse, Offenbach, Bonn 2011, online verfügbar unter: www.bbsr.bund.de.

[DIN EN 13779:2007-09] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme; Deutsche Fassung EN 13779:2007, Berlin: Beuth Verlag, 2007.

[20] Arbeitshilfen zum Schulbau 2008.

[DIN EN 15251:2008-08] DIN EN 15251: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2007, Berlin: Beuth Verlag, 2007.

[DIN EN ISO 15297-4:2005-10] Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung und Darstellung von Klimadaten – Teil 4: Stündliche Daten zur Abschätzung des Jahresenergiebedarfs für Heiz- und Kühlsysteme. Berlin: Beuth Verlag, 2005.

[DIN V 18599:2007-02 Teil 10]: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimazonen. Berlin: Beuth- Verlag, 2007.

[EnEV 2009] EnEV 2009: Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29.4.2009 (EnEV 2009) Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009, Teil 1, Nr. 23., Bundesanzeiger Verlag, 30. April 2009, S. 954.

[Grewe Pfaffenberger 2011] Grewe, H.A.; Pfaffenberger, D.: Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefährdungen in der stationären Altenpflege in: Prävention und Gesundheitsförderung 3, Heidelberg: Springer-Verlage, 2011, S. 192-198.

[Hauser Otto 1997] Hauser, G.; Otto, F: Planungsinstrument für das sommerliche Wärmeverhalten von Gebäuden, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1997.

[Jendritzky 2007] Jendritzky, G.: Folgen für die Gesundheit. In: Endlicher, W., Gerstengarbe, F.- W. (Hrsg.) Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke- . DGfG, PIK, HU Berlin, Potsdam, 2007, S. 108-118.

[Koppe et al. 2003] Koppe, Chr.; Jendritzky, G.; Pfaff, G.: Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit in: Klimastatusbericht 2003, Seite 152 bis 162, Deutscher Wetter Dienst, online verfügbar unter: www.dwd.de.

[Klimafunktionskarte 2009] Klimafunktionskarte Zweckverband Raum Kassel 2009, Auftragnehmer: Universität Kassel, Fachgebiet Umweltmeteorologie, 2010.

[Matovelle 2010] Matovelle, A.: Regionale Klimaprojektionen für Nordhessen – Factsheet 01/1, September 2010.

[Matovelle et al. 2011] Matovelle, A.; Rötzel, S.; Simon, K.H.: Teil 4: Charakterisierung vergangener Extremereignisse in Nordhessen, 2011.

[Olesen 2008] Olesen, B.: Gefährdet das Raumklima unsere Gesundheit? Neue Erkenntnisse über den Einfluss des Raumklimas auf Gesundheit, Komfort und

Leistung, in Umweltbewusstes Bauen. (Hrsg.) Maas, A., Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 417-432.

[VDI 6040:2011-06 Blatt 1] Raumlufttechnik – Schulen – Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien), Berlin: Beuth Verlag, 2011.

Experimentelle Untersuchungen und Demonstration einer solaren Heutrocknungsanlage mit einem neu entwickelten Absorptionssystem

Ulrike Jordan, Mustafa Jaradat, Martin Mützel, Franz Roman, Oliver Hensel, Klaus Vajen

Übersicht

1 Implikationen des Klimawandels ... 451

2 Trocknung von Arzneipflanzen und Heu-Rundballen ... 453

2.1 Stand der Technik und Zielsetzungen ... 453

2.2 Luftverteilung und Trocknungsverhalten von landwirtschaftlichen Produkten in einem Kistentrockner ... 454

2.3 Luftverteilung und Trocknungsverhalten von Heu-Rundballen ... 456

3 Absorptionstrocknungsanlagen ... 459

3.1 Stand der Technik und Zielsetzungen ... 459

3.2 Aufbau und Funktionsweise des Absorptionssystems ... 460

3.3 Zielsetzungen ... 462

3.4 Komponentenentwicklung: Absorber und Regenerator ... 463

3.5 Experimentelle Untersuchungen des Sorptionssystems ... 464

3.6 Numerische Untersuchungen des Wärme- und Stoffübergangs ... 469

4 Demonstrationsanlage zur Heuballentrocknung ... 472

4.1 Der Rundballentrockner ... 472

4.2 Das Trocknungsverfahren und erste Betriebserfahrungen ... 473

4.3 Die thermische Solaranlage ... 473

4.4 Die Sorptionsanlage ... 474

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen ... 478

Literatur ... 479

1 Implikationen des Klimawandels

Im Rahmen des KLIMZUG-Nordhessen-Projekts wurde eine Heutrocknungsanlage entwickelt und getestet. Dabei wurde am Beispiel von Futterheu gezeigt, wie eine solare Trocknungsanlage mit Hilfe eines Absorptionsprozesses unter nordhessischen Klimabedingungen betrieben werden kann. Der Absorptionsprozess

dient dazu, den Feuchtegehalt des Zuluftstroms zur Heutrocknung maßgeblich zu reduzieren und ihn dabei um ca. 10 K zu erwärmen.

Das Projekt ist in doppelter Hinsicht mit dem bereits begonnenen Klimawandel verknüpft. Zum einen ermöglicht es Landwirten, auch bei wechselhaften oder dauerhaft feuchten Wetterlagen landwirtschaftliche Produkte zu gewinnen, die nur getrocknet lagerfähig sind. Zum anderen vermeidet das Verfahren den Einsatz von fossilen Brennstoffen,[1] um den anthropogenen Treibhauseffekt nicht unnötig weiter zu beschleunigen.

Nicht zuletzt ermöglicht das Sorptionstrocknungsverfahren, Zuluft-Temperatur und -Feuchte zu kontrollieren und damit einen effizienteren Trocknungsprozess und eine höhere Produktqualität zu erreichen.

Die Landwirtschaft ist einer der Wirtschaftssektoren, der in hohem Maße direkt vom Klima abhängig und somit unmittelbar vom Klimawandel betroffen ist. Allerdings variieren die Auswirkungen des Klimawandels regional und in Abhängigkeit von der Pflanzenart. Die berechneten Szenarien für die kommenden Jahrzehnte in Nordhessen, die für die Landwirtschaft von besonderem Interesse sind, prognostizieren einen Anstieg der Jahres- und Saisondurchschnittstemperatur sowie einen Rückgang des Niederschlags vor allem im Sommer, einen weiter steigenden Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre und extreme Wetterereignisse.

Diese Veränderungen gehen mit einem früheren Beginn und einem späteren Ende der Vegetationsperiode einher, was insbesondere vorteilhaft für den Anbau von Pflanzen sein kann, die mehrmals jährlich geerntet werden (z.B. Heu, viele Arznei- und Gewürzpflanzen). Andererseits kann die Zunahme von Extremwetterereignissen, wie langen Trockenperioden, die positiven Effekte zu Nichte machen oder insgesamt sogar zu schlechteren Erträgen führen.

Viele landwirtschaftliche Produkte sind in hohem Maße abhängig von der Trocknung zur Konservierung. Frische Produkte, die bei der Ernte einen Feuchtegehalt von über 80% aufweisen, müssen bis zu einem Feuchtegehalt von unter 15% getrocknet werden.[2] Während viele Produkte bei hohen Temperaturen getrocknet werden können, müssen für andere normalerweise niedrigere Temperaturen verwendet werden, damit die Qualität nicht beeinträchtigt wird.[3] Dies trifft auf viele Arznei- und Gewürzpflanzen zu, deren Wert in den wirksamen Inhaltsstoffen liegt, welche unterschiedlich stark thermolabil sind.

---

1 Vgl. Heinzen 2010.
2 Vgl. Wirleiter 2010.
3 Vgl. Nydegger et al. 2009.

Die Produktion von Heu erfolgt üblicherweise während mehrerer Tage auf dem Boden mit Hilfe der Sonne und des Windes, wodurch dieser Prozess aufgrund der Abhängigkeit von den Wetterbedingungen ein großes Risiko birgt. Dies führt zu sehr unterschiedlicher Qualität des Endprodukts. Um eine gewisse Unabhängigkeit vom Wetter und ein konstant qualitativ hochwertiges Produkt zu erhalten, ist die Unterdachtrocknung der Bodentrocknung vorzuziehen. Erstere findet im Anschluss an eine verkürzte Trocknungszeit auf dem Feld statt.

Sowohl Heu als auch viele Arzneipflanzen werden mehrfach während der Vegetationsperiode geerntet. Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode und Erhöhung der Kohlendioxid-Düngung ist es unter Umständen möglich, Ertragssteigerungen zu erreichen, wodurch sich jedoch gleichzeitig der Trocknungsbedarf erhöht.

Trocknungsprozesse, die durch Beheizung mit fossilen Energieträgern erfolgen, sind in der Regel sehr energieintensiv. Der steigende Preis für fossile Brennstoffe reduziert die Wirtschaftlichkeit der Trocknung und erhöht die Attraktivität des Einsatzes erneuerbarer Energien.[4] Trotz einer hohen Anzahl technischer Studien über verschiedene Agrarprodukte hat die Solartrocknung noch einen geringen Stellenwert und beschränkt sich auf wenige Pilotprojekte. Der Hauptgrund dafür sind die natürlichen Schwankungen der Sonnenenergie, die einen kontinuierlichen Trocknungsprozess unter stationären Betriebsbedingungen erschweren. Es bedarf eines ausreichend großen Speichers der Sonnenenergie, um eine kontinuierliche Trocknung während der Nacht und an bewölkten Tagen zu ermöglichen und so eine ausreichende Kapazität und Wirtschaftlichkeit der Trocknungsanlage zu gewährleisten.

2 Trocknung von Arzneipflanzen und Heu-Rundballen

2.1 Stand der Technik und Zielsetzungen

Die Trocknung ist eine der wichtigsten Nachernte-Verfahren für die Konservierung vieler landwirtschaftlicher Produkte. Trocknungsprozesse sind in der Regel die energieintensivsten Prozessschritte der Herstellungskette. Für die Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen sowie anderen Produkten sind chargenweise arbeitende Satztrockner (auch Flächentrockner genannt) weit verbreitet. Die Gründe hierfür liegen hauptsächlich in ihrem einfachen Anlagenaufbau und den geringen Investitionskosten. Diese Trockner werden von Landwirten kleiner und mittlerer Betriebe in erster Linie in Eigenfertigung gebaut oder selbst zusammengestellt.[5] Nachteilig aber ist ihr hoher spezifischer Energiebedarf, der großenteils auf

[4] Vgl. Wirleiter 2010.
[5] Vgl. Noetzel 2006: 1.

eine ungleichmäßige Strömungsverteilung der Luft zurückzuführen ist.[6] Die Trocknungsdauer ist abhängig vom Luftdurchsatz. Zudem ergibt eine ungleichmäßige Luftverteilung eine ungleichmäßige Trocknung.[7] Weitere Untersuchungen berichten über ungleichmäßige Luftverteilung in Flächentrocknern und über andere Trocknerarten für verschiedene landwirtschaftliche Produkte.[8]

Die verbreitete Anwendung von Rundballen und hohe Qualitätsansprüche haben zu einem wachsenden Interesse an der Rundballentrocknung geführt. Allerdings entstehen auch hier Probleme aufgrund einer ungleichmäßigen Strömungsverteilung der Luft im Heuballen. Die Strömungsverteilung wird maßgeblich vom Aufbau des Trockners beeinflusst. In Studien über Rundballentrocknung wurden Untersuchungen an einem einfachen Trockner mit einseitiger Luftzufuhr durchgeführt.[9] Holpp verglich dieses Design mit dem einer doppelseitigen Luftzufuhr, die aber nicht zu einer maßgeblich gleichmäßigeren Strömungsverteilung geführt hat.[10] Brandemuehl et al. stellten Rundballen her, die einen freien Strömungsquerschnitt entlang der Achse besaßen und so eine radiale Luftströmung ermöglichten.[11] Dies führte zu einem gleichmäßigen und beschleunigten Trocknungsprozess im Vergleich zu dem in axial durchströmten Ballen.

Zielsetzungen der Untersuchungen im beschriebenen KLIMZUG-Teilprojekt an Trocknungsgütern waren,

- Strömungsluftverteilungen in herkömmlichen Trocknern für Arzneipflanzen und Heu-Rundballen und
- den Einfluss der Luftverteilung auf die Gleichmäßigkeit der Trocknung zu evaluieren, sowie
- eine verbesserte Stromführung zur Steigerung der Trocknungsleistung zu erproben.

2.2 Luftverteilung und Trocknungsverhalten von landwirtschaftlichen Produkten in einem Kistentrockner

Am Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel wurde eine Feldtestanlage eines Kistentrockners errichtet, die für die Trocknung von Kräutern geeignet ist. Der Trockner besteht aus einem Ventilator, einer Luftzuleitung und einer Luftkammer, auf der 36 Kisten mit perforierten Böden angeordnet sind. Die Anlage ist symmetrisch in zwei Hälften gegliedert. Mit Hilfe von strömungsdynamischen Berechnungen einer kommerziellen Software (dem Computational Fluid Dyna-

6 Vgl. Mellmann, Fürll 2008: 131.
7 Vgl. Brooker et al. 1992: 260.
8 Vgl. Janjai et al. 2006; Mellmann, Fürll 2008; Nagle et al. 2008; Noetzel 2006; Rumsey, Fortis 1984.
9 Vgl. Plue, Bilansky 1991; Chiumenti et al. 1997; Misener, McLeod 1992.
10 Vgl. Holpp 2004.
11 Vgl. Brandemuehl et al. 1988.

mics Tool *Fluent*) wurden Strömungsverteilungen im Trockner untersucht. Die Strömungssimulationen ergaben ungleichmäßige Strömungsverteilungen mit einer üblichen Trocknerkonfiguration (schmaler Eingang mit entsprechend hohen Luftgeschwindigkeiten, siehe Abbildung 1 links).

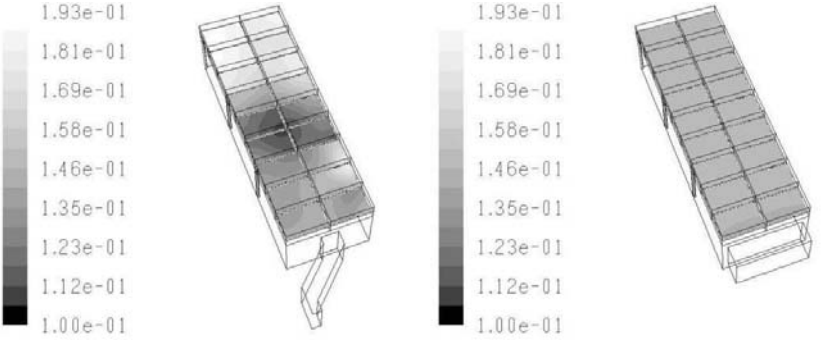


Abbildung 1: Geschwindigkeitsprofile im Kistentrockner mit einer plötzlichen Erweiterung am Lufteintritt (links) und mit einem breiten Eingang (rechts). Angaben der Geschwindigkeiten in m/s.

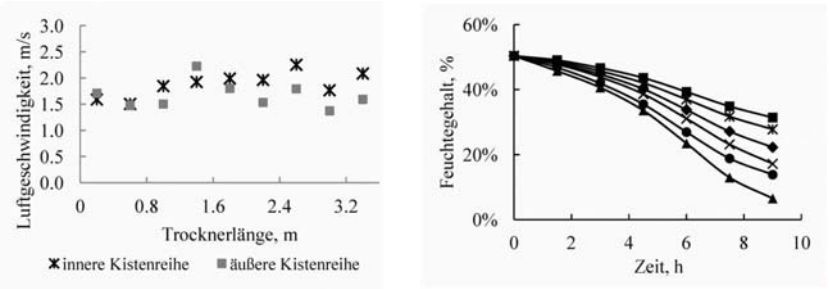


Abbildung 2: Messergebnisse der Geschwindigkeiten (links) und Feuchtegehalte der Trocknungsgüter (rechts) in einzelnen Kisten eines Kistentrockners.

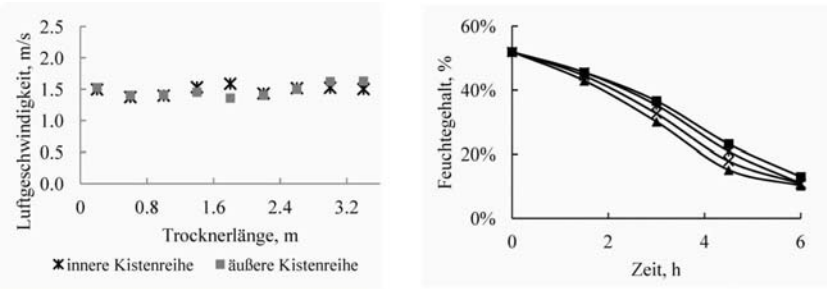


Abbildung 3: Messergebnisse von Geschwindigkeiten (links) und Feuchtegehalten (rechts) in einzelnen Kisten nach Einsatz eines Diffusors.

Dagegen konnten Strömungs- und Trocknungsgeschwindigkeiten durch den Einsatz eines breiteren Lufteintritts zur Luftkammer einander angeglichen werden. Abbildung 1 rechts zeigt das veränderte Strömungsbild. Um dies zu realisieren, wurde ein kurzer Multidiffusor als Übergang zwischen dem Lüfterausgang und der breiteren Luftkammer konstruiert.

Zudem wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Die maximalen Differenzen der gemessenen Luftgeschwindigkeiten und Feuchtegehalte der Trocknungsgüter betrugen über zwanzig Prozentpunkte innerhalb einer Trocknerhälfte (Abbildung 2). Wie erwartet wurde eine sehr hohe Korrelation zwischen den Luftgeschwindigkeiten in den jeweiligen Kisten und den entsprechenden Trocknungsgeschwindigkeiten nachgewiesen.

Messergebnisse einer verbesserten Anlagenkonfiguration sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Differenzen der Luftgeschwindigkeiten und Feuchtegehalte liegen deutlich unter den entsprechenden Werten in Abbildung 2. Alle Kisten wurden nahezu gleichmäßig durchströmt, was eine gleichmäßigere Trocknung zur Folge hat.

2.3 Luftverteilung und Trocknungsverhalten von Heu-Rundballen

Mit Hilfe von Strömungssimulationen und experimentellen Untersuchungen wurde die Belüftung von Rundballen bei verschiedenen Strömungsvarianten untersucht. Die folgenden vier Varianten wurden betrachtet:

1. Die Trocknungsluft strömt von unten durch eine Öffnung mit einem Durchmesser von einem Meter in die Trocknerluftkammer. Der Ballen ist oben abgedeckt, um den Austritt der Luft über die Mantelfläche zu erzwingen.
2. Es wird ein Strömungsquerschnitt mit einem Durchmesser von 20 cm entlang der Ballenachse vorgesehen. Die Öffnung der Luftkammer hat einen Durchmesser von 25 cm, so dass die Luft nur durch die Ballenmitte strömen kann. Die obere Seite des Ballens wird abgedeckt.
3. Wie Variante 1, jedoch mit einer umhüllenden Folie bis zu einer Höhe von 0,5 m.
4. Die Trocknungsluft durchströmt den Heuballen von unten und oben durch Öffnungen mit 1 m Durchmesser.

Abbildung 4 zeigt berechnete Geschwindigkeitsprofile an der Oberfläche der Heuballen für jede Variante. Die erste Variante zeigt einen hohen Gradienten der Strömungsgeschwindigkeiten, der zu einer ungleichmäßigen Trocknung führt. Die übrigen Varianten, insbesondere Variante 2, bewirken geringere Geschwindigkeitsdifferenzen innerhalb Strömung.

Die Trocknungsversuche wurden im Versuchsgelände des Fachgebietes Agrartechnik in einem Prüfstand durchgeführt.

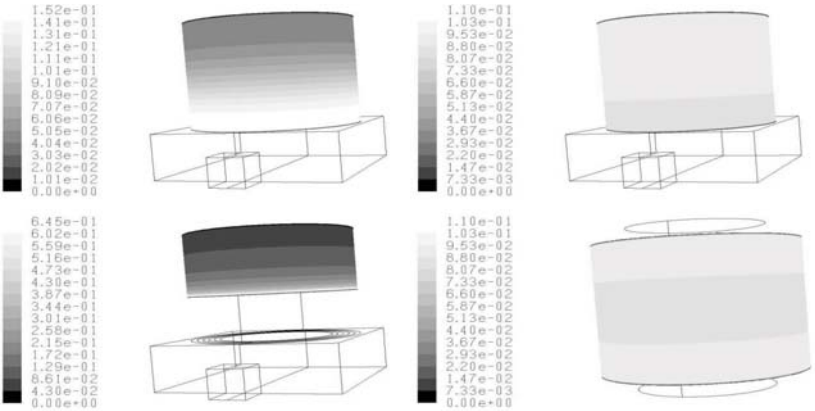


Abbildung 4: Geschwindigkeitsprofile an der Oberfläche des Ballens mit Abdeckung (Variante 1, oben links), mit einem zusätzlichen axialen Strömungskanal (Variante 2, oben rechts), mit einer Umhüllung (Variante 3, unten links) und einer Anströmung von unten und oben (Variante 4, unten rechts).

Messwerte waren der statische Druck in der Luftkammer, Luftgeschwindigkeiten an der Oberfläche des Ballens sowie Temperaturen und Feuchtegehalte des Heus in unterschiedlichen axialen und radialen Positionen. Die Feuchtegehalte wurden anhand von Kernproben vermessen. Temperaturen wurden mit Thermoelementen in einem Zeitintervall von 5 Minuten erfasst.

Es hat sich gezeigt, dass der statische Druck in der Luftkammer aufgrund unterschiedlicher Pressungen der Heuballen stark zwischen den getesteten Ballen variiert. Dies führt zu sehr unterschiedlichen Luftdurchsätzen in den entsprechenden Heuballen. Die gemessenen Drücke betrugen zwischen 760 und 2060 Pascal.

Eine gleichmäßigere Dichteverteilung des Heus innerhalb eines Heuballens wäre vorteilhaft. Simulationsrechnungen haben eine gleichmäßigere Geschwindigkeitsverteilung für homogene Dichten der Heuballen ergeben als die Messungen an realen Heuballen.

Leider konnte eine gleichmäßigere Pressung der einzelnen Heuballen nicht erreicht werden. Alle Ballen zeigten in der Mitte eine wesentlich höhere Press-Dichte im Vergleich zu den beiden Ballenenden, was sich in den Luftgeschwindigkeitsprofilen widerspiegelt (Abbildung 5). So waren die Geschwindigkeiten in der ersten Variante am oberen Ballenende höher als in der Mitte. Dieser Effekt hat sich in

Variante 2 aufgrund der höheren Luftgeschwindigkeitsdifferenzen zwischen den Ballenenden und der Ballenmitte sogar verstärkt.

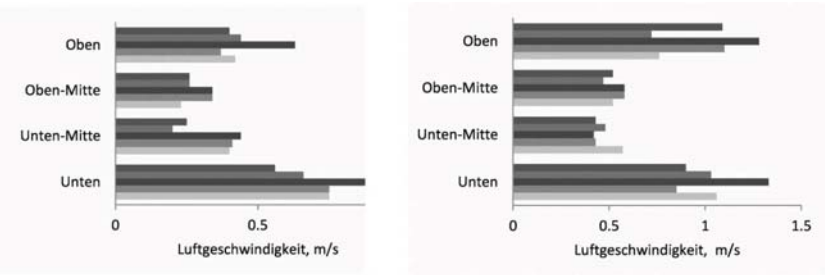


Abbildung 5: Luftgeschwindigkeit an verschiedenen vertikalen Positionen der Oberfläche des Ballens für die erste (links) und zweite (rechts) Trocknervariante.

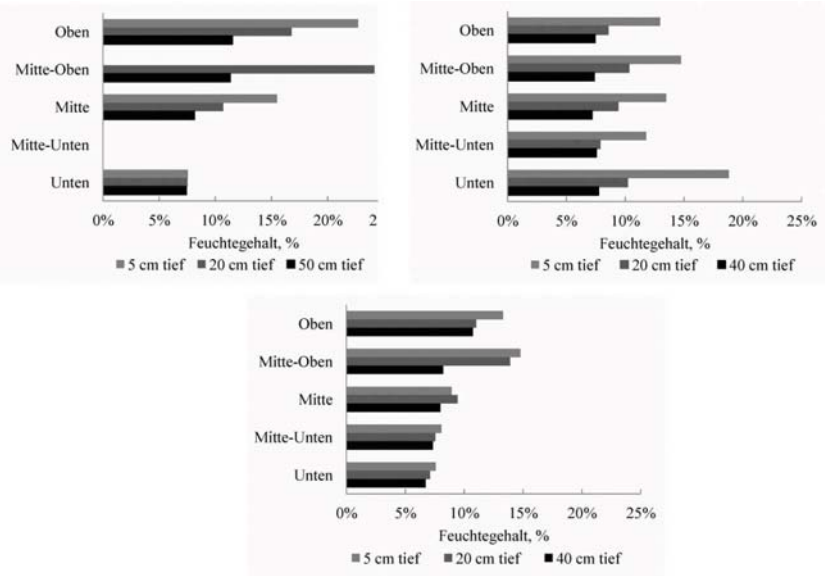


Abbildung 6: Restfeuchten im Ballen in verschiedenen axialen Positionen bei der ersten (oben links), zweiten (oben rechts) und dritten Variante (unten).

Wärmebilder der Oberflächentemperaturen der Ballen zeigten, dass wenige Stunden nach Beginn der Trocknung die Zonen nahe am Lufteingang (erste Variante) bzw. die Zonen mit geringerer Pressdichte (zweite Variante) vollständig getrocknet waren. Der Fortschritt der Trocknung außerhalb dieser Zonen erfolgte erheblich langsamer.

Durch die Durchströmung der Trocknungsluft von bereits getrockneten Zonen wird der gesamte Trocknungsvorgang ineffizient. So entsprach das Trocknungs-

profil der mit der zweiten Variante getrockneten Heuballen weitgehend dem Dichteprofil des jeweiligen Ballens.

Durch den Einsatz eines neuen Schwaders konnten später gleichmäßigere Press-Dichten erreicht werden und haben mit der zweiten Trocknervariante zu einem erheblich vereinheitlichten Trocknungsprofil innerhalb eines Ballens geführt.

Auch die dritte untersuchte Variante ergab eine Verbesserung bezüglich der ersten Variante. Die Plastikfolie, die den unteren Bereich des Ballens umhüllte, erlaubte der Luft nicht, dort direkt zu entweichen. Dadurch konnte die thermische Energie dieser Luft nach Trocknung des unteren Ballenabschnitts für die Trocknung des oberen Bereichs genutzt und so der Feuchtegradient innerhalb des Ballens verringert werden.

Unter ähnlichen Versuchsbedingungen bzgl. Ballen-Pressung und Eingangswerten der Luft verblieben nach Beendigung der Messungen in Variante 1 und 2 Restfeuchten von bis über 20% im Heuballen (Abbildung 6). Bei der dritten Variante wurde der Feuchtegehalt durchgängig auf einen lagerfähigen Wert von unter 15% gesenkt. Die Schaffung identischer Versuchsbedingungen hat sich jedoch als schwierig erwiesen.

Aus den Messungen lässt sich jedoch ableiten, dass neben dem Trocknerdesign auch alle anderen Schritte der Ballenherstellung einen großen Einfluss auf den Erfolg der Heuproduktion haben. Eine gleichmäßige Pressung, die für andere Verfahren wie die Silierung oder das Pressen von trockenem Heu von geringerer Bedeutung ist, ist deshalb bei der Ballentrocknung eine Grundvoraussetzung.

3 Absorptionstrocknungsanlagen

3.1 Stand der Technik und Zielsetzungen

In sogenannten offenen Sorptionsanlagen wird dem Zuluftstrom des Trocknungsprozesses Luftfeuchtigkeit direkt durch einen Sorptionsprozess entzogen. Die Luft überströmt dabei hygroskopische (Wasser entziehende) Substanzen, die Luftfeuchtigkeit aufnehmen (ab- oder adsorbieren), den sogenannten Sorbentien oder Sorbaten. Bei der Absorption wird der Wasserdampf der Luft durch das Sorbens aufgenommen, dabei kondensiert und gebunden. Dabei wird Kondensations- und Bindungsenergie frei. Die verdünnten Sorbentien werden anschließend in einem gegenläufigen Prozess durch Wärmezufuhr wieder getrocknet (regeneriert).

Durch den Einsatz flüssiger Sorbentien können der Absorptionsprozess und die Regeneration des Sorbens zeitlich und räumlich unabhängig voneinander betrie-

ben werden. Im beschriebenen Forschungsprojekt wird eine wässrige LiCl-Lösung als Sorbens eingesetzt.

3.2 Aufbau und Funktionsweise des Absorptionssystems

In Abbildung 7 ist die Funktionsweise eines offenen Absorptionssystems dargestellt. Das System besteht aus einem Absorber (Entfeuchter), einem Desorber (Regenerator) sowie zwei Speicherbehältern.[12]

Der Umgebungsluft wird im Absorber Feuchtigkeit entzogen und nach Austritt aus dem Absorber wird sie direkt durch die Heuballen geleitet. Im Absorber strömt die Luft entlang eines Sorbens. Ein Teil der Luftfeuchtigkeit wird dabei vom Sorbens absorbiert, das Sorbens wird somit verdünnt.

Die konzentrierte und verdünnte Lösung wird in unterschiedlichen Behältern gespeichert.

Um die Feuchtigkeit wieder aus dem Sorbens auszutreiben, d.h. das Sorbens zu regenerieren, wird sie auf eine Temperatur von ca. 60°C erwärmt. Dabei wird es mit ebenfalls zuvor erwärmter Umgebungsluft in Kontakt gebracht, die die Luftfeuchtigkeit aufnimmt. Die zugeführte Wärme wird in der Demonstrationsanlage solarthermisch bereitgestellt.

Antrieb für die Stoffübertragung, d.h. einen Feuchtetransport zwischen Luft und Sorbens, ist eine Differenz des Wasserdampfpartialdrucks zwischen den beiden Medien. Bei höheren Temperaturen verschiebt sich das Dampfdruckgleichgewicht zu höheren Luftfeuchten. Daher erfolgt die Regeneration des Sorbens bei höheren Temperaturen als die Absorption.

Absorber und Regenerator dienen somit als Wärme- und Stoffübertrager. Nach Lowenstein wird zwischen zwei Typen von Sorptionsreaktoren unterschieden (Abbildung 8), die als sogenannte „Schüttungen" von Feststoffen, z.B. geformten Kunststoffkörpern ausgeführt werden oder als parallel angeordnete Platten, die von den Sorbentien überströmt werden.[13]

Beim ersten Typ wird der Reaktionsraum mit Füllkörpern angefüllt, wie zum Beispiel aus verschiedenen Kunststoffen gefertigte Pall- oder Sattelringe oder kugelförmige Füllkörper (Abbildung 8, links). Das Sorbens wird durch Düsen von oben in den Reaktionsraum eingesprüht und verteilt sich auf der Oberfläche, die somit für die Wärme- und Stoffübertragung zur Verfügung steht. Luft wird in der Regel seitlich in die Füllkörperkolonne eingeblasen und gibt im Kreuzstrom Feuchtigkeit

[12] Vgl. Jaradat 2012.
[13] Vgl. Lowenstein 2012: C133-C150.

an die Lösung ab.[14] Die Firma Menerga Apparatebau GmbH hat in Kooperation mit verschiedenen wissenschaftlichen Projektpartnern eine Anlage entwickelt und getestet, die auf diesem Reaktortyp basiert.

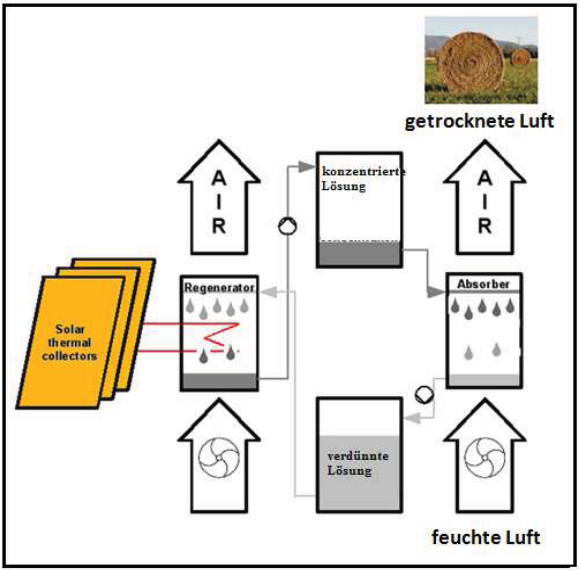


Abbildung 7: Schematische Darstellung eines offenen Flüssigsorptionssystems zur Heutrocknung.

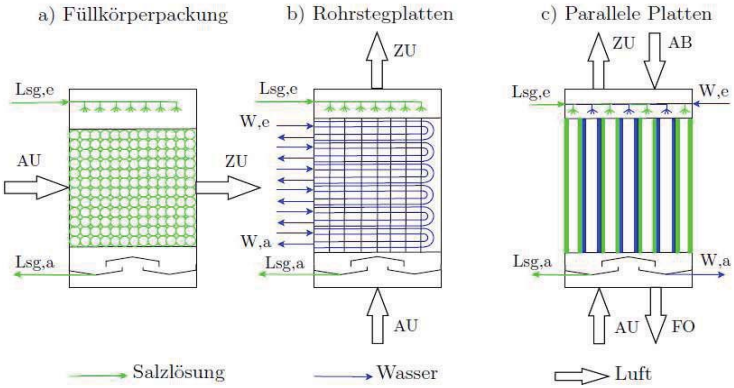


Abbildung 8: Schematischer Aufbau verschiedener Sorptionsreaktortypen.[15]

[14] Vgl. Heinzen 2005: 24.
[15] Vgl. Heinzen 2005: 25.

Die Anlagen werden in der Regel als offene Absorptionskälteanlagen eingesetzt, bei denen die entfeuchtete Luft anschließend zu Kühlzwecken verwendet wird.[16]

Bei dem zweiten Typ von Sorptionsreaktoren handelt es sich nach Lowenstein um intern gekühlte Reaktoren. Hierbei werden insbesondere zwei Bauarten untersucht und weiterentwickelt: Rohrstegplatten (Abbildung 8, Mitte) und parallele Platten (Abbildung 8, rechts). Beiden gemeinsam ist, dass das Sorbens auf parallel angeordneten Platten appliziert wird. Eine ausreichende Reaktionsoberfläche und eine sehr kompakte Bauweise werden hierbei dadurch erreicht, dass ein geringer Platten oder Rohrabstand von weniger als 10 mm gewählt wird.

Bei der Konstruktion mit Rohrstegplatten sind die parallel angeordneten Platten orthogonal durch ein Rohrsystem verbunden, durch das Kühl- oder Heizwasser strömt und das einen isothermen Absorptionsprozess oder Regenerationsprozess ermöglicht. Die freiwerdende Absorptionswärme wird entweder durch die Platten oder Rohre an das Kühlwasser abgeführt. Diese Bauweise wurde zum Beispiel durch das Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) entwickelt und in Demonstrationsprojekten getestet.[17] Alternativ können massive Platten verwendet werden, wenn auf eine interne Wärmezufuhr oder -abfuhr verzichtet werden kann.

3.3 Zielsetzungen

Platten- und Rohrbündel-Reaktorbauarten können mit geringeren Sorbensmassenströmen betrieben werden als Schüttungsreaktoren. So können höhere Konzentrationsunterschiede zwischen konzentrierter und verdünnter Sorptionslösung und eine höhere Speicherdichte erreicht werden.

Zudem besteht aufgrund höherer Luftgeschwindigkeiten und turbulenter Strömung in den sogenannten Schüttungsabsorbern die Gefahr, dass Sorbenstropfen durch die strömende Prozessluft mitgerissen werden. Dieser Strömungsmitriss wird als „carry over“ bezeichnet und soll durch andere Bauarten des Sorptionsreaktors vermieden werden.

Im Rahmen des beschriebenen Forschungs- und Umsetzungsprojekts wurden Komponenten, insbesondere der Absorber und der Regenerator, sowie ein Gesamtsystem einer offenen Absorptionsanlage mit folgenden Zielsetzungen entwickelt:

- Vermeidung von Tropfen-Mitriss der Salzlösung im Absorber und Regenerator („Carry-over“),

[16] Vgl. Menerga 2012.
[17] Vgl. Lävemann 1997.

- Gleichmäßige Verteilung aller zirkulierenden Fluide (Sorbens, Luft und Wasser),
- Gleichförmige Benetzung der Textilien durch das Sorbens, insbesondere Vermeidung von Rinnsalen der Salzlösung auf der Textiloberfläche durch eine geeignete Aufbringung der Salzlösung auf die Textilien sowie der Wahl geeigneter Textilien,
- Gewährleistung eines möglichst hohen Wärme- und Stoffaustauschs durch geeignete Wahl von Parametern (Volumenströme, Temperaturen) und Bauformen,
- Wahl robuster Materialen und einer Konstruktion, die einen Dauerbetrieb bei den gegebenen Betriebsbedingungen (Einsatz korrosiver Medien, Temperatur- und Druckzyklen usw.) gewährleisten.

3.4 Komponentenentwicklung: Absorber und Regenerator

Der im Rahmen des Projektes konstruierte Absorber besteht aus 60 parallelen massiven Platten aus Polycarbonat mit einer Wandstärke von 4 mm, einer Gesamtoberfläche von ca. 75 m² und einem Plattenabstand von 6 mm.[18] Die Platten sind beidseitig mit einem 0,4 mm dicken Textil bespannt, um eine gleichmäßige Benetzung und Überströmung der Platten zu erreichen. Das Sorbens wird zunächst durch Polymethylmethacrylate-Röhrchen auf das anliegende Textil geleitet (Abbildung 9). Die Austrittsöffnungen der Röhrchen haben einen Durchmesser von 0,5 bis 0,6 mm und Abstände von ca. 30 mm.

Der neu entwickelte Regenerator wurde als Rohrbündel-Wärme- und Stoffübertrager ausgeführt. Es wurden beschichtete Kupferrohre mit einer Gesamtlänge von ca. 200 m und einer Oberfläche von ca. 9 m² verwendet.[19] Für verschiedene Prototypen kamen dünne Silikonschläuche und Pulverbeschichtungen als Korrosionsschutz zum Einsatz. Die beschichteten Rohre wurden dann mit einem Textilbezug ummantelt (Abbildung 10). Luft strömt in beiden Anordnungen im Kreuzstrom zum Sorbens.

An den Eintritt des Luftmassenstromes in die Komponenten wird jeweils ein Diffusor (Gleichrichter) angeschlossen, um eine möglichst gleichmäßige Strömungsverteilung über den Strömungsquerschnitt zu erzielen. Am Austritt der Komponenten wird die Luft über einen Sammler zum kreisförmigen Luftkanal geleitet.

Sämtliche Prototypen des Absorbers und Regenerators wurden in den Laboren der Universität Kassel gefertigt.

[18] Vgl. Smogor 2012: 32-36.
[19] Vgl. Lübbersmann 2012.





Abbildung 9: Absorber mit einer Wärme- und Stoffaustauschfläche von ca. 75 m² (links); Verteilsystem für das Sorbens auf die Absorberplatten (oben).







Abbildung 10: Rohrbündelregenerator in der Labor-Testumgebung (links oben), im Bau (links unten); Absorberrohre mit Textilummantelung und Gehäuse (oben).

3.5 Experimentelle Untersuchungen des Sorptionssystems

Der Versuchsstand ist in den Abbildungen 11 und 12 dargestellt.

Zur Bereitstellung vorgegebener Temperaturen und Feuchten wird Luft mit einem Radialventilator (1) durch einen elektrischen Lufterhitzer (2), ein Kühlregister (3) und einen Dampfbefeuchter (4) geleitet. Die konditionierte Luft durchströmt dann den Absorber oder Regenerator (5) und wird an die Umgebung abgeführt.

Die Messsignale der Sensoren werden mit dem Datenerfassungssystem LAB/MSR-Manager in der Regel mit einer Zeitschrittweite von 10 Sekunden aufgenommen.

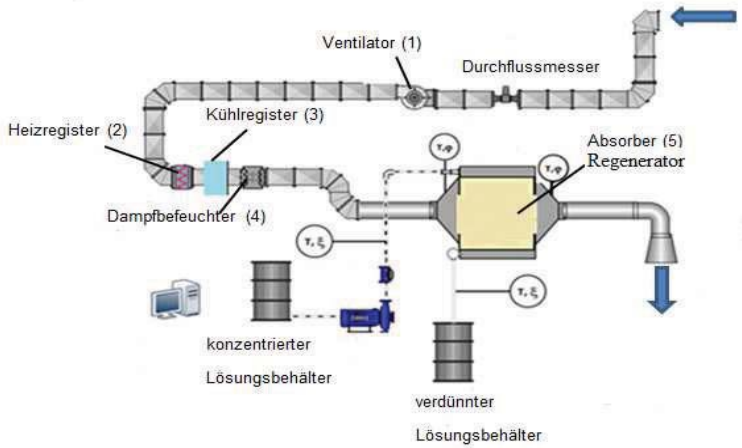


Abbildung 11: Schema der Versuchsanlage.

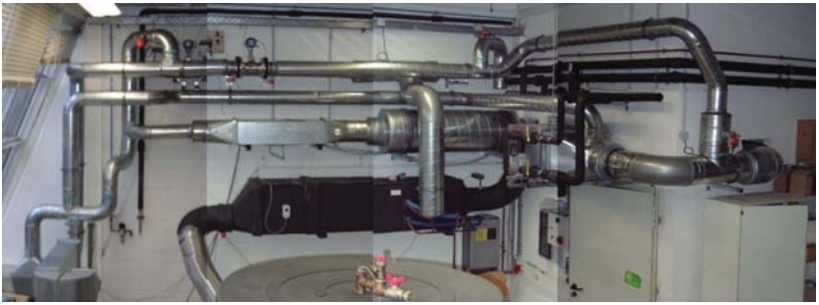


Abbildung 12: Foto der Luftkonditionierungsanlage im Labor (Testumgebung).

Experimentelle Untersuchungen an einem Absorber-/ Regeneratorprototypen aus Doppelstegplatten

Zunächst wurde ein kleiner, aus vier Doppelstegplatten bestehender Labor-Prototyp entwickelt und vermessen. Dieser Prototyp wurde sowohl als Absorber, ohne interne Wärmezufuhr oder -abfuhr als auch als Regenerator mit einem internen Warmwasserkreislauf betrieben.

Für den Betrieb als Absorber wurden Messreihen mit den in der Tabelle 1 dargestellten Parametervariationen durchgeführt, um den Einfluss der Lufttemperatur, der absoluten Luftfeuchte und des Salzlösungsmassenstroms am Absorbereintritt auf die Wärme- und Stoffübertragung im Absorber zu untersuchen.

Bei allen Versuchen wurden die Eintrittswerte für den LiCl-Massenanteil bei ca. 43%, für die Temperatur bei ca. 27°C und für den Luftmassenstrom bei ca. 380 kg/Std. gehalten.[20]

Um annähernd stationäre Eintrittsbedingungen zu erreichen, wurde die Luftzufuhr bis zu 120 Minuten vor Messbeginn und die Sorbenszufuhr 10 Minuten vor Versuchsbeginn gestartet.

Messreihe	$\dot{m}_{Sorb.}$	$T_{air,in}$	$\omega_{air,in}$
	[kg/h]	[°C]	[g/kg]
I	var:14.1-56.3	24.6 ± 0.1	14.4 ± 0.27
II	14.2 ± 0.6	var:24.5-30.1	14.7 ± 0.2
III	44.0 ±0.54	25.3 ± 0.2	var:13.6-20.2

Tabelle 1: Darstellung der Eingangsdaten der geführten Messreihen.

Temperaturen und relative Feuchten der Luft wurden am Absorberein und -austritt sowie der Luft- und Salzlösungsvolumenstrom am Absorbereintritt mit einem Zeitintervall von 30 Sekunden gemessen. Von jeweils vier aufeinanderfolgenden Messsignalen wurde der arithmetische Mittelwert gebildet und gespeichert.

In Abbildung 13 ist der zeitliche Verlauf einer Messung beispielhaft dargestellt. Die Luftaustrittstemperatur steigt im Verlauf der Messung kontinuierlich an, während die relative Feuchte der Luft während des Absorptionsprozesses sinkt. Die Temperaturerhöhung der Luft erfolgt beim Absorptionsprozess aufgrund der freiwerdenden Kondensations- und Bindungsenergie durch die Absorption. Ca. 15 bis 20 Minuten nach Versuchsbeginn werden annähernd konstante Werte erreicht.

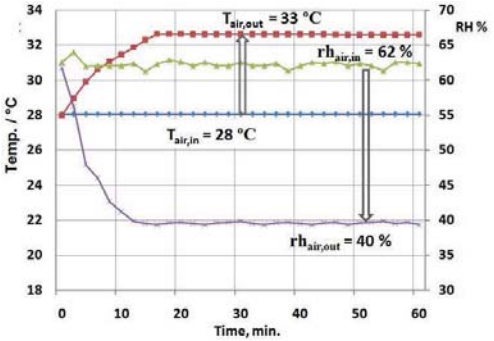


Abbildung 13: Zeitlicher Verlauf von Messungen im Absorber.

[20] Vgl. Jaradat 2012.

In Abbildung 14 ist der von der Salzlösung absorbierte Wasserdampfmassenstrom $\dot{m}_V$ in Abhängigkeit vom Sorbensmassenstrom und vom Wassergehalt der Eintrittsluft ω aufgetragen. Der Wasserdampfmassenstrom gibt die vom Ausgangluftstrom absorbierte Feuchte an und wird mit Gleichung (1) berechnet.

(1) $$\dot{m}_{V,\,Luft \rightarrow Sorb} = \dot{m}_{Luft}\,(\omega_{ein} - \omega_{aus})$$

Absorberbetrieb

In Abbildung 14 links ist ein deutlicher Anstieg des Feuchtetransports bei steigendem Sorbensmassenstrom zu erkennen (Messreihe I), da die treibende Dampfdruckdifferenz zwischen Sorbens und Luft mit steigendem Sorbensmassenstrom zunimmt. Zudem erhöht sich bei steigendem Sorbensvolumenstrom der Stoffübergangs-koeffizient geringfügig. Der Luftmassenstrom betrug in dieser Messreihe ca. 380 kg/h.

In Abbildung 14 rechts ist der Anstieg des Feuchtetransports mit steigendem Wassergehalt der Eintrittsluft dargestellt (Messreihe III). Auch hier erhöht sich die treibende Wasserdampfdruckdifferenz der beiden Medien mit zunehmendem x-Achsen-Wert, d.h. mit zunehmendem Wassergehalt der Luft. Bei einem Wassergehalt von über 20 g/kg ist eine Sättigung der Kurvenverläufe zu erkennen. Der Luftmassenstrom betrug in dieser Messreihe ca. 470 kg/h.

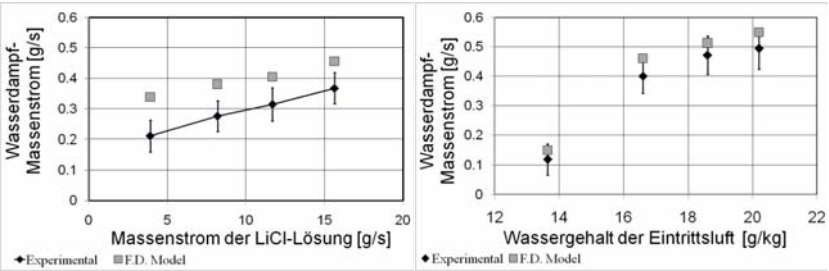


Abbildung 14: Einfluss des Sorbensmassenstroms (links) und des Wassergehalts der Eintrittsluft (rechts) auf den Feuchtetransport im Absorberbetrieb (ohne interne Wärmezufuhr oder -abfuhr).

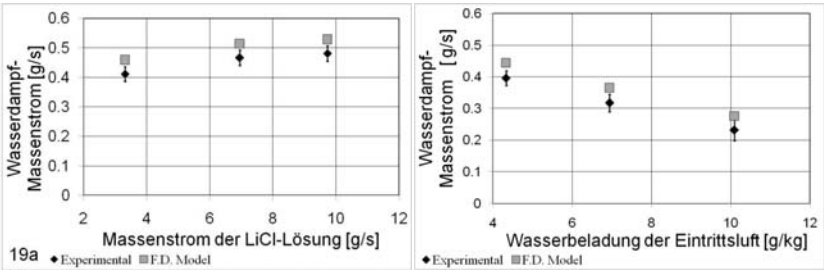


Abbildung 15: Einfluss des Sorbensmassenstroms (links) und des Wassergehalts der Eintrittsluft (rechts) auf den Feuchtetransport im Regeneratorbetrieb.

Regeneratorbetrieb

Im Regeneratorbetrieb steigt der Wasserdampfmassenstrom $\dot{m}_V$ vom Sorbens an die Luft mit steigendem Sorbensmassenstrom an. Für die in Abbildung 15 links dargestellten Betriebsbedingungen ist die Luft am Regeneratoraustritt jedoch nahezu gesättigt, so dass durch eine Erhöhung des Sorbensmassenstroms eine nur wenig erhöhte Feuchteübertragung resultiert. Erwartungsgemäß sinkt der Wasserdampfmassenstrom bei höherer Wasserbeladung der Eintrittsluft bei der Regeneration (Abbildung 15 rechts).

In den Diagrammen sind außerdem Berechnungsergebnisse eines Finite-Differenzen-Modells dargestellt. In dem zugrunde liegenden Modell werden idealisierte Randbedingungen, insbesondere eine gleichmäßige Strömungsverteilung aller Medien, angenommen. Daher liegen die theoretisch berechneten Werte des Feuchtetransports erwartungsgemäß über den Messwerten.

Experimentelle Untersuchung des Rohrbündelregenerators

In Tabelle 2 sind die gemessenen Massenströme des Rohrbündelregenerators aufgeführt. Die Luft wird in allen Messungen auf 40°C vorgewärmt, die Eintrittstemperatur des Warmwassers für die interne Wärmezufuhr im Regenerator beträgt ca. 60°C.

Messreihe	$\dot{m}_{Sorb.}$	$T_{air,in}$	$\omega_{air,in}$
	[kg/h]	[°C]	[g/kg]
I	var:14.1-56.3	24.6 ± 0.1	14.4 ± 0.27
II	14.2 ± 0.6	var:24.5-30.1	14.7 ± 0.2
III	44.0 ±0.54	25.3 ± 0.2	var:13.6-20.2

Tabelle 2: Messwerte Rohrbündel (für T_{WW} =60 °C).

In Abbildung 16 sind für die in Tabelle 2 angegebenen Messwerte die Abnahme des Sorbensmassenanteils $\Delta\xi_{sorb}$, die während der Regeneration auftritt, über die Werte für den Sorbensmassenstrom dargestellt.

Änderung des Sorbensmassenanteils:

$$\Delta\xi_{Sorb} = \frac{m_{LiCl}}{m_{LiCl} + m_{H_2O}}$$

$\Delta\xi_{sorb}$ nimmt mit steigendem Sorbensmassenstrom (einem sinkenden Verhältnis von Luft- zu Sorbensmassenstrom) ab, da die Regenerationsluft bereits bei niedrigen Sorbensmassenströmen im Regenerator annähernd einen Sättigungszustand

erreicht. Um eine hohe Änderung des Sorbensmassenanteils und somit eine hohe Speicherdichte zu erzielen, sollte ein niedriger Sorbensmassenstrom (ein niedriges Massenstromverhältnis) gewählt werden.

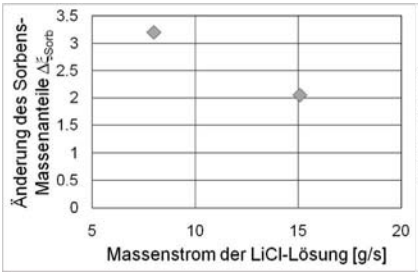


Abbildung 16: Änderung des Sorbensmassenanteils in Abhängigkeit vom Sorbensmassenstrom (Rohrbündelregenerator).

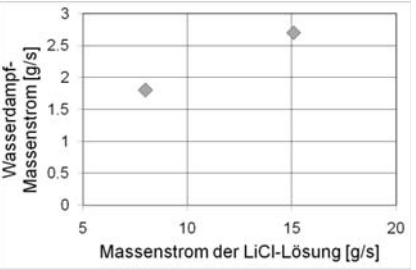


Abbildung 17: Wasserdampfmassenstrom vom Sorbens in die Luft in Abhängigkeit vom Sorbensmassenstrom (Rohrbündelregenerator).

In Abbildung 17 ist der Wasserdampfmassenstrom, der vom Sorbens in die Luft strömt, in Abhängigkeit vom Sorbensmassenstrom dargestellt. Der Wasserdampfmassenstrom steigt mit zunehmendem Sorbensmassenstrom, da sich die absolute Luftfeuchtigkeit am Austritt erhöht und die Luft einen höheren Sättigungsgrad erreicht.

3.6 Numerische Untersuchungen des Wärme- und Stoffübergangs

Es wurden numerische Modelle entwickelt, mit denen Temperaturen, Sorbens-Konzentrationen und Luftfeuchten beschrieben werden.[21] Die nicht-linearen Zusammenhänge der Variablen und Parameter, die den Wärme- und Stofftransport beeinflussen, werden in den Modellen durch gekoppelte Gleichungssysteme beschrieben. Diese beruhen auf Massen- und Energiebilanzen, in die Stoffwertbeziehungen, wie z.B. die Dampfdruckkurve des Sorbens, eingehen.

In der Energiebilanz wird der konvektive Wärmetransport, die Wärmeleitung und die Temperaturerhöhung von Luft und Sorbens während des Absorptionsprozesses durch die freiwerdende Absorptionswärme (Kondensations- und Bindungswärme) beschrieben. In der Massenbilanz wird Konvektion und Diffusion sowie der Absorptionsprozess durch den Stoffübergang der Wassermoleküle von der Luft in das Sorbens beschrieben. Während der Absorption steigt der Wassergehalt des Sorbens und der Dampfgehalt der Luft sinkt. Temperaturen, Wassergehalt des Sorbens und Wasserdampfgehalt der Luft wirken sich wiederum auf die Dampfdruckdifferenz zwischen Lösung und Luft aus, von der der absorbierte Wasser-

[21] Vgl. Mützel 2010: 24.

dampfmassenstrom abhängt. Der Regenerationsprozess wird analog mit denselben Gleichungssystemen beschrieben wie der Absorptionsprozess.

Ein Finite-Differenzen-Modell (FD-Modell) teilt den zu simulierenden Raum in der Luft und im Sorbens in viele quaderförmige Bereiche („Knoten“) auf, die jeweils durch ihren Mittelpunkt repräsentiert werden (Abbildung 18). Es werden laminare Strömungen und ein stationärer Zustand angenommen. An jedem Knoten gelten Massen- und Energieerhaltung. Zudem findet Transport durch Konvektion und Diffusion statt, Wärme wird geleitet. Das FD-Modell evaluiert iterativ Temperaturen und Wasseranteile für jeden Knoten. Dieses Modell ermöglicht somit nicht nur die Vorhersage der Austrittszustände, sondern bietet auch Einblicke in die internen Vorgänge im Absorber und Regenerator. Zum Beispiel kann der Verlauf von Temperaturen und Wasseranteilen an der Phasengrenze zwischen Luft und Sorbens sowie in beliebigen anderen Ebenen im Spalt zwischen zwei Platten visualisiert werden (Abbildung 19).

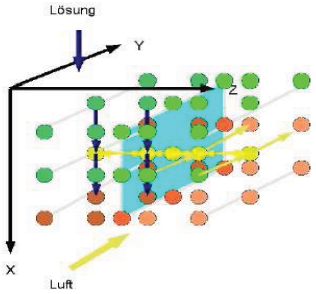


Abbildung 18: Aufteilung des Raumes im Absorber für ein Finite-Differenzen-Modell. Links rinnt die Sorbenslösung an der Austauscherplatte herunter. Die hellblaue Fläche stellt die Phasengrenze zwischen Luft und Sorbens dar. Rechts strömt die Luft nach hinten.

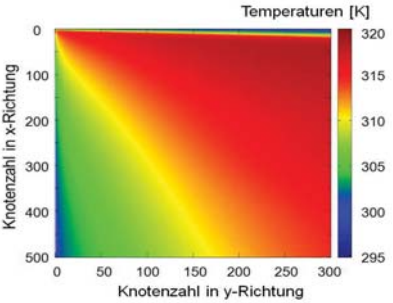


Abbildung 19: Zweidimensionales Temperaturprofil an der Phasengrenze zwischen Lösung und Luft (berechnete Ergebnisse). Die Luft strömt nach rechts, die Sorbenslösung nach unten.

Durch Integration von Temperaturen und Massenanteilen über die Austritts-Querschnittsflächen der Medien wurden Parametervariationen der Betriebsparameter und der Absorberkonstruktion durchgeführt.

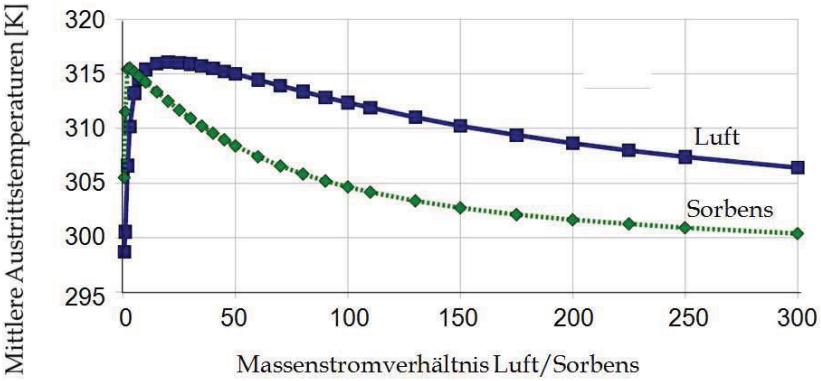


Abbildung 20: Über die Austritts-Querschnittsflächen gemittelte Temperaturen der Luft und des Sorbens in Abhängigkeit vom Massenstromverhältnis von Luft und Sorbens für typische Betriebsbedingungen (Absorptionsprozess).

Beispiel: Ermittlung eines geeigneten Massenstromverhältnisses der beiden Fluide

Wird ein hoher Sorbensmassenstrom im Verhältnis zum Luftmassenstrom durch den Absorber geleitet, so wird die Luft bis zum Dampfdruck des Sorbens getrocknet. Jedoch ist der dabei übertragene Wasserdampfmassenstrom so gering, dass sich die Konzentration der Lösung nur wenig ändert. Die freiwerdende Sorptionswärme ist somit im Verhältnis zum konvektiven Wärmestrom des Sorbens so gering, dass die Austrittstemperaturen beider Stoffströme nahe der entsprechenden Eintrittstemperaturen bleiben. Wird umgekehrt ein geringer Sorbensmassenstrom im Verhältnis zum Luftmassenstrom verwendet, so ändert sich die Sorbenskonzentration stark, der Zustand der Luft jedoch ändert sich vergleichsweise wenig. Dazwischen liegt ein Bereich, in dem beide Stoffströme eine merkliche Temperaturerhöhung erfahren und sich beide Konzentrationen verändern. Für die in Abbildung 20 dargestellte Parametervariation wurden folgende Annahmen getroffen:

Ein Luftmassenstrom von 0,005 kg/s wurde auf einer Fläche von 1 m² mit unterschiedlichen Sorbensmassenströmen entsprechend einem Massenstromverhältnis von 0,5 bis 300 getrocknet. Beide Stoffströme treten mit einer Temperatur von 298,15 K (25°C) in den Absorber ein. Das Sorbens hat am Eintritt einen Massenanteil Lithiumchlorid von 0,45, die Luft einen Massenanteil Wasserdampf von 0,015.

In Abbildung 20 ist die mittlere Austritts-Temperatur der beiden Fluide in Abhängigkeit vom Massenstromverhältnis von Luft und Sorbens dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die Temperaturen beider Fluide erhöhen. Die Lufttemperatur zeigt dabei ein breites Maximum bei Massenstromverhältnissen zwischen etwa 10 und 50.

Bei niedrigen Massenstromverhältnissen heizt sich das Sorbens stärker auf als die Luft, bei hohen Massenstromverhältnissen ist es umgekehrt. Beide Temperaturkurven schneiden sich bei einem Verhältnis von etwa acht. Mit dem FD-Modell wurden neben den Betriebsparametern auch der Einfluss von konstruktiven Parametern, wie Spaltbreite und Plattenoberfläche untersucht.[22]

4 Demonstrationsanlage zur Heuballentrocknung

An der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, einem landwirtschaftlichen Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel, wurde eine Demonstrationsanlage zur Heutrocknung errichtet. Die Heutrocknungsanlage besteht aus einer Solaranlage mit einer Kollektorfläche von ca. 155 m², zwei Warmwasserspeichern mit einem Gesamtvolumen von ca. 43 m³, einem Rundballentrockner mit 20 Heutrocknungsplätzen sowie einer Sorptionsanlage, in der Luft für einen zusätzlichen Heutrocknungsplatz konditioniert werden kann.

4.1 Der Rundballentrockner

Der Rundballentrocker der Firma LASCO Heu-Technik GmbH besteht aus einem Radialventilator und einem breiten Luftkanal mit 10 Öffnungen. Auf jeder Öffnung werden zwei Ballen platziert. Diese sind durch einen Metallring getrennt, der durch einen Schlauch Luft zu beiden Ballen leitet (Abbildung 21). In dieser Weise werden die unteren 10 Ballen beidseitig und die oberen 10 Ballen einseitig belüftet.



Abbildung 21: Rundballentrockner und Warmwasserspeicher.

[22] Vgl. Mützel 2010.

4.2 Das Trocknungsverfahren und erste Betriebserfahrungen

Der Pflanzenbestand wird gemäht und aufbereitet und muss in der Regel ungefähr zwei Tage auf dem Feld trocknen. Während dieser Zeit wird die Feldtrocknung durch übliche Verfahren gefördert. Die Rundballen werden dann locker gepresst, um den Druckabfall der Trocknungsluft während der Trocknung niedrig zu halten. Das Heu sollte bei ca. 25%-30% Feuchtegehalt gepresst und in der Trocknungsanlage bis ca. 12-15% Restfeuchte nachgetrocknet werden, womit es lagerfähig bleibt.

Im Jahr 2012 konnten im Rahmen von fünf Trocknungsdurchgängen erste Betriebserfahrungen gesammelt werden. Wie erwartet, wurde die Trocknung der unteren Ballen durch die beidseitige Luftführung schneller als die der oberen abgeschlossen. Wie die Trocknungstests im Jahr 2011 gezeigt haben, führt der einseitige Lufteingang im Ballen dazu, dass der untere Bereich des Ballens sehr schnell trocknet, während die Trocknung der mittleren und oberen Schichten unverhältnismäßig lange dauert, was mit einem hohen Energieverbrauch einhergeht.

Um eine gleichmäßigere Durchströmung der Ballen zu erreichen und somit die Leistungsfähigkeit des Trockners zu erhöhen, wurden Teile der Ballen umhüllt. Dadurch konnten zwar geringfügig höhere Trocknungsgeschwindigkeiten erreicht werden, allerdings müssen weitere Maßnahmen ergriffen werden, um das Trocknungsverhalten in den oberen und unteren Heuballen einander anzunähern. Weitere Untersuchungen werden im Rahmen eines Nachfolgeprojektes durchgeführt.

4.3 Die thermische Solaranlage

Die thermische Solaranlage besteht aus einem Kollektorfeld mit einer Gesamtfläche von ca. 155 m² und zwei mit Wasser gefüllten Speicherbehältern mit einem Gesamtvolumen von ca. 43 m³.

Die Solaranlage wird im „drain-back“ betrieben, d.h. dass sich der Solarkollektor entleert, wenn er nicht in Betrieb ist. Anstelle eines Wasser-Frostschutzmittelgemisches kann daher reines Wasser als Kollektorfluid verwendet werden. Zu Zeiten, in denen der Kollektor nicht in Betrieb ist, strömt das Wasser zurück in den Speicher. Diese Betriebsweise hat gegenüber der konventionellen Betriebsweise energetische und vor allem erhebliche Kostenvorteile. Für Anlagen in dieser Größe ist dieser Ansatz sehr innovativ und bisher kaum erprobt.



Abbildung 22: Aufbau des Kollektorfelds, April 2012.

4.4 Die Sorptionsanlage

Ein Schwerpunkt des Forschungsprojektes war die Errichtung einer Feldtestanlage zur Sorptionstrocknung auf Grundlage der beschriebenen Laborergebnisse. Die Sorptionskomponenten wurden mit den erforderlichen Hilfsgeräten und Messtechnik in einem 20 Fuß großen Seecontainer installiert. Zusätzlich zu den 20 Heutrocknungsplätzen wurde ein weiterer einzelner Trocknungsplatz zum Test der Sorptionsanlage eingerichtet (Abbildungen 23 und 24).

Die Sorptionsanlage besteht aus zwei luftdurchströmten Strängen, in die der Absorber bzw. der Regenerator, wie in den Abbildungen 25 und 26 dargestellt, eingebunden sind. Außenluft wird in beiden Strängen zunächst gefiltert und hinter dem Absorber bzw. Regenerator von einem Kanalventilator gefördert. Im Absorber wird die Luft entfeuchtet, wodurch sie sich erwärmt. Durch eine Nacherwärmung mit einem Rohrbündel-Wärmeübertrager, der (in Strömungsrichtung) hinter dem Absorber installiert ist, wird die Lufttemperatur je nach Bedarf weiter erhöht.



Abbildung 23: Sorptionstrocknungsanlage (hinten) mit Einzel-Heutrocknungsplatz.



Abbildung 24: Sorptionstrocknungsanlage; oben Absorberstrang, unten: Regeneratorstrang.

Der Wärmeübertrager wird mit solarthermisch erwärmtem Wasser aus dem Solarspeicher durchströmt. Die Luft aus dem Absorberstrang wird schließlich direkt durch den Heuballen geleitet.

Der Regeneratorstrang verfügt neben Luftfilter und Ventilator über eine Wärmerückgewinnungseinheit, mit der die Zuluft zum Regenerator durch die Abluft vorgewärmt wird. Nach Durchströmen der Wärmerückgewinnungseinheit wird die Luft in einem Rohrbündelwärmeübertrager mit Wasser aus dem Solarspeicher weiter erwärmt, bis sie die für die Regeneration benötigte Temperatur erreicht hat. Im Regenerator wird die Luft durch die Salzlösung befeuchtet und kühlt sich dabei ab. Die Salzlösung wird dabei getrocknet (regeneriert). Die aus dem Regenerator strömende Luft wird schließlich durch die Wärmerückgewinnungseinheit geleitet, um (Rest-)Wärme an die Zuluft zu übertragen, und dann in die Umgebung abgeführt.

Die konzentrierte bzw. verdünnte Salzlösung wird jeweils in Behältern aus Polypropylen mit einem Volumen von 1 m³ gespeichert. Die Salzlösungen strömen jeweils vom entsprechenden Speicher durch den Absorber bzw. Regenerator und werden von dort in den jeweils anderen Speicher geleitet. In dem Speicher für die konzentrierte Salzlösung ist eine Kühlvorrichtung integriert, mit der die aus dem Regenerator strömende konzentrierte Salzlösung abgekühlt werden kann, um die für den Absorptionsprozess nötige niedrigere Temperatur zu erreichen. Ebenso wird die verdünnte Salzlösung in einem Wärmeübertrager mit Wasser aus dem Solarspeicher vorgewärmt, bevor sie in den Regenerator tritt.

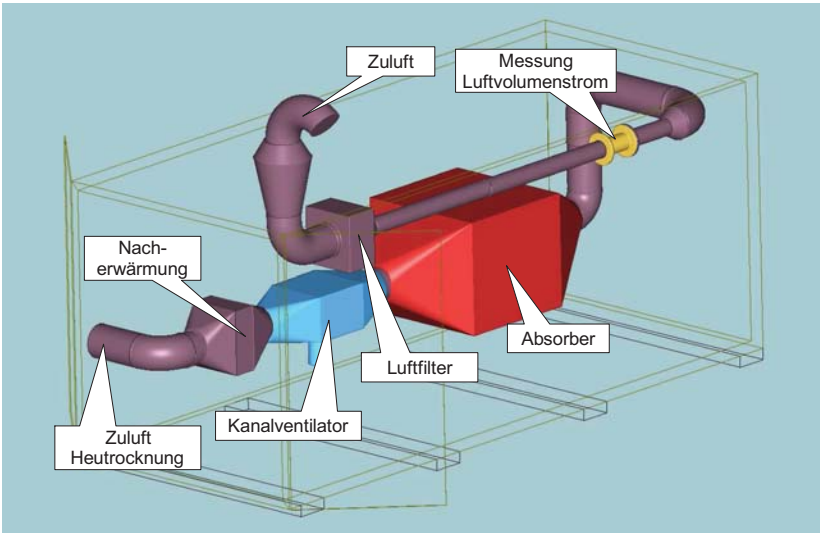


Abbildung 25: Absorberstrang der Sorptionsanlage.

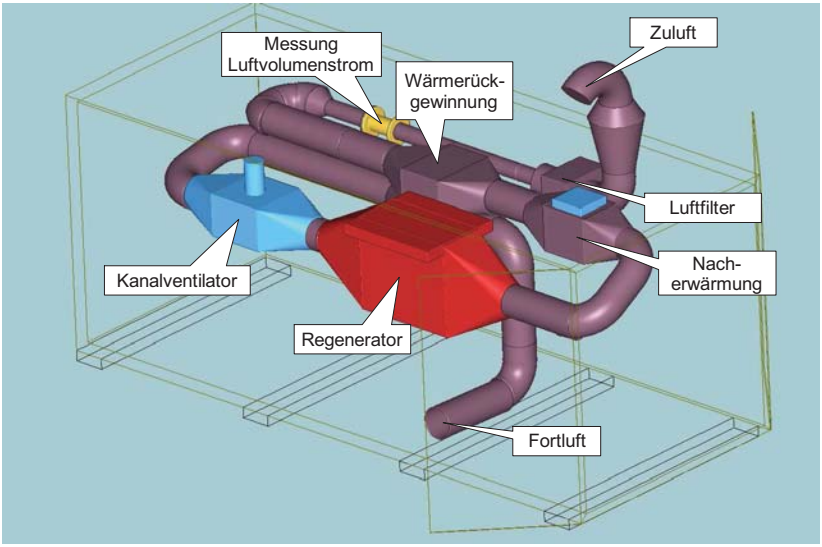


Abbildung 26: Regeneratorstrang der Sorptionsanlage.



Abbildung 27: Foto der Sorptionsanlage.

Messsensoren und Datenaufnahme

Ein- und Austrittstemperaturen der Luft, des Sorbens und von Heiz- und Kühlkreisen der Komponenten Absorber, Regenerator und der Wärmeübertrager werden mit PT-Sensoren aufgenommen. Zudem werden relative Feuchten der Luft vor und hinter dem Absorber und dem Regenerator vermessen. Zur Vermessung von Luftvolumenströmen in beiden Strängen kommen Vortexsensoren zum Einsatz. Die Sorbenskonzentration wird mit einem Dichtemessgerät und Sorbensvolumenströme werden mit MID-Sensoren (magnetisch-induktiv) vermessen. Die Daten werden mit einer LogSave Datenaufnahme- und Regelungseinheit aufgenommen und gespeichert.

Erste Messergebnisse

In ersten Messungen wurde die Luft im Absorber von durchschnittlich 19°C auf 30°C erwärmt. Die relative Feuchte wurde dabei von ca. 62% auf 29% gesenkt. Das entspricht einer Abnahme der Wasserbeladung (absoluten Feuchte) von ca. 8,6 g_{H2O}/kg_{trLuft} auf ca. 7,5 g_{H2O}/kg_{trLuft}. Der Luftmassenstrom betrug bei diesen Messungen durchschnittlich 1360 kg/h, der Sorbensmassenstrom ca. 46 kg/h. Zur

Trocknung eines Heuballens mit einem Wasseranteil von ca. 30% auf ca. 9% wurden lediglich vier Stunden benötigt.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen des oben beschriebenen Forschungs- und Umsetzungsprojekts wurde eine Demonstrationsanlage zur Heuballentrocknung entwickelt, errichtet und vermessen.

Es konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, eine derartige Heuballen-Trocknungsanlage zu 100% mit Solarenergie zu beheizen. Dabei kommt eine innovative, energieeffiziente und kostengünstige Betriebsweise der solarthermischen Anlage, das sogenannte drain-back-Verfahren zum Einsatz. Für die Energieversorgung von 20 Heuballen-Trocknungsplätzen wurden eine Kollektorfläche von ca. 155 m² (110 kW_{th}) sowie ein Warmwasserspeicher mit einem Gesamtvolumen von 43 m³ errichtet. Mit dieser Anlage können darüber hinaus auch Teile des Energieverbrauchs für weitere Trocknungs- und Heizungsanwendungen an der Staatsdomäne Frankenhausen gedeckt werden.

Als wichtige Voraussetzung für den Bau der Demonstrationsanlage dienten Laboruntersuchungen. So wurde sowohl das Trocknungsverhalten landwirtschaftlicher Produkte eingehend untersucht als auch die Konstruktion und die Wärme- und Stoffübertragung von Absorber und Regenerator eines Sorptionssystems zur Entfeuchtung der Zuluft für Trocknungszwecke eingehend in dafür errichteten Labormessständen.

In Untersuchungen zur Durchströmung von Heuballen mithilfe von numerischen Strömungssimulationen sowie experimentellen Untersuchungen wurde zudem ein hohes Optimierungspotential konventioneller Heutrocknungsanlagen identifiziert.

Es wurde eine Sorptionsanlage entwickelt, mit der die Zuluft für einen Heuballen-Trocknungsplatz durch eine Salzlösung (LiCl-H_2O) entfeuchtet und gleichzeitig erwärmt wird. Die Sorptionsanlage besteht aus neuen Konstruktionen und Materialien der Komponenten Absorber und Regenerator. Mit der Anlage konnte die Machbarkeit des Sorptionsverfahrens erfolgreich gezeigt werden. Allerdings hat sich die Konstruktion der Demonstrationsanlage als sehr komplex und aufwändig erwiesen. Eine zukünftige Herausforderung ist eine preisgünstigere Bereitstellung derartiger Sorptionssysteme. Für den Einsatz größerer Komponenten und höherer Stückzahlen müssen geeignete Herstellungsverfahren entwickelt werden. Das hier als Trocknungsmittel verwendete Lithiumchlorid hat gute Sorptionseigenschaften, ist jedoch relativ teuer und kann zu Korrosion in Metallbauteilen führen. Die Wei-

terentwicklung derartiger Sorptionssysteme sowie der Einsatz alternativer Sorbentien wird im Rahmen von Folgeprojekten untersucht.

Im Vergleich zu konventionellen Trocknungsanlagen kann die Trocknungsdauer von Heuballen allerdings erheblich verkürzt werden. Zudem ist eine schonendere Trocknung bei niedrigeren Temperaturen möglich. Die Sorptionsspeicher bieten außerdem die Möglichkeit einer verlustarmen Langzeitspeicherung von Solarenergie.

Die Sorptionsanlage wurde im hier beschriebenen Forschungsprojekt für die Trocknung von Futterheu verwendet, sie lässt sich aber ebenso für die Trocknung anderer landwirtschaftlicher oder industrieller Produkte einsetzen.

Literatur

Brandemuehl, S. L., Straub, R. J., Koegel, R. G., Shinners, K. J & Fronczak, F. J. (1988). Radial drying of high moisture, large round hay bales. In International Summer Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Rapid City, USA.

Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., & Hall, C. W. (1992). Drying and storage of grains and oilseeds. New York: Van Nostrand Reinhold.

Chiumenti, R., Da Borso, F. & Donantoni, L (1997). Essiccazione artificiale di rotoballe di medica (Medicago sativa L.): verifiche sperimentali sulla funzionalità degli impianti. Rivista di Agronomia, 97(1), 291-294.

Heinzen, R. (2005). Potential und Simulation solargestützter Klimatisierungsanlage in Einfamilienhäusern. Diplomarbeit, Universität Kassel.

Hischke, S. (2013). Experimentelle Untersuchungen an einer Demonstrationsanlage für einen offenen Absorptionsprozess. Masterarbeit, Universität Kassel.

Holpp, M. (2004). Trocknung von Rundballen: Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Bericht Nr. 616. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik.

Janjai, S., Intawee, P., Chaichoet, C., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., & Müller, J. (2006). Improvement of the air flow and temperature distribution in a conventional longan dryer. In International Symposium Towards Sustainable Livelihoods, Chiang Mai, Thailand.

Jaradat, M. (2012). Experimental and theoretical Evaluation of a flat plate liquid desiccant absorber regenerator for industrial and air conditioning applications.

Jayas, D. S., & Muir, W. E. (2002). Aeration systems design. In S. Navarro, & R. T. Noyes (Eds.), The mechanics and physics of modern grain aeration management (pp. 195-249). Boca Raton: CRC Press.

Kröll, K. (1978). Trocknungstechnik, vol. 2: Trockner und Trocknungsverfahren. (2nd ed.), Berlin: Springer.

Lävemann, E. (1997). Solar unterstützte Klimatisierung über Sorption. Endbericht Forschungsvorhaben, Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung. München.

Lowenstein, A. (1993). Liquid desiccant air conditioners, Refrigeration & Air Conditioning.

Lübbersmann, L. (2012). Konstruktion, Vermessung und Vergleich von Regeneratoren für solarbetriebene Sorptionsspeicheranlagen. Masterarbeit, Universität Kassel.

Menerga. (2012). Menerga. www.menerga.com/Sorpsolair-Typ-72-73.758.0.html. Abgerufen im November 2012.

Mellmann, J., & Fürll, C. (2008). Trocknungsanlagen für Arznei- und Gewürzpflanzen – spezifischer Energieverbrauch und Optimierungspotential. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen, 13(3), 127-133.Misener, G. C. & McLeod, C. D. (1992). Comparison of drying large round bales by alternate air conditioning methods. Drying Technology, 10(2), 521-529.

Mützel, M. (2010). Entwicklung eines Finite-Differenzen-Modells für Stoff- und Wärmeübertrager auf Basis flüssiger Sorbentien im Kreuzstrombetrieb. Masterarbeit. Institut für Thermische Energietechnik. Universität Kassel.

Nagle, M., González-Azcárraga, J. C., Phupaichitkun, S., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Janjai, S., Leis, H., & Müller, J. (2008). Effects of operating practices on performance of a fixed-bed convection dryer and quality of dried longan. International Journal of Food Science & Technology, 43(11), 1979-1987.

Noetzel, A. M. (2006). Untersuchung zum Stand der Technik in der Kräutertrocknung kleiner bis mittelgroßer Anbaubetriebe in der Bundesrepublik Deutschland. M.Sc. Thesis. Universität Kassel, Witzenhausen, Germany.

Nydegger, F., Wirlettner, G., Galler, J., Pöllinger, A., Van Caenegem, L., Weingartmann, H., et al. (2009). Qualitätsheu durch effektive und kostengünstige Belüftung. Publikation der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Grünlandwirtschaft. Österreich.

Plue, P. S. & Bilanski W. K. (1991). Airflow and temperature patterns through large round bales.Applied Engineering in Agriculture, 7(5), 525-529.

Röben, J. (1997). Sorptionsgestützte Entfeuchtung mit verschiedenen wässrigen Salzlösungen. Aachen: Shaker Verlag.

Rossrucker, H. (1973). Die Unterdachtrocknung von Grüngut. (2nd ed.). Wien: Österreichisches Kuratorium für Landtechnik.

Rumsey, T. R., & Fortis, T. (1984). Improving the air flow distribution in a batch walnut dryer.Transactions of the ASABE, 27(3), 938-941.

Smogor, J. (2012). Konstruktion und Vermessung eines Plattenabsorbers für offene Sorptionstrocknungsanlage.

VDI-Wärmeatlas Springer-Verlag, Berlin 9. Auflage 2002.

Wirleiter, G. (2010). Qualitätsheu durch energieeffiziente Technik. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 71-80.

IV

GESELLSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen

Simone Hafner, Alexander Roßnagel, Sandra Weidlich

Übersicht

1 Klimaanpassung als Gegenstand der Rechtswissenschaft ... 485
2 Problembeschreibung und Fragestellung ... 487
3 Methodik ... 491
4 Ergebnisse und deren Relevanz für die Klimaanpassung in Nord-hessen ... 492
4.1 Landwirtschaft ... 492
4.1.1 Gute fachliche Praxis ... 493
4.1.2 Wasserentnahme zu Bewässerungszwecken ... 494
4.1.3 Landschaftsplanung ... 495
4.1.4 Ausgestaltung des Förderrechts ... 495
4.2 Wasser ... 496
4.2.1 Hochwasser ... 496
4.2.2 Niedrigwasser ... 502
4.3 Gesundheit ... 505
4.3.1 Hitzerisiken ... 505
4.3.2 Unwetterbedingte Verkehrsblockaden ... 507
4.4 Verkehr ... 509
4.4.1 Beeinträchtigung der Straßenverkehrsinfrastruktur durch Extremwetter ... 510
4.4.2 Mobilitätsverhalten ... 513
5 Schlussfolgerungen ... 516
Literatur ... 519

1 Klimaanpassung als Gegenstand der Rechtswissenschaft

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels erfordert neben einer Bewusstseinsbildung für das Thema Klimaanpassung vor allem ein verändertes individuelles und kollektives Verhalten der relevanten Akteure. Recht kann dazu herangezogen werden, erwünschte Folgen zu erzeugen und unerwünschte in Bezug auf

die Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu begrenzen.[1] Es hat insbesondere die Aufgabe, Anreize für individuelles Verhalten zu setzen und kollektives Verhalten zu koordinieren.

Rechtliche Steuerung ist insbesondere dann notwendig, wenn Marktmechanismen oder Eigeninteressen die notwendige Anpassung an die Folgen des Klimawandels nicht von selbst bewirken. Für die darüber hinausgehenden Anpassungsmaßnahmen und vor allem für die notwendigen strukturellen Veränderungen muss das Recht geeignete Rahmenbedingungen, Handlungsmöglichkeiten und Infrastrukturen bieten. Recht sollte daher zum einen geeignete Instrumente zur Klimaanpassung bereithalten, um auch diejenigen Akteure zu Verhaltensänderungen und bestimmten Handlungen zu veranlassen, denen die besonderen Herausforderungen des Klimawandels noch nicht hinreichend bewusst sind oder der erforderliche Wille zur Anpassung fehlt.[2] Zum anderen sollte es passende Strukturen und Verfahren anbieten, die es ermöglichen, bestehende Handlungsblockaden zu überwinden und das Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure zu koordinieren.

Aufgabe der Rechtswissenschaft ist es, geeignete Instrumente, Prozesse und Strukturen für die gewünschten Wirkungen und Verhaltensbeeinflussungen zu suchen. Hierfür sind in erster Linie die heute schon vorhandenen rechtlichen Regelungen auf ihre Eignung zu überprüfen, ob sie dazu beitragen können, das Ziel der Klimaanpassung in Nordhessen zu erreichen. Sollte dies nicht der Fall sein, ist zu untersuchen, welche Regelungsdefizite bestehen und wie diese durch neue Regelungen beseitigt werden könnten. Für jede Regelung ist zu bestimmen, wie es hinsichtlich seiner rechtlichen Voraussetzungen und seiner bekannten oder vermuteten Wirkungsweisen zu den gewünschten Verhaltensänderungen beitragen kann.

Bisher wurde der Frage, wie durch rechtliche Regelungen eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützt werden kann, in der Rechtswissenschaft kaum Aufmerksamkeit geschenkt. Es gibt zwar einzelne Fachaufsätze[3] zu bestimmten Handlungsfeldern der Klimaanpassung und einen Sammelband zum Thema „Rechtlicher Handlungsbedarf an die Folgen des Klimawandels – Analyse und Weiterentwicklung rechtlicher Instrumente", der aus einem Gutachten für das Umweltbundesamt hervorgegangen ist.[4] Eine rechtliche Begleitung und Beratung von Klimaanpassung auf der regionalen Handlungsebene steht aber noch

---

1 Diesem Verständnis von Recht entsprechend kann die Rechtswissenschaft als Steuerungswissenschaft verstanden werden – s. hierzu *Schuppert* 1993: 65 ff.; *Hoffmann-Riem* 1993: 115 ff., *Roßnagel* 1994: 425 ff.

2 *Reese u.a.* 2010: 338.

3 *Möckel/Köck*, NuR 2009: 318; *Sanden*, NuR 2010: 225; *Reese*, ZfW 2011: 61; *Bovet*, NordÖR 2011: 1; *Reese*, VerwArch. 2012: 399.

4 *Reese u.a.* 2010.

aus und wurde erstmalig im Kontext von KLIMZUG-Nordhessen in dem Teilprojekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen“ bearbeitet.

2 Problembeschreibung und Fragestellung

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist mit strukturellen Herausforderungen verbunden, die es für eine effektive Anpassung zu beachten gilt.[5] Aufgrund der gesammelten Erfahrungen während des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen erscheinen fünf Herausforderungen für die Bearbeitung durch rechtliche Regelungen als besonders bedeutsam für die Gestaltung von Anpassungsmaßnahmen: das Handeln unter Unsicherheit, die Koordination sektoraler und ebenenübergreifender Anpassungslösungen, die Kooperation von staatlichen und privaten Akteuren, die Abstimmung von Klimaanpassung mit weiteren umweltpolitischen Zielen sowie die Förderung der Akzeptanz für Anpassungsmaßnahmen.[6] Das Recht muss diese Herausforderungen verarbeiten können, indem es geeignete Handlungsanreize und einen geeigneten Regelungsrahmen für Maßnahmen der Klimaanpassung bereitstellt. Generell kann es sich hierbei an bestehenden Rechtstechniken orientieren.

Bereits bei der Frage, ob überhaupt Anpassungsmaßnahmen getroffen werden müssen, rückt das Handeln unter Unsicherheit in den Fokus. Zwar wachsen die wissenschaftlichen Erkenntnisse hinsichtlich der zukünftigen klimatischen Veränderungen und deren Auswirkungen stetig an. Dennoch können lediglich mögliche zukünftige Entwicklungspfade von Klimaänderungen, die von ihnen ausgehenden Folgen für die natürliche Umgebung der Menschen, die von diesen bewirkten gesellschaftlichen Veränderungen, die damit verbundenen Verwundbarkeiten und die von ihnen ausgelösten individuellen und kollektiven Reaktionen dargestellt werden.[7] Auf jeder Stufe dieser Prozesskette sind die Voraussetzungen und Folgen allenfalls in einem breiten Entwicklungskorridor zu beschreiben. Die berechneten Klimaszenarien und die Beschreibung ihrer Folgen bleiben stets unsicherheitsbehaftet. Die Akteure der Klimaanpassung müssen ihre Handlungslogik hierauf einstellen. Der Umgang mit Unsicherheiten ist insbesondere eine Aufgabe des Umwelt- und Technikrechts. Während der letzten gut 30 Jahre hat sich speziell

---

5 In der Literatur finden sich hierzu eine Fülle von Einordnungen und Strukturierungen – s. etwa *Reese u.a.* 2010: 12 f.; *Bauer et al.*, Journal of Environmental Policy & Planning 2012: 279 (280 f.) m.w.N.

6 S. im Detail hierzu die interdisziplinäre Sichtweise der Teilprojekte Recht und Politik des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen in *Baasch u.a.*, RuR 2012: 191. Die Herausforderungen werden im Hinblick auf die Ausgestaltung einer regionalen Klimawandel-Governance vorgeschlagen.

7 Einen instruktiven Überblick über die Berechnung von Klimaszenarien sowie ihres Erklärungsgehaltes liefern *Walkenhorst, Stock* 2009.

ausgehend von diesen Rechtsgebieten ein dogmatischer Wechsel vom bloßen Gefahrenabwehr- hin zum Risikoverwaltungsrecht vollzogen[8], welches das Handeln trotz Wissensdefiziten rechtlich einrahmt. Ihm liegt das in Art. 20a GG verfassungsrechtlich verankerte Vorsorgeprinzip zugrunde, das den Gesetzgeber adressiert und dessen Risikokomponente bestenfalls auf die Vermeidung und mindestens auf die Minimierung möglicher Schadenspotentiale zielt. Das Prinzip der Vorsorge rationalisiert die rechtliche Risikosteuerung. Es fordert für Vorsorgehandeln, das verfügbare Wissen auszuschöpfen und die auf dieser – notwendig beschränkten – Wissensgrundlage getroffenen Entscheidungen nachträglich zu kontrollieren. Unter diesen Voraussetzungen rechtfertigt es aber generell ein Handeln auch dann, wenn die bloße Möglichkeit eines Schadenseintritts besteht.[9] Es muss durch einfach gesetzliche Regelungen konkretisiert werden. Im Risikoverwaltungsrecht finden sich hierzu erstens informationelle sowie wissensgenerierende Instrumente[10], zweitens rechtliche Vorgaben, welche die Entscheidungsfindung und das Handeln unter Unsicherheit anleiten, drittens Regelungen, welche die dynamische Berücksichtigung der jeweils aktuellen Wissensgrundlagen fordern, und viertens Ermächtigungen, die es gestatten, fehlgehende Steuerungsanreize – in Abwägung mit dem Bestandsschutz – zurückzunehmen und zu korrigieren.[11]

Anpassungshandeln muss zudem immer die große Diversität möglicher Anpassungsoptionen in den Blick nehmen. Die Folgen des Klimawandels werden die einzelnen Handlungsfelder mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, Art und Intensität sowie in Abhängigkeit von regionalen Eigenarten treffen. Sie stellen insofern ein multidimensionales, beziehungsreiches und vielschichtiges Problemgeflecht dar, zu dessen Auflösung höchst vielfältige und unterschiedliche Anpassungslösungen gewählt werden können. Hier besteht die Gefahr, dass Konflikte zwischen ergriffenen Einzelmaßnahmen auftreten oder mögliche Synergien ungenutzt bleiben. Um dies zu vermeiden, müssen Anpassungslösungen in ihrem jeweiligen Wirkungszusammenhang betrachtet und das Anpassungshandeln der verschiedenen Sektoren und Ebenen miteinander koordiniert werden. Insbesondere bedarf es einer verbesserten Abstimmung der sektoralen und sektorübergreifenden Zusammenarbeit sowie der Abstimmung auf den verschiedenen Ebenen der Bundes, der Länder- und der Kommunalverwaltung.[12]

---

8 *Di Fabio* 1994.

9 BVerfGE 49, 89 (137 ff.); s. auch *Di Fabio* 1997: 807 (820 ff.).

10 Zu den Instrumenten des Rechts stellvertretend für viele *Kloepfer*, 2011, § 5; zur Kategorie der wissensgenerierenden Instrumente *Roßnagel, Sanden* 2007: 20 f.

11 Weiterführend *Baasch u.a.*, RuR 2012: 191 (195); *Hafner/Weidlich* 2011: 1 ff.

12 S. im Detail *Baasch u.a.*, RuR 2012: 191 (196 ff.); *Hafner, Weidlich* 2011: 5, beide m.w.N.

Neben der Koordination staatlicher Akteure sind zusätzlich Kooperationsformen zwischen staatlichen und privaten Akteuren notwendig, da die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ein kontinuierliches Zusammenarbeiten von Behörden, Beteiligten, Individuen sowie Gruppenrepräsentantinnen und -repräsentanten erfordert.[13] Denn eine erfolgsversprechende Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen kann oft nur durch die Einbeziehung von nichtstaatlichen Akteuren erzielt werden. Für diese Beteiligung ist eine Aktivierung des Kooperationspotentials der Akteure notwendig.[14] Die Einbindung von gesellschaftlichen Akteuren in die Ausführung öffentlicher Aufgaben ist eine wesentliche Ressource für eine Verwaltung, die Prozesse und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in ihr Handeln aufnehmen will.[15]

Anpassungslösungen können darüber hinaus in Konflikt mit anderen umweltpolitischen Zielen treten, insbesondere wenn sich ihre Strategien strukturell erheblich unterscheiden. Beispielsweise sind zwar Klimaanpassung und Klimaschutz zwei Reaktionen auf das gleiche Phänomen, sie können sich aber dennoch gegenseitig hemmen und blockieren.[16]

Die Rechtsordnung ist par excellence darauf ausgerichtet, widerstreitende Interessen und Maßnahmen aufeinander abzustimmen und miteinander auszugleichen. Hierzu hält es etwa Abwägungs-, Vorrangs- und Kompensationsregelungen bereit, die im Hinblick auf Maßnahmen der Klimaanpassung überprüft und weiterentwickelt werden müssen.

Eine effektive Anpassung an die Folgen des Klimawandels hängt schließlich entschieden vom Verständnis über die Notwendigkeit von Anpassungshandeln der relevanten Akteure ab. Doch während das Thema Klimaschutz mittlerweile in weiten Teilen der Gesellschaft verankert ist, wird das Bedürfnis für die vorsorgende Klimaanpassung derzeit überwiegend lediglich auf den höheren politischen Ebenen etwa der Europäischen Union, des Bundes und der Länder gesehen und durch die Entwicklung von Strategien unterstützt.[17] Auf der regionalen und kommunalen Ebene, auf der die Klimaanpassung zum großen Teil umgesetzt werden muss, ist das Bewusstsein für die Notwendigkeit vorsorgenden Anpassungshandelns hingegen spärlich bis gar nicht ausgeprägt. Jedoch allein die persönliche Betroffenheit, das zeigen die Erfahrungen aus dem Verbundprojekt

13 *Scherzberg* 2000: 124.
14 *Treutner* 1998: 48 f.
15 So auch *Scherzberg 2000:* 94 zum allgemeinen Verwaltungshandeln.
16 S. im Detail *Baasch u.a.*, RuR 2012: 191 (193 f.).
17 S. hierzu *Kommission der Europäischen Gemeinschaften* 2009; *Bundesregierung* 2008. Bisher haben die Bundesländer Bayern, Brandenburg, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Sachsen-Anhalt Anpassungsstrategien aufgestellt.

KLIMZUG-Nordhessen, erzeugt das notwendige Problembewusstsein für die Erforderlichkeit der Anpassung. Es ist derzeit insbesondere in solchen Handlungsfeldern ausgeprägt, die langfristig wirkende Entscheidungen zu treffen haben, beispielsweise in der Forstwirtschaft. Fehlt das Eigeninteresse und das Problembewusstsein von Akteuren, ist es notwendig, die Auseinandersetzung mit den möglichen Folgen des Klimawandels zu stimulieren. Das Recht nutzt hierzu allgemein kapazitätsbildende Instrumente.[18] Zu diesen gehören unter anderem informationelle Instrumente, etwa solche der Öffentlichkeitsbeteiligung, wissensgenerierende Instrumente, wie Beobachtungs- und Ermittlungspflichten oder verfahrensrechtliche Instrumente, etwa Klageberechtigungen, die sich auch ohne die Beeinträchtigung subjektiver Rechtspositionen ergeben.[19]

Im Umgang mit diesen Herausforderungen muss das Recht Handlungsanreize für Anpassungsmaßnahmen bieten. Als solche kommen unter anderem Ge- und Verbote der Gefahrenabwehr und des Vorsorgehandels, Genehmigungsverfahren mit zusätzlichen die Klimaanpassung betreffenden Voraussetzungen, ökonomische Instrumente unter Berücksichtigung klimabezogener Cross Compliance sowie Vorteile in Verwaltungsverfahren oder in der Besteuerung in Betracht. Solche Regelungen neu zu erlassen, ist überwiegend Aufgabe der Gesetzgeber im Bund und in den Ländern. Auf regionaler Ebene können nur sehr beschränkt solche Regelungen erlassen werden. Behörden und Gerichte haben jedoch zu prüfen, ob die vielen Generalklauseln, die staatliches Handeln bestimmen und privates und unternehmerisches Handeln anleiten, so ausgelegt werden müssen, dass sie den neuen Herausforderungen gerecht werden. Auch kann die bei allen Grundrechtseingriffen zu prüfende Verhältnismäßigkeit der Mittel nicht gleich bleiben, wenn sich die Verhältnisse nachdrücklich verändern.

Bei den Folgen des Klimawandels ist zu beachten, dass sie selten einen neuen spezifischen Handlungsbereich eröffnen, sondern zunehmend alle Gesellschafts-, Wirtschafts- und Verwaltungsbereiche betreffen. Daher erfordert diese querschnittliche Herausforderung nicht ein spezielles Klimaanpassungsgesetz, auf das gewartet werden muss, bevor mit Klimaanpassung begonnen werden kann. Vielmehr sind Maßnahmen der Klimaanpassung in allen Gesellschafts-, Wirtschafts- und Verwaltungsbereichen erforderlich und müssen im Rahmen der bestehenden Gesetze berücksichtigt werden. Dies ist durch Rechtsänderungen in § 6 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 WHG, §§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 5 und Satz 7 ROG und §§ 1 Abs. 5, 1a Abs. 5, 5 Abs. 2 Nr. 2 c) sowie 171a Abs. 2 und Abs. 3 Nr. 1 und Nr. 6 BauGB bereits erfolgt. Soweit dies noch nicht geschehen ist, muss geprüft werden, ob die bestehenden

18 *Lübbe-Wolff*, NVwZ 2001: 481 (493).
19 *Baasch u.a.*, RuR 2012: 191 (198 f.); *Hafner, Weidlich* 2011: 2.

Generalklauseln Klimaanpassungsmaßnahmen im Rahmen der Vorsorge erfordern oder ermöglichen.

Um den Beitrag des Rechts für die Initiierung möglicher Anpassungsmaßnahmen im Raum Nordhessen zu untersuchen und wo notwendig zu optimieren, wurden diese fünf Handlungsherausforderungen als allgemeine Untersuchungsschwerpunkte in den Blick genommen. Sie bilden eine strukturell komplexe Situation ab, in der die jeweils geeigneten rechtlichen Instrumente gefunden werden müssen, um eine nachhaltige individuelle und kollektive Verhaltensanpassung zu bewirken. Dennoch kann eine Analyse des rechtlichen Instrumentariums und seiner Wirkungsweise bei dem Thema der regionalen Klimaanpassung nicht auf dieser abstrakten Ebene beginnen. Gerade die Erkenntnis, dass die individuelle und kollektive Verhaltensanpassung an die Folgen des Klimawandels in hohem Maß vom Problembewusstsein der Akteure und ihrer Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen abhängt, macht es erforderlich, sich dem Thema sachproblembezogen zu nähern. Anpassung an den Klimawandel ist ein Prozess und kann nur prozesshaft stattfinden. In diesem Sinn hat das Projekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen“ seine Untersuchung an einzelnen materiellen Rechtsproblemen der regional relevanten Handlungsfelder ausgerichtet. Das Projekt hatte zum Ziel, den rechtlichen Handlungsrahmen nordhessischer Akteure für die Klimaanpassung aufzuzeigen. Die wichtigsten Ergebnisse werden in Kapitel 4 vorgestellt. Bei einer Querschnittsbetrachtung der erarbeiteten Ergebnisse lassen sich im zweiten Schritt Rückschlüsse für den Umgang des Rechts mit den fünf Herausforderungen ableiten. Auf diese wird in Kapitel 5 Bezug genommen.

Ausgehend von der ersten Übersicht der für die Anpassung an den Klimawandel in Nordhessen relevanten materiellen Rechtsprobleme konnte eine Auswahl derjenigen Handlungsfelder getroffen werden, bei denen der Beitrag des Rechts zur Unterstützung von Anpassungshandeln besonders relevant ist. Hierzu zählen die ressourcenbezogenen Themenfelder Wasser- und Landwirtschaft sowie die Sektoren Gesundheit und Verkehr. Hingegen werden in Nordhessen Rechtsfragen der Klimaanpassung in der Tourismuswirtschaft und im Energiesektor derzeit kaum relevant. Der Beitrag stellt deshalb die Ergebnisse bezüglich der vier erstgenannten Handlungsfelder vor.

3 Methodik

Als Ausgangspunkt für die Untersuchung wird der anpassungsrelevante Sachverhalt für die jeweiligen Handlungsfelder herausgearbeitet. Ausgehend von diesem Sachverhalt wird das Recht auf seine Möglichkeiten hin untersucht, ob und in welcher Form es Lösungen für das Sachproblem anbieten kann. In einem ersten

Schritt wird festgestellt, welches die relevanten Gesetze für das jeweilige Handlungsfeld sind. Hierbei ist zu beachten, dass es noch kaum gesetzliche Regelungen gibt, die einen expliziten Auftrag zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen geben oder Anpassungsmaßnahmen vorsehen. Jedoch kann implizit in umweltrechtlichen Regelungen durch die Prinzipien der Vorsorge und der Gefahrenabwehr sowie durch die Beurteilungs-, Prognose- und Ermessensspielräume der Verwaltung die Anpassung an die Folgen des Klimawandels aufgegriffen werden.

Im Anschluss daran wird analysiert, ob die vorhandenen rechtlichen Instrumente für Klimaanpassung relevant sind und ob sie für Klimaanpassungsbelange genutzt werden können. Die rechtlichen Instrumente werden unter zwei Gesichtspunkten untersucht. Erstens wird untersucht, ob sie ausreichen, um Klimaanpassungsmaßnahmen zu ermöglichen und zu unterstützen und zweitens, ob die rechtlichen Regelungen einen regionalen Handlungsspielraum öffnen, um Klimaanpassung in der Region aufzunehmen und voranzutreiben.

Aufbauend auf dieser Analyse werden mögliche Defizite aufgezeigt und Vorschläge zur Weiterentwicklung des Rechtsrahmens gegeben.

4 Ergebnisse und deren Relevanz für die Klimaanpassung in Nordhessen

4.1 Landwirtschaft

Die landwirtschaftliche Produktion ist abhängig von Klima, Witterung und Wetter. Die klimatischen Bedingungen sind mitbestimmend für die Sortenwahl, Bewirtschaftungsweise und das Ertragspotenzial. In Nordhessen ist angesichts der zu erwartenden klimatischen Veränderungen in Zukunft mit wärmeren und niederschlagreicheren Wintern sowie mit insgesamt trockeneren Sommern mit extremen Hitze- und Trockenperioden zu rechnen. Dies wird auch eine Verlängerung der Vegetationsperiode im Frühjahr und im Herbst bewirken. Außerdem wird eine Zunahme von Starkregenereignissen erwartet.[20] Dies hat Auswirkungen auf die Boden- und Wasserqualität. Außerdem dürften diese klimatischen Veränderungen zu einer zunehmenden Bodenerosion in Hanglagen und Überschwemmungen von Ackerflächen an Fließgewässern führen. Um negative Umweltbelastungen und Ertragseinbußen durch die Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren und die Vorteile längerer Vegetationsperioden zu nutzen, wurden im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen Anpassungsmaßnahmen zur Erhöhung der Robustheit der Anbausysteme aus ökologischer und ökonomischer Sicht er-

[20] S. Kap. II: Matovelle, Simon; S. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.

probt, die zugleich Bodenerosion vermeiden und zur Erzeugung von Bioenergie beitragen.[21]

Um die naturräumlichen und lokalen Anbaubedingungen berücksichtigen zu können, ist es notwendig, dass diese Anpassungsmaßnahmen aus der Region heraus entwickelt werden. Es braucht daher regionale Aktivitäten für Klimaanpassungsmaßnahmen, um den spezifischen regionalen und betrieblichen Unterschieden Rechnung zu tragen.[22] Dies ist bei der rechtlichen Überprüfung und Weiterentwicklung des rechtlichen Handlungsrahmens stets zu beachten.

Im Handlungsfeld Landwirtschaft kommt es entscheidend darauf an, dass das Recht den ausführenden Verwaltungseinheiten einen Handlungsspielraum eröffnet, damit sie auf die regionalen Bedürfnisse und Gegebenheiten reagieren können. Die folgenden Ausführungen zeigen die hierfür möglichen rechtlichen Instrumente auf und liefern eine Einschätzung über die jeweilige Wirkung dieser Instrumente.

4.1.1 Gute fachliche Praxis

Um die Belastungen für Boden und Wasser möglichst gering zu halten, ist von Landwirten die „gute fachliche Praxis" als einzuhaltendes ökologisches und sicherheitstechnisches Schutzniveau zwingend einzuhalten. Nach den Fachgesetzen zum Boden-, Natur- und Pflanzenschutz sowie zu Düngemitteln besteht für die Verwaltung ein Beratungs- und Kontrollauftrag zur „guten fachlichen Praxis". Übergreifendes Ziel der in einzelnen Gesetzen nur in Bezug genommenen, nicht aber ausgestalteten „guten fachlichen Praxis" ist es, die nachhaltige Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürliche Ressource zu sichern.

Der Zweck, die Umweltgüter Boden, Wasser und Biodiversität zu schützen, kann mit der „guten fachlichen Praxis" jedoch in beschränktem Maß erreicht werden.[23] Im Wesentlichen wird die niedrige Effektivität des Instruments der „guten fachlichen Praxis" darauf zurückgeführt, dass einer Ausgestaltung in einem untergesetzlichen Regelwerk eine Spezifizierung von örtlichen Gegebenheiten und in den meisten Fällen Sanktionsmöglichkeiten gegen Verstöße fehlen. Die „gute fachliche Praxis" gleicht daher einem nicht näher konkretisierten Handlungsapell an die Landwirte.[24] Sollten inhaltliche Änderungen der „guten fachlichen Praxis" im Verlauf des Klimawandels als sinnvoll erachtet werden, sind starke Zweifel ange-

---

21 S. Kap. III: Graß et al.
22 *Baasch u.a.* RuR 2012: 191 (197).
23 S. hierzu: *Möckel*, 2006: 43 ff.; *SRU* 2002: Tz. 359 ff.; *Ekardt u.a.*, ZUR 2008: 169.
24 *Peine*, NuR 2002: 522.

bracht, ob durch die „gute fachliche Praxis“ eine Verhaltensänderung der Landwirte erreicht werden kann.

Ein Einfallstor, die „gute fachliche Praxis“ doch gewinnbringend einzusetzen, ist die Pflicht der Verwaltung zur landwirtschaftlichen Beratung über die „gute fachliche Praxis“. Dieses Instrument der Bildung und Beratung gilt als effektive Schnittstelle, um Informationen einzubringen und Politiken umzusetzen.[25]

Im Rahmen dieses Bildungs- und Beratungsauftrages sollten Rechtsänderungen die Vorgaben für die „gute fachliche Praxis“ in einem ersten Schritt stärker als bisher an die räumlichen Gegebenheiten anpassen. Die allgemein gehaltenen Grundsätze und Handlungsempfehlungen der „guten fachlichen Praxis“ sollten daher weiterentwickelt und mit spezifischen regionalen Daten und Erfahrungswerten bezüglich der Veränderungen des Klimas ergänzt werden. Dieses neue Wissen kann dann in einem zweiten Schritt zu einer „klimaangepassten“ Handreichung für Bildung, Beratung und Praxis ausgebaut werden. Dieser Bildungs- und Beratungsauftrag ist von den Behörden, in Hessen durch den Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, verbindlich zu erfüllen.[26] Der Landwirt selbst ist aber nicht verpflichtet, dieses Angebot wahrzunehmen.

Bei der jeweiligen Ausgestaltung von Bildungs- und Beratungsangeboten haben die Verwaltungsbehörden einen großen Spielraum hinsichtlich der Art und Weise, wie sie diesem Auftrag nachkommen. So kann die Verwaltung beispielsweise neue Themen, wie das der „klimaangepassten Landwirtschaft“, aufnehmen und durch Demonstrationsvorhaben, Bildungsangebote und Informationstools weiterverbreiten.

4.1.2 Wasserentnahme zu Bewässerungszwecken

Die Wasserverfügbarkeit in Form von Niederschlägen sowie von Grundwasser und Oberflächengewässer ist für die Landwirtschaft besonders wichtig. Das Entnehmen von Wasser aus oberirdischen Gewässern und von Grundwasser bedarf nach § 8 i.V.m. § 9 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 5 WHG grundsätzlich einer Genehmigung. Die Länder haben nach § 46 Abs. 3 WHG jedoch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, Ausnahmen von der grundsätzlichen Genehmigungspflicht vorzusehen. Die gesetzliche Ermächtigung zur Befreiung von der Genehmigungspflicht ist in den Landeswassergesetzen jedoch unterschiedlich ausgestaltet. So haben Bundes-

[25] *Beyme* 1997: 142 f.

[26] Der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen ist Träger der hessischen Offizialberatung für Landwirtschaft und Gartenbau.

länder, die heute schon unter Wasserknappheit leiden, sehr eingeschränkte genehmigungsfreie Entnahmerechte für die Landwirtschaft.

Für die einzelnen Bundeländer empfiehlt sich, bei der Aktualisierung der Landeswassergesetze generöse genehmigungsfreie Entnahmen von Grundwasser oder von Wasser aus oberirdischen Gewässern – im Lichte der Verringerung des Wasserdargebots aufgrund des Klimawandels – zu überprüfen und gegebenenfalls zu verringern.[27]

4.1.3 Landschaftsplanung

Mit dem Instrument der Landschaftsplanung – gesetzlich verankert im Bundesnaturschutzgesetz – können klimabedingte Bodenrisiken ermittelt und Vorsorgemaßnahmen abgeleitet werden. Wichtig hierfür sind die örtlichen Landschaftspläne aufgrund ihres kleinräumigen Maßstabs (Gemeinde- oder Kreisgebiet). Zusätzlich hierzu könnten in den Plan Anforderungen, die im Rahmen des Subventionsrechts oder der „guten fachlichen Praxis" schon vorliegen, aufgenommen werden. Im Bereich Bodenschutz ist auf die erforderliche Ausweisung von Gebieten mit Wasser- und Winderosion und auf die Anforderungen einer standortangepassten „guten fachlichen Praxis" zu achten. Die Inhalte des Landschaftsplans sind für den einzelnen Landwirt nicht bindend. Positive Effekte können aber dennoch erreicht werden. Denn der Plan trägt zu einer Wissensgenerierung über klimabedingte Bodenrisiken bei und kann eine integrative Bewirtschaftungspraxis, die die Belange von Naturhaushalt, Landnutzung, Wasser- und Bodenschutz in den Blick nimmt, fördern.

4.1.4 Ausgestaltung des Förderrechts

Das Förderrecht der Europäischen Union bietet ebenfalls Ansatzpunkte, Landwirte bei Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu unterstützen. Die hierfür relevanten EU-Verordnungen müssen von den Bundesländern in ihren Förderrichtlinien umgesetzt und der prioritäre Förderbedarf festgelegt werden. Dabei soll der prioritäre Förderbedarf nach den EU-Verordnungen unter Beteiligung der zuständigen regionalen, lokalen und sonstigen öffentlichen Körperschaften ermittelt werden. Daher kann die kommunale Verwaltung durch die Beteiligung in Beratungsgremien Einfluss auf das von der Landesregierung ausgestaltete Subventionsrecht nehmen. Ein Beteiligungsrecht bei der Ausgestaltung – beispielsweise im Entwicklungsplan ländlicher Raum – könnte so ein wichtiger Baustein für den Transport von standortspezifischem Wissen und von Bedürfnissen sein und sollte

[27] *Hafner,* UPR 2010: 371 (375).

entsprechend genutzt werden, um regionale Bedarfe der Klimaanpassung einzubringen.[28]

Die Abstimmung der Ebenen von Europäischer Union, Bund, Land und Regionen ist wichtig, wenn ein geeignetes regionalspezifisches Förderregime koordiniert werden soll.[29]

4.2 Wasser

Für Nordhessen lassen derzeitige Untersuchungen von zukünftigen klimatischen Veränderungen steigende Durchschnittstemperaturen, die Zunahme der Niederschlagswahrscheinlichkeit im Winter und die Zu- als auch Abnahme der Niederschlagswahrscheinlichkeit im Sommer erwarten. Für den nordhessischen Wasserhaushalt wird infolgedessen mit intensiveren und häufiger auftretenden Hoch- als auch Niedrigwasserereignissen gerechnet.[30]

4.2.1 Hochwasser

Hochwasser sind wiederkehrende extreme Naturereignisse, deren Eintritt schwer vorhersehbar ist. Wie langfristige Studien zeigen, sind an der Fulda und ihren Nebenflüssen Hochwasserereignisse bisher verstärkt in den Winter- und Frühjahrsmonaten aufgetreten.[31] Klimawandelbedingt können sich aber sowohl Art und Maß von Hochwassern als auch der Zeitpunkt ihres Auftretens im Abflussjahrgang ändern. Vermeiden lassen sich Hochwasser nicht, allerdings können Maßnahmen ergriffen werden, um Hochwasserrisiken für das Leben, die Gesundheit, die Umwelt oder bedeutende Sachgüter zu minimieren.[32] Mit Blick auf die Auswirkungen des Klimawandels muss überlegt werden, ob die derzeitigen Maßnahmen für den vorbeugenden Hochwasserschutz ausreichen und inwiefern sie zu ergänzen sind. Das Teilprojekt „Klimawandel in Nordhessen – Folgen und Anpassungsmöglichkeiten für die Wasserwirtschaft am Beispiel von Eder und Fulda“[33] zielte darauf, die Veränderungen des Wasserhaushaltes an der Fulda zu quantifizieren und geeignete Anpassungsstrategien zu entwickeln. Gegenstand der Untersuchung waren der technische Hochwasserschutz sowie mögliche Strategien zur Stärkung des natürlichen Wasserrückhalts[34] und zur Beschränkung von

---

28 *Hafner*, UPR 2010: 371 (377).
29 *Baasch u.a.* RuR 2012: 191 (198).
30 S. Kap. III : Theobald et al.
31 S. Kap. III : Theobald et al.
32 S. für einen instruktiven Überblick *Reese u.a.* 2010: 37 ff. sowie *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser* 1995: 4 ff.
33 S. im Detail Kap. III : Theobald et al.
34 S. im Detail *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser* 1995: 8 ff.; *Hessisches Ministerium für Umwelt* 2007: 21 ff.

Nutzungen in hochwassergefährdeten Bereichen. Die letzten beiden Ansatzpunkte wurden im Projekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen" aufgegriffen, um an ihrem Beispiel die steuernde Wirkung des Rechts zu untersuchen. Die wichtigsten rechtlichen Instrumente des vorbeugenden Hochwasserschutzes finden sich im Wasserhaushaltsgesetz, im Hessischen Wassergesetz sowie im Raumordnungsgesetz und im Baugesetzbuch.

Im Wasserhaushaltsgesetz wurde bereits in seiner Neufassung aus dem Jahr 2009 explizit Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels genommen. Insofern nimmt das Wasserhaushaltsgesetz – gemeinsam mit dem Raumordnungsgesetz und dem Baugesetzbuch – eine Vorreiterrolle ein. Die Vorsorge vor möglichen Folgen des Klimawandels ist als allgemeiner Bewirtschaftungsgrundsatz in § 6 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 WHG verankert worden. Klimawandelfolgen sind deshalb von der zuständigen Behörde bei sämtlichen gewässerwirtschaftlichen Entscheidungen im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes – und damit auch bei den Maßnahmen für den Hochwasserschutz – zu berücksichtigen.[35]

Risikomanagementplan

Maßnahmen zugunsten der Stärkung des natürlichen Wasserrückhalts sowie der Beschränkung von Nutzungen in hochwassergefährdeten Bereichen können durch das aus dem Europarecht stammende Instrument des Risikomanagementplans[36] forciert werden. Die europarechtlichen Vorgaben wurden durch die §§ 75, 79 Abs. 1 und 80 Abs. 2 WHG in deutsches Recht umgesetzt. Der Risikomanagementplan zielt darauf, Hochwasserrisiken zu minimieren, die an Oberflächengewässern mit mittlerer Wahrscheinlichkeit wiederkehren oder an Küstengebieten mindestens von einem Extremereignis ausgehen. § 74 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 WHG definiert das Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit als ein solches, dessen voraussichtliches Wiederkehrintervall mindestens 100 Jahre beträgt. Der Wortlaut „voraussichtlich" legt in der Zusammenschau mit dem allgemeinen Bewirtschaftungsgrundsatz gem. § 6 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 WHG nahe, bei der Ermittlung der mittleren Hochwasserwahrscheinlichkeit auch zukünftige Entwicklungsszenarien zu berücksichtigen und nicht nur auf statistische Daten, die auf vergangene Ereignisse bezogen sind, zurückzugreifen.[37] Damit wird ein Planungsziel normiert, das die zukünftige Risikoentwicklung berücksichtigen kann. Gegenstand der Planung sind umfassend abgestimmte Abwehr- und Vorsorgemaßnahmen zugunsten des

---

35 *Bundesrat,* Empfehlungen der Ausschüsse, Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Wasserrechts, BR-Drs. 280/1/09, 5.

36 Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, EG ABl. L 288 vom 6.11.2007, 27 ff.

37 S. hierzu *Reese u.a.* 2010: 51 f.

Schutzes von Leben, Gesundheit und Umwelt, des Kulturerbes sowie der wirtschaftlichen Tätigkeit. In Hessen ist gem. § 64 Abs. 1 HWG das für Wasserwirtschaft zuständige Ministerium und damit das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz als oberste Wasserbehörde für die Aufstellung von Risikomanagementplänen zuständig. Grundlagen der Planung bilden die ebenfalls aus dem Europarecht stammenden informationellen Instrumente der Bewertung der Hochwasserrisiken sowie der Gefahren- und Risikokarten, die in den §§ 73, 74 und 80 Abs. 1 WHG ins deutsche Recht umgesetzt worden sind.

Für die Bewertung der Hochwasserrisiken muss die Behörde zunächst gem. § 73 Abs. 1 WHG Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko (Risikogebiete) identifizieren. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist, dass bereits gem. § 73 Abs. 2 WHG i.V.m Art. 4 Abs. 2 RL 2007/60/EG detaillierte Vorgaben hinsichtlich der Art und des Umfangs des in die Bewertung einzubeziehenden Wissens vorgegeben sind. Insbesondere ist der Behörde aufgegeben, hierbei Klimawandelwissen zu berücksichtigen.[38] Allerdings fordert der Richtliniengeber in Art. 4 Abs. 2 Satz 1 RL 2007/60/EG in genereller Weise verfügbare oder leicht abzuleitende Informationen als Bewertungsgrundlagen, wie etwa Aufzeichnungen und Studien zu langfristigen Entwicklungen. Im Kern fordert der Richtliniengeber hier den Rückgriff auf bereits erhobene Informationen. Für die Voraussetzung „verfügbar" ergibt sich dies bereits unmittelbar aus der englischen Originalfassung, die insofern auf „available information" verweist, was auch mit „vorhanden" übersetzt werden kann. Die Voraussetzung „readily" heißt soviel wie „leicht ableiten" oder „ohne Weiteres ableiten", was jedenfalls voraussetzt, dass bereits grundlegende Daten vorliegenden. Damit geben die Vorschriften zwar bereits in erheblichem Maße die Ermittlungs- und Bewertungstiefe vor. Für das Hochwasserrisikomanagement fehlen allerdings Instrumente, die Anreize für die Generierung neuen Wissens setzen.

Auf der Grundlage der ermittelten und bewerteten Informationen sind gem. § 74 WHG Gefahrenkarten zu erstellen, die Gebiete erfassen, die bei Hochwasser überflutet werden, sowie Risikokarten, die das mögliche Schadenspotential dieser Hochwasserereignisse abbilden. Als informationelle Instrumente dienen die Karten der Vermittlung von Wissen und der Transparenz.[39]

Bei der Maßnahmenwahl wird die Behörde gem. § 75 Abs. 3 Satz 2 WHG von den Vorgaben des Richtliniengebers in Art. 7 Abs. 3 Satz 2 bis 4 RL 2007/60/EG gelei-

[38] *Reese u.a.* 2010: 53, sprechen insofern von einem „bemerkenswerten Beispiel fortschrittlicher Risikoregulierung".

[39] S. die Ausführungen von *Reese u.a.* 2010: 49.

tet. Die europäischen Vorgaben stellen allerdings ein Sammelsurium von recht vagen Vorgaben[40] dar, auf die der deutsche Gesetzgeber lediglich statisch verweist.[41] Die inhaltliche Unbestimmtheit für die Maßnahmenwahl bietet einen großen Spielraum für engagierte Behörden, aktiv zu werden und ihre Vorstellungen zu verwirklichen. Sie birgt aber zugleich die Gefahr, dass die Behörde ihren Handlungsrahmen nicht nutzt und sich auf fehlende Vorgaben beruft.[42] Die hessische Wasserwirtschaftsverwaltung hat ihren Gestaltungsspielraum bisher wahrgenommen, indem sie für das hessische Einzugsgebiet der Fulda einen ersten Risikomanagementplan in Auftrag gegeben hat, der unter Federführung des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kassel unter Leitung von Prof. Dr. Theobald entstanden ist.[43]

Sowohl die Risiko- und Gefahrenkarten als auch die Risikomanagementpläne sind Überprüfungs- und Aktualisierungspflichten unterworfen, die einem sechsjährigen Turnus unterliegen. Damit ist dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz prinzipiell ein Instrument an die Hand gegeben, um den vorbeugenden Hochwasserschutz auch in Bezug auf mögliche zukünftige Entwicklungsrisiken aufgrund des Klimawandels zu verfolgen und Steuerungsfehler bei der turnusgemäßen Nachkontrolle zu korrigieren.

Schließlich wurde mit § 79 Abs. 1 WHG erstmals in der deutschen Verwaltungspraxis die Möglichkeit geschaffen, bereits in der Phase der wasserrechtlichen Planung und Konzeptionalisierung Vorstellungen, Belange und Wissen der Öffentlichkeit einzubringen.[44] Die Öffentlichkeitsbeteiligung soll als fortdauernder Begleitprozess ausgestaltet sein, der jeweils auch bei einer Aktualisierung der Pläne durchzuführen ist. Da der Gesetzgeber auch in diesem Fall keine nähere Ausgestaltung für die Formen und Akteure der Öffentlichkeitsbeteiligung vorgenommen hat, liegt die Herausforderung für die Behörden darin, die interessierten Stellen zu identifizieren und zu bestimmen, wann welche Stellen beteiligt werden sollen und in welcher Form die Beteiligung erfolgen soll.

Überschwemmungsgebiet

Das aus dem nationalen Recht stammende Instrument des Überschwemmungsgebietes ist eine dem Ordnungsrecht zugehörige raumgestaltende Nutzungsregel[45],

---

40 *Reese* u.a. 2010: 56.
41 *Czychowski, Reinhard* 2010, § 75 Rn. 37.
42 S. weiterführend zur Kritik an der Beschränkung der Planung auf die Risikogebiete *Reese u.a.* 2010: 56.
43 S. *Regierungspräsidium Kassel* 2010.
44 *Guckelberger*, NuR 2010: 835, (837).
45 In Abgrenzung zum Planungsinstrument, *Burgi, Deichmöller*, DÖV 2003: 358 (361).

die bereits Anreize für den vorbeugenden Hochwasserschutz setzt. Überschwemmungsgebiete sind gem. § 76 Abs. 1 WHG räumliche Bereiche an oberirdischen Gewässern, die bei Hochwasserereignissen überschwemmt oder durchflossen sowie als Rückhaltefläche beansprucht werden. Innerhalb der Überschwemmungsgebiete sind die Planungen und Nutzungen, wie etwa die Ausweisung neuer Baugebiete in Bauleitplänen oder die Umwandlung von Grünland in Ackerland, gem. § 78 WHG beschränkt. Überschwemmungsgebiete werden durch Rechtsverordnung von der Landesregierung auf zwei Arten festgesetzt:

Zur Unterstützung sowohl von Maßnahmen zugunsten der Stärkung des natürlichen Wasserrückhalts als auch der Beschränkung von Nutzungen in hochwassergefährdeten Bereichen kann die erste Festsetzungsvariante beitragen. Gem. § 76 Abs. 2 Nr. 1 WHG muss die Landesregierung innerhalb der Risikogebiete mindestens die Flächen als Überschwemmungsgebiete festsetzen, die bei einem statistisch zu erwartenden 100-jährigen Hochwasser überflutet werden. Die Festsetzung orientiert sich somit an vergangenen Ereignissen, ohne zukünftige Risikoentwicklungen zu berücksichtigen. Damit ist lediglich eine reaktive, nicht aber eine proaktive Anpassung vorgeben. Mit Blick auf die Klimaanpassung kann dieser statische Schutz nur eine Minimalvorsorge darstellen. Die Länder können die Gebietsfestsetzung an schärfere Vorgaben knüpfen.[46] In Hessen wurde von dieser Möglichkeit allerdings bisher nicht Gebrauch gemacht.

Zur Unterstützung von Maßnahmen zugunsten der Stärkung des natürlichen Wasserrückhalts können die Länder zudem die zweite Festsetzungsvariante nutzen. Gem. § 76 Abs. 2 Nr. 2 WHG setzt die Landesregierung die Flächen als Überschwemmungsgebiete fest, die als Rückhalteflächen für Hochwasser beansprucht werden. Der Gestaltungsspielraum der Behörde ist hier im Vergleich zu der bindenden Vorgabe gem. § 76 Abs. 2 Nr. 1 WHG hoch, weil es im Ermessen der Behörde liegt, welche Rückhalteflächen sie tatsächlich beansprucht. Zur Anpassung an den Klimawandel kann es sinnvoll sein, gerade den Schutz von Rückhalteflächen zu stärken, indem konkrete Festsetzungskriterien vorgegeben werden.[47]

In Hessen ist bei der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten die Information über die notwendige Festsetzungsverordnung und eine Gelegenheit zur Stellungnahme vorgesehen. Jedoch kann schon auf Ebene der Risikomanagementpläne im

---

46 S. hierzu *Reese u.a.* 2010: 76 ff. mit einer weiterführenden kritischen Auseinandersetzung bezüglich der Nachteile der vergangenheitsbezogenen statistischen Bemessung und der Gründe, die dagegen sprechen, diese gesetzliche Mindestbemessung zumindest bundeseinheitlich zu erhöhen.

47 *Reese u.a.* 2010: 64 f.

Rahmen der umfangreichen Öffentlichkeitsbeteiligung das Thema der Überschwemmungsgebiete mit behandelt werden.

Überschwemmungsgefährdetes Gebiet

Im hessischen Landesrecht findet sich ein weiteres raumgestaltendes Instrument zugunsten der Schadensvorsorge[48], das sogenannte überschwemmungsgefährdete Gebiet. Überschwemmungsgefährdete Gebiete sind gem. § 46 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 und Satz 2 HWG Gebiete, die erst bei einem Hochwasserereignis überschwemmt werden, das mindestens dem 1,3-Fachen des Abflusses eines statistischen 100-jährigen Hochwassers entspricht. Gem. § 46 Abs. 1 Nr. 2 HWG handelt es sich darüber hinaus um solche Gebiete, die beim Versagen von Hochwasserschutzeinrichtungen wie Deichen überschwemmt werden. Gem. § 46 Abs. 2 HWG hat die zuständige Wasserbehörde zunächst überschwemmungsgefährdete Gebiete zu ermitteln und zu kartieren. Sie sind in den Regional- und Bauleitplänen zu kennzeichnen. Zudem müssen die Gemeinden diese Karten ortsüblich bekannt machen. Das Instrument dient insofern der Risikoregulierung. Gewährleistet wird die Ermittlung von und die Information über sehr große Hochwasserereignisse. § 46 Abs. 3 HWG normiert die Nutzungspflicht, in überschwemmungsgefährdeten Gebieten Vorkehrungen zu treffen, „um den Eintrag wassergefährdender Stoffe bei Überschwemmungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu verringern." Falls erforderlich sind hierfür bautechnische Maßnahmen zu ergreifen. Mit Blick auf den Klimawandel ist das Instrument aufgrund seiner großzügigen Bemessung der Überschwemmungsfläche interessant und kann damit als sinnvolle Ergänzung zum Gebietsschutz nach § 76 Abs. 2 Nr. 1 WHG gesehen werden. Auch hier gewährleistet der Verweis auf das statistische Hochwasser vergangener Abflussspitzen jedoch lediglich einen nachlaufenden vorbeugenden Hochwasserschutz. Dies sollte bei der nächsten Novellierung des HWG geändert werden, etwa indem, angelehnt an den Bemessungsmaßstab des Risikomanagementplans, auf ein „voraussichtliches Wiederkehrintervall" von mindestens dem 1,3-Fachen eines gewöhnlich alle 100 Jahre wiederkehrenden Hochwassers verwiesen wird. Darüber hinaus ist im Hinblick auf die steigenden Hochwasserrisiken zu überlegen, ob die Nutzungsregelungen durch weitere Vorgaben, etwa gem. § 78 WHG, ergänzt werden können.

Raumordnungs- und Bauleitpläne

Maßnahmen der Hochwasser- und Schadensvorsorge können zudem in Raumordnungsplänen festgelegt werden. Der vorbeugende Hochwasserschutz sowie

[48] S. zu diesem Begriff *Reese*, NuR 2011:19 (20)

die Anpassung an den Klimawandel sind gem. §§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 5 und 7 ROG normierte gesetzliche Grundsätze der Raumordnung. In Hessen kann die Regionalversammlung in den Regionalplänen natürliche Überschwemmungsgebiete sichern sowie Hochwasserrisikogebiete auch unter Gesichtspunkten des Klimawandels ausweisen. In diesem Rahmen ist allerdings eine umfassende Abwägung mit sämtlichen raumbedeutsamen Belangen vorzunehmen, so dass beabsichtigte Festlegungen des Hochwasserschutzes bei der Planaufstellung oder -änderung im Ergebnis zu Gunsten anderer Belange unberücksichtigt bleiben könnten.

Schließlich sind Hochwasserschutz und -vorsorge sowie die Anpassung an den Klimawandel explizit in §§ 1 Abs. 5, Abs. 6 Nr. 7 a) und Abs. 12 sowie 1a Abs. 5 BauGB genannte Belange der Bauleitplanung. Die Gemeinden können städtebaulich den vorsorgenden Hochwasserschutz zur Anpassung an den Klimawandel durch geeignete Darstellungen im Flächennutzungsplan und durch geeignete Festsetzungen in den Bebauungsplänen forcieren.

Trotz dieser zum Teil modernen risikorechtlichen Ausgestaltung des Hochwasserregimes und den zahlreichen Möglichkeiten der Verwaltung, vorsorgend tätig zu werden, müssen Vorsorgemaßnahmen stets insbesondere den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz wahren. Im Hinblick auf die Folgen des Klimawandels ist es eine besondere Herausforderung, den Vorsorgeanlass, sofern gesetzlich zugelassen, auf vorhandene Hochwasserprojektionen zu stützen, die zukünftige Risikoentwicklungen abbilden. Hier muss stets im Einzelfall geprüft werden, inwiefern die Vorsorge geboten oder durch den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz zu begrenzen ist.

4.2.2 Niedrigwasser

Deutschland ist aufgrund großer Flusslandschaften und einem verfügbaren Wasserdargebot von 188 Mrd. m³ ein wasserreiches Land. Trotzdem fällt Deutschland unter die acht europäischen Staaten, für die in Folge der klimatischen Veränderungen Wasserstress projiziert wird.[49] Die Nachfrage nach Wasser in ausreichender Menge und angemessener Güte steigt permanent in allen Anwendungsbereichen. Dadurch entsteht ein wachsender Druck auf die Gewässerbewirtschaftung.

Bedingt durch den Klimawandel können Trockenperioden in den Sommermonaten häufiger auftreten. Diese verlängern die Phasen von Dürren und Niedrigwasserperioden erheblich. Zu den klimatischen Faktoren kommt hinzu, dass es in Deutschland eine hohe Kühlwasserentnahme für industrielle Prozesse gibt. Zusätzlich konkurrieren wasserbezogene Sektoren wie beispielsweise Schifffahrt, Binnenfischerei, Landwirtschaft und Tourismus untereinander um die Wasser-

[49] *European Environment Agency* 2007: 81.

menge. Vergangene Trockenperioden haben deutlich gemacht, dass nicht nur der Umgang mit aktuell auftretenden Niedrigwasserereignissen, sondern auch die Vorsorge gegen Niedrigwasser und seine Folgen verbessert werden muss.[50]

Gewässerbewirtschaftung

Niedrigwasser fällt unter den Bewirtschaftungsauftrag des Wasserhaushaltsgesetzes. Der Bewirtschaftungsauftrag wird konkretisiert durch die in § 6 WHG genannten Grundsätze. In § 6 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 WHG wird das Ziel benannt, Gewässer nachhaltig zu bewirtschaften, insbesondere mit dem Ziel, möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen. Zu den Folgen des Klimawandels zählen nach der Gesetzesbegründung die Entwicklung der Wassertemperatur, die Wasserführung (Niedrigwasserstände/Hochwasser), mögliche Wasserknappheit sowie die Notwendigkeiten zur Nutzung von Wasserkraft.[51] § 6 WHG, der die allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung beinhaltet, richtet sich an die Behörden und ist eine Auslegungs- und Ermessensdirektive, wie sie ihrem Bewirtschaftungsauftrag zu entsprechen haben. Dem rechtsverbindlichen Grundsatz, Klimawandelfolgen zu berücksichtigen, muss durch Vorschriften im Wasserhaushaltsgesetz zur Operationalisierung verholfen werden. § 6 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 WHG braucht eine Unterfütterung durch das Regelwerk des Wasserhaushaltsgesetzes. Diese ist bisher für die Niedrigwasservorsorge nicht vorhanden.

Die Regelungen zum Gewässerzustand betreffen auch die Bewirtschaftung der Wassermenge, denn Gewässerzustand wird in § 3 Nr. 8 WHG definiert als „auf Wasserkörper bezogene Gewässereigenschaften als ökologischer, chemischer oder mengenmäßiger Zustand eines Gewässers". Regelungen, die den Begriff des Gewässerzustands wieder aufnehmen, beziehen sich aber ausschließlich nur auf den ökologischen und chemischen Zustand. Der mengenmäßige Zustand eines Gewässers wird nicht näher geregelt, obwohl er Bestandteil der Legaldefinition des Gewässerzustands ist. Der vordergründig überraschende Befund ist mit dem Umstand zu erklären, dass die betreffenden Paragraphen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie[52] dienten. Die Wasserrahmenrichtlinie ihrerseits hat den mengenmäßigen Zustand von Gewässern jedoch nur insoweit im Blick, als Belange der Wasserökologie beeinträchtigt werden könnten. Niedrigwasser durch anthropo-

50 So auch *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser* 2007: 1.

51 *Bundesrat,* Empfehlungen der Ausschüsse, Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Wasserrechts, BR-Drs. 280/1/09, 5.

52 Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, EG ABl. Nr. L 327 vom 22.12.2000: 1 ff.

gene Nutzung und die daraus entstehenden Nutzungs- und Verteilungsfragen sind nicht Gegenstand der Wasserrahmenrichtlinie.

Bei der Erteilung von Erlaubnis und Bewilligung zur Gewässernutzung kann die Problematik von Niedrigwasser berücksichtigt werden. Die Genehmigung für eine neu zu erteilende Wassernutzung könnte dann versagt werden, wenn eine schädliche Gewässerveränderung zu befürchten ist. Diese liegt auch dann vor, wenn die Eigenschaften von Gewässern, bezogen auf die Wassermenge, verändert werden und dies das Wohl der Allgemeinheit beeinträchtigt.

Ausgleichsverfahren

Bei einem Ausgleichsverfahren gemäß § 22 WHG können Art, Maß und Zeit von Gewässerbenutzungen, für die Erlaubnisse, Bewilligungen und alte Rechte bestehen, in einem Ausgleichsverfahren geregelt oder beschränkt werden, wenn das Wasser nach Menge oder Beschaffenheit nicht für alle Benutzungen ausreicht oder zumindest eine Benutzung beeinträchtigt ist. Der Ausgleich ist unter Abwägung der Interessen der Beteiligten und des Wohls der Allgemeinheit sowie unter Berücksichtigung des Gemeingebrauchs nach pflichtgemäßem Ermessen festzulegen. Gewässerbenutzungen können so bei einem nicht ausreichenden Wasserdargebot aufeinander abgestimmt werden, um eine gerechten Aufteilung zu gewährleisten.[53]

Der Vorteil von § 22 WHG liegt darin, dass mit einem einzigen Verwaltungsverfahren, anstelle vieler einzelner Bescheide, und mit allen von dem Sachverhalt betroffenen Akteuren die entsprechende Wassernutzung geregelt werden kann.[54] Jedoch kann das Instrument erst angewendet werden, wenn feststeht, dass tatsächlich eine Nutzungskonkurrenz besteht. Ein Wassernutzungskonflikt kann nur in einem Ad-hoc-Verfahren geregelt werden. Vorausschauende und vorsorgende Maßnahmen sind mit dem Instrument nicht möglich. Der Rückgriff auf dieses Instrument bietet sich jedoch in Regionen an, in denen nur vereinzelt Wasserknappheit auftreten wird und vorsorgende Maßnahmen überzogen wären.[55]

Die Instrumentenanalyse zeigt, dass es im Wasserhaushaltsgesetz vereinzelt Ansätze für das Sachproblem Niedrigwasser gibt. Jedoch können mit den im WHG vorhandenen Instrumenten keine vorausschauenden und vorsorgenden Maßnahmen zur Vermeidung oder zum Umgang mit Niedrigwasser durchgeführt werden. Es sind kaum Ansätze für Ermittlungspflichten, Vorhersage und Managementoptionen vorhanden. Eine Erweiterung der Regelungen des Wasserhaus-

53 *Reinhardt,* in: *Giesberts, Reinhardt*, BeckOK WHG, § 22 Rn. 2.
54 *Reese u.a.* 2010: 197.
55 *Hafner,* UPR 2010: 371 (375).

haltsgesetzes erscheint sinnvoll. In das Wasserhaushaltsgesetz sollten Instrumente Eingang finden, die konkrete Anforderungen zu Form und Verfahren einer Niedrigwasservorhersage, Niedrigwasservorsorge und dafür passende Managementoptionen bereithalten.

Für eine Niedrigwasservorsorge ist es nützlich, den Wasserrückhalt in der Fläche zu stärken, um Wasser für Trockenperioden anzusparen. Für die Maßnahme sind grundsätzlich die gleichen Rechtsinstrumente notwendig, wie sie für den Hochwasserschutz, der ebenfalls den Wasserrückhalt in der Fläche betreibt, schon bestehen.

In dürregefährdeten Regionen kann es aber sinnvoll sein, über eine Planung von Wassernutzungsansprüchen nachzudenken. Ein Planungsinstrument, dessen Ziel es ist, eine Vorgehensweise der Verteilung der Wassernutzung zu erreichen, hätte den Vorteil, dass eine vorausschauende Bewirtschaftung des Umweltguts Wasser möglich wäre.

4.3 Gesundheit

Für das Handlungsfeld Gesundheit wurden im Verbundprojekt für Nordhessen insbesondere Hitzewellen und durch Extremwetter verursachte Verkehrswegeblockaden als relevante Folgen des Klimawandels identifiziert.

4.3.1 Hitzerisiken

Menschen über 75 Jahre, die sich noch selbständig versorgen, gelten gegenüber extremen Hitzeperioden als besonders vulnerabel. In Nordhessen haben die Verantwortlichen der kommunalen Gesundheitsvorsorge gemeinsam mit dem KLIMZUG-Verbund gezielt geprüft, welche Möglichkeiten bestehen, diese Menschen gerade in Extremwettersituationen zu unterstützen.[56] Die Analyse des bestehenden rechtlichen Regelungsgefüges ergab, dass mit dem Hitzewarnsystem des Landes Hessen bereits ein informationelles landesrechtliches Instrument besteht, das in einem zweistufigen Verfahren die Bevölkerung vor bevorstehenden starken Wärmebelastungen warnt und über geeignete Vorsorgemaßnahmen vor Hitzeerkrankungen informiert.[57] Das Instrument wurde unter Zugrundelegung der tatsächlichen Annahmen des Teilprojekts „Gezielte Prävention von Hitze bedingten Gesundheitsschäden bei alten Menschen in der Kommune“[58] bezüglich seines Steuerungsertrages bewertet. Dabei ergab sich mit Blick auf die Prävention

[56] S. im Detail Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
[57] Für die Ausgestaltung des hessischen Hitzewarnsystems s. www.gesundheitsamt.stadt-kassel.de.
[58] S. im Detail Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.

hitzebedingter Gesundheitsschäden bei hochaltrigen Menschen, dass das Instrument vornehmlich in Alten- und Pflegeheimen, in denen die betroffenen Akteure betreut werden können, effektiv wirken kann. Im häuslichen Bereich besteht jedoch der Verdacht, dass das Hitzewarnsystem für die besonders vulnerable Gruppe von Hochaltrigen nicht hinreichend wirkt.

Der Beitrag des Rechts für die Unterstützung eines auf der kommunalen Ebene etablierten Präventionsnetzwerks, das die Wirkungsdefizite des auf Landesebene verankerten Hitzewarnsystems ausgleichen kann, hängt zunächst entscheidend von der bestehenden verwaltungsrechtlichen Aufgaben- und Kompetenzverteilung für die Gesundheitsprävention ab. Im hessischen Verwaltungssystem ist es gem. § 1 Abs. 1 Hessisches Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (HGöGD) Aufgabe des öffentlichen Gesundheitsdienstes, die Bevölkerung vor Gesundheitsschäden zu schützen und möglichen Gesundheitsgefahren vorzubeugen, indem Maßnahmen der Gesundheitsprävention veranlasst und koordiniert werden. Mangels entgegenstehender Regelungen sind auch Maßnahmen zur Vorsorge hitzebedingter Gesundheitsgefahren vom Aufgabenbereich erfasst. Träger des öffentlichen Gesundheitsdienstes sind gem. § 2 Abs. 1 HGöGD das Land, die Landkreise und die kreisfreien Städte. Sachlich zuständig sind gem. § 2 Abs. 2 HGöGD die Gesundheitsbehörden. Kreisausschuss und Magistrate bilden die landesweiten Gesundheitsämter als untere Gesundheitsbehörden. Sie sind gem. § 3 Abs. 1 HGöGD grundsätzlich für die Aufgabenerfüllung des öffentlichen Gesundheitsdienstes zuständig. Im Umkehrschluss fallen diese Aufgaben nicht unter die kommunale Allzuständigkeit der Gemeinden gem. § 2 Hessische Gemeindeordnung (HGO).

Speziell für die Gesundheitsförderung gilt diese strikte Aufgabenzuweisung allerdings gem. §§ 1 Abs. 2 Nr. 3 i.V.m. 7 Abs. 4 HGöGD nicht. Den Gesundheitsämtern wird ein Handlungsrahmen gewährt. Sie können andere Stellen, die mit Prävention und Gesundheitsförderung befasst sind, wie etwa freie Träger und Selbsthilfegruppen, beraten und unterstützen und deren Angebote und Maßnahmen koordinieren. Insbesondere können die Gesundheitsämter darauf hinwirken, dass andere – mit Gesundheitsprävention befasste – Stellen entsprechende Angebote bereitstellen und übernehmen. Im Umkehrschluss heißt das, dass auch andere Stellen Aufgaben speziell zugunsten der Gesundheitsförderung wahrnehmen können. Der Gesetzgeber macht damit deutlich, dass die Gesundheitsämter Potentiale anderer Akteure für ihre Aufgabenerfüllung nutzen können und sollen. Umgekehrt können andere Stellen der Gesundheitsförderung die Unterstützung der Gesundheitsämter in Anspruch nehmen. Ein kommunales System der Hitzeprävention zugunsten der Gesundheitsvorsorge Hochaltriger ist demnach in Hessen möglich.

Anders als Pflege- und Altenheime, die den jeweiligen Betroffenen schnell die Hitzewarnungen weitergeben und Vorsorgemaßnahmen überwachen können, fehlen den Gesundheitsämtern für derart einzelfallbezogene Hitzewarnungen und -beratungen in tatsächlicher Hinsicht die Personal- und Sachmittel.[59] Hier besteht ein spezifischer für die Klimaanpassung relevanter Kooperationsbedarf. Dieses Defizit könnte mit Hilfe eines Handlungsverbundes zwischen Gesundheitsamt sowie öffentlichen und privaten Gemeinde- und Stadtteilakteuren überwunden werden. Für die Ausgestaltung eines solchen Handlungsverbundes bestehen keine konkreten rechtlichen Vorgaben, so dass ein Rückgriff auf die Gesamtheit vorhandener Rechtsstrukturen und Verfahren möglich ist.

Eine denkbare Ausgestaltung ist ein lokales Hitzenetzwerk auf Stadtteilebene, an dem zahlreiche Akteure wie freie Träger und Selbsthilfegruppen beteiligt sind. Gut umsetzbar erscheint insbesondere die Selbstregulierung der beteiligten Akteure in Form des Vereins der in § 21 BGB bezeichneten Art. Der Verein besteht unabhängig vom Wechsel seiner Mitglieder, wird durch einen Vorstand vertreten und besitzt einen Namen. Diese Struktur bietet den verschiedenen Akteuren eines Hitzenetzwerkes (zum Beispiel Gesundheitsamt, Ortsbeiräte, Diakoniestationen der Evangelischen Kirche, Praxisgemeinschaften und Vereine) die Möglichkeit, die anfallenden Aufgaben gemeinsam zu planen und zu organisieren sowie nach außen hin als eine juristische Person aufzutreten. Letzteres ist für die rechtliche Zuordnung der Haftungsverantwortung wichtig. Das im Verein geltende Mehrheitsprinzip kann zudem die Handlungsfähigkeit des Netzwerkes sichern. Wird der Verein als Form der Selbstregulierung gewählt, kann die Beteiligung des Gesundheitsamtes entsprechend auf beratende und unterstützende Aktivitäten reduziert werden. Hierfür erscheint es ausreichend, dass Gesundheitsamt und Stadtteilakteure in informeller Art und Weise zusammenwirken.

4.3.2 Unwetterbedingte Verkehrsblockaden

Das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen hat in der Zusammenschau zweier nordhessischer Entwicklungsszenarien – erstens des zu erwartenden Bevölkerungsrückgangs und zweitens der klimawandelbedingten möglichen Häufung und Intensivierung von Extremwetterereignissen – ein besonderes Risiko für die Versorgungssicherheit von Pflege- und Betreuungsbedürftigen, die zu Hause betreut werden, bestimmt. Vermehrt auftretende Verkehrsblockaden aufgrund von Extremwetterereignissen könnten, so die Annahme, bei einigen Gemeinden Nordhessens zu Engpässen in der Versorgung führen.[60] Die Untersuchung des

[59] S. im Detail Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.
[60] S. im Detail Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.

rechtlichen Regelungsgefüges ergab, dass zwar eine Fülle von Regelungen existiert, um die Bevölkerung vor allgemeinen Gefahrenlagen zu schützen, jedoch die Aufrechterhaltung der häuslichen Versorgung von Pflege- und Betreuungsbedürftigen nicht zwingend geboten ist.

Eine solche Aufgabe fällt zunächst nicht in den Aufgabenbereich des Katastrophenschutzes, für den das Land, die Landkreise und die kreisfreien Städte gem. § 2 Abs. 1 Nr. 4 Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG) zuständig sind. Eine Katastrophe liegt gem. § 24 HBKG nur vor, wenn Leben und Gesundheit der Bevölkerung oder Sachwerte in so ungewöhnlichem Maß gefährdet sind, dass der gemeinsame und koordinierte Einsatz einer Vielzahl von Einrichtungen notwendig ist. Im Kern kommt es hier auf die Koordination und das Zusammenwirken von Katastrophenschutzbehörden an.[61] Die Katastrophenschwelle kann im Einzelnen sehr unterschiedlich sein. Für die Versorgung einiger Hilfsbedürftiger im Fall von wetterbedingten Versorgungsengpässen wird diese besondere Gefahrenschwelle allerdings nicht erreicht.

Die Aufrechterhaltung der Versorgung Pflege- und Betreuungsbedürftiger kann unter den Aufgabenbereich der „Allgemeinen Hilfe" subsumiert werden. Aufgabenträger sind die Gemeinden auf der örtlichen Ebene gem. § 2 Abs. 1 Nr. 1 HBKG und die Landkreise auf der überörtlichen Ebene gem. § 2 Abs. 1 Nr. 2 HBKG. Unter „Allgemeiner Hilfe" werden Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren für Leib, Leben, Gesundheit, Umwelt und Sachen aufgrund von Naturereignissen, Unfällen oder Ähnlichem verstanden. Die Gemeinden und Landkreise erfüllen diese Aufgabe als Selbstverwaltungsangelegenheit gem. § 2 Abs. 2 HBKG.

Zur Erfüllung dieser Aufgabe haben die Gemeinden gem. § 3 Abs. 1 Nr. 3 HBKG „Alarmpläne und Einsatzpläne für die Allgemeine Hilfe aufzustellen und fortzuschreiben." Die Gemeinden können Vorgaben für die Versorgungssicherheit von Pflege- und Betreuungsbedürftigen in diese Pläne aufnehmen, allerdings steht dies in ihrem Ermessen. Die gemeindlichen Feuerwehren sind die ausführenden gemeindlichen Einrichtungen für Maßnahmen der „Allgemeinen Hilfe". Gem. § 6 Abs. 1 HBKG treffen sie die erforderlichen Maßnahmen, um die Allgemeinheit oder den Einzelnen vor Notlagen zu schützen. Welche Maßnahmen sie ergreifen, steht auch hier in ihrem Ermessen. Wie aus den Erfahrungen im Teilprojekt ersichtlich wurde, fehlt es den Feuerwehren insbesondere an den notwendigen Kapazitäten, um in Notsituationen neben anderen Aufgaben – etwa die Räumung der Verkehrswege – auch die Notfallversorgung von Pflege- und Betreuungsbe-

61 *Deutscher Landkreistag* 2008: 5.

dürftigen zu übernehmen.[62] Die Gemeinden können neben den gemeindlichen Feuerwehren gem. § 19 Abs. 1 HBKG auch andere öffentliche und private Einrichtungen und Einheiten für Maßnahmen der „Allgemeinen Hilfe" heranziehen. Darunter fallen allerdings nur juristische Personen des Privatrechts, zu deren satzungsgemäßer Aufgabe es gehört, „Allgemeine Hilfe" zu leisten und im Katastrophenschutz mitzuwirken sowie juristische Personen des Öffentlichen Rechts. Natürliche Personen werden nicht umfasst.

Die Gemeinden haben darüber hinaus gem. § 3 Abs. 1 Nr. 6 Alt. 1 HBKG die Aufgabe, den Selbstschutz der Bevölkerung zu fördern. Diesbezüglich können sie insbesondere die Möglichkeit nutzen, sich an einem Netzwerk von Freiwilligen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit von Betreuungs- und Pflegebedürftigen zu beteiligen. Dies korrespondiert mit dem in § 1 Abs. 3 HBKG festgelegten Zweck des Gesetzes, dass durch die „Allgemeine Hilfe" der Selbstschutz der Bevölkerung durch behördliche Maßnahmen im öffentlichen Interesse ergänzt werden soll. Am Anfang der Strategiekette der „Allgemeinen Hilfe" steht ersichtlich der Selbstschutz der Bevölkerung.

Ein Versorgungsnetzwerk könnte durch die Gründung eines Vereins der in § 21 BGB bezeichneten Art verstetigt werden, so dass eine Vielzahl von Akteuren, etwa die Gemeinde, private Pflegedienste sowie freiwillige Helfer, als Mitglieder eingebunden werden könnten. Weitere Helfer könnten insofern als Vertragspartner des Vereins tätig werden, wobei besondere Haftungsvereinbarungen für den Fall einer Leistungspflichtverletzung getroffen werden könnten. Zur Verstetigung der Notfallversorgung könnte auch eine von der Gemeinde erlassene Satzung in Frage kommen, so dass die Gemeinde innerhalb ihres eigenverantwortlichen Aufgabenkreises selbst Verhaltensanreize für sich und andere Akteure setzen könnte.

Die Landkreise haben gem. § 4 Abs. 1 Nr. 1 HBKG die Aufgabe, die Gemeinden bei der „Allgemeinen Hilfe" zu beraten und zu unterstützen. Gem. § 4 Abs. 1 Nr. 4 HBKG haben sie Alarm- und Einsatzpläne für die Gewährung der nachbarlichen Hilfeleistung in den Landkreisen und über das Kreisgebiet hinaus aufzustellen und abzustimmen.

4.4 Verkehr

Der Klimawandel wird auch viele Auswirkungen auf den Verkehr haben. Von den vielen Sachthemen, die davon berührt sind, hat der KLIMZUG-Verbund Nordhessen insbesondere zwei Problembereiche näher untersucht, nämlich die Vulnerabilität der Verkehrsinfrastruktur aufgrund von möglicherweise zuneh-

[62] S. hierzu Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.

menden Extremwettern sowie subjektive Benutzungseinschränkungen durch Extremwetterereignisse und die sich daraus ergebende veränderte Verkehrsmittelwahl von Verkehrsteilnehmern.[63]

4.4.1 Beeinträchtigung der Straßenverkehrsinfrastruktur durch Extremwetter

Mit den klimatischen Veränderungen ist zunehmend mit Extremwetterereignissen wie starken Niederschlägen, Stürmen und großer Hitze zu rechnen. In deren Folge kann es zu Überschwemmungen, Hangrutschen und Windwurf kommen.[64] Neben anderen Schäden können diese Ereignisse auch Blockaden der Verkehrsinfrastruktur verursachen. Diese wachsenden Risiken können weitgehend technisch gelöst werden, etwa indem vorsorglich hitzebeständige Straßenbeläge verarbeitet, Entwässerungssysteme ausgebaut oder Bäume in gleichmäßiger zeitlicher Folge beschnitten werden.[65] Das Teilprojekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen" hat das dafür bestehende Regelungsregime für den Straßenverkehr untersucht.

Technische Normung

Im Verkehrswegebau muss die Beschaffenheit etwa der Straßenbeläge oder der Entwässerungsrinnen den Vorgaben technischer Normen entsprechen. Ein Beispiel hierfür sind DIN-Normen. Im Verkehrswegebau finden sich diesbezügliche Vorschriften in der DIN 18317 für die Asphaltbauweise, in der DIN 18318 für die im kommunalen Straßenbau verwendete Pflasterbauweise, in der DIN 18316 für die beim Autobahnbau genutzte Betonbauweise oder in der DIN EN 1433 für die Entwässerungsrinnen von Verkehrsflächen. Wissen über klimatische Veränderungen und ihre Folgen wird bislang nicht von technischen Normen berücksichtigt. Um die Straßeninfrastruktur gegenüber klimatischen Veränderungen resilient zu gestalten, etwa indem Vorgaben für hitzebeständigere Beläge oder Entwässerungsrohre mit größerem Fassungsvermögen normiert werden, muss Klimafolgewissen in die technischen Normen implementiert werden.[66]

DIN-Normen werden weder vom Gesetz- noch vom Verordnungsgeber erlassen, sondern als Selbstverwaltungsaufgabe der am Wirtschaftsleben Beteiligten vom Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN e.V.) verfasst. Die Bundesrepublik Deutschland hat hierüber mit dem DIN e.V. im Jahr 1975 einen Normvertrag geschlossen.[67] Die technischen Regeln werden konsensbasiert in den normfindenden Ausschüssen des DIN e.V. erarbeitet. Die öffentliche Hand kann sich generell, wie

63 S. hierzu Kap. III: Holzapfel, Röhrig.
64 S. hierzu im Detail Kap. III: Holzapfel, Röhrig.
65 *Zebisch u.a.* 2005: 154; *Bundesregierung* 2008: 26; *Weidlich*, NZV 2011: 73 (75).
66 *Weidlich*, NZV 2011: 73 (76).
67 Vertrag vom 5.7.1975, S. www.ku.din.de.

jeder interessierte Akteur, an der Arbeit in diesen Ausschüssen beteiligen und hierbei Klimafolgewissen einbringen. Die inhaltliche Berücksichtigung der Klimawandelkenntnisse ist damit allerdings nicht gewährleistet, sondern hängt vom Abstimmungsverhalten im Ausschuss ab. Fraglich ist, ob eine Berücksichtigung in den Regelungen über den Normgebungsprozess verpflichtend vorgegeben werden kann.[68]

Diesbezüglich bietet sich eine Parallelbetrachtung für die Berücksichtigung von Umweltschutzbelangen bei der DIN-Normung an. Um Umweltschutzinteressen zu wahren, hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auf der Grundlage von § 10 Abs. 1 des Normvertrages gemeinsam mit dem DIN e.V. die Koordinierungsstelle Umweltschutz und den Normausschuss Grundlagen des Umweltschutzes ins Leben gerufen.[69] Die vergleichbare Berücksichtigung von Folgen des Klimawandels bei der Normgebung wird empfohlen. Darüber hinaus ist die DIN-Normung hinreichend dynamische ausgestaltet, weil sie dem Stand der Technik entsprechen muss und darüber hinaus spätestens alle fünf Jahre inhaltlich überprüft und an neue technische Entwicklungen angepasst werden muss.[70]

Rückschnitt von Bäumen

Durch Extremwetterereignisse umgeworfene Bäume und abgerissene Äste können Verkehrswege blockieren. Eine Rückschnittsverpflichtung von Bäumen an öffentlichen Straßen kann de lege lata die Straßenbaubehörde aussprechen, nämlich dann, wenn die Bäume, was meist der Fall ist, Bestandteile des Straßenkörpers sind. Diese Pflicht kann einerseits aus der die Behörde treffenden Straßenbaulast[71], andererseits aus der die Behörde ebenfalls adressierenden Straßenverkehrssicherungspflicht hergeleitet werden.[72] Beide Pflichtenkataloge überschneiden sich. Inhaltlich ist die Verkehrssicherungspflicht durch die Rechtsprechung erheblich konkretisiert worden. So muss in regelmäßigen Zeitabständen die Standfestigkeit der Bäume inspiziert werden. Zum Teil wird eine zweimal im Jahr stattfindende

68 *Weidlich*, NZV 2011: 73 (76).
69 Vertrag v. 22.10.1992, S. www.ku.din.de.
70 *Weidlich*, NZV 2011: 73 (76).
71 *Witting*, in: Müller/Schulz, FStrG, § 3 Rn. 20; s. auch § 9 HessStrG; § 9 StrG BW; Art. 9 BayStrWG; § 7 BerlStrG; § 9 BrbgStrG; § 10 BremStrG; § 13 HamWG; § 11 StrWG MV; § 9 NStrG; § 9 StrWG NRW; § 11 StrG RP; § 9 SaarlStrG; § 9 SächsStrG; § 9 StrGLSA; § 10 StrWG SH; § 9 ThürStrG.
72 Beide Rechtspflichten decken sich aber nicht, s. *Sauthoff* 2003, § 25 Rn. 1313.

Kontrolle gefordert.[73] Zurückgeschnitten werden müssen Äste, die offensichtlich bruchgefährdet sind. Eine weitergehende Pflicht besteht nicht. Der nicht vorhersehbare Astbruch aufgrund von Naturgefahren wird unter das natürliche Lebensrisiko eingeordnet.[74]

Auch die Straßenanlieger können sowohl straßenrechtlich[75] als auch aufgrund der sie treffenden Verkehrssicherungspflicht zum Rückschnitt von Bäumen verpflichtet sein. Die straßenrechtliche Pflicht zielt auf die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs. Sie umfasst die Beseitigung insoweit störender Bäume und Äste. Nicht umfasst ist die vorsorgende Entfernung von Ästen, die nicht erkennbar Gefahr laufen abzubrechen. Auch aus der den Straßenanlieger als Eigentümer treffenden allgemeinen Verkehrssicherungspflicht kann ein solches Gebot nicht hergeleitet werden.[76]

Um die steigenden Windwurfrisiken als Folge des Klimawandels minimieren zu können, fehlen Regelungen, die das Handeln Einzelner anleiten. De lege ferenda könnte der vorbeugende periodische Straßenbaumrückschnitt straßenrechtlich in den Landesgesetzen festgeschrieben werden und sowohl den Träger der Straßenbaulast als auch die Straßenanlieger verpflichten. Für Letztere würde eine solche Regelung eine zulässige Inhalts- und Schrankenbestimmung gem. Art. 14 GG darstellen. Darüber hinaus müssten für beide Festschreibungen die Belange des Natur- und Denkmalschutzes beachtet werden.[77]

Eine Rückschnittsverpflichtung des Straßenanliegers könnte zudem kommunalrechtlich in der Gemeindesatzung verankert werden. Aufgrund der damit einhergehenden Beeinträchtigung von Grundrechtspositionen muss darauf geachtet werden, dass der Vorbehalt des Gesetzes gewahrt bleibt. Zudem müssen Konflikte mit weiteren Schutzinteressen, die etwa in geltenden Baumschutzsatzungen festgeschrieben sind, rechtlich aufgegriffen und verarbeitet werden.[78]

---

73 OLG *Düsseldorf*, VersR 1992: 467; s. auch *OLG Zweibrücken*, DAR 1992: 302; *OLG Köln*, VersR 1990: 287; 1991: 305; *OLG Frankfurt*, ZfS 1989: 153, s. weiterführend zu den Kontrollkriterien, die die Rechtsprechung entwickelt hat, *Weidlich*, NZV 2011: 73 (75).

74 *BGH*, NZV 2004: 248; OLG *Koblenz*, NZV 1998: 378; s. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (75).

75 § 27 Abs. 2 HessStrG; § 28 Abs. 2 StrG BW; Art. 29 Abs. 2 BayStrWG; § 26 Abs. 2 BrbgStrG; § 23 Abs. 3 BremStrG; § 23 Abs. 5 HamWG; § 35 Abs. 3 StrWG MV; § 31 Abs. 2 NStrG; § 30 Abs. 2 StrWG NRW; § 27 Abs. 2 StrG RP; § 31 Abs. 2 SaarlStrG; § 27 Abs. 2 SächsStrG; § 26 Abs. 2 StrGLSA; § 33 Abs. 3 StrWG SH; § 26 Abs. 2 ThürStrG

76 S. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (75).

77 S. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (75).

78 S. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (75 f.) m.w.N.

4.4.2 Mobilitätsverhalten

Es besteht die begründete Vermutung, dass bei Extremwetterereignissen vor allem das Auto als Verkehrsmittel gewählt wird.[79] Nehmen zukünftig Hitzetage oder starke Niederschläge zu, scheint unter diesen Voraussetzungen das klimatisierte Auto ein attraktives und wetterunabhängiges Beförderungsmittel zu sein.[80] Kehrseite einer solchen Nutzungspräferenz sind steigende Umwelt- und Gesundheitsbelastungen sowie CO_2-Emissionen, so dass sich in diesem Fall die vermeintliche Anpassungsoption als wenig nachhaltig, sondern konfliktträchtig in Bezug auf Umwelt- und Gesundheitsinteressen darstellt. Nehmen Extremwetterereignisse klimawandelbedingt in Art und Maß zu, ist es deshalb sinnvoll, die klimaangepasste aber nachhaltige Verkehrsgestaltung durch ein abgestimmtes Maßnahmenbündel zu fördern. Das Teilprojekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen" hat als Beispiel eines solchen Maßnahmenbündels die Vermeidung und Verlagerung des örtlichen motorisierten Individualverkehrs auf umweltverträgliche Verkehrsmittel sowie die klimaangepasste Entwicklung der Radverkehrsinfrastruktur gewählt und hieran den fördernden Beitrag rechtlicher Instrumente untersucht.[81]

Verkehrsvermeidung

Die Vermeidung des Verkehrs ist darauf gerichtet, den Mobilitätsbedarf des Einzelnen zu reduzieren.[82] Ein Lösungskonzept wird in der Planung und Umsetzung verkehrsvermeidender Siedlungsstrukturen, beispielsweise durch fußläufig erreichbare oder zumindest wohnungsnahe Versorgungsstätten, gesehen.[83] Für die Stärkung einer kompakten Stadt mit umliegenden Versorgungsstrukturen stehen derzeit de lege lata die Planungsinstrumente des Raumordnungsgesetzes sowie des Baugesetzbuches zur Verfügung.

Auf der regionalen Ebene kann eine kompakte Siedlungsentwicklung in den Regionalplänen vorgesehen werden. Insbesondere finden sich in den Grundsätzen der Raumordnung gem. §§ 2 Abs. 2 Nr. 2 Satz 4 und Nr. 3 Satz 8 ROG Aussagen zur Siedlungskonzentration sowie der verkehrsvermeidenden Raumstruktur. Diese können generell als Ziele oder Grundsätze der Raumordnung in den Regionalplänen – in Hessen gem. §§ 6 Abs. 1 Hessisches Landesplanungsgesetz durch die Regionalversammlung – näher bestimmt und inhaltlich verfeinert festgelegt werden.

---

79 S. hierzu Kap. III: Holzapfel, Röhrig.
80 S. hierzu Kap. III: Holzapfel, Röhrig.
81 S. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (73 f.).
82 *Koch et al.* 2001: 8.
83 S. *Sieber*, RuR 1995: 94 (94); *Frehn*, RuR 1995: 102 (102).

Auf kommunaler Ebene können verkehrsarme Siedlungsstrukturen insbesondere in den Bebauungsplänen verfolgt werden, etwa durch die Festsetzungen der Zweckbestimmung von Verkehrsflächen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB, von Nutzmischungen gem. § 6 BauNVO oder der Geschosszahl gem. § 16 Abs. 2 Nr. 3 BauNVO.[84]

Voraussetzung sowohl der raumplanerischen Festlegungen als auch der Festsetzungen im Bebauungsplan ist, dass zuvor alle bestehenden Raumnutzungsansprüche bedacht und bei den Aufstellungen der Pläne miteinander abgewogen worden sind. Für die Regionalplanung ergibt sich dies aus § 7 Abs. 2 ROG, für die Bauleitplanung aus § 1 Abs. 7 BauGB. Im Ergebnis kann der Abwägungsvorgang dazu führen, dass einzelne Raumnutzungsansprüche nur teilweise oder gar nicht festgelegt beziehungsweise festgesetzt werden, weil entgegenstehende Belange überwiegen. Beispielsweise kann das Interesse an kompakten Siedlungsstrukturen insbesondere mit dem Bedarf nach freien Flächen in Konflikt treten. Dieser Konflikt kann sich in Folge des Klimawandels verstärken, etwa wenn die Hitzebelastung in Form von „städtische Hitzeinseln" zunimmt und deshalb das Interesse an Frischluftschneisen zugunsten eines verbesserten Stadtklimas steigt.[85] Die Abwägung zielt allerdings immer darauf, die verschiedenen Ansprüche an den Raum im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung in Einklang zu bringen.[86] Innerhalb des großen Planungsgebietes des Regionalplans ist ein einvernehmlicher Ausgleich zwischen den hier genannten Interessen vorstellbar, weil defizitäre Festlegungen eines Belanges, die in einem Teilgebiet des gesamten Planungsraums auftreten, noch an anderer Stelle des Planungsraums ausgeglichen werden können. Im erheblich kleineren Raumzuschnitt des Bebauungsplans werden Ansprüche an den Raum in größerem Maß bei der Festsetzung unberücksichtigt bleiben. Um dies zu vermeiden, kann bereits die Regionalversammlung die Gemeinde gem. § 1 Abs. 4 BauGB an ihre überörtlichen Festlegungen im Regionalplan binden, nämlich dann, wenn sie ihre Festlegungen anhand von Zielen der Raumordnung konkretisiert. In diesem Fall können Abweichungen allenfalls im Rahmen eines Zielabweichungsverfahrens bauplanerisch festgesetzt werden.[87]

Verkehrsverlagerung

Die Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs zielt darauf, seine Attraktivität für potentielle Nutzer und damit die Wahl dieses Verkehrsträgers zu vermindern sowie gleichzeitig den Wechsel zu umweltverträglicheren Verkehrsmit-

84 S. *Weidlich*, NZV 2011: 73 (76).
85 *Endlicher, Kress* 2008: 437 (439 f.).
86 S. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (76 f.) sowie *Baasch u.a.* RuR 2012: 191 (194 f.), beide m.w.N.
87 S. Detail *Baasch u.a.* RuR 2012: 191 (195).

teln attraktiver zu gestalten. Auf der rechtlichen Ebene kann bei der konkreten Verkehrsflächenzuteilung angesetzt werden. De lege lata stehen für die Verkehrsflächenzuteilung verschiedene rechtliche Instrumente zur Verfügung. So bietet etwa § 45 StVO mit seinen verschiedenen Varianten viele Möglichkeiten, etwa aus Gründen des Gesundheitsschutzes vor Abgasen, den motorisierten Individualverkehr in bestimmten Vierteln oder Straßenzügen zu beschränken und damit zu minimieren. Flächendeckende Verkehrsbeschränkungen lassen sich darüber hinaus auf der Grundlage des § 40 BImSchG umsetzen, sofern zuvor eine Umweltzone festgesetzt wurde. Die Kommune kann gem. § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB den Bebauungsplan dafür nutzen, Verkehrsflächen besondere Nutzungszwecke zuzuweisen, beispielsweise Fahrrad- und Fußgängerwege sowie Park & Ride-Flächen. Damit wird die Fläche für andere Nutzungen reduziert. Auch anhand der straßenrechtlichen Widmung können Verkehrsflächen lediglich für den Gebrauch einzelner Nutzungen freigegeben werden, so dass der motorisierte Individualverkehr räumlich verdrängt werden kann. Schließlich können Abgaben und damit ökonomische Anreize die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs unterstützen, etwa indem landesrechtlich Gebühren für die Straßennutzung erhoben oder auf kommunaler Ebene weiterhin gezielt Parkplatzgebühren genutzt werden. Allerdings ist zu konstatieren, dass derzeit die verfügbaren rechtlichen Instrumente für die Lenkung des motorisierten Individualverkehrs ein heterogenes Gefüge darstellen und jeweils nur örtlich begrenzt wirken können. In der Folge ist nur die kleinräumige Flächenbewirtschaftung möglich, die das Risiko birgt, Umwelt- und Gesundheitsbelastungen lediglich räumlich zu verlagern. De lege ferenda fehlt es diesbezüglich an rechtlichen Instrumenten, die eine örtliche Verkehrsflächensteuerung mit Blick auf den Gesamtraum ermöglichen.[88]

Radinfrastruktur

Aus Gründen des Klimawandels werden alternative Verkehrsträger erst dann anstelle des motorisierten Individualverkehrs genutzt werden, wenn sie an die Folgen des Klimawandels angepasst sind. Das Projekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen" hat die Vulnerabilität der Radinfrastuktur bei zunehmenden Wetterextremen gewählt, um den Beitrag des Rechts für einen angepassten Radverkehr zu analysieren. Als Beispiele einer verbesserten Infrastruktur dienten die Überdachung von Abstellplätzen sowie die Förderung von Dusch-, Umkleide- und Trockenräumen am Arbeitsplatz.

Die Untersuchung ergab, dass rechtliche Anreizinstrumente für beide Anpassungsmaßnahmen fehlen. De lege ferenda könnte die Überdachung von Fahrrad-

[88] S. Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 m.w.N.

stellplätzen in der hessischen Landesbauordnung gefördert werden. Förderungen oder Absprachen mit Arbeitgebern könnten zudem den Arbeitgeber anhalten, Spinde und Waschräume am Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen, um damit die Fahrt mit dem Rad zur Arbeit attraktiv zu machen. Denkbar wären sowohl finanzielle Anreize als auch eine normierte Zertifizierung, die Unternehmen die fahrradfördernde Kultur bescheinigen.[89]

5 Schlussfolgerungen

Abschließend soll verdeutlicht werden, dass die im Kapitel 2 genannten Herausforderungen sich in den hier untersuchten Handlungsfeldern und den hierfür relevanten rechtlichen Regelungen widerspiegeln. Die hier vorgestellten Handlungsspielräume und Verbesserungsmöglichkeiten sind daher nicht nur im Kontext ihrer jeweiligen Handlungsfelder zu sehen. Zusätzlich ist es bei den jeweiligen handlungsfeldbezogenen Anpassungsmaßnahmen ebenso relevant zu verstehen, wie die Handlungsherausforderungen Umgang mit Unsicherheit, Koordination über Sektoren und Ebenen, Kooperation zwischen Staat und Privaten, Abstimmung verschiedener Strategien sowie Akzeptanzschaffung sich in dem Sachproblem niederschlagen und wie mit ihnen umgegangen werden kann. Bei der Identifizierung, welche Handlungsherausforderung für welches Sachproblem relevant ist, treten die Handlungsherausforderungen meist auch gemeinsam auf. So ist beispielsweise die Förderung von Akzeptanz für alle Handlungsfelder und Handlungsherausforderungen zu beachten, um den Anpassungsmaßnahmen zum Erfolg zu verhelfen.

Die Bearbeitung der rechtswissenschaftlichen Fragestellungen hat gezeigt, dass die Handlungsherausforderung Koordination eng verbunden mit den Handlungsfeldern Landwirtschaft und Wasser ist. Bei der Setzung von rechtlichen Verhaltensanreizen zur Unterstützung von Koordination und Abstimmung im Bereich Landwirtschaft ist besonders darauf zu achten, dass die rechtlichen Regeln es ermöglichen, auf der kleinräumigen Ebene zu agieren und von dieser Ebene aus auch Einfluss auf Entscheidungen von übergeordneten Stellen im Mehrebenensystem zu nehmen. Hierfür gibt es bereits erste rechtliche Möglichkeiten. Diese sollten aber ausgebaut und umfassender genutzt werden. Beispielsweise sollten die Länder bei der Ausgestaltung des Förderrechts nicht nur den Regierungspräsidien materiellen Einfluss einräumen, sondern auch den Landkreisen.

Ein Koordinationserfordernis zeigt sich auch beim Handlungsfeld Niedrigwasser. Aufgrund der Wechselwirkung mit anderen Handlungsfeldern und der Konkur-

[89] S. im Detail *Weidlich*, NZV 2011: 73 (78).

renzsituation der beteiligten Interessen bedarf es einer Abstimmung von Nutzungsansprüchen innerhalb und zwischen den Gebietskörperschaften. Diese Abstimmungserfordernisse sind bisher nicht Gegenstand von rechtlichen Regelungen. Hier sind Nachbesserungen durch den Bundes- und Landesgesetzgeber erforderlich.

Ein Kooperationserfordernis zwischen staatlichen und privaten Akteuren trat in mehreren untersuchten Handlungsfeldern ganz deutlich hervor. Bei den rechtlichen Untersuchungen zu Hitzerisiken und unwetterbedingten Verkehrsblockaden spezifizierte sich die Frage geradezu darauf, wie die relevanten Gesetze eine solche Kooperation erlauben und unterstützen können. Hier ist es von großer Relevanz, dass das Recht staatlichen und nichtstaatlichen Akteuren Handlungsspielräume eröffnet, um ein Zusammenwirken zu ermöglichen und Raum für eine auf das Sachproblem und die beteiligten Akteure zugeschnittene Kooperationsform zuzulassen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Hessischen Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz und im Hessischen Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst rechtliche Regeln verankert sind, die ein Zusammenwirken der Akteure fordern und somit einen verlässlichen Rahmen für staatliche und nichtstaatliche Akteure bilden. KLIMZUG-Nordhessen konnte mit seinen Netzwerkaktivitäten im Handlungsfeld Gesundheit diese rechtlichen Möglichkeiten sehr gut nutzen.

Die Handlungsherausforderung Umgang mit Unsicherheit zeigte sich bei den Themen Hochwasser und Beeinträchtigung der Straßenverkehrsinfrastruktur. Von ungewissen zukünftigen Entwicklungen sind besonders die Anpassungsmaßnahmen betroffen, die auf einen langen Zeithorizont ausgelegt sind. Die Vorstellung der wichtigsten rechtlichen Instrumente zur Steuerung des vorbeugenden Hochwasserschutzes macht deutlich, dass der Behörde zum Teil bereits ein modernes Risikoverwaltungsrecht an die Hand gegeben ist, um Vorsorgemaßnahmen trotz bestehender Unsicherheiten treffen zu können. Das Regelungsregime hält de lege lata bereits Instrumente vor, um Entwicklungsrisiken, auch in Bezug auf den Klimawandel, zu sammeln und transparent zu verbreiten. Ferner liegen Instrumente vor, die eine dynamische Einbeziehung neuen Wissens gewährleisten und eine fortlaufende Kontrolle der bereits getroffenen Entscheidungen ermöglichen. Dennoch müssen auch in diesem Handlungsfeld die Folgen des Klimawandels noch besser durch das Recht verarbeitet werden, was insbesondere gesetzliche Änderungen auf Bundes- und Landesebene erfordert. Zu denken ist insbesondere an Normen, die die Generierung neuen Wissens vorgeben und den Prozess der Entscheidungsfindung konkretisieren. Die Analyse von Regelungen zur Förderung von technischen Anpassungslösungen zugunsten der Straßenverkehrsinfrastruktur machte deutlich, dass insbesondere rechtliche Handlungspflichten zur

Vorsorge vor potentiell schadhaften Klimawandelfolgen fehlen. Für die rechtliche Ausgestaltung stellt sich hierbei die Herausforderung, dass ein Gleichgewicht zwischen dem Anspruch auf Rechtssicherheit des Einzelnen und dem gesellschaftlichen Erfordernis zu finden ist, flexibel und zeitnah auf Veränderungen reagieren zu können.

Die Herstellung von Akzeptanz ist für alle Handlungsfelder relevant. Akzeptanz kann zum einen durch ein Ergebnis erzielt werden, das Klimaanpassung effektiv erreicht und die betroffenen Interessen angemessen berücksichtigt. Im Handlungsfeld Mobilitätsverhalten konnten die widerstreitenden Interessen Klimaanpassung und Klimaschutz, die Ausdruck der Beachtung von unterschiedlichen Strategien sind, ausgemacht werden. Der Interessenskonflikt wurde in diesem Fall im Rahmen der Regional- und der Bauleitplanung durch Abwägung gelöst. Verallgemeinern lässt sich, dass es hierfür hilfreich ist, wenn die Gesetze als Abwägungsbelang die Klimaanpassung auch explizit aufführen. Dadurch kann sowohl Aufmerksamkeit durch eine Signalwirkung erreicht als auch eine Rechtfertigung für ein ausgeglichenes Ergebnis herbeigeführt werden.

Zum anderen kann Akzeptanz einer Entscheidung durch ein Verfahren erreicht werden, dass die wesentlich Betroffenen als fair ansehen. Ein Verfahren setzt zumindest voraus, dass die Betroffenen die Möglichkeit hatten, sich an dem Verfahren zu beteiligen und auf das Ergebnis Einfluss zu nehmen. Solche Verfahren liegen nicht allen Entscheidungen zur Klimaanpassung zugrunde. Die Möglichkeiten der Öffentlichkeitsbeteiligung sind im Wasserhaushaltsgesetz teilweise vorbildlich geregelt. So ist im Verfahren zur Erstellung von Risikomanagementplänen eine frühzeitige und zweistufige Beteiligung vorgesehen, die zu einem Zeitpunkt stattfindet, zu dem noch Einfluss auf das Ergebnis genommen werden kann. Allerdings fehlt für dieses Verfahren die gesetzliche Ausgestaltung. Es liegt daher an der jeweiligen Behörde, wie sie den dadurch gegebenen Handlungsspielraum nutzen will. Je nach Aufgabenverständnis wird sie ihn entweder zu einem anstrengenden echten Einbezug der Vertreter betroffener Interessen ausgestalten oder ihn im Sinn einer unvermeidbaren Minimalbeteiligung einschränken. In wieder anderen Verfahren ist die Beteiligung auf die unmittelbaren Entscheidungsadressaten begrenzt. Zur Steigerung der prozessualen Akzeptanz können die Gesetzgeber in Bund und Ländern noch viel Raum für Verbesserungen nutzen.

Schließlich ist es in allen Handlungsfeldern erforderlich, geeignete Handlungsvorgaben und -anreize für Maßnahmen der Klimaanpassung zu erzeugen. Diese Regelungen können zugleich als Ermächtigungsgrundlage für die verantwortlichen Verwaltungen angesehen werden, Klimaanpassungsmaßnahmen selbst zu ergreifen, anzuordnen oder zu ermöglichen. Diese Zielsetzung kann überall dort

nur schwach erreicht werden, wo das Gesetz auf inhaltliche Vorgaben verzichtet und sich auf ausfüllungsbedürftige Leerformeln beschränkt.[90] Ein typisches Beispiel ist der Verweis im Landwirtschaftsrecht auf die „gute fachliche Praxis". Die Verwaltung hat es immer besonders schwer, wenn sie nicht durch inhaltliche Festlegungen des Gesetzgebers argumentativ entlastet wird. Bietet das Gesetz nur eine schwach konkretisierte Formel wie die „gute fachliche Praxis" muss die Verwaltung selbst das konkrete Handlungsziel und die erforderlichen Maßnahmen, es zu erreichen, bestimmen und aus ihrem eigenen Argumentationshaushalt rechtfertigen.[91] Hierfür ist es nicht nur sehr schwer, bei allen Betroffenen materielle Akzeptanz zu gewinnen – zumal das Verfahren in der Regel auch keine prozessuale Akzeptanz bietet. Es ist auch extrem schwer, die selbst konkretisierten Vorgaben gegen Widerstand durchzusetzen. Auch in dieser Hinsicht können die Gesetzgeber in der Europäischen Union, im Bund und in den Ländern erheblich nachbessern.

Die rechtliche Untersuchung nahm zwar ihren Ausgang bei konkreten Handlungsherausforderungen der Klimaanpassung auf regionaler Ebene. Sie konkretisierte ihre Lösungsansätze an Beispielen aus der Modellregion Nordhessen. Dennoch sind die Schlussfolgerungen aus dem Teilprojekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen" nicht auf diese Region beschränkt. Da sie auf die Auslegung und Konkretisierung europäischen, deutschen und länderbezogenen Rechts ausgerichtet sind und sich an die Gesetzgeber in der Europäischen Union, im Bund und in den Ländern richten, können sie leicht in andere Regionen Deutschlands und sogar in andere Mitgliedstaaten der Europäischen Union transferiert werden.

Literatur

Baasch, Stefanie/Bauriedl, Sybille/Hafner, Simone/Weidlich, Sandra, Klimaanpassung auf regionaler Ebene: Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance, RuR 2012, 191.

Bauer, Anja/Feichtinger, Judith/Steurer, Reinhard, The Governance of Climate Change Adaptation in 10 OECD Countries: Challenges an Approaches, Journal of Environmental Policy & Planning 2012, 279.

90 S. nähere Nachweise für das Technikrecht in *Roßnagel* 2009: 323 ff.

91 Eine nähere Ausgestaltung der gfP liegt im BBodSchG nur als rechtsunverbindliche Handlungsempfehlung vor. S. hierfür: *Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*, Bekanntmachung, Grundsätze und Handlungsempfehlungen der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach § 17 BBodSchG, BAnz. 1999, Nr. 73, S. 6585.

Beyme, Klaus von, Der Gesetzgeber, Der Bundestag als Entscheidungszentrum, Opladen 1997.

Bovet, Jana, Anforderungen an einen effektiven Küstenschutz unter Berücksichtigung des Klimawandels, NordÖR 2011, 1.

Breuer, Rüdiger/Kloepfer, Manfred/Marburger, Peter/ Schröder, Meinhard (Hrsg.), Jahrbuch des Umwelt- und Technikrechts, Heidelberg 1994.

Bundesregierung, Strategie der Bundesregierung zur Anpassung an den Klimawandel, Berlin 2008.

Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser, Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwassermanagement, Mainz 2007.

Burgi, Marin/Deichmöller, Sigfrid, Bauen im Überschwemmungsgebiet, DÖV 2003, 358.

Czychowski, Manfred/Reinhardt, Michael, Wasserhaushaltsgesetz unter Berücksichtigung der Landeswassergesetzte, Kommentar, 10. Auflage, München 2010.

Deutscher Landkreistag, Die Landkreise im Katastrophenschutz, Schriften des Deutschen Landkreistages, Band 76, Berlin 2008.

Di Fabio, Udo, Risikoentscheidungen im Rechtsstaat, Zum Wandel der Dogmatik im öffentlichen Recht insbesondere am Beispiel der Arzneimittelüberwachung, Tübingen 1994.

Di Fabio, Udo, Voraussetzungen und Grenzen des umweltrechtlichen Vorsorgeprinzips, in: *Ritter, Wolfgang/Kley, Max Dietrich/Sünner, Eckart u. a.* (Hrsg.), Festschrift für Wolfgang Ritter zum 70. Geburtstag, Steuerrecht, Steuer- und Rechtspolitik, Wirtschaftsrecht und Unternehmensverfassung, Umweltrecht, Köln 1997, 807.

Ekardt, Felix/Heym, Andreas/Seidel, Jan, Die Privilegierung der Landwirtschaft im Umweltrecht, ZUR 2008, 169.

Endlicher, Wilfried/Kress, Andreas, Wir müssen unsere Städte neu erfinden, Informationen zur Raumentwicklung 2008, 437.

European Environment Agency, Climate change and water adaptation issues: Technical report 2/2007, Copenhagen 2007.

Frehn, Michael, Verkehrsvermeidung durch wohnungsnahe Infrastruktur, Handlungsmöglichkeiten am Beispiel des wohnungsnahen Einzelhandels, RuR 1995, 102.

Giesberts, Ludger/Reinhardt, Michael (Hrsg.), Beck'scher Online Kommentar, Umweltrecht 2013 (zitiert: *Bearbeiter* in: *Giesberts/Reinhardt*).

Guckelberger, Annette, Die diversen Facetten der Öffentlichkeitsbeteiligung bei wasserrechtlichen Planungen, NuR 2010, 835.

Hafner, Simone, Rechtliche Rahmenbedingungen für eine an den Klimawandel angepasste Landwirtschaft, UPR 2010, 371.

Hafner, Simone/Weidlich, Sandra, Rechtliche Rahmenbedingungen für eine Anpassung an den Klimawandel, Interdisciplinary Research on Climate Change Mitigation and Adaptation, Discussion Paper 1/2011, Kassel 2011, abrufbar unter: http://www.unikassel.de/uni/fileadmin/datas/uni/umwelt/Rechtliche_Rahmenbedingungen_Hafner_Weidlich.pdf

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlicher Raum und Verbraucherschutz, Landesaktionsplan Hochwasserschutz Hessen, Wiesbaden 2007.

Hoffmann-Riem, Wolfgang, Verwaltungsrechtsreform - Ansätze am Beispiel des Umweltschutzes, in: *Hoffmann-Riem, Wolfgang/Schmidt-Aßmann, Eberhard/Schuppert, Gunnar Folke* (Hrsg.), Reform des allgemeinen Verwaltungsrechts, Grundfragen, Baden-Baden 1993.

Hoffmann-Riem, Wolfgang/Schmidt-Aßmann, Eberhard/Schuppert, Gunnar Folke (Hrsg.), Reform des allgemeinen Verwaltungsrechts, Grundfragen, Baden-Baden 1993.

Kloepfer, Michael, Umweltrecht, 4. Aufl., München 2011.

Koch, Hans-Joachim/Hofmann, Ekkehard/Reese, Moritz, Lokal handeln: Nachhaltige Mobilitätsentwicklung als kommunale Aufgabe, Berlin 2001.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen, Brüssel 2009.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz, Stuttgart 1995.

Lübbe-Wolff, Gertrude, Instrumente des Umweltrechts- Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen, NVwZ 2001, 481.

Möckel, Stefan, Umweltabgaben auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel, ZUR 2007, 176.

Möckel, Stefan/Köck, Wolfgang, Naturschutzrecht im Zeichen des Klimawandels- vorläufige Bewertung und weiterer Forschungsbedarf, NuR 2009, 318.

Müller, Hermann/Schulz, Gerhard, FStrG, Bundesfernstraßengesetz mit Autobahnmautgesetz, Kommentar, München 2008.

Peine, Franz-Joseph, Landwirtschaftliche Bodennutzung und Bundes- Bodenschutzgesetz, NuR 2002, 522.

Reese, Moritz, Das neue Recht des Hochwasserschutzes vor den Herausforderungen des Klimawandels, NuR 2011, 19.

Reese, Moritz, Die Anpassung an den Klimawandel im Bewirtschaftungssystem der Wasserrahmenrichtlinie, ZfW 2011, 61.

Reese, Moritz, Klimaanpassung im Umwelt- und Planungsrecht - konzeptionelle Herausforderungen und Optionen, VerwArch 2012, 399.

Reese, Moritz/Möckel, Stefan/Bovet, Jana/Köck, Wolfgang, Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente, Berlin 2010.

Regierungspräsidium Kassel, Hochwasserrisikomanagementplan für das hessische Einzugsgebiet der Fulda, Kurzfassung, Kassel 2010.

Roßnagel, Alexander, Technikneutrale Regulierung: Möglichkeiten und Grenzen, in: Eifert, M./Hoffmann-Riem, W. (Hrsg.), Innovationsfördernde Regulierung, Berlin 2009, 323.

Roßnagel, Alexander/Sanden, Joachim, Grundlagen der Weiterentwicklung von rechtlichen Instrumenten zur Ressourcenschonung, Berlin 2007.

Roßnagel, Alexander, Ansätze zu einer rechtlichen Steuerung des technischen Wandels, in: *Breuer, Rüdiger/Kloepfer, Manfred/Marburger, Peter/ Schröder, Meinhard* (Hrsg.), Jahrbuch des Umwelt- und Technikrechts 1994, Trier 1994.

Sachverständigenrat für Umweltfragen, SRU Sondergutachten, Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes, Berlin 2002.

Sanden, Joachim, Anpassung des Bodenschutzrechts an den Klimaschutz, NuR 2010, 225.

Sauthoff, Michael, Straße und Anlieger, München 2003.

Scherzberg, Arno, Die Öffentlichkeit der Verwaltung, Baden-Baden 2000.

Schuppert, Gunnar Folke, Verwaltungsrechtswissenschaft als Steuerungswissenschaft, in: *Hoffmann-Riem, Wolfgang/Schmidt-Aßmann, Eberhard/Schuppert, Gunnar Folke* (Hrsg.), Reform des allgemeinen Verwaltungsrechts, Grundfragen, Baden-Baden 1993, 65.

Sieber, Niklas, Vermeidung von Personenverkehr durch veränderte Siedlungsstrukturen, RuR 1995, 94.

Treutner, Erhard, Kooperativer Rechtsstaat, Baden-Baden 1998.

Walkenhorst, Oliver/Stock, Manfred, Regionale Klimaszenarien für Deutschland, Eine Leseanleitung, Hannover 2009.

Weidlich, Sandra, Regelungsbedarfe zur Anpassung des Straßenverkehrs an den Klimawandel, NZV 2011, 73.

Zebisch, Marc/Grothmann, Torsten/Schröter, Dagmar/Hasse, Clemens/Fritsch, Uta/Cramer, Wolfgang (PIK), Klimawandel in Deutschland Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, Dessau 2005.

KLIMAWANDEL-GOVERNANCE: ANPASSUNG POLITISCHER STRUKTUREN AN HERAUSFORDERUNGEN DES REGIONALEN KLIMAWANDELS

Sybille Bauriedl, Christoph Görg, Stefanie Baasch

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG ... 526

2 KLIMAANPASSUNG ALS GEGENSTAND DER POLITIKWISSENSCHAFTEN ... 526

3 HERAUSFORDERUNGEN DER KLIMAANPASSUNG FÜR POLITISCHE ENTSCHEIDUNGSPROZESSE IN NORDHESSEN ... 528

4 PARTIZIPATION, AKZEPTANZ UND REGIONALE GOVERNANCE ... 531

5 FORSCHUNGSDESIGN ... 535

6 ERGEBNISSE FÜR EINE KLIMAWANDEL-GOVERNANCE IN NORDHESSEN ... 538

6.1 AKZEPTANZ DES KLIMAWANDELS UND VON KLIMAWANDELMAßNAHMEN ... 539

6.2 PARTIZIPATION RELEVANTER AKTEURE REGIONALER KLIMAANPASSUNG ... 540

6.3 BEDEUTUNG REGIONALER ENTWICKLUNGSTRENDS FÜR POTENTIELLE KLIMAANPASSUNGSMAßNAHMEN ... 542

6.4 PRAXISWISSEN UND WISSENSCHAFTLICHES WISSEN IM UMGANG MIT REGIONALEM KLIMAWANDEL ... 543

6.5 SEKTORALE ZEIT- UND RAUMSKALEN DER KLIMAANPASSUNG ... 544

6.6 SYNERGIEN UND KONFLIKTE DER KLIMAANPASSUNG ... 547

6.7 NETZWERK-GOVERNANCE NEBEN ANDEREN GOVERNANCE-FORMEN ... 551

6.8 AKTUELLE UND POTENTIELLE GOVERNANCE-INNOVATION ... 553

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR REGIONALE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER ... 555

7.1 BETROFFENE AKTEURE UND SCHLÜSSELAKTEURE IDENTIFIZIEREN ... 556

7.2 BETEILIGUNGSPOTENTIALE VERBESSERN ... 557

7.3 BESTEHENDE NETZWERKE FÜR KLIMAWANDEL-GOVERNANCE NUTZEN UND ERWEITERN ... 558

7.4 ZIELKRITERIEN FÜR KLIMAWANDEL-GOVERNANCE UND KLIMAANPASSUNG FORMULIEREN ... 558

7.5 NEGATIVE EFFEKTE DER KLIMAANPASSUNG ERKENNEN UND TRANSPARENT MACHEN ... 560

7.6 SEKTORENÜBERGREIFENDE, EBENENÜBERGREIFENDE UND INTERKOMMUNALE KLIMAANPASSUNG GESTALTEN ... 561

8 ÜBERTRAGBARKEIT DER ERGEBNISSE ZU REGIONALER KLIMAWANDEL- GOVERNANCE ... 562

9 AUSBLICK ... 563

LITERATUR ... 564

1 Einleitung

Das politikwissenschaftliche Teilprojekt „Partizipation, Akzeptanz und regionale Governance“(PARG) konzentrierte sich auf die Frage, welche regionale Governance-Form geeignet ist, um Klimaanpassungsstrategien zu entwickeln, auftretende Ziel- oder Interessenskonflikte auszuhandeln und damit die Akzeptanz von Einzelmaßnahmen zu erhöhen. Um diese Frage beantworten zu können, wurden Akteurskonstellationen, institutionelle Rahmenbedingungen und diskursive Strukturen der Klimawandeldebatte in Nordhessen erfasst. Begleitet wurden diese Analysen von Wissenschaft/Praxis-Dialogen mit regionalen Expertinnen und Experten, die der Erhebung von Forschungsbedarfen und der Kommentierung von Ergebnissen dienten.

Die Untersuchung startete mit der These, dass die Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure bei der Entscheidungsfindung für Klimaanpassungsmaßnahmen deren Umsetzungserfolg und Nachhaltigkeit erhöht. Diese Annahme eines positiven Kausalverhältnisses zwischen regionaler Governance, Effizienz und Akzeptanz musste im Forschungsprozess revidiert werden. Die Konfliktlinien bei der Prioritätensetzungen und der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen verlaufen nicht automatisch zwischen staatlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren, sondern teilweise innerhalb einzelner Akteursgruppen. Die Zusammensetzung der relevanten Akteure variiert dabei im Verlauf des Politikzyklus. Außerdem gestalten sich Governance-Formationen weniger auf regionaler Ebene sondern sind für einzelne Handlungsfelder der Regionalentwicklung sehr unterschiedlich ausgeprägt. Das wesentliche Merkmal von Klimawandel-Governance ist daher nicht allein die Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure an staatlich gesteuerter Klimapolitik, entscheidender ist die Identifikation konkreter Akteure, die Governance-Prozesse vorantreiben.

2 Klimaanpassung als Gegenstand der Politikwissenschaften

Politikwissenschaftliche Klimaforschung beschäftigt sich mit akteurs- und steuerungsorientierten Fragestellungen im Umgang mit dem Klimawandel. Studien zur Minderung von Treibhausgasemissionen („Klimaschutz“) konzentrieren sich vorwiegend auf die Ebene internationaler Verhandlungen und deren Umsetzung in nationale Politik. Dagegen haben sich Forschungen zu den Folgen des Klimawandels und deren Bewältigung („Klimaanpassung“) verstärkt mit den direkten oder indirekten Folgen für die regionale oder lokale Ebene und damit verbundene Konflikte auseinandergesetzt. Der regionale Fokus des noch jungen Forschungsfeldes liegt bisher in Entwicklungsländern. Politikwissenschaftlerinnen und Politikwissenschaftler setzen sich sowohl mit problemorientierten wie auch mit lö-

sungsorientierten Fragestellungen auseinander. Sie liefern Erkenntnisse für eine effektive Umsetzung ökonomischer und technologischer Lösungsstrategien (Akzeptanzforschung), zur herrschaftskritischen Analyse der Definitionsmacht klimapolitischer Akteure und der Klimaforschung selbst (Diskursforschung) sowie zu den Beteiligungspotentialen der vom Klimawandel betroffenen Akteure (Partizipationsforschung). Außerdem nimmt die politikwissenschaftliche Klimaforschung die potentiell negativen sozialen Folgen der Klimaanpassungspolitik in den Blick (Umweltgerechtigkeit). In der transdisziplinären Klimaanpassungsforschung, die Praxisakteure und deren Problemwahrnehmung in den Forschungsprozess mit einbezieht, wird primär die politikwissenschaftliche Kompetenz zu Fragen geeigneter Regulationsformen regionaler Klimaanpassungspolitik nachgefragt (Governance-Forschung), die auch im Rahmen des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen im Zentrum stand.

Klimaanpassung in Europa auf der regionalen Ebene ist ein relativ junges Politikfeld und die politikwissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesem Politikfeld steht entsprechend noch am Anfang.[1] Regionale Klimaanpassung in Industriestaaten ist keine genuine Problemstellung regionaler Akteure, sondern wurde top down initiiert. Anstoß gab die Verpflichtung der nationalen Regierungen im Rahmen der UN-Klimarahmenkonferenz 2005, nationale Maßnahmenpläne zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels aufzulegen. In dessen Folge hat im Dezember 2008 die deutsche Bundesregierung die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel" veröffentlicht und haben Bundesländer integrierte Klimaschutz- und Klimaanpassungsprogramme vorgelegt (u.a. Baden-Württemberg 2005, Bayern 2007, Thüringen 2009, Hessen 2012). Der Stellenwert der regionalen Ebene wird in diesen Programmen zum einen durch die funktionsräumliche Dimension der meisten Klimawandelfolgen begründet und zum anderen wird diese Maßstabsebene als geeignet für notwendige kooperative Regierungsformen, institutionelle Innovationen und kollektive Konfliktlösungen betrachtet. Wie diese konkret gestaltet sein sollten ist bisher nur in Ansätzen für einzelne Modellregionen geklärt. Die politikwissenschaftlichen, planungs- und umweltrechtlichen Teilprojekte der KLIM-ZUG-Modellregionen liefern hierzu weiterführende Hinweise.

Einigkeit besteht in der sozialwissenschaftlichen Klimaforschung darüber, dass vielfältige Akteurs- und Interessenkonstellationen zu berücksichtigen sind für die Umsetzung einer nachhaltigen regionalen Klimaanpassungspolitik. Vorliegende Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass geeignete Kooperations- und Koordina-

[1] Vgl. Görg 2009, 2010b.

tionsformen ein wesentlicher Faktor regionaler Klimaanpassungskapazität sind.[2] Es erscheint angemessen, eine prozessorientierte Governancestrategie anzuvisieren, wie sie in den letzten Jahren unter dem Begriff „adaptive governance“[3] oder „adaptive management“[4] entwickelt wurde, die den bestehenden wissenschaftlichen Unsicherheiten und der Notwendigkeit kollektiver Lernprozesse Rechnung trägt. Politikwissenschaftliche Klimaforschung liefert in diesem Problemkontext Hinweise auf geeignete Governance-Formen für eine nachhaltige Klimaanpassung. Institutionen und Kooperationsformen, die geeignet sind auf den Klimawandel zu reagieren, leisten einen wesentlichen Beitrag zur Anpassung. Bestehende Governance-Formen der regionalen Politikebene müssen entsprechend überprüft, gegebenenfalls umgestaltet oder erweitert werden. Zentrale Herausforderung einer transdisziplinären Forschung ist die Wissensintegration der beteiligten Partnerinnen und Partner aus Wissenschaft und Praxis.[5] In diesem Kontext muss eine politikwissenschaftliche Klimaforschung mit einer doppelten Anforderung umgehen. Zum einen soll sie einen analytischen Beitrag zum Verständnis der Potentiale aktueller Governance-Formen liefern zum anderen einen normativ geleiteten Beitrag zur Optimierung einer regionalen Klimawandel-Governance leisten.

3 Herausforderungen der Klimaanpassung für politische Entscheidungsprozesse in Nordhessen

Eine sozialwissenschaftliche Klimaforschung muss spezifische Herausforderungen der regionalen Anpassung an den Klimawandel berücksichtigen. Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse in der Modellregion Nordhessen lassen sich vier zentrale Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance erkennen, die u.E. mit Blick auf den Forschungsstand zu Klimawandel-Governance in anderen Regionen verallgemeinerbar sind.[6] Erstens bedürfen Klimaanpassungsmaßnahmen der Abstimmung mit Zielsetzungen des Klimaschutzes und des Biodiversitätsschut-zes. Zweitens bestehen derzeit erhebliche Unsicherheiten bezüglich zukünftiger klimatischer Veränderungen, insbesondere für kleinräumige Prozesse.[7] Drittens sind Anpassungsbedarfe äußerst vielfältig ausgeprägt, da verschiedene Sektoren und Regionen jeweils unterschiedlich vom Klimawandel betroffen sein werden und nicht in gleicher Weise klimaanpassungsfähig sind.[8] Und viertens gilt es, eine breite Akzeptanz für Maßnahmen und Instrumente herzustel-

2 Vgl. Frommer 2009; Smit, Pilifosova 2001.
3 Vgl. Folke et al. 2005.
4 Vgl. Arvai et al. 2006; Pahl-Wostl 2007.
5 Vgl. Jahn et al. 2012.
6 Vgl. Frommer et al. 2011; Görg 2010a.
7 Hulme, Timothy 1999: 65.
8 Diller, Hebecker 2009: 53 f.

len, die ggf. den Pfad etablierter Produktions-, Konsum- und Mobilitätsmuster verlassen oder zu ungleicher Lastenverteilung von Klimaanpassungsmaßnahmen führen.[9]

Die Herausforderungen der Klimaanpassung unterscheiden sich ganz wesentlich von den Herausforderungen des Klimaschutzes. Außerdem sind die Handlungsebenen, Handlungsziele und Akteure der Politikfelder Klimaschutz und Klimaanpassung nicht immer identisch. Engagieren sich Individuen, Unternehmen, Regionen oder Staaten für Klimaschutzziele, so hat dies globale Effekte, deren Erfolg am Maß der Treibhausgasemissionen ablesbar ist. Klimaanpassung hingegen zielt auf eine Verringerung der Klimaverwundbarkeit. Wer in Anpassungsmaßnahmen investiert, ist in der Regel auch direkter Profiteur.[10] Klimaschutzmaßnahmen, die eine Reduzierung der CO_2-Konzentration zum Gegenstand haben, können unabhängig vom Ort der Emission durchgeführt werden (zum Beispiel *clean development mechanisms* auf internationaler und EU-Emissionsrechtehandel auf europäischer Ebene), entscheidend ist nur, dass eine Begrenzung der Erderwärmung erreicht wird. Im Gegensatz dazu müssen Klimaanpassungsmaßnahmen innerhalb einer Region und eines Handlungsfeldes wirksam werden, da Anpassung auf eine Reduzierung konkreter Verwundbarkeit zielt. Der Erfolg von Anpassungsmaßnahmen lässt sich – anders als beim Klimaschutz - nicht durch ein einziges Erfolgskriterium beurteilen und quantifizieren und damit auch nicht durch verallgemeinerbare Kosten-Nutzen-Rechnungen bewerten. Als Bewertungskriterien schlagen Adger, Arnell und Tompkins daher Effektivität, Effizienz, Fairness und Legitimität vor.[11] Diese Zielsetzungen müssen für jede Anpassungsmaßnahme konkretisiert und abgewogen werden. Die Handlungserfordernisse für Anpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen unterscheiden sich folglich auch in Bezug auf notwendige Kooperationsformen sowie der adäquaten Steuerungsinstrumente.

Diese übergeordneten Herausforderungen sind mit governancespezifischen Herausforderungen verknüpft. Klimawandel hat für die einzelnen Handlungsfelder sehr unterschiedliche Effekte, die teilweise bereits bestehende Probleme verschärfen (zum Beispiel Hochwasserereignisse), aber auch neue Herausforderungen schaffen (zum Beispiel durch zuwandernde Mückenarten oder die Neuzusammensetzung von Ökosystemen in Land- und Forstwirtschaft). Ein wesentlicher Faktor sektoraler Anpassungskapazität ist die Erfahrung im Umgang mit konkreten Folgen des Klimawandels. Die vom Klimawandel hervorgerufenen Probleme sind in den meisten Fällen für regionale Akteure nicht völlig neu (insbesondere

9 Vgl. ausführliche Darstellung in Baasch et al. 2012.
10 Betsill, Bulkeley 2006: 150.
11 Adger et al. 2005: 80.

für die privaten oder institutionellen Akteure der Handlungsfelder Hochwasserschutz, Siedlungsentwicklung, Land- und Forstwirtschaft). Hier kann auf etablierte und erfolgreiche Problembewältigungsstrukturen zurückgegriffen werden. Klimawandel kann jedoch auch bisher unbekannte Problemstellungen für einzelne Regionen oder kleinräumige Bereiche zur Folge haben (zum Beispiel veränderte Biodiversität durch starke Klimavariabilität oder Extremereignisse), die mit etablierten Maßnahmen und Steuerungsmechanismen nicht bearbeitet werden können. Praxispartnerinnen und -partner des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen haben in der Startphase sehr deutlich den Bedarf an gesichertem Wissen zu regionaler und lokaler Klimavulnerabilität formuliert. Besonders für klimawandelbedingte Prozesse, die nicht durch laufende Monitoringsysteme erfasst werden, sehen kommunale Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie Regionalplanerinnen und Regionalplaner einen hohen Forschungsbedarf, um die konkreten Problemstellungen ihres spezifischen Handlungsfeldes beurteilen zu können.[12] Die Bereitschaft, Entscheidungsstrukturen und Steuerungsformen zu revidieren, hängt außerdem von den Entscheidungshorizonten ab. Reaktive Anpassungsmaßnahmen kurzfristiger Handlungsbedarfe werden in etablierten Institutionen stärker berücksichtigt als adaptive Anpassungsmaßnahmen, die auf langfristige Risiken zielen.

Nicht nur sind Regionen, Akteure und Sektoren in sehr unterschiedlicher Weise vom Klimawandel betroffen, auch deren Klimaanpassungskapazität ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. Diese ungleichen Voraussetzungen zeigen sich auch in der Anpassungsfähigkeit von Institutionen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf zukünftige Lebensverhältnisse sind noch weitgehend unbekannt und die Reaktionen darauf nur bedingt aus den Erfahrungen der Vergangenheit abzuleiten. Daher müssen potentiell betroffene Akteure ihre zukunftsgerichteten Entscheidungen unter Unsicherheit treffen. Dies gilt im besonderen Maße für Akteure in Politik und Planung, die der Daseinsvorsorge und Bereitstellung von Versorgungsinfrastruktur verpflichtet sind sowie für Wirtschaftsakteure mit langfristigen Planungshorizonten.

Die Frage nach den relevanten Akteuren, die an Entscheidungsprozessen sektoraler und regionaler Klimaanpassungspolitik zu beteiligen sind, ist nicht trivial. Die Zusammensetzung der relevanten Akteure variiert erstens im Verlauf des Politikzyklus, im Rahmen der Definition der Probleme und Chancen des regionalen Klimawandels, der Entwicklung von Anpassungsstrategien, deren Umsetzung und der Bearbeitung von Umsetzungskonflikten. Zweitens haben nicht alle betroffenen Akteursgruppen die gleiche Wahrnehmung des Klimawandels und ihrer aktuellen

[12] Overbeck et al. 2009: 195.

und zukünftigen Klimavulnerabilität. Drittens ist die Beteiligung an Entscheidungsprozessen der Klimaanpassung nicht allein motiviert durch eine wahrgenommene Vulnerabilität, sondern immer auch interessengeleitet. Entscheidungspräferenzen und der Stellenwert von Klimaanpassungsmaßnahmen werden im Kontext paralleler Entwicklungspräferenzen getroffen. Da der Klimawandel in der Regel mehr Risiken als Chancen für die Regionalentwicklung mit sich bringt und damit in einer Kosten-Nutzen-geleiteten Politik negativ bewertet wird, werden *no-regret*-Optionen (Maßnahmen die in klimawandelunabhängige Handlungserfordernisse integriert werden können) und *win-win*-Optionen (Maßnahmen die zum Beispiel positive Nebeneffekte für die Bewältigung der Problematik des Klimaschutzes oder des demographischen Wandels haben) bevorzugt verfolgt.

4 Partizipation, Akzeptanz und regionale Governance

Das politikwissenschaftliche Teilprojekt konzentrierte sich auf die Frage, welche regionale Governance-Form geeignet ist, Klimaanpassungsstrategien zu entwickeln, auftretende Ziel- oder Interessenskonflikte auszuhandeln und damit die Akzeptanz von Einzelmaßnahmen zu erhöhen. Um diese Frage beantworten zu können, wurden sowohl Akteurskonstellationen der klimawandelrelevanten Entscheidungsträger, institutionelle Strukturen formaler Zuständigkeiten sowie diskursive Strukturen der Klimawandeldebatte in Nordhessen und in Bezug auf überregionale Maßstabsebenen erfasst.

Klimawandel ist mittlerweile als globales Phänomen weitgehend in Politik, Praxis und Bevölkerung anerkannt, ebenso die daraus resultierende Notwendigkeit des Klimaschutzes. Die Notwendigkeit der Klimaanpassung hingegen ist in Nordhessen in einigen Handlungsfeldern und für große Teile der Wirtschaft und Bevölkerung ein recht neues Thema. Die Relevanz von Klimaanpassungsmaßnahmen und von Vernetzungsaktivitäten lokaler Akteure ist allein auf Basis der vorliegenden regionalen Klimaszenarien schwer vermittelbar. Die Skepsis der lokalen Akteure in Politik, Verwaltung und Wirtschaft gegenüber dem vorliegenden wissenschaftlichen Wissen und der formulierten Wissensunsicherheit kommt besonders in Regionen zum Tragen, die in der Vergangenheit nur in geringem Maße mit Extremwetterereignissen und den Folgeschäden durch z.B. Hochwasser, Stürme, Hitze konfrontiert wurden.[13]

Am Anfang einer Klimawandel-Governance, die auf die Kooperation staatlicher und privater Akteure setzt, steht daher die Vermittlung einer Klimaanpassungsre-

[13] Vgl. Baasch et al. 2012.

levanz zwischen diesen Akteuren. Es bedarf eines gemeinsamen Problembewusstseins der Netzwerkakteure über potentielle Risiken und Chancen des Klimawandels, einer Verständigung über die damit verbundenen Auswirkungen und über die Einschätzung potentieller Klimaentwicklungen. Hierauf basierend können in einer zweiten Phase Anpassungsbedarfe, potentielle Synergie- und Konflikteffekte (zum Beispiel zwischen verschiedenen Handlungsfeldern) sowie Handlungsoptionen ermittelt werden. Die einzelnen Schritte von der Wahrnehmung von Klimaveränderungen bis hin zur Generierung von Klimaanpassungsmaßnahmen durchlaufen einen komplexen Prozess, der nur dann erfolgreich gestaltet werden kann, wenn die Bedürfnisse und Erfahrungen regionaler Akteure hinreichend berücksichtigt werden.[14]

Die KLIMZUG-Verbünde gingen von der These aus, dass eine breite Beteiligung betroffener Akteure die bestmögliche Option für die Entwicklung, Akzeptanz und Implementierung geeigneter Anpassungsmaßnahmen sei.[15] Der Begriff „Betroffenheit" nimmt in Klimawandeldebatten einen wichtigen Stellenwert ein. Nach welchen Kriterien die jeweilige Betroffenheit definiert wird, ist in der Praxis jedoch sehr uneinheitlich.[16] In der Praxis wird die Betroffenheit durch und Akzeptanz für Klimaanpassungsmaßnahmen im Wesentlichen mit dem Grad der Verwundbarkeit durch den Klimawandel begründet. Die wissenschaftlich begründete Abschätzung von Vulnerabilität entspricht jedoch nicht automatisch der empfundenen und selbstbenannten Betroffenheit von Akteuren und Institutionen. Teilweise wird Betroffenheit gegenüber dem Klimawandel aus „objektiven", d.h. materiell messbaren Kriterien hergeleitet, wie beispielsweise Schädigungen von Eigentum, Einkommensverluste oder statistisch erfassbare gesundheitliche Beeinträchtigungen. Erst durch die Information über wahrgenommene Betroffenheit – respektive über noch nicht wahrgenommene Betroffenheit – kann ein entsprechender Handlungsdruck realisiert werden.[17] Klimaanpassungsforschung selbst kann dazu beitragen, dass Betroffenheit durch negative Auswirkungen des Klimawandels von Akteuren überhaupt wahrgenommen und thematisiert wird. Dies ist auch die Erfahrung der Verbundprojektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter, die im Rahmen ihrer regionalen Forschungsaktivitäten einen erheblichen Anteil an einer grundsätzlichen Sensibilisierung regionaler Akteure für das Themenfeld Klimaanpassung hatten.

14 Overbeck 2008: 377.
15 Vgl. Stirling 2006.
16 Walk 2008: 49.
17 Vgl. Bauriedl et al. 2013.

Nicht alle Betroffenen können und wollen in gleicher Weise an Klimaanpassungspolitik beteiligt sein. Ihre Anpassungsinteressen und -erfahrungen sollten jedoch in angemessener Weise in der Klimaanpassungspolitik vertreten sein. Da Governance-Prozesse grundsätzlich eine Erweiterung des Akteursspektrums anstreben, erscheinen sie daher als geeignete Form des Politikmachens und Regierens. Merkmale von Governance sind die Zusammenarbeit staatlicher und nichtstaatlicher (öffentlicher und privater) Akteure, netzwerkartige Strukturen, flexible Steuerungsmechanismen, ein Bezug auf konsensuale Zielsetzungen und ein Prozesszyklus politischer Aushandlung. Governance umfasst formelle sowie informelle Steuerungs- und Koordinationsstrukturen, die auf hierarchischen, kompetitiven oder kooperativen Akteursbeziehungen beruhen können.[18]

Innerhalb einer regionalen Governance haben nicht alle Akteure die gleiche Funktion. Kollektives Handeln braucht Vermittler und Treiber (Schlüsselakteure), die Governance-Prozesse in Gang setzen, Definitionsaufgaben übernehmen, Mehrheiten gewinnen, Foren bereitstellen und logistische Vorarbeiten übernehmen. Diese müssen auf Resonanz und die Bereitschaft der anzusprechenden Akteure treffen, sich für Gemeinschaftsaufgaben zu engagieren. Und sie müssen Aufmerksamkeit erzeugen durch eine geeignete Inszenierung des Governance-Objektes „Klimawandel". Das wesentliche Merkmal von Klimawandel-Governance ist daher nicht allein die Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure an staatlich gesteuerter Klimapolitik; entscheidender für erfolgreiche Klimawandel-Governance wird die Innovation von Kooperations- und Koordinationsprozessen sein und die Identifikation konkreter Akteure, die Governance-Prozesse vorantreiben.[19]

Klimwandel-Governance auf einer regionalen Ebene kann in institutioneller Hinsicht nicht losgelöst von ihrer Einbettung im Mehrebenensystem (multi-level Governance) analysiert werden, sowohl was Steuerungskompetenzen (von der Rechtsetzung durch die EU bis zur Flächenausweisung durch Kommunen) als auch was ihre ökonomischen Kapazitäten angeht. Die vertikale Integration über verschiedene Entscheidungsebenen hinweg stellt auch eine Herausforderung für das föderale System sowie das europäische Mehrebenensystem dar.[20]

18 Vgl. Fürst 2007.
19 Vgl. Bauriedl 2011c.
20 Vgl. Görg 2010a.

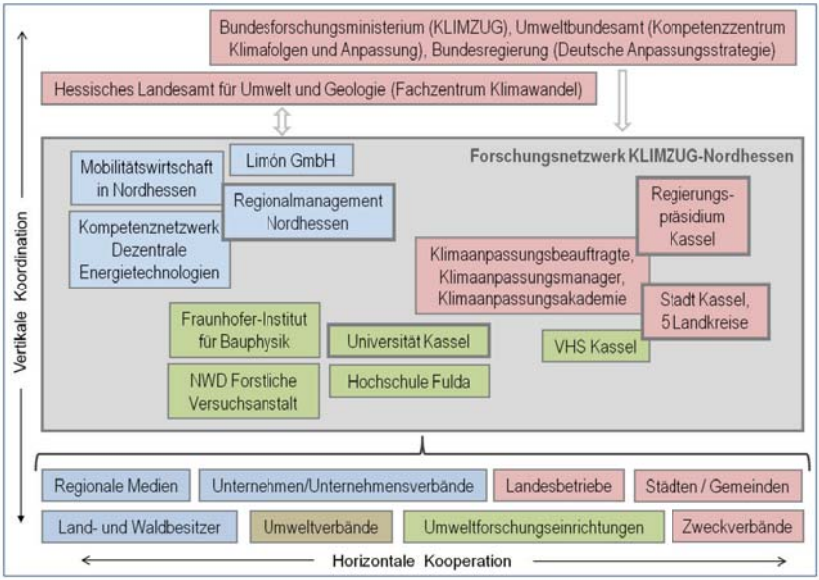


Abbildung 1: Institutionelle Rahmensetzung des Klimaanpassungsnetzwerks Nordhessen (differenziert nach den Akteursgruppen Wirtschaft (blau), Verwaltung/Politik (rot), Wissenschaft/Bildungseinrichtungen (grün), Nichtregierungsorganisationen (braun)

Ausgangspunkt einer Governance-Formation die zur Klimaanpassung in Nordhessen beitragen soll, war das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen selbst, das im Projektverlauf verbundexterne Akteure in die horizontale Kooperation und vertikale Koordination integriert hat. Das Verbundprojekt wird getragen von zahlreichen Institutionen, die unterschiedliche Akteursgruppen vertreten. Die Treiber des regionalen Netzwerkprozesses sind auf Grund des geförderten Klimaanpassungsvorhabens in besonderem Maße Akteure der Universität Kassel, des Regierungspräsidiums Kassel, der nordhessischen Landkreise und einzelner Gemeinden sowie des Regionalmanagements Nordhessen. Damit stehen Akteure aus Wirtschaft, Politik und Verwaltung und Wissenschaft im Zentrum des transdisziplinären Klimaanpassungsdialogs.[21] Zur Wissensintegration dieser unterschiedlichen Akteursgruppen wurden durch das Verbundprojekt die drei sogenannten Governance-Innovationen (Klimaanpassungsbeauftragte, Klimaanpassungsmanager und die Klimaanpassungsakademie) geschaffen.[22]

21 Vgl. Bauriedl 2011a.
22 Kap. V: Bauriedl et al.

Als überregionale staatliche Institutionen ist für das nordhessische Klimaanpassungsnetzwerk vor allem das Bundesforschungsministerium relevant, das als Mittelgeber des Verbundprojektes die Klimaanpassungskapazität durch finanzielle Ressourcen erhöht hat und die normative Rahmensetzung der Problemdefinition vorgegeben hat. Zur überregionalen Ebene findet außerdem ein enger Austausch, sowohl auf Bundesebene mit dem Kompetenzzentrum Klimawandel und Anpassung des Bundesumweltamtes (KOMPASS) sowie auf Landesebene mit dem Fachzentrum Klimawandel statt. Auf regionaler Ebene hat sich im Projektverlauf eine zunehmende Zahl von Akteuren am Klimaanpassungsdialog und einzelnen Umsetzungsprojekten beteiligt: Akteure der regionalen Medien (explizit die Tageszeitung Hessische/Niedersächsische Allgemeine), mittelständische und Großunternehmen (zum Beispiel Energieversorger, Waldbesitzer), Unternehmensverbände (zum Beispiel Maschinenring), kommunale Betriebe und Verbände (zum Beispiel Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien e.V.) sowie einzelne Bürgermeister und Gemeindevertreterinnen und -vertreter. Auf der lokalen Ebene der Umsetzungsprojekte sind weitere zivilgesellschaftliche Akteure beteiligt (zum Beispiel Kirchengemeinden, Immobilienwirtschaft, Schulen, Naturschutzverbände).

5 Forschungsdesign

Politikwissenschaftliche Klimaanpassungsforschung bewegt sich im Spannungsfeld zwischen normativer Setzung (effektive, nachhaltige Klimaanpassung) und analytischer Bewertung (Identifikation institutioneller Barrieren und Herrschaftsverhältnisse). Ausgangspunkt einer kritischen Governance-Forschung ist eine präzise deskriptive Analyse, die regional und sektoral spezifische Governance-Formen unterscheidet und den Stellenwert einer Netzwerk-Governance im Verhältnis zu anderen Governance-Formen benennt (zu marktförmiger und hierarchieförmiger Governance siehe oben), um eine nachhaltige Klimaanpassung mit kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen zu gewährleisten. Hierfür wurde eine Dokumentenanalyse zur Klimawandelproblematisierung in planungsstrategischen Veröffentlichungen der Landesregierung, des Regierungspräsidiums Kassel und der nordhessischen Landkreise durchgeführt. Um diese Aussagen im Kontext regionaler Entwicklungstrends diskutieren zu können, wurde eine Strukturanalyse zur ökonomischen und demographischen Dynamik Nordhessens durchgeführt. Aussagen zu Erfahrungen zivilgesellschaftlicher Akteure mit regionalen und lokalen Partizipationsprozessen im Kontext nachhaltiger Entwicklung wurden aus der vom Teilprojekt PARG durchgeführten Evaluation des lokalen Agenda 21-Prozesses der Stadt Kassel und des Landkreises Kassel abgeleitet.

Um dem forschungspraktischen Dilemma zu entkommen, allein die normativen Forschungsprämissen zu bewerten, haben wir ein Forschungsdesign gewählt, das primär auf partizipativen Methoden beruht und regionale Praxispartnerinnen und -partner am empirischen Prozess beteiligt: Partizipative Netzwerkanalyse und partizipative Szenarienentwicklung. Die gewohnte Autorität der Wissenschaft wird bei diesen Verfahren teilweise aufgebrochen, da sich Vertreterinnen und Vertreter von Wissenschaft und Praxis als Fragende und Antwortende auf einer Ebene begegnen.[23]

Die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen und damit verbundene Akzeptanzprobleme und Konflikte finden weniger auf regionaler Ebene als auf lokaler Ebene statt. Daher erschien im Projektverlauf die Governance-Analyse auf dieser Entscheidungsebene besonders wichtig. Auf der lokalen Ebene ist außerdem ein breiteres und vielfältigeres Spektrum zivilgesellschaftlicher Akteure zu finden sowie ein höherer Anteil nicht-institutionalisierter Strukturen. Um Erkenntnisse zu horizontalen und vertikalen Kooperationsbeziehungen in lokalen Netzwerken zu gewinnen hat das Teilprojekt PARG die Methode der partizipativen Netzwerkanalyse konzipiert und exemplarisch für die Handlungsfelder Gesundheit (Hitzepräventionsnetzwerk Kassel) und Energieversorgung (Erneuerbare Energien Netzwerk Wolfhagen) durchgeführt. Mit diesem Verfahren lassen sich differenzierte Aussagen zum Governance-Modus und deren Regelungsstrukturen und zum Stellenwert von Schlüsselakteuren für innovative und etablierte Governance-Formen ableiten. Die Methode basiert auf einem mehrstufigen transdisziplinären Analyseverfahren. In Zusammenarbeit mit einem zentralen Akteur des Netzwerks werden Schlüsselakteure, Unterstützerinnen und Unterstützer, Opponentinnen und Opponenten und deren Status in Entscheidungsprozessen identifiziert sowie die Kooperationsformen zwischen den Beteiligten und deren Institutionalisierungsgrad. Die Netzwerkstruktur wurde durch das Teilprojekt graphisch aufbereitet und Kriterien der Nachhaltigkeit, der Innovationspotentiale, der Formalisierungsbedarfe, der Übertragbarkeit und Dynamik des Netzwerkprozesses bewertet. In einem weiteren Analyseschritt wurden diese Ergebnisse von weiteren Akteuren des Netzwerks in *feedback*-Gesprächen kommentiert.

Als weiteres partizipatives Verfahren hat das Teilprojekt PARG sozialwissenschaftliche Entwicklungsszenarien als qualitative Methode eingesetzt.[24] Diese Methode diente im Forschungsdesign zur Vermittlung und Reflektion möglicher Zukünfte einer klimaangepassten Regionalentwicklung für Nordhessen für einen Zeithorizont bis zum Jahr 2030 und der partizipativen Entwicklung von Lösungs-

[23] Vgl. Bergold, Thomas 2012.
[24] Vgl. Volkery, Ribeiro 2009.

und Handlungsoption. Das Untersuchungsdesign umfasste folgende sechs Schritte: (1) Sondierungsworkshops mit regionalen Stakeholdern ausgewählter Handlungsfelder zur Ermittlung der Wahrnehmung und Bewertung des regionalen Klimawandels sowie des damit verbundenen Handlungsbedarfs und der Akteurskonstellationen, Konfliktfelder und Beteiligungschancen; (2) Entwicklung von drei alternativen Szenarien für eine klimaangepasste Regionalentwicklung auf Grundlage von Inhaltsanalysen der transkribierten Expertenworkshops und unter Berücksichtigung regionaler Klimawandelszenarien, regionaler Bevölkerungsentwicklungstrends und regionalwirtschaftlicher Trends; (3) Durchführung von Szenarienworkshops zu ausgewählten Handlungsfeldern zur Bewertung der abgeleiteten Narrative und die Kommentierung und Gewichtung der erforderlichen Klimaanpassungsstrategien durch regionale Stakeholder; (4) Kommentierung der schriftlichen Auswertung der Szenarienworkshops durch die beteiligten Stakeholder und ggf. Modifikation der Auswertung; (5) Integration der sektoralen Erkenntnisse und Ableitung möglicher Synergien und Konflikte präferierter Klimaanpassungsmaßnahmen; (6) Wissenschaft/Praxis-Workshop mit Expertinnen und Experten aller untersuchten Handlungsfelder zur Kommentierung der Handlungsempfehlungen einer integrativen Klimaanpassung.

Das politikwissenschaftliche Teilprojekt hat sich auf die Handlungsfelder Forst-, Land- und Energiewirtschaft konzentriert für die aus drei Gründen vielfältige Erkenntnisse zur Identifizierung von Konflikten und Synergien zwischen verschiedenen Handlungsfeldern und zwischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen zu erwarten sind. Erstens haben diese drei Handlungsfelder zusammen einen wichtigen Stellenwert für die Landnutzung und Landschaftsgestaltung in einer Region, die geprägt ist durch forst- und landwirtschaftliche Tätigkeit. Die Interessenüberschneidungen dieser Handlungsfelder in Nordhessen haben sich durch den Ausbau dezentraler Energieproduktion auf Basis erneuerbarer Energien in den letzten Jahren noch verstärkt und es sind vielfältige Wechselwirkungen der Klimaanpassungsmaßnahmen und der Klimaanpassungskapazität zu erwarten. Zweitens ist das Klimawandelbewusstsein in diesen Handlungsfeldern im Vergleich zu anderen Handlungsfeldern auf Grund der starken Abhängigkeit von ökosystemaren Dienstleistungen (unter anderem Niederschlag, Bodenfruchtbarkeit) und der Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen (unter anderem Schädlinge, Extremwetter) relativ hoch. Drittens ist die Aufgabenstellung des Klimaschutzes in diesen Handlungsfeldern bedeutsam (Wald als Kohlenstoffsenke, Anbau von Energiepflanzen) und daher Abstimmungsbedarf zwischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen und der Abwägung von Nutzungsinteressen begrenzter forst- und landwirtschaftlicher Nutzflächen zu erwarten.

Resultierend aus der kritischen Reflexion der Ausgangsthese und Ausgangsdaten des Vorbundprojekts wurde im Laufe des Forschungsprozesses das ursprüngliche Forschungsdesign des Teilprojekts PARG revidiert. Das geplante Forschungsvorhabens sollte sich auf Konflikte bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen konzentrieren. Diese Problemlage war jedoch in der Startphase des Forschungsverbundes 2008 in Nordhessen nicht existent, da die Wahrnehmung einer Klimavulnerabilität und eine regionale Klimapolitik nicht ausreichend ausgeprägt war. Das Teilprojekt PARG hat sich daher stärker auf die partizipative Erarbeitung von Handlungserfordernissen und Umsetzungspotentialen mit Praxispartner konzentriert und das Forschungsdesign auf eine Sensibilisierung für Klimaanpassungserfordernisse ausgerichtet. Auf dieser Basis wurden Erkenntnisse über aktuelle und potentielle Konflikte und Synergien abgeleitet.

6 Ergebnisse für eine Klimawandel-Governance in Nordhessen

Das Teilprojekt PARG startete mit der Forschungsthese – die auch ein zentrales Argument aller KLIMZUG-Verbünde war – dass durch eine Stärkung partizipativer Elemente in der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, auftretende Ziel- oder Interessenskonflikte zu überwinden oder zumindest zu entschärfen seien und die Akzeptanz von Einzelmaßnahmen erhöht würde. Diese Annahme eines positiven Kausalverhältnisses zwischen Governance und Akzeptanz musste im Forschungsprozess revidiert werden. Zum einen sind die Konfliktlinien bei der Prioritätensetzungen und der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen sehr unterschiedlich ausgeprägt und sie verlaufen nicht automatisch zwischen staatlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren, sondern teilweise innerhalb einzelner Akteursgruppen. Einzelne Konfliktlagen lassen sich angemessen durch eine top-down-Steuerung bearbeiten (Government), andere bedürfen einer kooperativen, informellen Gestaltung zwischen vielfältigen Akteuren (Netzwerk-Governance). Dabei ist zu beachten, dass Beteiligungsverfahren, die einer reinen Akzeptanzbeschaffung dienen, in der Regel nicht geeignet sind, um nachhaltige Problembearbeitungen und -lösungen zu realisieren. Die geeigneten Steuerungs- und Beteiligungsformen für eine nachhaltige Klimaanpassungspolitik in Nordhessen und im Mehrebenensystem sind bedingt durch vielfältige Faktoren, wie die zeitlichen und räumlich-administrativen Entscheidungshorizonte, die Akteurs-konstellation einzelner Handlungsfelder, lokale Partizipationserfahrungen, Schlüsselakteure der Klimaanpassung, Pfadabhängigkeit und Innovationsbereitschaft, regionale Entwicklungsdynamiken und dem Transfer wissenschaftlichen Wissens und Praxiswissens zur sektoralen und regionalen Klimaanpassungskapazität. Diese Faktoren werden im ersten Teil der Ergebnisse dargestellt. Im zweiten Teil werden Forschungserkenntnisse zu aktuellen Governance-Formen nordhessischer Klimaanpas-

sungspolitik auf regionaler Ebene und für ausgewählte Handlungsfelder zusammengefasst, sowie zu Innovationspotentialen und aktuellen wie potentiellen sektorübergreifenden Konfliktlagen und Synergien der Klimaanpassung.

6.1 Akzeptanz des Klimawandels und von Klimawandelmaßnahmen

Das Klimawandelbewusstsein und daraus folgend die Bereitschaft zur Kooperation sowie die Akzeptanz von Steuerungsmaßnahmen sind sektoral sehr unterschiedlich ausgeprägt. Das zeigt sich zum Beispiel im HandlungsfeldForstwirtschaft sehr deutlich. Waldexpertinnen und -experten schreiben der Klimaanpassung schon heute eine hohe Relevanz zu. Gerade für Nordhessen bedürfen Anpassungsmaßnahmen, wie waldbauliche Maßnahmen, einer breiten gesellschaftlichen Akzeptanz, da Waldgebiete intensiv für Naherholung und Tourismus genutzt werden.[25] Das Thema „Wald" wird in der Öffentlichkeit häufig sehr sensibel wahrgenommen. Durch die häufige Freizeitnutzung fühlen sich viele Menschen „ihren" Wäldern verbunden und reagieren teilweise sehr kritisch auf Veränderungen.[26] Die Akzeptanz für die Umsetzung forstwirtschaftlicher Maßnahmen ist bei Umweltschützern, Jägern und Naherholungssuchenden oft nicht gegeben.

Die Wälder der Mittelgebirgsregion Nordhessen werden als Multifunktionsraum genutzt. Hier treffen Nutzungsinteressen der Forstwirtinnen und Forstwirte, Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer auf die Nutzungsinteressen der Jägerinnen und Jäger, der Naherholungssuchenden und der *outdoor*-Sportlerinnen und -Sportler. Zusätzlich gehören große Teile des nordhessischen Waldes zu hochrangig geschützten Lebensraumtypen, die den Spielraum für Klimaanpassungsmaßnahmen einschränken. Im Handlungsfeld Forstwirtschaft wurde von den regionalen Expertinnen und Experten als zentrales Hemmnis für forstwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen die mangelnde Akzeptanz eines veränderten Waldbildes seitens der Bevölkerung thematisiert. Mit der Intensivierung von Waldbaumaßnahmen kann es zu Beeinträchtigungen der Naherholungsnutzung (zum Beispiel Absperrung der Neupflanzungsbereiche) und des idealisierten Waldbildes (zum Beispiel Einschalung von Jungpflanzen) kommen. Darüber hinaus werden Vorbehalte lokaler Naturschutzverbände gegen die Einführung nicht-heimischer Baumarten als forstliche Klimaanpassungsmaßnahmen erwartet.

Als Strategie zur Akzeptanzsteigerung der lokalen Bevölkerung wurde von Akteuren der Forstwirtschaft und Forstverwaltung eine verstärkte Informationsvermittlung über die notwendige Klimaanpassung der Wälder und der konkreten

25 Vgl. Steinmüller et al. 2009.
26 Zukünfte und Visionen Wald 2009: 10 f.

Maßnahmen über lokale Medien vorgeschlagen, um Veränderungen bei Anbau und Bewirtschaftung durch eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit transparent zu machen und proaktiv zu kommunizieren. Hierzu bedarf es einer engen Kooperation, insbesondere mit den lokalen und überregionalen Medien, die die Relevanz solcher Maßnahmen für die regionale Bevölkerung vermitteln können. Vor allem in ballungsraumnahen Wäldern, die intensiv als Naherholungsgebiete genutzt werden, wird eine Verstärkung der Öffentlichkeitsarbeit zur Akzeptanzsteigerung von Klimaanpassungsmaßnahmen von den beteiligten Akteuren als sehr wichtig eingeschätzt, auch um Konflikten oder Protesten entgegenzuwirken.

6.2 Partizipation relevanter Akteure regionaler Klimaanpassung

Gerade in Aushandlungsprozessen zur Zielformulierung von Anpassungsstrategien sind Beteiligungsverfahren notwendig (zum Beispiel Stakeholder-Dialoge, Zukunftswerkstätten, Expertenworkshops), die spezifisches Wissens und unterschiedliche Raumansprüche im weiteren Planungsprozess berücksichtigen.[27] Die Einbindung von nicht-staatlichen Akteuren in hoheitliche Entscheidungsprozesse kann dazu beitragen, Konflikte bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen zu vermeiden und damit die Gefahr langwieriger sowie kostenintensiver Auseinandersetzungen zu reduzieren. Das gilt im besonderen Maße für große Infrastrukturprojekte und Flächenumnutzungen, die oft zivilgesellschaftlichen Protest hervorrufen. Im Planungsrecht verankerte institutionelle Beteiligungsverfahren greifen erst in einer späten Planungsphase und diese sind nur für Einzelmaßnahmen vorgesehen. Eine Beteiligung an langfristigen, entwicklungsstrategischen Fragen ist in formellen Beteiligungsprozessen nur mit Trägern öffentlicher Belange (zum Beispiel Umweltverbänden) vorgesehen. Da Anpassungsmaßnahmen langfristige Zeithorizonte und Gemeinwohlinteressen berühren, wäre eine formelle und informelle Einbindung weiterer zivilgesellschaftlicher Organisationen notwendig.[28]

Das Angebot zur Beteiligung durch staatliche Akteure führt jedoch weder automatisch noch zwangsläufig zu mehr Beteiligung oder besseren Entscheidungen. Beteiligung an politischen Prozessen findet in machtdurchdrungenen gesellschaftlichen Räumen statt, in denen Ein- und Ausschlussmechanismen wirksam sind. Bei der Frage nach den Initiatorinnen und Initiatoren von Partizipationsprozessen müssen immer auch demokratietheoretische Fragen nach den Perspektiven von Beteiligung gestellt werden: Wird eine instrumentelle Perspektive verfolgt, um politische und marktwirtschaftliche Maßnahmen zu rechtfertigten? Oder wird ei-

[27] Beck et al. 2011: 61 ff.; vgl. Gaggermeier et al. 2009.
[28] Walk 2008; Knierim et al. 2013.

ne repräsentative Perspektive genutzt, die verschiedene soziale Gruppen an den Verhandlungstisch holt? Oder steht eine emanzipatorische Perspektive im Vordergrund, die soziales Lernen und den Erwerb demokratischer Kompetenzen und die Befähigung zur Gestaltung von Aushandlungsprozessen in den Vordergrund stellt?[29]

Werden Beteiligungsprozesse von staatlichen Akteuren initiiert, bestimmen diese den Einfluss und die Mitgestaltungsmöglichkeiten an Entscheidungsprozessen durch zivilgesellschaftliche Akteure. Die Bandbreite der Partizipationsformen reicht dabei von informationeller Beteiligung (zum Beispiel Informationsveranstaltung zu Anpassungserfordernissen oder Planauslegung zu Anpassungsmaßnahmen) bis zur Beteiligung an politischen Entscheidungsgremien. Für eine nachhaltige Klimapolitik auf kommunaler Ebene ist eine Option zur politischen Mitgestaltung notwendig, das heißt den beteiligten zivilgesellschaftlichen Akteuren muss bereits bei der Problemdefinition des Klimawandels eine Mitsprache ermöglicht werden. Die Breite der zu beteiligenden Akteursgruppen und die entsprechende Gestaltung des Beteiligungsprozesses sind abhängig von den jeweiligen Konflikt- und Synergiepotentialen. Nach Aussage regionaler Expertinnen und Experten und aus Erfahrung mit ähnlichen partizipativen Verfahren ist davon auszugehen, dass Transaktionskosten der Beteiligung gerade für nicht-institutionalisierte Akteure hoch sind. Dieser Faktor spielt für die Klimawandelproblematik eine besondere Rolle, da die Relevanz des Themas für die Region umstritten ist, die damit verbundenen Risiken unklar und die Erwartung positiver (monetärer) Effekte gering ausfällt.

Der Blick auf die Erfahrungen mit Beteiligungsverfahren im Rahmen von Lokale Agenda 21-Prozessen lässt den Schluss ziehen, dass keine langfristige Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure möglich ist, wenn potentielle Konfliktthemen ausgespart werden und staatliche Akteure die Ergebnisse des Partizipationsprozesses nur optional berücksichtigen, ohne deren Ablehnung zu begründen. Partizipationsprozesse führen nicht automatisch zu mehr Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen solange der Partizipationsprozess selbst von den relevanten Akteuren nicht akzeptiert wird. Die Erfahrungen des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen zeigen, dass offensichtlich konkrete, kleinräumig definierte Problemstellungen des Klimawandels zu einer breiteren Beteiligungsbereitschaft führen Ein Beispiel für eine innovative Klimawandel-Governance auf lokaler Ebene ist das Hitzepräventionsnetzwerk im Kasseler Stadtteil Vorderer Westen. Das Netzwerk wurde durch eine staatliche Institution initiiert, das Gesundheitsamt Kassel, das

[29] Vgl. Walk 2008.

die Maßnahme im Rahmen eines Teilprojektes des nordhessischen Verbundprojekts anleitete. Am Netzwerk war das gesamte Akteursspektrum aus Politik und Verwaltung, Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Medien beteiligt und es wurde getragen von Einzelpersonen mit hoher Kontinuität der Beteiligung.

Governance wurde in Nordhessen sowohl als Mittel der Umsetzung von Klimaanpassung wie als Zweck erhöhter Klimaanpassungskapazität verstanden. Dabei besteht die inhaltliche Herausforderung für die aktuelle Phase des Forschungsverbundes weiterhin in der Problemdefinition regionaler Anpassungserfordernisse. Die prozessuale Herausforderung der Vernetzung besteht in einer Erweiterung der Akteurskonstellationen innerhalb bestehender Steuerungsgremien. Im Rahmen dieser Aufgabenstellungen hat das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen eine stark koordinierende, initiierende und umsetzungsbegleitende Rolle übernommen. Die Startphase des regionalen Wissenschaft-Praxis-Dialogs war stärker als erwartet von der Mobilisierung relevanter Akteure und der Sensibilisierung für die Klimawandelproblematik in Nordhessen geprägt.

6.3 Bedeutung regionaler Entwicklungstrends für potentielle Klimaanpassungsmaßnahmen

Auch wenn (regionale) Klimaanpassungspolitik mit unsicherem Wissen umgehen muss, besteht über einen Punkt Klarheit: es ist nötig, langfristige Strategien im Umgang mit dem Klimawandel zu entwickeln, die sozial-ökologische Wechselwirkungen berücksichtigen. Denn parallel zu klimatischen Bedingungen werden sich langfristig auch gesellschaftliche Faktoren verändern. Insbesondere Anzahl und Alter der Bevölkerung, wirtschaftliche und technologische Entwicklung und Konsumpräferenzen werden einen starken Einfluss auf potentielle Anpassungserfordernisse und -maßnahmen haben. Die vom Teilprojekt PARG abgeleiteten Szenarien waren ein geeignetes Instrument, um den Kommunikationsprozess zwischen regionalen Expertinnen und Experten in Gang zu setzen und einen Blick auf mögliche sozialökologische Zukünfte zu werfen. Die Szenarien dienten dazu präferierte Anpassungsstrategien und einzelne Maßnahmen vor dem Hintergrund unterschiedlicher Entwicklungswege zu überprüfen.

Regionale Expertinnen und Experten haben in den allen Szenarien-Workshops der mittelfristigen Dynamik des demographischen Wandels und der Energiewende eine zentrale Bedeutung für die Auswahl nachhaltiger Klimaanpassungsmaßnahmen eingeräumt. Auch wenn mit der Energiewende primär Ziele des Klimaschutzes verbunden sind, haben in den Wissenschaft-Praxis-Dialogen die regionalen Effekte der dezentralen Energiewende eine große Rolle gespielt. Nordhessen ist eine noch junge Energiewenderegion. Auf Grund der technologischen Fortentwicklung insbesondere von Windkraft- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen ist

deren Ausbau auch in Mittelgebirgsregionen energetisch sinnvoll und auf Grund des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes rentabel geworden. Gerade in strukturschwachen Landkreisen und Gemeinden sind immer mehr Kommunalpolitikerinnen und -politiker bereit, dezentrale Energieanlagen durch entsprechende Flächenausweisungen zu befördern. Nordhessen gehört außerdem zu den Regionen Deutschlands mit starker Bevölkerungsdynamik, sowohl bezüglich des Rückgangs der Bevölkerungszahl, wie auch der Zunahme des Anteils alter Menschen. Die Region ist mit Ausnahme des Verdichtungsraumes Kassel sowie einiger Mittelzentren überwiegend durch Gemeinden mit geringer Bevölkerungsdichte gekennzeichnet und aktuell von Schrumpfungsprozessen betroffen, die in den nächsten zwanzig Jahren teilweise extrem zunehmen werden. Für den Werra-Meißner-Kreis ist ein Bevölkerungsrückgang bis über 20% zwischen 2009 und 2030 prognostiziert.[30] Diese Tendenzen der Regionalentwicklung machen zum einem für die nächsten Jahrzehnte einen Umbau der Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur notwendig, die für mittel- und langfristige Anpassungsmaßnahmen eingeplant werden müssen und können zum anderen die Problematik des Klimawandels verstärken (zum Beispiel die Risiken für Energieanlagen bei Extremwetterereignissen), aber auch Anpassungsnotwendigkeiten verringern (zum Beispiel verringerte Hochwasserrisiken in entsiedelten Räumen).

6.4 Praxiswissen und wissenschaftliches Wissen im Umgang mit regionalem Klimawandel

Um die komplexen Folgen des Klimawandels und deren Wechselwirkungen mit sozial-ökologischen Prozessen verstehen und bewerten zu können, ist es erforderlich, unterschiedliche Wissensträger miteinander in Kontakt zu bringen, die nicht nur über unterschiedliche Wissensbestände, sondern auch unterschiedliche Wissensformen verfügen, wie Erfahrungswissen, Praxiswissen, Alltagswissen, wissenschaftliches Wissen, Fachwissen. Neben der Berücksichtigung verfügbaren naturwissenschaftlichen Klimawandelwissens sind für eine regionale Anpassungsstrategie die unterschiedlichen Interpretationen des Klimawandels im jeweiligen Kontext zu berücksichtigen, die gleichermaßen Grundlage für Bewertungs- und Entscheidungsprozesse von Akteuren sind.

Wissenschaftliche Erkenntnisse im Zusammenhang des globalen und regionalen Klimawandels sind dynamische und komplexe Wissensbestände, die keine abschließenden Bewertungen und somit keine „sichere“ Entscheidungsgrundlage ermöglichen. Vorliegende regionale Prognosen können nur eingeschränkt auf lo-

[30] Hessenagentur 2010: 68.

kale Situationen übertragen werden. So ist zum Beispiel die Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels für die Handlungsfelder Forst- und Landwirtschaft abhängig von lokalen Landschaftsformen wie der Höhenlagen und Handexpositionen, die lokal stark variieren. Dazu kommt ein unsicheres Wissen über andere regionale Entwicklungsdynamiken wie den mittel- und langfristigen Folgen des demographischen Wandels.

In der Anfangsphase der transdisziplinären Arbeit im Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen hat die unklare Erwartungshaltung zwischen Projektbeteiligten und Praxispartnerinnen und -partnern zu Kommunikationsproblemen geführt, die die Durchführung des Forschungsvorhabens stark beeinflussten. Die Praxispartnerinnen und -partner erwarteten von der politikwissenschaftlichen Klimaforschung sowohl die Bereitstellung von Fachwissen über die Folgen des Klimawandels wie über die Lösung der damit verbundenen Probleme. Diese Anforderungen konnten zum aktuellen Stand der Klimaforschung nicht erfüllt werden. Das Teilprojekt PARG versuchte unter anderem durch Sondierungsworkshops mit regionalen Expertinnen und Experten der ausgewählten Handlungsfelder diese Wissenslücke gemeinsam zu schließen. Dieses Vorgehen hat gezeigt, dass vorhandene Anpassungskapazitäten und regionale Umsetzungsprobleme in transdisziplinärer Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis erfasst und bewertet werden können. Die Integration verschiedener Wissensformen hat sich als zentrales Kriterien für eine erfolgreiche transdisziplinäre Forschung bestätigt[31] und in besonderem Maße für die konkrete Problemdefinition des regionalen Klimawandels und noch mehr bei der Einschätzung gangbarer Lösungsstrategien gezeigt.

Nicht alle relevanten Praxispartnerinnen und -partner konnten mit dem partizipativ angelegten Forschungsprozess erreicht und beteiligt werden. Institutionelle regionale Expertinnen und Experten der Handlungsfelder Land- und Forstwirtschaft haben die Bedeutung des Wissenstransfers in der Aus- und Weiterbildung und Beratung von Forst- und Landwirtinnen und -wirten betont. Besonders Forst- und Landwirtinnen und -wirte mit Klein- und Nebenerwerbsbetrieben seien allein auf diesem Wege zu erreichen, da eine eigenmotivierte Informationsbeschaffung zu Fragen der Klimaanpassung von diesen Akteuren auf Grund ihrer sehr beschränkten Zeitressourcen kaum zu erwarten ist.

6.5 Sektorale Zeit- und Raumskalen der Klimaanpassung

Werden die sektoralen Erkenntnisse zu den Rahmenbedingungen der Klimaanpassung in Bezug gesetzt, zeigt sich, dass Klimavulnerabilität, Planungshorizonte

[31] Vgl. Jahn et al. 2012.

für Anpassungsmaßnahmen und Anpassungskapazität in den Handlungsfeldern der Modellregion Nordhessen sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. So werden zum Beispiel für die Verkehrsinfrastruktur sehr viel langfristigere und großräumigere Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt als für die Landwirtschaft. Die Handlungsfelder Landwirtschaft, Gesundheit, Mobilität, Energieversorgung, Tourismus, Forstwirtschaft, Wassernutzung sind sehr unterschiedlich verwundbar durch den Klimawandel und die Akteure in unterschiedlichem Maße klimaanpassungsbewusst. Dies hat für die Entwicklung einer integrativen Klimaanpassungsstrategie zur Folge, dass handlungsfeldspezifische Zeit- und Raumskalen zu berücksichtigen sind und die beteiligten Akteure in handlungsfeldübergreifenden Netzwerken eine Klimaanpassung unterschiedlicher Geschwindigkeiten und Raumzuschnitte vertreten.[32]

Unternehmen des Tourismussektors der Mittelgebirgsregion Nordhessen (zum Beispiel Hotel- und Gaststättengewerbe, Kurbetriebe, Skilifte) konzentrieren ihre Investitionsentscheidungen zum Beispiel auf lokale Maßnahmen mit zeitnahen Anpassungseffekten, da Investitionsmittel und personelle Ressourcen in den überwiegend kleinen und mittleren Unternehmen sehr begrenzt sind. Es dominiert ein stark reaktives, abwartendes Klimaanpassungsverhalten. Im Bereich Landwirtschaft werden hingegen die Auswirkungen des Klimawandels (zum Beispiel Trockenstress in der Vegetationsperiode) schon heute berücksichtigt und eine adaptive Anpassungsstrategie umgesetzt. Sowohl für den Bereich Tourismus wie Landwirtschaft ist der Generationenwechsel ein Kriterium für primär kurzfristige Anpassungsmaßnahmen, vor allem wenn Familienbetriebe nicht fortgeführt und deshalb mittelfristige Investitionen reduziert werden.

Dahingegen zielt die Anpassung der Infrastruktur im Handlungsfeld Energie auf eine regionale Versorgungssicherheit im Rahmen mittel- bis langfristiger Planungshorizonte für Energienetze und Energieanlagen. Für die Handlungsfelder Siedlungsstruktur und Forstwirtschaft sind ebenfalls langfristige, umfangreiche Investitionsentscheidungen zu treffen. Für diese Handlungsfelder sind primär die Kommunen, Waldbesitzer und auf Grund des hohen Anteils an Staatsforsten in Nordhessen die Landesverwaltung die zentralen Entscheidungsträger.

32 Bauriedl 2011b: 180.

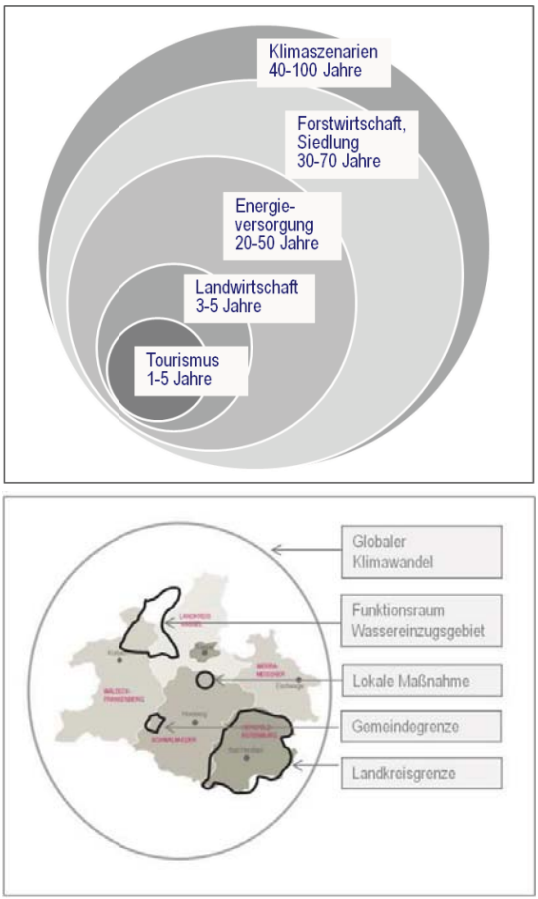


Abbildung 2: Zeitskalen und Raumzuschnitte regionaler Klimaanpassung

Klimaanpassung wird in den einzelnen Handlungsfeldern für unterschiedliche Zeitskalen und Raumskalen thematisiert. Das betrifft nicht nur räumliche Maßstabsebenen, sondern auch unterschiedliche räumliche Abgrenzungen, die funktional oder territorial-administrativ verlaufen können. Dies kann zur Problematik führen, dass ökologische Effekte des Klimawandels kommunale Grenzen überschreiten, aber nur innerhalb dieser Grenzen problematisiert und bearbeitet werden. Dieser Aspekt ist für den Hochwasserschutz größerer Flusseinzugsgebiete aber auch die Handlungsfelder Verkehrs- und Siedlungsinfrastruktur besonders relevant, die von kommunalen Akteuren gestaltet werden, die innerhalb administ-

rativer Grenzen agieren. Für diese Handlungsfelder sind transkommunale Kooperationen für eine nachhaltige Problembearbeitung essentiell. Für die Bereiche Tourismus und Landwirtschaft stehen hingegen kleinräumige Anpassungsmaßnahmen wie zum Beispiel eine klimaangepasste Bodenbewirtschaftung und Pflanzenwahl im Vordergrund, die auf Gemeindeebene abgestimmt werden können.

Der Forschungsverbund KLIMZUG-Nordhessen versuchte den Stellenwert einer räumlich, zeitlich und sektoral integrierten Klimaanpassungspolitik zu betonen, in dem u.a. die Querschnittperspektive der Regionalplanung und transdisziplinäre Vernetzungsaktivitäten gestärkt werden.

6.6 Synergien und Konflikte der Klimaanpassung

Bei der Suche nach geeigneten Klimaanpassungsmaßnahmen eines Sektors oder einer Region müssen Wirkungszusammenhänge verschiedener Einzelmaßnahmen berücksichtigt werden. Klimaanpassungsmaßnahmen können untereinander oder mit Maßnahmen anderer Entwicklungsziele mit Umsetzungskonflikten verbunden sein, die es frühzeitig zu erkennen und zu verhindern gilt. Aufgabe einer nachhaltigen Entwicklung ist es, Synergien zwischen unterschiedlichen Zielen und Handlungsfeldern zu befördern. Hierfür ist eine handlungsfeldübergreifende Koordination notwendig.[33] Aufgabe des Teilprojektes PARG war es, durch einen Vergleich unterschiedlicher Konfliktfelder und unterschiedlicher Strategien einer Klimawandel-Governance (proaktiv versus reaktiv; konsensuell/kooperativ versus konflikthaft/konfrontativ) eine Gesamtsicht auf die Konfliktdynamik der Region zu entwerfen. Diese Aufgabe konnte für aktuelle Konfliktfelder nur im begrenzten Maße durchgeführt werden, da in der Anfangsphase des Verbundprojektes auf sektoraler und regionaler Ebene ein Klimawandelbewusstsein nur schwach ausgeprägt und daher kaum handlungsleitend war. Erste Umsetzungskonflikte konnten erst in der Schlussphase für lokale Anpassungsmaßnahmen beobachtet werden. Als Ansatzpunkt für die Regionalstudie Nordhessen fasst die Tabelle 1 die unterschiedlichen Ausprägungen von Problemwahrnehmung, Klimaanpassung sowie aktuelle Konfliktlinien und Synergiepotentiale der Handlungsfelder zusammen, die im Rahmen mehrjähriger Wissenschaft/Praxis-Dialoge untersucht wurden.

[33] Görg et al. 2009a, b; Görg 2010a: 125.

	Energiewirtschaft	**Forstwirtschaft**	**Landwirtschaft**
Problem-wahrneh-mung	*niedrig*: steigt nach Schadensereignis	*hoch*: laufendes Waldmonitoring, Sensibilität für langfristige Risiken	*dispers*: ungleiche Wahrnehmung bei Klein- und Großbetrieben
Anpassungs-kapazität	großer Investitionsspielraum, gute ökonomische Potentiale und Flexibilität der Energieversorger	differenziertes Praxiswissen über Klimavulnerabilität des Baumbestandes, hohes Nachhaltigkeitswissen Intensive institutionelle Kooperation großer Investitionsspielraum (Großbetriebe)	Erfahrungswissen im Umgang mit Klimavariabilität, geringer Investitionsspielraum (Kleinbetriebe)
Anpassungs-strategie	reaktive Anpassung nach Schadensfällen (Infrastrukturreparatur)	präventive Anpassung an aktuellen und prognostizierten lokalen und regionalen Klimawandel	kurzfristig reaktive Anpassung an lokale Umweltbedingungen (verschobene Saat- und Erntezeiten)
Konflikte	zunehmende Klimavulnerabilität durch dezentrale Energiewende (klimasensible Biomasse-Monokultur und sturmsensible Energieanlagen)	klimaangepasster Waldumbau versus Naturschutzrichtlinien Waldumbau versus regionale Identifikation mit traditionellem Waldbild Waldverjüngung versus Freizeitnutzung (Absperrung von Forstbereichen)	disperse Anpassungsmotive auf Grund des breiten Spektrums an Betriebstypen und Handlungsfähigkeiten
Synergien von Klima-anpassung und Klima-schutz	globale Emissionsreduktion durch dezentrale regenerative Energieproduktion als präventive Klimaanpassungsmaßnahme	Senkenfunktion von Mischwäldern als Kohlenstoffspeicher Stabilisierung von Ökosystemen	Günland in Flussauen als Hochwasserschutzbereiche und Agrarflächen für Energiepflanzenanbau

Tab 1: Integrative Betrachtung sektoraler Potentiale der Klimaanpassung in Nordhessen

Die Tabelle fasst handlungsfeldbezogene Ergebnisse der Wissenschaft/Praxis-Dialoge zusammen, die das Teilprojekt im Rahmen von sieben Workshops zwischen 2010 und 2013 durchgeführt hat. Ziel der Dialoge war es, aktuelle und potentielle Konflikte und Synergien von Klimaanpassungsmaßnahmen innerhalb und zwischen den Handlungsfeldern zu identifizieren. Für das Handlungsfeld Energiewirtschaft stehen die Ziele des Klimaschutzes teilweise in Konkurrenz zu

Anpassungszielen. Es ist mit einer quantitativ zunehmenden Klimavulnerabilität der Energiewirtschaft zu rechnen, da in Nordhessen mit der kommunalen Förderung dezentraler Energieproduktion der Anteil der Biomasseproduktion in Monokultur (Trockenstressrisiko) zunehmen wird und zahlreiche neue Standorte für Photovoltaik-Freiflächenanlagen und Windkraftanlagen (Extremwetterrisiken) geplant sind. Es sind allerdings auch Synergien zwischen Klimaschutz- und Anpassungszielen zu erwarten. Durch den Ausbau einer regenerativen Energieproduktion in der Region wird auch ein Beitrag für einen gebremsten Klimawandel im globalen Maßstab geleistet und damit zur verringerten Notwendigkeit der Klimaanpassung.

Das Handlungsfeld Forstwirtschaft ist in hohem Maße auf Klimaanpassungserfordernisse eingestellt und verfügt über hohe Klimaanpassungskapazität. Durch die hohe Problemwahrnehmung und weitreichende Auseinandersetzung mit forstwirtschaftlich geeigneten Klimaanpassungsmaßnahmen in diesem Handlungsfeld sind auch die Konfliktfelder der Umsetzung aktuell am deutlichsten sichtbar. Die Intensivierung der Kaskadennutzung, der Mischanbau von Baumarten und Altersklassen, die Auflockerung von Waldbeständen und die Verkürzung von Produktionszeiträumen werden von Forstexpertinnen und -experten als geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen für eine nachhaltige Waldnutzung betrachtet. Diese müssen mit Naturschutzrichtlinien der EU und des Landes abgestimmt werden. Die Umgestaltung eines Waldes wird stets von Naherholungsnutzerinnen und -nutzern wahrgenommen. In Nordhessen ist die Vorstellung eines mittelgebirgstypischen Waldbildes besonders ausgeprägt und ein wesentliches Merkmal für die regionale Identität der Bevölkerung. Ein sichtbarer Umbau der Baumarten und eine Generationenmischung muss nach Meinung der Forstexpertinnen und -experten in der Öffentlichkeit vermittelt werden, um für die Akzeptanz dieser notwendigen Anpassungsmaßnahme zu werben. Die Verjüngung des Baubestandes macht den Schutz der Jungpflanzen vor Wildverbiss notwendig, der durch Ummantelung der Pflanzen, großflächige Absperrungen oder die Dezimierung des Wildbestandes erreicht werden kann. Die Reduktion des Wildbestandes trifft dabei auf konkurrierende Interessen der Jagdpächter. Eine Absperrung von Forstflächen gegen Verbiss ist nur kleinflächig möglich und steht in Konkurrenz mit Nutzungsansprüchen der Naherholung. Synergien zwischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsanforderungen können durch einen Waldumbau verstärkt werden, wenn die Senkenfunktion (Kohlenstoffbindung) des Waldbestandes erhöht wird.

Akteure des Handlungsfeldes Landwirtschaft reagieren in sehr unterschiedlicher Weise auf Anpassungsnotwendigkeiten. Nordhessen ist stark geprägt von Klein-

und Nebenerwerbsbetrieben (zwei Drittel der landwirtschaftlichen Betriebe), die nur über geringe Anpassungskapazität in Form von finanziellen Ressourcen verfügen. Entsprechend sind die Anpassungsmotive und aktuellen Anpassungsmaßnahmen sehr vielfältig. Für die Mehrheit der Betriebe stehen nach Aussage regionaler Landwirtschaftsexpertinnen und -experten kurzfristige Ertragsziele im Vordergrund und können damit im Widerspruch stehen mit langfristiger, adaptiver Anpassung. Synergiepotentiale zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung werden von Agrarexpertinnen und -experten unter anderem für den Überschwemmungsbereich von Fließgewässern gesehen, wenn hier die Grünlandnutzung für Energiepflanzen ausgeweitet wird und gleichzeitig positive Effekte bei der Verringerung von Bodenerosion erzielt werden.

Zu intersektoralen Konfliktfeldern der Klimaanpassung der drei untersuchten Handlungsfelder sind zum bisherigen Stand der Umsetzung keine fundierten Ergebnisse möglich. Zu erwarten sind durch den Ausbau dezentraler Energieanlagen in Nordhessen Flächennutzungskonkurrenzen, einerseits bei Biomasseanbau gegenüber dem Anbau von Nahrungsmitteln und anderseits bei der Suche nach Windkraftstandorten auf den bewaldeten Höhenzügen. Um Flächenkonkurrenzen zu vermeiden, ist die Suche und Erprobung von Mehrfachnutzungen besonders relevant. Diese sind im Forstbereich schon heute zahlreich zu finden. Waldflächen werden gleichzeitig für den Anbau von Bau- und Energieholz, für die Naherholung und als Standort für Windkraftanlagen genutzt. Außerdem erfüllen sie Funktionen der Biodiversitätsbewahrung, als Frischluftbahn, als Senken für Kohlenstoffemissionen und sie prägen die regionale Identität und das Landschaftsbild. Diese multifunktionalen Nutzungen werden in Nordhessen durch die ausgeprägt Kooperation der Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger und den hohen Anteil von Großwaldbesitzerinnen und -besitzer und staatlichen Forsten in kooperativen Strukturen geregelt.

Die Identifikation und Abstimmung sektorübergreifender Konflikte und Synergien steht in Nordhessen bisher noch am Anfang. Die Konzentration auf handlungsfeldinterne Herausforderungen und Problemlösungen lässt sich auch in anderen Modellregionen und für die Landes- und Bundesebene beobachten. Eine grundsätzliche Debatte über eine nachhaltige, integrierte Klimaanpassung wird aktuell bisher weder in der Praxis, noch auf theoretisch-konzeptioneller oder politischer Ebene angemessen geführt.[34] Die Verbindung einer sektoralen und sektorenübergreifenden Perspektive ist nicht trivial und eine Abschätzung potentieller Konflikte und Synergien von Anpassungsmaßnahmen schon aus methodischen Gründen nicht einfach, da sie eine komplexe Betrachtung politischer Definitions-

[34] Vgl. Beermann et al. 2012.

und Priorisierungsprozesse erfordert, die mit wissenschaftlichen Abschätzungen korreliert werden müssen.[35]

6.7 Netzwerk-Governance neben anderen Governance-Formen

Durch die Komplexität und Dynamik der Klimawandelproblematik erhöht sich der Koordinierungsbedarf zwischen staatlichen und privaten Akteuren, um Gemeinwohlbelange nachhaltig sichern zu können. Die Notwendigkeit der Zusammenarbeit erhöht sich außerdem interkommunal und bezüglich einer Abstimmung der Sach- und Fachkompetenzen zwischen Bund, Ländern und Kommunen. Die durchgeführten Workshops haben gezeigt, dass in Nordhessen an der Aushandlung geeigneter Klimaanpassungsmaßnahmen sowohl staatliche wie nichtstaatliche Akteure verschiedener Governance-Ebenen beteiligt sind, die im Rahmen des Wissenschaft/Praxis-Dialogs eine große Offenheit für den Austausch von Wissen und Erfahrungen im Umgang mit den regionalen und sektoralen Herausforderungen des Klimawandels gezeigt haben.

Im Rahmen der vom Teilprojekt PARG durchgeführten Workshops mit regionalen Praxispartnerinnen und -partnern wurden Formen der regionalen Selbststeuerung in Reaktion auf Defizite sowie als Ergänzung einer marktförmigen oder staatlichen Steuerung implizit diskutiert. Die an den Szenarien-Workshops beteiligten regionalen Expertinnen und Experten bezweifelten, dass sich weder eine starke staatliche Regulation noch eine dereguliert marktförmige Steuerung perspektivisch durchsetzt. Sie halten hingegen das Zusammenspiel staatlicher, kommunaler und privatwirtschaftlicher Akteure für geeignet, um Klimawandelprobleme zu bearbeiten („intermediäre Steuerungsform"). Dennoch wurden keine innovativen Formen regionaler Netzwerk-Governance thematisiert, die intermediäre Interaktionsformen erleichtern könnten, noch wurden bestehende Steuerungsstrukturen kritisiert. Das heißt, nordhessische Entscheidungsträger gehen davon aus, dass die Herausforderungen des Klimawandels als Querschnittsthema mit etablierten Regulations- und Regierungsformen bearbeitbar ist.

Das Teilprojekt PARG hat die Kooperationsmodi für ausgewählte Handlungsfelder der Klimaanpassung in Nordhessen untersucht und in der Praxis einen Mix unterschiedlicher Governance-Formen vorgefunden. Es hat sich gezeigt, dass Klimaanpassungsentscheidungen in multiplen, sich überlagernden Verhandlungssystemen stattfinden (Netzwerk, Wettbewerb, Hierarchie). Abbildung 3 fasst die Koordinationsmodi der untersuchten Handlungsfelder zusammen und ordnet sie Governance-Typen zu. Auf Basis des aktuellen Forschungsstandes zu Gover-

[35] Vgl. Beck et al. 2010.

nance-Innovationen in Nordhessen sind außerdem Erweiterungspotentiale der Handlungsfelder des aktuellen Governance-Typs angedeutet (hellgrau markiert).

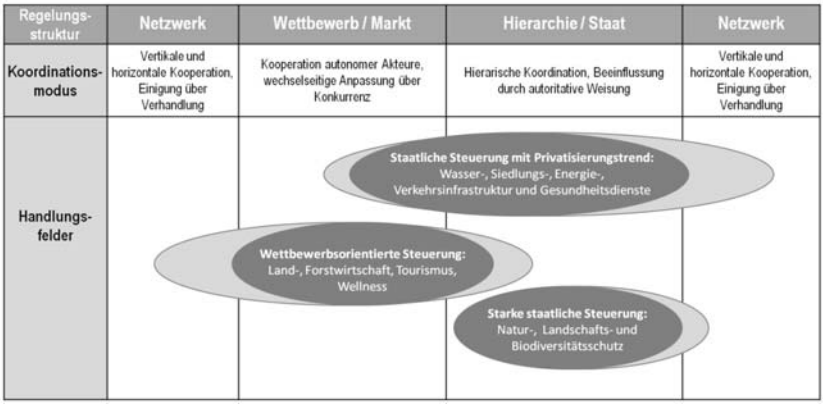


Abbildung 3: Sektorale Governance-Typen und deren Innovationspotentiale für die Modellregion Nordhessen

Die von Entscheidungen wirtschaftlicher Akteure bestimmten Handlungsfelder (Land- und Forstwirtschaft, Tourismus) sind durch einen stark wettbewerbsorientierten Governance-Typ geprägt, der auf wechselseitiger Anpassung über Konkurrenz basiert. Handlungsfelder die Umweltschutzbelange betreffen, sind in stark hierarchische Steuerung mit ausgeprägt vertikaler Koordination eingebunden und zeigen auf Grund formaler Steuerungsinstrumente wenige Erweiterungspotentiale für eine Netzwerk-Governance. Handlungsfelder der Infrastrukturversorgung liegen primär in der Verantwortung staatlicher Akteure und stellen eine hoheitliche Aufgabe dar. In diesen Bereichen ist sowohl der Trend einer Erweiterung hin zu marktförmiger Steuerung (*private-public-partnerships* der Energie- und Verkehrsinfrastruktur und Gesundheitsvorsorge) wie auch zu einer Netzwerkorientierung (Engagement sozialer Bewegungen) zu erkennen. Kein Handlungsfeld wird primär durch Netzwerk-Governance gestaltet. Für alle Handlungsfelder sind jedoch Erweiterungen hin zu diesem Governance-Typ zu beobachten. Das heißt, regionale Klimawandel-Governance wird mit aber nicht ausschließlich in intermediären Netzwerken durchgeführt.

Die Analyse sektoraler Governance-Formen in Nordhessen lässt den Schluss zu, dass Klimawandel-Governance in Form einer stark ausgeprägten Netzwerkkoordination nicht die ideale Lösungsstrategie für alle Handlungsfelder sein muss. Die Gestaltung von Klimaanpassung erfordert vielmehr unterschiedlich ausgeprägte Governance-Strukturen, die sowohl die Potentiale hierarchisch strukturierter wie auch netzwerkdominierter Governance nutzen. Mittelfristig ist abzuwägen, wel-

che Governance-Formation jeweils zur Zielerreichung geeignet ist. Es gibt jedoch nicht *die* regionale Governance, sondern unterschiedliche Governance-Typen mit verschiedenen institutionellen Regelungsstrukturen, die sich hinsichtlich ihrer Koordinationsformen (Verhandlung, Wettbewerb oder autoritative Weisung) unterscheiden.

Governance, die sich durch horizontale Interaktionsformen des Argumentierens und Verhandelns auszeichnet und sich im Idealfall in selbst-organisierten Netzwerken mit selbstgewählten Regelsystemen zeigt,[36] scheint nur im Rahmen existierender Regierungsformen und Hierarchien möglich. Die institutionellen Rahmenbedingungen der Kommunalverwaltung, existierender Gremienstrukturen und Zeitressourcen der beteiligten Akteure in Nordhessen erweisen sich als relativ starre Vernetzungsfaktoren. Hierarchie und Netzwerk müssen jedoch nicht kontraproduktiv sein, sondern können konstruktiv zusammenwirken (Selbstkoordination im Schatten der Hierarchie), genauso können Wettbewerb und Netzwerk sich ergänzen (Selbstkoordination durch Wettbewerbsmechanismen). Für die Klimaanpassungspolitik in Nordhessen hat sich gezeigt, dass der „Schatten" hierarischer Steuerung nicht grundsätzlich restriktiv wirkt, sondern auch einen Möglichkeitsrahmen schafft innerhalb derer sich erweiterte Governance-Formen etablieren können.[37]

Für die Laufzeit des Verbundprojekts ist zu beobachten, dass formelle Planungswerkzeuge (Raumordnungs- und Bauleitpläne, Landschaftspläne, Flächennutzungspläne, Fachplanung, Gesetze, Programme, Umweltverträglichkeitsprüfung) sowie informelle Instrumente einer Klimawandel-Governance (Informationsveranstaltungen, Beratung, Dialog staatlicher und nicht-staatlicher Akteure, Regionalmanagement, Entwicklungsszenarien, Risikokarten, Klimaanpassungsbeauftragte, Umweltmonitoring-Gemeinschaften) genutzt wurden. Ökonomische Instrumente (Abgaben, Steuern oder Subventionen), die ihre Steuerungswirkung über Anreize und Wettbewerb erzielen sollen, wurden bisher nicht eingesetzt. Lediglich das Instrument der Zertifizierung von Dienstleistungen wurde im Bereich klimaangepasster Altenpflege genutzt.

6.8 Aktuelle und potentielle Governance-Innovation

Die Netzwerkstrukturen und Kooperationsbeziehungen zwischen nordhessischen Gebietskörperschaften, Verbänden, Unternehmen und Forschungseinrichtungen haben sich in den letzten Jahren vielfältig entwickelt. Dennoch ist festzustellen,

[36] Vgl. Scharpf 2000.
[37] Scharpf 2000: 90 ff.

dass sich – resultierend aus den oben dargestellten sektoral sehr unterschiedlichen Planungshorizonten, Akteurskonstellationen und Anpassungserfordernisse in Nordhessen – innovative Governance-Formen auf regionaler Ebene nur in geringerem Maße herausgebildet haben.

Dies ist unter anderem in der Einbettung der nordhessischen Regionalentwicklungsdebatte im Klimaanpassungsdiskurs zu erklären. Im Vordergrund von Anpassungsaktivitäten steht das Interesse, die Widerstandsfähigkeit etablierter Produktions- und Konsumformen zu erhalten oder zu verbessern. Das heißt, der Begriff „Anpassung" an sich verweist weniger auf progressive Handlungsschritte als auf die Stabilisierung etablierter, sozialer und ökonomischer Strukturen.[38] Die Innovation etablierter Steuerungsinstitutionen zielt also nicht auf radikale sozialökologische Transformationen sondern den Erhalt des Status Quo unter Klimawandelbedingungen.

Im Rahmen der durchgeführten Sondierungs- und Szenarien-Workshops gingen die beteiligten regionalen Expertinnen und Experten von einer ausgeprägten Pfadabhängigkeit der untersuchten Handlungsfelder aus. Es wurden kaum kreative Vorstellungen für potentielle Wege einer nachhaltigen, klimaangepassten Regionalentwicklung thematisiert. Alternative Handlungsmöglichkeiten, die vom Teilprojekt PARG in den Entwicklungsszenarien vorgestellt wurden, sind als weniger plausibel eingestuft worden. Für alle Handlungsfelder wurden die Entscheidungsmöglichkeiten regionaler Akteure als abhängig von externen Faktoren bewertet, auf die kein Einfluss genommen werden kann. Der Rahmen für Handlungsalternativen wurde auf Grund rechtlicher Rahmensetzungen übergeordneter Ebenen (explizit Land und EU) sowie nationaler und internationaler Marktmechanismen als sehr gering eingeschätzt. So nannten die Praxispartnerinnen und -partner als aktuell zentrale Treiber für Landnutzungsentscheidungen das EU-Umweltrecht und das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz.

Für das Handlungsfeld Landwirtschaft wurde bezweifelt, dass sich Kommunen an der Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen beteiligen, da die Landwirtschaft in die Förderkulisse der EU eingebunden ist und ein Engagement von Kommunen durch Fördernebenbestimmungen des Bundes und der EU erschwert werden. Für eine nachhaltige Landwirtschaft wurde die Landesebene als entscheidende Steuerungsebene identifiziert, da sie an der Schnittstelle zwischen EU-Förderprogrammen und den Kreisen und Gemeinden agiert und am ehesten eine moderierende Funktion zwischen ökologischen, sozialen und ökonomischen Entwicklungsinteressen übernehmen könnte. Ein moderierender Staat wird von den

[38] Vgl. Dietz, Brunnengräber 2012.

beteiligten regionalen Expertinnen und Experten für den Interessenausgleich von Tierschutz, Ressourcenschutz und Medikamenteneinsatz in der Tierhaltung sowie zwischen konventioneller Landwirtschaft und Verbraucherinteressen erwartet. Kooperative kommunale Kooperationsformen (zum Beispiel runde Tische) werden auf der lokalen Ebene zum Beispiel im Bereich Grundwasserschutz zwischen Landwirten, Wasserversorgern und Beratungsinstitutionen gesehen. Diese werden als erfolgreicher eingeschätzt, wenn sie sehr kleinräumig und problembezogen organisiert sind und eine persönliche Betroffenheit besteht, zum Beispiel für einzelne Schutzgebiete.

Für das Handlungsfeld Forstwirtschaft wurde eine klare Aufgabenteilung der Klimaanpassung zwischen staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren benannt. Das Handlungsfeld zeichnet sich durch jahrzehntelange Erfahrungen mit erfolgreicher Anpassung an veränderte Umweltbedingungen aus (Anpassung an Folgen des Sauren Regens in den 1970ern, an Stickstoffanreicherung in den 1990ern und die Folgen des Klimawandels seit 2000). In den Workshops mit forstwirtschaftlichen Expertinnen und Experten wurden daher kaum Innovationsnotwendigkeiten einer sektoralen Governance thematisiert. Die forstbetriebliche Ebene wurde als zentral eingestuft, da auf die Klimaanpassungserfordernisse mit einer Flexibilisierung der Betriebsabläufe reagiert wird. Durch staatliche Akteure (unter anderem Forstämter) müsste daneben eine Intensivierung des Monitorings von Klimawandelfolgen vorangetrieben werden, um rechtzeitig Schäden im Bestand entdecken und geeignete Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

Im Handlungsfeld Energiewirtschaft haben regionale Expertinnen und Experten vielfältige Akteursgruppen als Treiber der Klimaanpassung benannt (staatliche Akteure auf nationaler und kommunaler Ebene, Energiewirtschaft, Wohnungswirtschaft, Hauseigentümer, private und gewerbliche Strom- und Wärmekonsumenten und soziale Bewegungen). Es wurden unterschiedliche Kooperationsmodelle diskutiert, an denen die Kommunen und die Privatwirtschaft in der Regel immer beteiligt waren. Als innovative Governance-Form wurde das *contracting* zwischen Kommune und Privatwirtschaft im Bereich der energetischen Gebäudesanierung vorgeschlagen.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für regionale Entscheidungsträger

Angesichts der Vielschichtigkeit von Entscheidungsprozessen einer regionalen Politikebene sowie der Komplexität regionaler Klimawandelfolgen wird es kaum Anpassungsmaßnahmen geben, die für jede Region in gleicher Weise einsetzbar

sind. Vielmehr sind maßgeschneiderte Entscheidungsstrukturen zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen spezifischer Regionen notwendig. Die vorliegenden Schlussfolgerungen zielen auf die politischen Potentiale und institutionellen Bedingungen innovativer Kooperationsformen und deren Grenzen am Beispiel der Modellregion Nordhessen. Die vorliegenden Ergebnisse richten sich primär an die politische und planerische Praxis mit Hinweisen zu regionaler Steuerung, zur Wissensdiffusion und zu Innovationspotentialen.

Wie konkret und umsetzungsorientiert können politikwissenschaftliche Empfehlungen sein? Angesichts der hier aufgezeigten sektoralen und regionalen Vielschichtigkeit und Komplexität von Klimaanpassung können keine maßgeschneiderten Lösungen formuliert werden; diese gilt es in konsensorientierten Entscheidungsprozessen zu entwickeln. Es lassen sich aus den Erfahrungen zur Klimawandel-Governance in Nordhessen jedoch generelle Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Prozessgestaltung ableiten. Die im Folgenden zusammengefassten Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger wurden im März 2013 regionalen Praxispartnerinnen und -partnern zur Diskussion gestellt und deren Kommentierungen in die vorliegende Fassung aufgenommen.

7.1 Betroffene Akteure und Schlüsselakteure identifizieren

Regionale Klimawandel-Governance ist das Ergebnis von Kooperationsprozessen relevanter Interessenvertreter und Entscheidungsträger (sogenannte Fachpromotoren und Machtpromotoren), die in institutionellen oder informellen Netzwerken organisiert sind. Wer diese relevanten Akteure sind, ist nicht eindeutig zu bestimmen. Generell kann die Definition von Betroffenheit unmittelbare Auswirkungen auf die Beteiligungsmöglichkeiten von Akteuren haben. Dies kann allerdings auch bedeuten, dass Akteure, die als nicht betroffen gelten, von diesen Prozessen ausgeschlossen werden und dadurch gegebenenfalls auch vom Zugang zu öffentlichen Ressourcen oder medialer Aufmerksamkeit. Hier zeigt sich, dass der Definitionsmacht von Betroffenheit eine erhebliche Bedeutung zukommt. Solange keine konzeptionell verankerten, transparenten und überprüfbaren Kriterien für die Definition von Betroffenheit vorliegen, können Beteiligungsprozesse Gefahr laufen, Interessen nicht umfassend abzubilden und stattdessen ausgewählte Partikularinteressen zu befördern.

Neben der direkten Betroffenheit von Personen und Personengruppen gibt es auch Akteure, die stellvertretend Betroffenheitspositionen einnehmen. Hierunter fällt unter anderem das Engagement von Naturschutzverbänden, die sich mit dem Qualitätsverlust lokaler Biodiversität und des Landschaftsbildes durch den Klimawandel und indirekt durch Klimaanpassungsmaßnahmen befassen. Ob damit alle Betroffenen erfasst werden, lässt sich nicht beantworten. Innovative Koopera-

tionen beruhen aktuell auf dem freiwilligen Engagement von staatlichen und nicht-staatlichen Einzelakteuren, die sich aus sehr unterschiedlichen Gründen mit den Herausforderungen des Klimawandels identifizieren.

7.2 Beteiligungspotentiale verbessern

Ein wesentlicher Faktor von Partizipationsdefiziten ist die Unausgewogenheit von Entscheidungsbetroffenheit und Entscheidungsbeteiligung, die sich am Auseinanderfallen von formellen Mitbestimmungsrechten und Betroffenheit festmacht. Transparenz von Beteiligungsprozessen sollte daher nicht nur in Bezug auf die Inhalte und die fachlichen Informationen des Vorhabens, sondern ebenfalls im Hinblick auf das Verfahren, den Zugang hierzu, die Möglichkeiten und den Rahmen der Mitgestaltung gewährleistet werden. Dies ist insbesondere für eine wahrgenommene Fairness des Verfahrens (Verfahrensgerechtigkeit) bei der Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien und -maßnahmen von Bedeutung.[39] Die Erfahrungen mit Lokalen Agenda 21-Prozessen haben gezeigt, dass die wahrgenommene Verfahrensgerechtigkeit ein entscheidender Faktor für das langfristige Engagement zivilgesellschaftlicher Akteure ist. Hierzu gilt es, Partizipationsformen zu nutzen, die nicht-institutionalisierte Akteure einbinden lassen (Szenarien-Workshops, Zukunfts-Workshops, Online-Diskussionen) und vorab Vereinbarungen zur verbindlichen Umsetzung der vereinbarten Entscheidungen treffen..

Um eine Beteiligung der potentiell Betroffenen vor diesem Hintergrund zu gewährleisten, sollte ebenfalls überprüft werden, ob diese Personengruppen über die Fähigkeiten und Kompetenzen verfügen, sich in die Beteiligungsprozesse einzubringen. Andernfalls verstärkt sich an dieser Stelle möglicherweise eine räumlich und zeitlich bedingte Betroffenheit durch die fehlende Möglichkeit, für die eigenen Interessen einzustehen. Methoden der Befähigung und andere Formen der Unterstützung (wie stellvertretende Expertinnen und Experten oder Klimaanpassungsanwältinnen und -anwälte) könnten hier sinnvoll sein, um Macht- und Ressourcenasymmetrien zu begegnen und außerdem zur Reduktion der Transaktionskosten für Akteure mit geringen Zeitressourcen beizutragen. Klimaanpassungsbeauftragte und Klimaanpassungsmanager können hier eine stärker inhaltlich gestaltende Rolle übernehmen.[40]

[39] Vgl. Baasch et al. 2012.
[40] Kap. V: Bauriedl et al.

7.3 Bestehende Netzwerke für Klimawandel-Governance nutzen und erweitern

Aushandlungsprozesse in Netzwerken führen nicht zwangsläufig zu besseren Problemdeutungen und Anpassungslösungen. Für Anforderungen des Hochwasserschutzes hierarische Regelungsformen geeigneter, für Anforderungen der Hitzeprävention sind stärker zivilgesellschaftliche Akteure einzubeziehen. Bestehende Netzwerkstrukturen sind daraufhin zu prüfen, ob sie Klimaanpassungsprobleme integriert betrachten und bearbeiten können. Es ist genau zu prüfen, für welche Problemstellungen, für welche Handlungsfelder und unter welchen Bedingungen etablierte Formen der Entscheidungsfindung geeignet sind. Klimawandel-Governance beinhaltet eine Reflexion und gegebenenfalls Flexibilisierung politischer und rechtlicher Verfahrensweisen und erfordert damit Lernprozesse sowohl für staatliche Institutionen wie für zivilgesellschaftliche Akteure[41].

Voraussetzung für Klimawandel-Governance ist ein hohes Maß an Kooperationsbereitschaft, die oft durch Transaktionskosten für Vernetzungsaktivitäten (zeitlicher und finanzieller Aufwand der Beteiligung) begrenzt ist. Indem bestehende informelle und formelle Interaktionsnetze verwandter Themenstellungen genutzt werden, kann die Gefahr von Netzwerkmüdigkeit und eine Überforderung von Schlüsselakteuren („Netzwerkrauschen") verringert werden. Für die Modellregion Nordhessen hat sich die neugeschaffene Institution der Klimaanpassungsbeauftragten und Klimaanpassungsmanager an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Verwaltung, bzw. Wirtschaft für die Integration und Abstimmung zwischen neuen und etablierten Akteuren bewährt.

7.4 Zielkriterien für Klimawandel-Governance und Klimaanpassung formulieren

Der Erfolg von Klimawandel-Governance wie auch Klimaanpassung sollte auf Basis von Zielkriterien laufend evaluiert werden können. Governance ist nicht effektiv für die Lösung von Klimawandelproblemen, wenn es nur dem Selbstzweck der Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure dient oder der Legitimation staatlicher Entscheidungen. Vielmehr muss Governance zielgerichtet gestaltet werden. Bisher gibt es weder auf regionaler noch nationaler Ebene Indikatoren zur Bewertung erfolgreicher Klimaanpassungsmaßnahmen. Allgemeine Bewertungskriterien für Klimawandel-Governance (Effektivität, Effizienz, Fairness, Legitimität, Dinglichkeit) dienen aktuell für die Netzwerkprozesse in Nordhessen eher als Rahmung, denn als Zielsetzung. Zur Absicherung und Kommunikation von Anpassungszielen in Nordhessen ist die Vereinbarung von Zielgrößen und Rich-

41 Baasch et al. 2012: 200.

tungsmessern in Form von Entwicklungsindikatoren ein wesentliches Element regionaler Governance. An der idealtypischen Darstellung eines Politikzyklus lässt sich der aktuelle Stand der Klimawandel-Governance in Nordhessen bestimmen und einordnen.

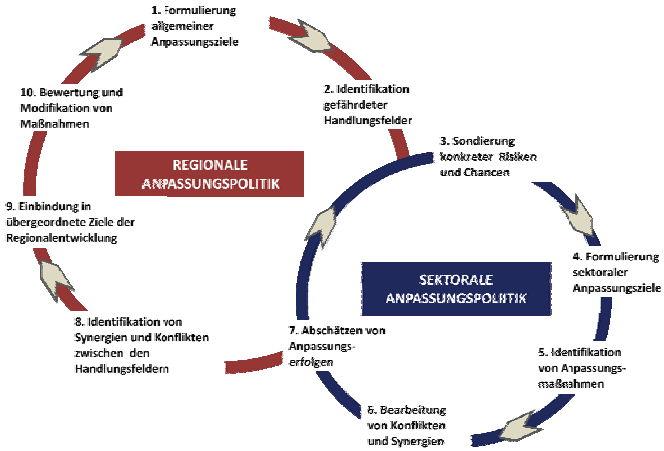


Abbildung 4: Politikprozess regionaler Klimaanpassung[42]

Governance-Strukturen zur Bearbeitung der Klimawandelproblematik sind in einzelnen Handlungsfeldern Nordhessens weitreichend ausgeprägt und haben die Phasen der Sondierung konkreter Risiken und Chancen, die Formulierung von Handlungszielen sowie die Entwicklung konkreter Anpassungsmaßnahmen durchlaufen. Die Abschätzung von Anpassungserfolgen und die Bearbeitung von Umsetzungskonflikten stehen noch aus. Die laufenden Umsetzungsprojekte verschiedener Handlungsfelder in Nordhessen sind das Ergebnis intensiver Vernetzungsaktivitäten und zeigen, dass eine prozessorientierte Klimawandel-Governance zu Anpassungslösungen beiträgt. Die handlungsfeldübergreifende Kooperation für eine regional integrative Strategiebildung steht jedoch noch weitgehend aus. Im Rahmen regionaler Vernetzungsaktivitäten konnten bisher Kenntnisse gewonnen werden, welche Handlungsfelder aktuell vulnerable (Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Gesundheit) und welche eher langfristig vulnerabel sind (Energiewirtschaft, Tourismus, Mobilität). Für den zukünftigen Governance-Prozess sind mögliche Konflikte und Synergien sektoraler Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren und diese in regionale Entwicklungsziele einzubinden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Zusammensetzung der beteiligten Akteure in-

42 Bauriedl modifiziert nach Horrocks et al. 2005: 9.

nerhalb sektoraler und regionaler Governance und im Verlauf des Politikzyklus variiert. Erkenntnisse regionaler Montorings zu Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen sowie wissenschaftliche Erkenntnisse aus Vergleichsregionen und politische Vorgaben der Landes- und Bundesebene haben Einfluss auf den Governance-Prozess und sind daher laufend zu berücksichtigen.

Eine effektive Steuerungsfunktion für eine nachhaltige Klimaanpassung kann regionale Governance jedoch erst entfalten, wenn konkrete Vorstellungen über einen Soll-Zustand vereinbart werden. Zur Festlegung auf Zielwerte braucht es den Mut der beteiligten Akteure, sich auf konkrete Entwicklungspräferenzen festzulegen und ihre Politik daran messen zu lassen. Eine Anpassungspolitik, die dem Ziel der Nachhaltigkeit verpflichtet ist, muss sozial und global gerechte Lösungen im Umgang mit den regionalen Folgen des Klimawandels anbieten, also eine Strategie verfolgen, die Umweltgerechtigkeit gegenüber der kommenden wie der heutigen Generation innerhalb Nordhessens und in anderen Regionen anstrebt. Präferierte Strategien zielen jedoch primär auf lokale Einzelmaßnahmen und lassen Systeminnovationen (klimaangepasste Mobilitäts- und Konsummuster) unberücksichtigt. Die Formulierung regionaler Klimaanpassungsziele muss im Kontext der Debatte um sozial-ökologische Transformationsprozesse betrachtet werden, in der etablierte Lebensstile, Konsummuster, Lebensstandard und Mobilitätsmuster hinterfragt werden.[43]

7.5 Negative Effekte der Klimaanpassung erkennen und transparent machen

Bei der Diskussion geeigneter Anpassungsmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass diese ungewollte Nebeneffekte und Folgekosten im regionalen und globalen Maßstab haben können. Entscheidungsträger präferieren daher *no-regret*-Optionen (Maßnahmen, die in klimawandelunabhängige Handlungserfordernisse integriert werden können) und *win-win*-Optionen (Maßnahmen, die zum Beispiel positive Nebeneffekte für den Klimaschutz oder den demographischen Wandel haben). Klimaanpassungsmaßnahmen werden jedoch nicht ausschließlich durch Optionen mit positiven Effekten zu realisieren sein. Auch *win-loose*-Optionen notwendiger Anpassungsmaßnahmen müssen transparent gemacht und die Frage beantwortet werden: wer verliert warum Handlungsoptionen, die nicht kompensiert werden können? In der regionalen Klimaanpassungsdebatte werden aktuell Problemlösungsstrategien konfliktfreier Themen bevorzugt. Die Verhandlung über Konfliktthemen oder Entscheidungen über harte Verteilungsfragen werden kaum thematisiert und Klimawandel-Governance ist bisher geprägt durch eine Beschränkung auf konsensfähige Fragestellungen.

[43] Vgl. WBGU 2011.

Durch eine Debatte über den Umgang mit den ökonomischen, ökologischen und sozialen Kosten der Klimaanpassung würden einerseits ungleiche Interessenlagen und Machtverhältnisse deutlich werden, andererseits würden die Möglichkeiten der Teilhabe durch Partizipationprozesse stärker in den Blick genommen sowie eine gesellschaftliche Debatte zur Akzeptanz gewählter Entwicklungs-, Wohlstands- und Wachstumspfade ermöglicht. Durch eine solch offene Diskussion über Zielsetzungen und Nebenfolgen der Klimaanpassung, wäre eine Auseinandersetzung über Interessenkonflikte ermöglicht, die die Voraussetzung für die Akzeptanz langfristiger Entwicklungsoptionen schafft.

7.6 Sektorenübergreifende, ebenenübergreifende und interkommunale Klimaanpassung gestalten

Klimawandel-Governance der Modellregion Nordhessen war bisher stark geprägt von innersektoraler und innerkommunaler Kooperation. Eine vertikale Kooperation über politische Ebenen hinweg und eine horizontale Kooperation über kommunale und sektorale Grenzen hinweg ist bisher nur schwach ausgeprägt. Klimaanpassung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung bedeutet, dass es neben einer Verankerung regionaler Anpassungspolitik im politischen System und in der Wahrnehmung der Bevölkerung einer sektorenübergreifenden und kommunale Grenzen überschreitenden Abstimmung bedarf, um Umsetzungskonflikte oder negative Nebenwirkungen zu vermeiden oder zumindest zu minimieren.

Bei der Suche nach geeigneten Klimaanpassungen eines Sektors oder einer Region muss der Wirkungszusammenhang der verschiedenen Einzelmaßnahmen in den Blick genommen werden, denn zwischen diesen können Synergien und Konflikte auftreten, die es zu koordinieren gilt.[44] Um lokale Ressourcen (Investitionen, Knowhow, Technologien) effektiv einsetzen zu können und Synergien zwischen sektoralen Klimaanpassungsmaßnahmen zu erzielen, sind Abstimmungsprozesse für eine integrierte Strategie notwendig. Diese steigende Notwendigkeit des Zusammenwirkens besteht auch hinsichtlich einer verstärkten Abstimmung der Sach- und Fachkompetenzen zwischen Bund, Ländern und Kommunen. Die Integrationsproblematik wird durch ein Denken innerhalb von Ressortgrenzen der Kommunalverwaltung und -politik zusätzlich verstärkt.

Zwei Perspektiven integrativer Klimawandel-Governance sind besonders zu berücksichtigen. Erstens ist zu klären, auf welcher politischen Ebene welches Steuerungsinstrument zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen angesiedelt und am besten verfügbar ist. Dabei ist zu beachten, dass Instrumente für unter-

[44] Görg 2010a: 125.

schiedliche Planungshorizonte geeignet sind. Zweitens ist zu klären, welche räumliche Reichweite präferierte Klimaanpassungsmaßnahmen haben (können). In der Modellregion Nordhessen haben klimaanpassungspolitische Entscheidungen in der Regel kommunale Reichweite. Das betrifft nicht nur die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sondern auch das Monitoring von Klimawandelfolgen. Die Region ist als administrativ abgegrenzter Territorialraum definiert. Sie muss sich jedoch meist mit funktionsräumlichen Wirkungen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen auseinandersetzen, die administrative Grenzen überschreiten. Vorteil einer administrativ abgegrenzten Planungsregion ist die räumliche Einheit der Gebietskörperschaften, die politische Entscheidungsprozesse befördern kann. Nachteilig ist die notwendige Abstimmung von Klimaanpassungsmaßnahmen über kommunale und Landesgrenzen hinweg, wenn Anpassungsmaßnahmen für Flusseinzugsgebiete, Verkehrsnetze, ökologische Verbundsysteme usw. umgesetzt werden sollen. Eine nachhaltig wirksame Klimawandel-Governance sollte daher eine Partizipation von Akteuren außerhalb der Planungsregion berücksichtigen.

8 Übertragbarkeit der Ergebnisse zu regionaler Klimawandel-Governance

Die bisherige Erfahrung des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen und vergleichbarer Projekte hat gezeigt, dass Klimaanpassung nur prozessorientiert gelingen kann und stark von lokalen und regionalen Akteurskonstellationen geprägt ist. Die vorliegenden Ergebnisse müssen daher immer im Kontext der sozioökonomischen und institutionellen Rahmenbedingungen Nordhessens betrachtet werden. Ein Ergebnistransfer für andere Regionen kann nur sinnvoll gelingen, wenn eine vergleichende Strukturanalyse zu regionalen Variablen der Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Siedlungsentwicklung vorliegt, um Aushandlungsprozesse, Interessenkonstellationen und die Intensität zivilgesellschaftlicher Partizipation nachvollziehen zu können. Die Strukturanalyse für Nordhessen hat gezeigt, dass die Anpassungskapazität innerhalb der Modellregion lokal sehr heterogen ausgeprägt ist. Dies zeigte sich auch daran, dass sich die erste Phase regionaler Klimaanpassung auf kleinräumige Umsetzungsprojekte einzelner Problemfelder konzentrierte. Einzelne *best practices* in andere Regionen zu transferieren, würde jedoch den Governance-Prozess, der diese Umsetzungsprojekte ermöglicht hat unberücksichtigt lassen. Das heißt, ein Ergebnistransfer muss Projekt und Prozess in gleicher Weise und ihn Bezug zueinander betrachten, um einen Mehrwert für andere Regionen erzielen zu können.

Einige Ergebnisse erscheinen jedoch zumindest für das politische System in Deutschland verallgemeinerbar. Klimawandel-Governance zeigt sich für einzelne Handlungsfelder in sehr unterschiedlicher Form. Dies beruht zum einen auf hand-

lungsfeldspezifischer Verwundbarkeit, Handlungsdruck und Klimaanpassungskapazität und zum anderen auf handlungsfeldspezifischen Akteurskonstellationen und etablierten Regulationsformen. Eine regionale Klimawandel-Governance muss daher als intersektorales Projekt betrachtet und gestaltet werden.

9 Ausblick

Um Aussagen zu verallgemeinerbaren innovativen Elementen der Klimawandel-Governance in Nordhessen machen zu können und die Kooperation der beteiligten Akteure verbessern zu können, sollten in einer nächsten Projektphase alle durchgeführten Anpassungsmaßnahmen in Bezug auf deren Steuerungsform evaluiert werden. Die Evaluation des Gesamtprozesses war nicht Aufgabe des Teilprojektes PARG. Außerdem erscheint eine externe Evaluation zur Effektivität und Akzeptanz von Klimawandel-Governance auf Grund der stark transdisziplinären Forschungspraxis als sinnvoll. Da die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Teilprojektes PARG und anderer Teilprojekte selbst in den Governance-Prozess durch zahlreiche Wissenschaft-Praxis-Dialoge und die Ableitung von Handlungsempfehlungen involviert waren, sind sie für eine Prozessevaluation ungeeignet. Aufschlussreich für Folgeprojekte wäre auch die Evaluation der Rolle von Governance-Forscherinnen und Forschern in transdisziplinären Forschungsverbünden. Hieraus ließen sich Schlüsse ziehen, inwieweit diese selbst zu Akteuren des Prozesses werden und Innovationen mit initiieren.[45] Ein hoher Erkenntniswert wäre zu erwarten durch ein Folgeprojekt, welches die vorliegenden Governance-Studien der verschiedenen KLIMZUG-Modellregionen vergleicht und den aktuellen Kenntnisstand regionaler Klimaanpassungspolitik im Kontext des Mehrebenensystems in Bezug setzt.

Die Ausgangsthese, dass mehr Governance zu mehr Akzeptanz bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen beiträgt, konnte im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen mit Blick auf die ersten Umsetzungsbeispiele nur bedingt bestätigt werden. Die politikwissenschaftlichen Ergebnisse zeigen vielmehr eine notwendige Differenzierung dieser These. Die jeweilige Governance-Form und die Breite zivilgesellschaftlicher Beteiligung sind abhängig vom Handlungsdruck, den etablierten Governance-Formen unterschiedlicher Handlungsfelder und von der räumlichen wie politischen Maßstabsebene der jeweiligen Anpassungsprojekte.

[45] Vgl. Knierim et al. 2013.

Literatur

Arvai, Joseph / Bridge, Gavin / Dolak, Nives / Franzese, Robert / Koontz, Tomas /Luginbuhl, April / Robbins, Paul / Richards, Kenneth / Smith Korfmacher, Katrina / Sohngen, Brent / Tansey, James / Thompson, Alexander (2006): Adaptive management of the global climate problem: bridging the gap between climate research and climate policy. In: Climatic Change 78, S. 217 – 225.

Baasch, Stefanie / Bauriedl, Sybille / Hafner, Simone / Weidlich, Sandra (2012): Klimaanpassung auf kommunaler Ebene: Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance. In: Raumforschung und Raumordnung 70(3), S. 191-201.

Bauriedl, Sybille (2011a): Adaptive Capacities of European City Regions in Climate Change: On the Importance of Governance Innovations for Regional Climate Policies. In: Leal Filho, Walter (ed.): The Economic, Social and Political Elements of Climate Change. Series: Climate Change Management. Springer, S. 3-14.

Bauriedl, Sybille (2011b): Innovationen regionaler Governance durch Klimaanpassungsbeauftragte. In: Frommer, B.; Buchholz, F.; Böhm, R. (Hg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München, S. 175-191.

Bauriedl, Sybille (2011c): Rahmenbedingungen und Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance: Praxisbericht der Klimzug-Modellregion Nordhessen. In: Frank, S. (Hg.): Governance in der Klimaanpassung. dynaklim-Publikation Nr. 4, S. 8-16.

Bauriedl, Sybille / Baasch, Stefanie / Rau, Irina / Kropp, Cordula / Knierim, Andrea (2013): Konzeptionelle Überlegungen zum Begriff „Betroffenheit" in der sozialwissenschaftlichen Partizipationsforschung. In: Knierim et al. (Hg.): Partizipation und Klimawandel. Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. München: Oekom-Verlag.

Beck, Silke / Bovet, Jana / Baasch, Stefanie / Görg, Christoph (2011): Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Dessau-Roßlau.

Bergold, Jarg / Thomas, Stefan (2012): Partizipative Forschungsmethoden: Ein methodischer Ansatz in Bewegung. In: Forum Qualitative Sozialforschung 13(1), Art. 30. Onlinepublikation: http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1801/3332 (07.10.2013).

Diller, Christian / Hebecker, J. (2009): Klimawandel in Deutschland: Regionale Betroffenheiten und Handlungsmöglichkeiten der Regionalplanung. In: Gießener Universitätsblätter 42, S. 51-62.

Europäische Kommission (2007): Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Anpassung an den Klimawandel in Europa - Optionen für Maßnahmen der EU, Brüssel.

Folke, Carl / Hahn, Thomas / Olsson, Per / Norberg, Jon (2005): Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. In: Annual Review of Environment and Resources 30, S. 441 - 473.

Frommer, Birte (2009): Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel. In: Raumforschung und Raumordnung, H. 2, S. 128-141.

Frommer, Birte / Buchholz, Frank / Böhm, Rainer (Hg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München

Fürst, Dietrich (2007): Regional Governance. In: Benz, Arthur / Lutz, Susanne / Schimank, Uwe / Simons, Georg (Hg.): Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungen. Wiesbaden, S. 354-365.

Görg, Christoph (2009): Andere Themen: Forschungsbedarf zur Anpassung an den Klimawandel – Schwerpunkte und Herausforderungen. In: F.L.Mörsdorf/ J.Ringel/C.Strauß (Hg): Anderes Klima. Andere Räume! Universität Leipzig, Institut für Stadtentwicklung und Bauwirtschaft (ISB), Tagungsband 19, Leipzig 2009, S. 33-42.

Görg, Christoph / Mickwitz, P. / Aix, F. / Beck, S. / Carss, D. / Ferrand, N. / Jensen, A. / Kivimaa, P. / Kuhlicke, C. / Kuindersma, W. / Manez, M. / Melanen, M. / Monni, S. / Pedersen, A. / Reinert, H. and S van Bommel (2009a): Climate Policy Integration, Coherence and Governance. PEER-Report 2, Helsinki: Partnership for European Environmental Research (PEER)

Görg, Christoph / Beck, Silke / Kuhlicke, Christian (2009b): Climate Policy Integration, Coherence, and Governance in Germany. PEER Climate Change Initiative Project 2: Climate Policy Integration, Coherence, and Governance. UFZ-Bericht 1/2009.

Görg, Christoph (2010a): Adaptive Governance within Europe – the need for integrated adaptation strategies. In: Nova Acta Leopoldina NF 112, Nr. 384, pp 121-127.

Görg, Christoph (2010b): Vom Klimaschutz zur Anpassung: gesellschaftliche Naturverhältnisse im Klimawandel. In: Martin Voss (Hg): Der Klimawandel – sozialwissenschaftliche Perspektiven, Wiesbaden: VS-Verlag, S. 347-362.

Görg, Christoph (2011): Shaping relationships with nature. Adaptation to climate change as a challenge for society. In: Die Erde 142(4), S. 41-64.

Hessenagentur (2010): Bevölkerungsvorausschätzung für die hessischen Landkreise und kreisfreien Städte. Eine Projektion für den Zeitraum von 2010 bis 2030 und eine Trendforschung bis 2050. Wiesbaden.

Hulme, Mike / Timothy, D. Mitchell (1999): Predicting regional climate change: living with uncertainty Progress. In: Physical Geography 23(1), S. 57-78.

Knierim, Andrea / Baasch, Stefanie / Gottschick, Manuel (2013): Partizipation und Klimawandel. Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. München: Oekom-Verlag.

Knierim, Andrea / Bauriedl, Sybille / Foos, Eva / Hutter, Gerard (2013): Zur Rolle der Forschenden beim Praktizieren von Partizipation. In: Knierim et al. (Hg.): Partizipationsforschung und Partizipationsverfahren in der sozialwissenschaftlichen Klimafolgenforschung. München: Oekom-Verlag. S. 259-265.

Overbeck, Gerhard / Hartz, A. / Fleischhauer, M. (2008): Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung". Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. In: Informationen zur Raumentwicklung, 6, S. 363-380.

Overbeck, Gerhard / Sommerfeldt, Petra / Köhler, Stefan / Birkmann, Jörn (2009): Klimawandel und Regionalplanung. Ergebnisse einer Umfrage des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung". In: Raumforschung und Raumordnung 67(2), S. 193-203.

Smit, Barry / Pilifosova, Olga (2001): Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development. In: McCarthy, James J. / Canziani, Osvaldo F. / Leary, Neil A. / Dokken, David J. / White, Kasey S. (Hg.): Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, S. 807-812.

Steinmüller, Karl-Heinz / Schulz-Montag, Beate / Veenhoff, Sylvia (2009): Waldzukünfte 2100 – Zukünfte und Visionen Wald 2100: Langfristige Perspektiven von Wald- und Landnutzung. Entwicklungsdynamiken, normative Grundhaltungen und Governance. Köln.

Stirling, Andy (2006): Analysis, participation and power: justification and closure in participatory multi-criteria analysis. In: Land Use Policy 23 (1), S. 95-107.

Volkery, Axel / Ribeiro, Teresa, (2009): Scenario planning in public policy: Understanding us, impacts and the role of institutional context factors. In: Technological Forecasting & Social Change 76, S. 1198-1207.

Walk, Heike (2008): Patizipative Governance. Beteiligungsformen und Beteiligungsrechte im Mehrebenensystem der Klimapolitik. VS Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.

WBGU (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.

Zukünfte und Visionen Wald 2100 (Hg.) (2009): Waldzukünfte: Herausforderungen für eine zukunftsfähige Waldpolitik in Deutschland.

KLIMAANPASSUNG IN DER NORDHESSISCHEN BEVÖLKERUNG: INDIVIDUELLE WAHRNEHMUNG, BEREITSCHAFT ZUR ANPASSUNG UND KOLLEKTIVE DYNAMIKEN

Andreas Ernst, Friedrich Krebs, Ramune Pansa, Sascha Holzhauer

ÜBERSICHT

1 EINLEITUNG ... 569

2 FORSCHUNGSFRAGEN ... 570

3 THEORETISCHE EINBETTUNG: HANDLUNGSTHEORIE, LEBENSSTILE UND SOZIALE DILEMMATA ... 571

4 BEFRAGUNG DER NORDHESSISCHEN BEVÖLKERUNG ZUM KLIMAWANDEL ... 573

4.1 METHODEN UND UNTERSUCHUNGSSCHRITTE ... 573

4.2 ERGEBNISSE ... 574

5 MODELLIERUNG VON NACHBARSCHAFTSHILFE ... 579

5.1 METHODEN UND UNTERSUCHUNGSSCHRITTE ... 579

5.2 ERGEBNISSE ... 584

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL ... 588

LITERATUR ... 589

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird über die Bevölkerungsperspektive auf die Anpassung an den Klimawandel berichtet. Die vorgestellten Arbeiten[1] hatten zwei Schwerpunkte: Zum einen wurde eine größere Panelbefragung in drei aufeinanderfolgenden Jahren in der Bevölkerung durchgeführt, um einen Einblick in ihre Sichtweise auf den erwarteten Klimawandel sowie deren Veränderung über die Zeit zu erhalten. Zum anderen wurden die Möglichkeiten einer selbstorganisierten Hilfeleistung für ältere Menschen bei Extremwetterereignissen mittels einer Computersimulation untersucht.

[1] Die hier berichteten Arbeiten wurden dankenswerter Weise vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Teilprojekt „Unterstützung der regionalen Klimaanpassung durch umwelt-sozialwissenschaftliche Befragung und Szenarienbildung“ (KUBUS) im Verbund von KLIMZUG-Nordhessen gefördert (www.cesr.de).

Die im Folgenden beschriebene Zugangsweise ergänzt inhaltlich wie methodisch die der anderen Teilprojekte in KLIMZUG-Nordhessen. Inhaltlich wurden insbesondere Aspekte wie die individuelle Wahrnehmung, Wissen, soziale Einflüsse, Handlungsanreize und -hindernisse betrachtet und aus psychologischer Sicht beschrieben und untersucht. Methodisch kam einerseits das Inventar der empirischen Sozialforschung (Surveys und statistische Auswertung) zum Einsatz, andererseits wurde das Klimaanpassungsverhalten in seiner zeitlichen und räumlichen Dynamik in modellierte Szenarien des Klimawandels eingebettet und simuliert.

2 Forschungsfragen

Bei der empirischen Erfassung und Beschreibung der Wahrnehmung des Klimawandels und der Bereitschaft zu Klimaanpassungsmaßnahmen in der nordhessischen Bevölkerung wurden folgende Problembereiche beleuchtet:

1. Wie nehmen die Bewohner Nordhessens Extremwettersituationen wahr? Für wie wahrscheinlich halten die Menschen das Auftreten solcher Ereignisse und welche Risiken werden gesehen? Wird ein Zusammenhang mit dem Phänomen „Klimawandel" hergestellt?
2. Welche Klimaanpassungsmaßnahmen sind sie eher gewillt umzusetzen und welche weniger? Welche wahrgenommen Einflussgrößen wirken hemmend und welche fördernd auf individuelles Anpassungsverhalten?

Hinsichtlich beider Fragestellungen wurde auch untersucht, inwieweit sich Personen unterschiedlicher Lebensstile in ihren Antworten unterscheiden und inwiefern sich daraus Hinweise darauf ableiten lassen, wie klimaangepasstes Verhalten am besten gefördert werden kann.

In der Phase der Problemsichtung wurde darüber hinaus in Zusammenarbeit mit Teilprojekten des Gesundheitsclusters der Fall der Nachbarschaftshilfe für ältere Menschen während Hitzewellen als besonders relevanter Anknüpfungspunkt ausgemacht.[2] Aus Sicht dieser kooperierenden Teilprojekte ist zu erwarten, dass im Falle von Extremhitze Gesundheitsamt, Pflegedienste und Hausärztinnen und -ärzte nicht in der Lage sein werden, die Risikopersonen flexibel und flächendeckend zu betreuen. Diese Lücke könnte aber durch Nachbarschaftshilfe gefüllt werden. Aufbauend auf den Ergebnissen der Fragebogenerhebung und anderen empirische Datenquellen untersucht das Projekt daher als weiteren inhaltlichen Schwerpunkt die Fragestellung:

[2] S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.

3. Wie lässt sich – unter Berücksichtigung von empirisch gefundenen Lebensstilen in der Region und der Dynamik sozialer Mobilisierung – eine funktionierende Nachbarschaftshilfe bei extremen Wetterereignissen herbeiführen?

Der folgende Abschnitt 3 bettet die Arbeiten zunächst theoretisch ein. Abschnitt 4 schildert Vorgehen und Ergebnisse aus der Fragebogenuntersuchung und Abschnitt 5 die Computersimulation zur Nachbarschaftshilfe.

3 Theoretische Einbettung: Handlungstheorie, Lebensstile und Soziale Dilemmata

Das besondere Alleinstellungsmerkmal des Projekts innerhalb von KLIMZUG-Nordhessen ist seine inhaltliche Fokussierung auf die Wahrnehmungen, Motivationen und Handlungsbereitschaften der Einwohner von Nordhessen im Kontext von Klimawandelanpassung. Der theoretische Ankerpunkt unserer Untersuchungen ist im Bereich der sozialpsychologischen Handlungstheorien zu finden. Da für den Bereich der Klimawandelanpassung keine spezifische Handlungstheorie existiert, wird im Projekt auf die Theorie des geplanten Handelns (Theory of Planned Behaviour,[3] TPB) zurückgegriffen. Die TPB ist die am häufigsten genutzte sozialpsychologische Handlungstheorie[4] und sticht durch ihre umfassende empirische Fundierung hervor. Insbesondere kommt die Theorie auch im Umweltkontext zur Anwendung.[5]

Die TPB befasst sich mit der Vorhersage bewusster Entscheidungen. Im Mittelpunkt steht die Absicht (Intention) einer Person, ein Verhalten auszuführen. Nach der Theorie beeinflussen die Bildung einer Intention zwei Faktoren: die persönliche Einstellung zu einem Verhalten (wie finde ich das Verhalten?) und die wahrgenommenen sozialen Einflüsse (finden z.B. meine Freunde/Verwandten das Verhalten gut oder nicht?). Beim letzteren Faktor unterscheiden wir zusätzlich zwischen der von einer Person wahrgenommenen sozialen Norm, die Informationen über das Verhalten anderer Personen im sozialen Umfeld widerspiegelt, und der subjektiven Norm, die repräsentiert, welches Verhalten vom sozialen Umfeld erwünscht wird. Hinzu kommt die sog. wahrgenommene Verhaltenskontrolle. Sie repräsentiert die subjektive Einschätzung der Person, ob und wie gut sie die betreffende Handlung ausführen kann. Sie wirkt nach der Theorie nicht nur auf die Intention, sondern auch direkt auf das Verhalten. Je nach Situation und untersuchtem Verhalten kann die Gewichtung zwischen Einstellung, subjektiver Norm, so-

[3] Vgl. Ajzen 1991, 1985.
[4] Vgl. Ajzen, Fishbein 2005.
[5] So etwa Bamberg, Schmidt 2003.

zialer Norm und wahrgenommener Verhaltenskontrolle bei der Bildung einer Intention variieren. Die jeweiligen Gewichte werden in jeder Untersuchung statistisch bestimmt und die jeweils beste Modellpassung berechnet.

Als sozialpsychologische Theorie repräsentiert die TPB insbesondere das Zusammenspiel von individuellen Eigenschaften einer Person und ihrer Einbettung in ein soziales Gefüge, das wiederum durch die subjektive Wahrnehmung anderer Personen konstruiert wird. Die hier bedeutsame Heterogenität in großen Gruppen von handelnden Individuen kann gut erfasst und beschrieben werden über das Konzept der soziologischen Lebensstile.[6] Der Ansatz strukturiert Bevölkerungsgruppen nach Einstellungen, Werten und Orientierungen. Das Milieu-Modell des Sinus-Instituts[7] teilt die bundesdeutsche Bevölkerung in zehn verschiedene Milieus ein, die entlang zweier Dimensionen angeordnet sind. Die y-Achse repräsentiert die soziale Lage und damit das Bildungsniveau und den sozialen Status der Milieuangehörigen. Die x-Achse ordnet die Personen einem Modernitätsindikator zu, von traditionell bis experimentell. Die so beschriebenen zehn Milieus können wiederum in vier sogenannte Lebensweltsegmente oder Milieugruppen eingeteilt werden: gesellschaftliche Leitmilieus (Etablierte, Postmaterielle und Moderne Performer), traditionelle Milieus (Konservative, Traditionsverwurzelte und DDR-Nostalgische), Mainstream-Milieus (Bürgerliche Mitte und Konsum-Materialisten) sowie hedonistische Milieus (Experimentalisten, Hedonisten). Die Sinus-Milieus® sind nicht nur in der kommerziellen Marktforschung verbreitet, sondern kommen auch in der umweltbezogenen Lebensstilforschung zunehmend zur Anwendung.[8]

Um die Ergebnisse der Fragebogenerhebung zu den Sinus-Milieus® in Beziehung zu setzen, werden die Fragen zur Klimaanpassung um einen Fragenblock ergänzt, dessen Auswertung es ermöglicht, auf die Milieuzugehörigkeit der befragten Personen zu schließen. Dadurch wird der Zusammenhang zwischen klimaanpassungsrelevanten Befragungsergebnissen und der Klassifizierung nach Sinus-Milieus® für die statistische Auswertung zugänglich.

Für die Computersimulation werden sowohl die Theorie des geplanten Handelns als auch Ergebnisse zu den Sinus-Milieus® und Umweltverhalten zu Grunde gelegt. Darüber hinaus hat die individuelle Entscheidungssituation der Hilfeleistung die Struktur des theoretisch und empirisch gut untersuchten sozialen Dilemmas.[9] Solche Situationen sind dadurch gekennzeichnet, dass individuelle Interessen

---

6 Vgl. Bourdieu 1984.
7 Vgl. Sinus Sociovision GmbH 2005.
8 Vgl. Gröger 2011; Reusswig 1999; Rink 2002; Wippermann et al. 2009.
9 Vgl. Dawes 1980; Ernst 2008.

oder Präferenzen der einzelnen Entscheider mit den kollektiven Interessen der Gruppe aller Entscheider in Konkurrenz stehen: Alle Entscheider profitieren gleichermaßen von einem kollektiv erzeugten Gemeingut (funktionierende Nachbarschaftshilfe), während jeder Einzelne die Wahl hat, selbst zur Bereitstellung des Gemeinguts beizutragen oder aber vom Gemeingut nur zu profitieren und zu hoffen, dass die anderen Gruppenmitglieder die Bereitstellung übernehmen.

Grundlage für die Computermodellierung (siehe Abschnitt 5) ist die in vorliegender Forschung zu sozialen Dilemmata gewonnene Einsicht,[10] dass der Erfolg oder Misserfolg des erforderlichen sozialen Mobilisierungsprozesses zentral determiniert ist durch

1. im Allgemeinen heterogene individuelle Präferenzen der Mitglieder der bereitstellenden Gruppe,
2. die soziale Struktur (das soziale Netzwerk), in die die handelnden Individuen eingebunden sind und
3. die Einbettung der Individuen in einen ökonomischen, politischen oder biophysikalischen (hier besonders: klimatischen) Kontext.

Ziel der dynamischen Betrachtung ist es, die Bereitstellung eines Gemeinguts mit einem zeitlich und räumlich dynamischen Computermodell in realistischer Weise, d.h. in reale räumliche wie klimatische Kontexte eingebettet zu beschreiben und zu untersuchen.

4 Befragung der nordhessischen Bevölkerung zum Klimawandel

4.1 Methoden und Untersuchungsschritte

Während der Projektlaufzeit wurde eine dreijährige Panelerhebung (eine Befragung pro Jahr, zusätzlich zu einer vorausgegangenen Pilotstudie) durchgeführt.

Messinstrument

Als Messinstrument diente ein Fragebogen, bestehend aus einem Panelteil (d.h. deckungsgleichen Fragen in allen drei Erhebungen) und einem Abschnitt von jeweils spezifischen Fragestellungen. Die spezifischen Themenbereiche wurden für jede Erhebung des Panels neu definiert und bezogen sich etwa auf die Bildung von Fahrgemeinschaften, Schwierigkeit der Umsetzung von verschiedenen Klimaanpassungsmaßnahen u.a.. Der Panelteil bestand unter anderem aus der Erfas-

[10] Vgl. Krebs 2013.

sung der sog. CFC-Skala (Consideration of Future Consequences Scale;[11] diese Skala beschreibt, inwieweit eine Person zukünftige Konsequenzen in ihr Handeln einbezieht), der Bereitschaft zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen (wie kurzfristige oder langfristige Handlungen durchzuführen, Wegzug, Informationen hinsichtlich Klimaanpassungsmaßnahmen einzuholen, Abschluss einer Elementarschadenversicherung) sowie der Wahrnehmung von Risiken durch den Klimawandel. Die möglichen Antworten hatten überwiegend das Format einer sechsstufigen Likertskala.[12] Die soziodemographischen Variablen wurden, neben den Lebensstilen nach Sinus, für jede Erhebung ermittelt.

Stichprobe

Um eine repräsentative Stichprobe zu gewährleisten, wurden 30 nordhessische Gemeinden nach dem Zufallsprinzip gezogen (proportional nach ihrer Einwohnerzahl) und Fragebögen an ebenfalls zufällig bestimmte Personen in diesen Gemeinden versandt. Die Verteilung der Stichprobenmerkmale, bezogen auf den Panel und die Pilotstudie ist aus Tabelle 1 zu entnehmen. Von den insgesamt 1377 Probanden nahmen 50 Personen (3.63%) an allen drei Erhebungen teil.

	Pilotstudie	**Panel**		
		1. Erhebung	**2. Erhebung**	**3. Erhebung**
$N_{versendet}$	200	2050	2023	2336
$N_{ausgewertet}$	59 (29.50%)	446 (21.76%)	446 (22.05%)	485 (20.76%)
Mittelwert Alter	47 (SD=15.18)	50 (SD = 16.91)	52 (SD = 16.88)	49 (SD = 17.12)
Wohneigentum	26 (44.07%)	303 (67.94%)	313 (70.18%)	324 (66.80%)

Tabelle 1: Stichprobenkennwerte der drei KUBUS-Panelstudien

4.2 Ergebnisse

Im Folgenden berichten wir zunächst über lebensstilunspezifische Ergebnisse, die vergleichend zwischen den drei Untersuchungen gefunden wurden. Im Anschluss werden Analysen zu ausgewählten Klimaanpassungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer lebensstilspezifischen Grundlagen dargestellt.

[11] Vgl. Strathman et al. 1994.

[12] 1=„stimme überhaupt nicht zu"; 2=„stimme nicht zu"; 3=„stimme eher nicht zu"; 4=„stimme eher zu"; 5=„stimme zu"; 6=„stimme voll und ganz zu".

Lebensstilübergreifende Analysen

Mit dem Klimawandel in Nordhessen verbindet ein Großteil der Befragten mehr negative als positive Ereignisse. Dazu zählen z.B. Extremwettersituationen wie Hitze, Überflutungen und Starkregen, aber auch Einschränkung der eigenen Lebensqualität sowie eine Bedrohung der eigenen Existenz und der nahestehender Personen (vgl. Abbildung 1). Es zeigte sich auch, dass eine kleine Minderheit der Stichprobe (je nach Befragung sechs bis zehn Personen) der Aussage „es gibt keinen Klimawandel" voll und ganz zustimmen.

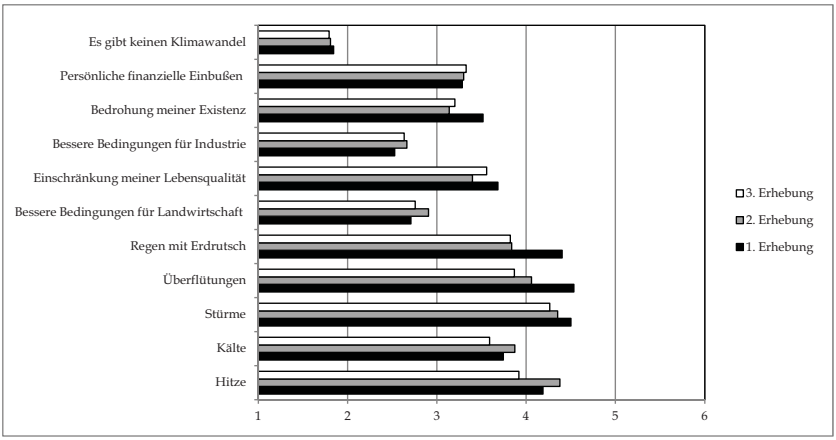


Abbildung 1: Verteilung der Mittelwerte zur Frage „Was verbinden Sie mit dem Begriff Klimawandel in Nordhessen?". Dabei bedeutet 1=„stimme überhaupt nicht zu"; 2=„stimme nicht zu"; 3=„stimme eher nicht zu"; 4=„stimme eher zu"; 5=„stimme zu"; 6=„stimme voll und ganz zu".

Um zu erfahren wann die nordhessische Bevölkerung vermehrt auftretende Extremwettersituationen in Nordhessen erwartet, wurden die Probanden gefragt „Ab welchem Zeitpunkt (von jetzt bis in 100 Jahren) glauben Sie, würden in Nordhessen ständig wiederkehrende und lang anhaltende Starkregenereignisse mit Hagel, Hitzeperioden und Stürme vermehrt auftreten?". Dazu konnten die Befragten auf einer Linie, welche die Zeitdimension von jetzt bis in hundert Jahren aufwies, ein Kreuz setzen (eine sog. Analogskala). Im Mittel wurden intensivere und vermehrt auftretende Extremwettersituationen in Nordhessen in ca. 32 Jahren (SD = 21.34) erwartet. Durch das Aufrechnen des jeweiligen Versuchspersonenalters auf das individuell erwartete Auftrittsjahr der Extremwettersituationen ergibt sich ein Alter von durchschnittlich 79 Jahren (SD = 26.48) beim persönlich vermuteten Erscheinen von vermehrten Extremwettersituationen in Nordhessen. Dementsprechend würde sich die Mehrheit der Personen bei zunehmendem Extremwetter bereits im Seniorenalter befinden. Bei vertieften Analysen wurde auch geprüft, ob es

Unterschiede zwischen den Studien, d.h. vom Befragungsjahr abhängig, vorzufinden sind. Dabei zeigte sich, dass sich das erwartete durchschnittliche Jahr der Extremwettersituationen der ersten Studie signifikant von der zweiten und dritten unterscheidet. Die Befragten nehmen demzufolge in den Erhebungen zwei und drei den Eintrittszeitpunkt für vermehrt auftretende Extremwettersituationen früher wahr als in der ersten Befragung.

Um zu untersuchen, welche der in der zugrunde gelegten Theorie angenommenen Einflussfaktoren die Verhaltensabsicht für eine Klimaanpassungsmaßnahme wie stark beeinflussen, wurden die Gewichte dieser Faktoren mittels linearer Regressionsgleichungen ermittelt. Die persönliche Einstellung der Befragten stellte sich als die entscheidende Determinante für alle klimaangepassten Verhaltensintentionen heraus. Die Verhaltenskontrolle, also die Überzeugung, ein Verhalten auch selbst ausführen zu können, ist weniger und dann vorzugsweise bei langfristigen Maßnahmen bedeutend. Die Orientierung an dem, was andere tun (soziale Norm) ist bei allen Verhaltensweisen ein weiterer wichtiger Prädiktor. Insgesamt sind die Varianzaufklärungen, je nach Verhaltensweise, mit 57% bis 75% verhältnismäßig hoch. Das bedeutet, dass die hier vorgestellten Faktoren im Durchschnitt 65% der Verhaltensabsichten eines Anpassungsverhaltens erklären können.

Lebensstilspezifische Auswertungen ausgewählter Klimaanpassungsmaßnahmen

Die eingangs skizzierte, innerhalb des Projekts um die „soziale Norm" ergänzte Theory of Planned Behaviour wurde mit dem Ziel herangezogen, die ausschlaggebenden Determinanten für verschiedene Klimaanpassungsmaßnahmen zu ermitteln.

Zunächst wurde analysiert, ob die Milieugruppen nach Sinus Unterschiede bei den jeweiligen Verhaltensintentionen aufweisen. Da es sich in vergleichbaren Studien gezeigt hat,[13] dass Postmateriellen eine Art Vorreiterfunktion bezüglich umweltbezogener Themen aufweisen, wurden diese als fünfte Gruppe getrennt von den anderen Leitmilieus betrachtet. Bei der Prüfung der Unterschiede von den klimaangepassten Verhaltensintentionen ist über alle Milieus hinweg erkenntlich, dass die Verhaltensintention „Wegzug" bei vermehrt auftretenden Extremwettersituationen sehr schwach ausgeprägt ist. Im Gegensatz hierzu ist die Bereitschaft zur Umsetzung von langfristigen und kurzfristigen anderen, weniger drastischen Maßnahmen (wie z.B. Umbau des Hauses) deutlich stärker. Ebenfalls sind die meisten Personen bereit, Informationen über Klimaanpassungsmaßnahmen einzuholen. Bei Berechnungen der Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich

[13] Vgl. u.a. Wippermann et al. 2009.

der jeweiligen Klimaanpassungsmaßnahme unterscheiden sich nur die Hedonisten bei der Maßnahme Wegzug hochsignifikant von allen Gruppen. Das lässt sich vermutlich damit erklären, dass weniger als die Hälfte der Befragten im hedonistischen Milieu im Besitz von Wohneigentum sind und im Altersdurchschnitt die Jüngsten und dadurch eher gewillt sind wegzuziehen.

Risikowahrnehmung und die Berücksichtigung der Zukunft

Gestützt auf empirische Studien ist davon auszugehen, dass sowohl Risikowahrnehmung als auch die Berücksichtigung der zukünftigen Konsequenzen des Handelns (CFC-Skala) mit der Einstellung bezüglich der Umsetzungsbereitschaft von Klimaanpassungsmaßnahmen in Beziehung stehen. Anhand bivariater Korrelationsanalysen von Risiko und CFC mit den Einstellungsfragen von kurz-, langfristigen Maßnahmen und Wegzug zeigte sich, dass hochsignifikante Zusammenhänge zwischen Risiko und CFC mit kurz- und langfristigen Maßnahmen bestehen (Korrelationen zwischen .19** und .52**). Hierbei sind die Zusammenhänge zwischen Risikowahrnehmung und Einstellung zu kurz- und langfristigen Maßnahmen stärker, die zwischen CFC und Einstellung geringer. Überdies sind die Korrelationen von Risiko und CFC mit den Einstellungen gegenüber langfristiger Maßnahmen stärker als mit denen bezüglich kurzfristiger Maßnahmen. Insgesamt können wir daraus schlussfolgern, dass eine hohe Ausprägung von insbesondere Risikowahrnehmung besonders wichtig ist für die Bereitschaft, langfristige (und damit aufwändigere) Klimaanpassungsmaßnahmen umzusetzen.

Nachbarschaftshilfe

Nach der Darstellung der generellen Bereitschaft zu Klimaanpassungsmaßnahmen soll im Folgenden der spezielle Fall von Nachbarschaftshilfe thematisiert werden. Die Ergebnisse dazu flossen auch in die Modellierung[14] ein. Im Zuge des demographischen Wandels werden weniger oder allenfalls gleichbleibend viele Helfer mehr bedürftige Menschen zu versorgen haben. Durch die Zunahme von Extremwettersituationen (Hitze, aber auch Verkehrsprobleme durch Starkniederschläge, im Winter auch als Schnee) kann es darüber hinaus zu manifesten Problemen bei der Versorgung älterer Menschen kommen. Eine gut denkbare Lösung ist hier ein direkter Beistand für ältere Personen aus der Nachbarschaft, z.B. für die regelmäßige Überwachung der Trinkmenge bei großer Hitze.

[14] Vgl. den folgenden Abschnitt.

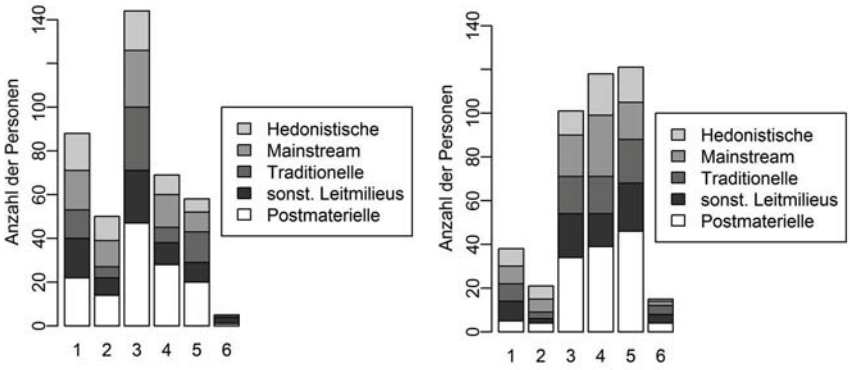


Abbildung 2: Absicht, Nachbarschaftshilfe umzusetzen, in den verschiedenen Milieus. Links: bei normalen Wetterverhältnissen, rechts: bei Extremhitze. Dabei bedeuten die Kategorien auf der x-Achse: 1=„nie"; 2=„einmal in 2 Wochen"; 3=„einmal wöchentlich"; 4=„3-4 mal wöchentlich"; 5=„täglich"; 6=„2-3 mal täglich".[15]

Die Bereitschaft zu Nachbarschaftshilfe wurde milieuspezifisch unter normalen Wetterverhältnissen als auch bei extremer Hitze betrachtet (Abbildung 2). Es zeigte sich zunächst einmal, dass eine Bereitschaft, nachbarschaftliche Hilfe zu leisten, in Extremhitzesituationen hochsignifikant mehr ausgeprägt ist als bei normalen Wetterverhältnissen. Das bedeutet, dass bei normalem Wetter eine Betreuung etwa einmal die Woche intendiert wird, bei Hitze aber durchaus mehrfach pro Woche.

Bei der milieuspezifischen Auswertung zeigt sich, dass die hedonistischen Milieus bei fast allen Items zur Nachbarschaftshilfe die niedrigsten Werte aufweisen (vgl. exemplarisch die Verhaltensintentionswerte in Abbildung 2), also am wenigsten zur Nachbarschaftshilfe prädestiniert sind. Ausgenommen davon allerdings sind die Fragen zu materiellen Anreizen für Nachbarschaftshilfe. Ein signifikanter Unterschied ist bei dem Item *„Wenn es Bonushefte gäbe, durch die man z.B. bei fünfmaliger Hilfeleistung in der Nachbarschaft einen Gutschein (z.B. für ein Restaurantbesuch etc.) erhalten würde, dann würde ich eher in der Nachbarschaft helfen."* zwischen Hedonisten (M = 2.29, SD = 1.36) und den Traditionellen (M = 1.66, SD = .93) vorzufinden. Daraus lässt sich ableiten, dass es bei den hedonistischen Milieus für eine gelingende Handlungsausführung tendenziell helfen könnte, materielle Anreize zu schaffen.

[15] Wir danken Dipl.-Psych. Urs Wenzel für die Mitarbeit bei der statistischen Auswertung.

Auch bei der Betrachtung der Vorhersagefaktoren für die Intention zu Nachbarschaftshilfe zeigten sich Unterschiede zwischen normalem Wetter und Extremhitzesituationen. Unter normalen Wetterbedingungen ist die Verhaltenskontrolle am bedeutendsten (z.B. „…kann ich die Zeit aufbringen.“, „…weiß ich was ich machen soll.“, etc.). Im Gegensatz dazu ist bei einer Extremhitzesituation die Einstellung die wichtigste Determinante für die Verhaltensabsicht. Dabei ist eine die Risikowahrnehmung ihrerseits als Prädiktor für die Einstellung bei Extremhitze wichtiger als unter normalen Wetterverhältnissen. Das daraus resultierende Bild ergibt, dass die Einschätzung eines tatsächlichen Risikos bei Extremwetter die Absicht zur Nachbarschaftshilfe (über eine entsprechende Einstellung) bedingt. Bei einer normalen Wetterlage hingegen werden Aspekte wie die verfügbare Zeit höher gewichtet (es liegt ja keine Ausnahmesituation vor).

5 Modellierung von Nachbarschaftshilfe

Funktionierende Nachbarschaftshilfe ist von allen potentiellen Helfern in einer Nachbarschaft erwünscht, da der negative Effekt ausbleibender Hilfe für die Risikopersonen für alle wahrnehmbar ist. Trotzdem steht jeder Einzelne vor der persönlichen Entscheidung, aktiv beizutragen oder passiv zu bleiben und auf das freiwillige Engagement der anderen Nachbarn zu zählen. Hierbei ist die gemeinsame Bereitstellung von Nachbarschaftshilfe als Resultat eines sozialen Mobilisierungsprozesses zu sehen, der durch die heterogene Zusammensetzung der Nachbarschaft und durch eine zeitliche Dynamik determiniert ist.

5.1 Methoden und Untersuchungsschritte

Um die Dynamik der sozialen Mobilisierung für Nachbarschaftshilfe sichtbar zu machen und zu untersuchen, kam im KUBUS-Projekt die Methode der agentenbasierten Computersimulation zum Einsatz. Im folgenden Abschnitt wird zunächst eine allgemeine Einführung dieses methodischen Ansatzes gegeben. Danach wird beschrieben, wie die Methode für den vorliegenden Fall der Nachbarschaftshilfe angewandt wurde. Hier wird insbesondere erläutert, wie die Heterogenität, also die Vielfalt menschlichen Entscheidens und Handelns für die Modellierung handhabbar gemacht wurde. Schließlich wird die empirische Einbettung und Initialisierung des Entscheidungsmodells dokumentiert. Es wird dazu gezeigt, wie in einer Computersimulation aus vorhandenen sozio-demographischen Daten für Nordhessen eine Population heterogener interagierender simulierter sog. Agenten konstruiert werden kann, welche wichtige Eigenschaften der nordhessischen Bevölkerung in stilisierter Form einer dynamischen Analyse zugänglich macht. Aus-

führliche Beschreibungen des Vorgehens und der Ergebnisse sind an anderer Stelle publiziert worden.[16]

Agentenbasierte Simulation sozialer Systeme

Die agentenbasierte Simulation sozialer Systeme (ABSS) hat sich in den letzten 20 Jahren zu einer wichtigen Methode in der Computersimulation entwickelt.[17] Die ABSS geht historisch-technisch gesehen auf die Verteilte Künstliche Intelligenz zurück. Die dort definierten Multiagentensysteme setzen individuelle Mechanismen auf der Mikroebene mit komplexen Wirkungszusammenhängen auf der Makroebene in Beziehung und leisten so einen Beitrag zur Mikrofundierung von Makrophänomenen im Allgemeinen.[18] Im Gegensatz zu anderen Arten der Modellierung wie z.B. System Dynamics,[19] die eine Perspektive auf der Makroebene beobachteter Phänomene einnehmen, werden hier die Makrophänomene von sozialen Systemen explizit als emergierend (hervorgehend) aus der Interaktion der Agenten erkannt. Agenten repräsentieren je nach Fall menschliche oder institutionelle Entscheider (auch Akteure genannt).

Die Betrachtung zeitlicher Dynamiken kommt bei der ABSS besonders zum Tragen, da die Entscheidungen der Agenten auf ihrer Erfahrung und auf der Interaktion mit anderen Individuen sowie der Umwelt basieren. Psychologische Handlungstheorien sind hier als Grundlage der modellierten Entscheidungsprozesse auf Ebene der einzelnen Agenten besonders geeignet, wenn sie ausdrücklich die Auswirkung von individuellem Handeln sowie deren Rückkopplung wieder zurück zum Entscheider, d.h. seiner subjektiven Wahrnehmung repräsentieren. Räumliche Beziehungen und Dynamiken werden dabei in einem dem Modellzweck angemessenen Detailliertheitsgrad repräsentiert. Insgesamt spielen bei der ABSS zeitliche Abfolgen und Koinzidenzen von sozialen wie umweltbezogenen Ereignissen eine wichtige Rolle für das beobachtete Makroverhalten. Zu dem wissenschaftlichen Gewinn aus der Anwendung von ABSS kommt die deskriptive Transparenz der Methode, die den Dialog mit Stakeholdern anregt und erleichtert.[20]

Agentenbasierte Simulation von Nachbarschaftshilfe

In diesem Abschnitt soll das Entscheidungsmodell der Agenten skizziert werden. Hierbei sind verschiedene Abstraktionen und Einschränkungen nötig. Grundan-

16 Vgl. Holzhauer et al. 2013; Krebs 2013; Krebs et al. 2013; Krebs et al. 2011.
17 Vgl. Gilbert 2008.
18 Vgl. Weiss 2001.
19 Vgl. etwa Bossel 2004; Forrester 1971.
20 Vgl. Epstein 2008.

nahme ist zunächst, dass Nachbarschaftshilfe als Gemeingut auf der Ebene von Agentengruppen erzeugt wird und in seiner Qualität oder Quantität von der Höhe der individuellen Beiträge der Gruppenmitglieder bestimmt wird. Die Agenten sind in ein simuliertes soziales Bekanntschaftsnetzwerk eingebunden, innerhalb ihrer Nachbarschaft, aber auch nachbarschaftsübergreifend. Die Agenten entscheiden jeweils über ihren individuellen Beitrag zur Nachbarschaftshilfe im nächsten Zeitschritt des Modells. Andere, überlagernde Verhaltensweisen werden im Modell ausgeblendet. Die Höhe des individuellen Beitrags wird im Sinne seiner Dienlichkeit bezüglich der subjektiven Präferenzen des jeweiligen Agenten bewertet. Diese Bewertung von Handlungsoptionen bettet sich in eine um Verteilungspräferenzen erweiterte Theory of Planned Behaviour ein. Die auszuführende Handlung wird bestimmt, indem die verfügbaren Investitionshandlungen bezüglich ihrer Dienlichkeit verglichen und die subjektiv beste ausgewählt wird.

Die Ableitung der individuellen Entscheidung über die Höhe des Beitrags zum Gemeingut basiert auf vier Einflussgrößen. Im Sinne der Theory of Planned Behaviour wird hier also das vorherzusagende Verhalten „berechnet". Die Faktoren repräsentieren jeweils:

- Die Einstellung in Form des erwarteten subjektiven Vorteils einer Beitrags zur Hilfeleistung, d.h. der Überzeugung, etwas auch für einen selbst Nützliches zu tun,
- die subjektive Norm, d.h. die Überzeugung, inwiefern andere eine Beitragshandlung erwarten, verbunden mit dem Wunsch, mit dieser Erwartung konform zu gehen,
- die Erwartung, dass ein Beitrag den eigenen Präferenzen bezüglich der Verteilung der Beiträge innerhalb der bereitstellenden Gruppe entspricht (wie viel leisten die anderen im Verhältnis zu mir?), und
- schließlich die wahrgenommene Verhaltenskontrolle im Sinne der dem Entscheider zur Verfügung stehenden Investitionsoptionen. In der Modellierung wird davon ausgegangen, dass ein Hilfeleistungsbeitrag jederzeit und ohne Einschränkung vorgenommen werden kann.

Die Einflussgrößen werden in der Simulation kontinuierlich durch die individuellen Wahrnehmungen der Agenten aktualisiert. Insbesondere der erwartete persönliche Nutzen einer Investitionshandlung variiert dabei stark – je nach situativem Kontext. Im Fall der Nachbarschaftshilfe ist dieser Nutzen hoch während einer Hitzewelle und sonst eher gering.

Die relative Wichtigkeit von Einstellung, subjektiver Norm und Verteilungspräferenzen im individuellen Entscheidungsprozess eines jeden Agenten wird in Form von numerischen Gewichten hinterlegt. Über diese Gewichtungen lassen sich verschiedene Typen von Entscheidern definieren, z.B. solche, die sich stark an sozialen Normen orientieren und den persönlichen Nutzen relativ geringer gewichten, oder solche, für die besonders ausschlaggebend ist, dass die Beiträge der Gruppenmitglieder gerecht verteilt sind. Im Modell leiten diese typspezifischen Präferenzen die simulierten Entscheidungen eines Agenten über seinen Beitrag zur Nachbarschaftshilfe. Diese Art der Handlungsauswahl repräsentiert damit den kognitiv aufwändigen Prozess des sog. deliberativen, bewussten Entscheidens durch Bewertung von und Abwägen zwischen verschiedenen Handlungsalternativen. Im Alltagsverhalten findet deliberatives Entscheiden meist in neuen, unbekannten Situationen statt, oder aber wenn externe Bedingungen (beispielsweise zusätzliches Faktenwissen) die Neubewertung einer bereits bekannten Situation erfordern. Der überwiegende Anteil des Alltagsverhaltens wird jedoch durch Gewohnheitshandeln bestimmt. Im Modell werden solche Routinen „gelernt", indem wiederholt erfolgreiche Verhaltensweisen als simuliertes Gewohnheitsverhalten in bestimmten Situationen beibehalten werden.

Empirische Einbettung

Der erste wichtige externe Treiber des Modells basiert auf regionalen Klimaprognosen für das Zielgebiet.[21] Verwendet wird eine Zeitreihe der täglichen maximalen Lufttemperatur von 2001 bis 2020. Ist dieser Wert höher als 30° Celsius, so wird von den Agenten ein Hitzetag wahrgenommen, d.h. der Nutzen von Nachbarschaftshilfe wird hoch gewichtet. Ist dagegen die Maximaltemperatur kleiner als 30° Celsius, wird dieser Nutzen im Entscheidungsmodell der Agenten gering gewichtet.

Eine wichtige Quelle für die Komplexität menschlichen Gruppenverhaltens ist die Heterogenität der Personen. Wie weiter oben bereits beschrieben, nutzen wir die Kategorisierung von Personen zu Lebensstilen nach dem Sinus-Milieu-Ansatz. Um die Lebensstilheterogenität des Zielgebiets in der Agentenpopulation zu repräsentieren, werden kommerzielle Daten der Firma Microm®[22] verwendet, die für räumlich verortete Marktzellen von etwa der Größe eines Straßenzugs die Zusammensetzung der dortigen Bevölkerung nach Sinus-Milieus® beschreiben. Die Grundidee ist, dass jede Milieugruppe (also Leitmilieus, Traditionelle, Mainstream

[21] Vgl. Hollweg et al. 2008; Matovelle, Rötzel 2009a, 2009b.

[22] Micromarketing Systeme und Consult GmbH – Microm Consumer Marketing; www.microm-online.de.

und Hedonisten) durch jeweils einen Agententyp repräsentiert wird, und dies pro räumlich aufgelöster Einheit. Die vier Agententypen unterscheiden sich in ihren typspezifischen Präferenzen bei der modellierten Handlungsauswahl.

Die Microm® Daten repräsentieren pro Markzelle einige Hundert Haushalte. Auf Grundlage dieser Daten werden die Agenten für die gesamte Modellregion Nordhessen erzeugt und sozial vernetzt.[23] Die Agenten entsprechen dabei in ihrer Zusammensetzung und Anzahl der milieuspezifischen Komposition der jeweiligen Marktzellen und werden entsprechend räumlich angeordnet und zu Nachbarschaften zusammengefasst. Das persönliche, soziale Netzwerk eines Akteurs umfasst Familien-, Kollegen-, Freundschafts- oder Bekanntschaftsnetzwerke. Im Modell wird die Einbettung ins soziale Netzwerk durch Links zu entsprechenden anderen Agenten modelliert, über welche Informationen ausgetauscht werden können und soziale Beeinflussung stattfindet. Der Algorithmus zur Generierung der sozialen Netzwerke berücksichtigt zum einen die milieuspezifischen Netzwerkpräferenzen (Anzahl der Netzwerkpartner, Anteil flächenübergreifender Vernetzung). Zum anderen beachtet er sowohl lokale Effekte der Basis-Homophilie (das Knüpfen lokaler Netzwerkbeziehungen wird durch die örtliche Zusammensetzung potentieller Netzwerkpartner beeinflusst) als auch allgemeine Effekte der Umgangs-Homophilie (Umgang mit bestimmten sozialen Gruppen und persönliche Präferenzen wirken sich auf die Netzwerkbeziehungen aus).[24] Empirisch ermittelte Netzwerkeigenschaften (Gruppenbildung und kurze Durchschnittspfadlängen) werden durch flächenübergreifende Netzwerkbeziehungen erzielt. Da die Microm®-Daten auch für zwei Zukunftsprojektionen innerhalb des Simulationshorizonts vorliegen (für die Jahre 2015 und 2020), kann die Anzahl und Zusammensetzung sowie die Vernetzung der Agenten im Laufe der Szenariensimulation kontinuierlich angepasst werden.

Modellinitialisierung und Indikatoren

Das Modell wurde initialisiert für das Stadtgebiet von Kassel, bestehend aus 23 statistischen Bezirken, deren Bevölkerung durch insgesamt 196 Microm® Markzellen beschrieben wird. Für die Zielregion wurden 459 Agentengruppen mit jeweils 20 Individuen initialisiert, d.h. mit insgesamt 9.180 Agenten. Deren Gedächtnisstrukturen sind zunächst leer, d.h. sie haben noch kein Hilfeleistungs-Gewohnheitshandeln und beginnen mit geringen (normalverteilten) Investitionsniveaus. Die Simulationen starten mit einer „Aufwärm"-Phase mit der beschriebenen empirischen Wettersequenz von 2001 bis 2010. Nach dieser sog. Baseline-

[23] Vgl. Holzhauer et al. 2013.
[24] Vgl. McPherson, Smith-Lovin & Cook 2001.

Periode sind die Wahrnehmungen, Gedächtniseinträge und Verhaltensweisen plausibel initialisiert und repräsentieren im Kontext des Modells den Status Quo der Simulation für das Jahr 2010.

Für den Zeitraum der Szenarien, d.h. von 2011 bis 2020, wurden die Effekte von verschiedenen Interventionsszenarien untersucht. Im Fokus stehen dabei Mobilisierungskampagnen wie z.B. das Verteilen von Informationsmaterial. Der Effekt einer Mobilisierung wird auf der Ebene der Individuen repräsentiert, indem die Agenten während einer Mobilisierungsmaßnahme durch die Informationskampagne angestoßen werden, aus ihrem Gewohnheitsverhalten auszuscheren und deliberativ zu entscheiden, d.h. über das Problem Nachbarschaftshilfe überhaupt nachzudenken. Im Weiteren wird eine solche Interventionsmaßnahme in der Simulation betrachtet und analysiert. Dazu werden während der simulierten Hitzewellen speziell Nachbarschaftsgruppen mit geringem Erfolg in der Bereitstellung von nachbarschaftlicher Hilfe die Adressaten von gezielten Mobilisierungsmaßnahmen. In den Simulationsläufen starten die modellierten Interventionskampagnen jeweils 2013 und enden 2015.

5.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse zur räumlichen Verteilung von Hilfeleistung berichtet. Hierzu wird für die simulierten Nachbarschaftsgruppen jeweils der durchschnittliche Erfolg der Nachbarschaftshilfe berechnet. Diese Daten werden dann räumlich auf Ebene der statistischen Bezirke der Stadt Kassel aggregiert. Die unterschiedliche Bevölkerungsdichte der jeweiligen statistischen Bezirke wird durch einen Kreis veranschaulicht, dessen Durchmesser proportional zu der Anzahl der für diesen Bezirk simulierten Nachbarschaftsgruppen ist.

Dieser Diagrammtyp ermöglicht es u.a., räumliche Regionen mit höherem oder geringerem Potential für selbstorganisierte Nachbarschaftshilfe zu identifizieren. Abbildung 3 zeigt die räumliche Heterogenität der Ergebnisse für den Raum Kassel während des Baseline-Zeitraums, d.h. ohne Intervention. Aufgrund der repräsentierten räumlich unterschiedlichen sozialen Zusammensetzung der Nachbarschaften nach Milieugruppen zeigt sich, dass im Modell erfolgreiche Nachbarschaften eher in städtischen Randgebieten und besonders im westlichen Stadtgebiet liegen. Für den Rest des Zielgebiets zeigt das Modell nur einen geringen Erfolg der freiwilligen Nachbarschaftshilfe.

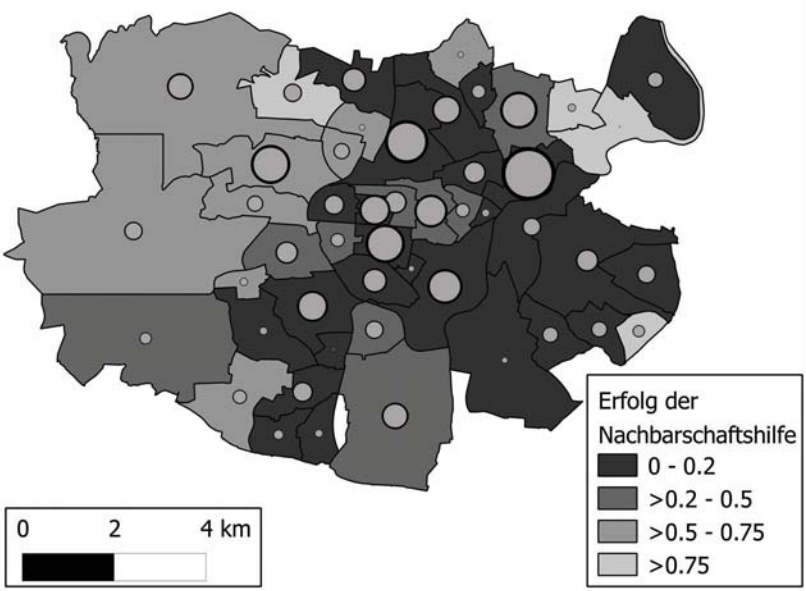


Abbildung 3: Räumliche Verteilung des Erfolgs der Nachbarschaftshilfe aus den Simulationsergebnissen mit dem KUBUS-Modell für den Raum Kassel im Baseline-Zeitraum.[25] Die Daten sind räumlich aggregiert nach statistischen Bezirken und veranschaulichen den durchschnittlichen Erfolg der Nachbarschaftshilfe zwischen 2008 und 2010: je heller der Grauton, desto höher die Wahrscheinlichkeit des Erfolgs. Der Durchmesser der Kreisscheiben repräsentiert die modellierte Bevölkerungsdichte.

Aus den Daten lässt sich nachweisen, dass sich das modellierte Verhalten der Agenten an die beiden betrachteten Wettersituationen adaptiert. Weiterhin sieht man für den Fall von Hitzewellen eine verlangsamte Konvergenz der simulierten Verhaltensweisen, was eine fortlaufende, aber schwierige Verhaltenskoordination auf der Mikroebene der Agentengruppen zurückzuführen ist. Dieser Prozess der sozialen Koordination ist ein typisches Merkmal des Handelns im Gemeingutdilemma, der im Modell als Struktur enthalten ist. Ebenso zeigt sich, dass die Stadtbereiche in plausibler Weise je nach der sozialen Zusammensetzung ihrer Nachbarschaften unterschiedlichen Erfolg der sozialen Mobilisierung zeigen.

[25] Abbildung basiert auf Krebs et al. 2013.

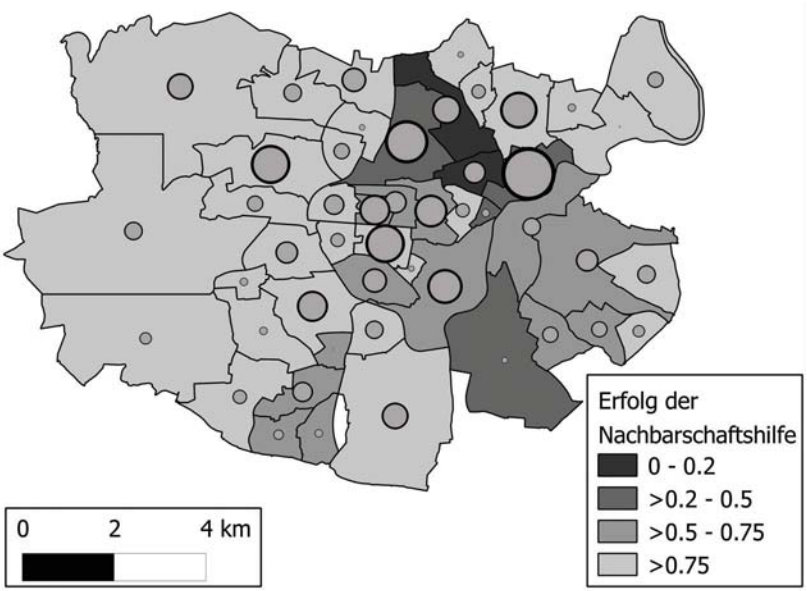


Abbildung 4: Räumliche Verteilung des Erfolgs der Nachbarschaftshilfe aus den Simulationsergebnissen mit dem KUBUS-Modell für den Raum Kassel im Interventions-Zeitraum.[26] Die Daten sind räumlich aggregiert nach statistischen Bezirken und veranschaulichen den durchschnittlichen Erfolg der Nachbarschaftshilfe zwischen 2018 und 2020: je heller der Grauton, desto höher die Wahrscheinlichkeit des Erfolgs. Der Durchmesser der Kreisscheiben repräsentiert die modellierte Bevölkerungsdichte.

Abbildung 4 zeigt nun die Ergebnisse für die Interventionsphase, d.h. nach einer simulierten dreijährigen Informationskampagne, welche sich in gezielter Weise an solche Nachbarschaften richtet, die bisher noch keine erfolgreiche Umsetzung der kollektiven Hilfeleistung erreicht hatten. Es zeigen sich drei Bereiche, die sich in dem simulierten Potential für Nachbarschaftshilfe unterscheiden: Hoher Erfolg der Nachbarschaftshilfe ist im westlichen Stadtgebiet und in einigen östlichen Randbereichen zu erwarten. Im Zentrum und östlich davon zeigt sich sichtbarer, aber mäßig ausgeprägter Erfolg der Nachbarschaftshilfe.

[26] Abbildung basiert auf Krebs et al. 2013.

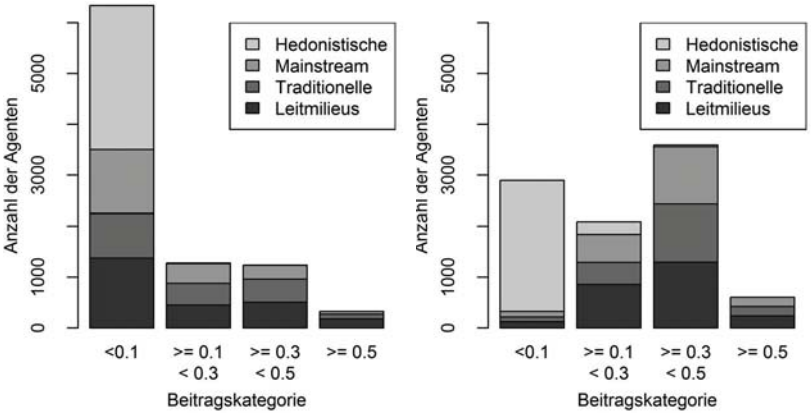


Abbildung 5: Die Heterogenität des simulierten Agentenverhaltens während Hitzewellen vor (links) und nach (rechts) einer Intervention.[27] Agenten werden gruppiert bezüglich ihres durchschnittlichen Beitrags zur Nachbarschaftshilfe in den letzten drei Jahren des jeweiligen Betrachtungszeitraums (2008-2010 im linken Diagramm und 2018-2020 im rechten Diagramm) und bezüglich ihrer Milieugruppe.

In diesen dichtbewohnten Bereichen ist eine hohe Varianz des Erfolgs der Nachbarschaftshilfe zwischen Nachbarschaftsgruppen zu erwarten, d.h. manche Gruppen schaffen es, manche nicht. Nördlich des Zentrums zeigen die Simulationen einen dritten räumlichen Bereich mit geringerem Potential für Nachbarschaftshilfe. Dort scheint die Intervention kaum Einfluss auf die Verhaltensweisen zu zeigen.

Abbildung 5 veranschaulicht die Heterogenität des simulierten Agentenverhaltens während der Hitzewellen. In der Abbildung erkennt man die jeweiligen durchschnittlichen Beiträge zur Hilfeleistung der vier Lebensstilgruppen in den letzten drei Jahren des jeweiligen Betrachtungszeitraums (2008-2010 für die Baseline-Periode und 2018-2020 für das Interventionsszenario). Die Auswirkung der Intervention auf individuelle Verhaltensweisen wird insbesondere deutlich, wenn man die Verteilung der auftretenden Beiträge zur Nachbarschaftshilfe zwischen der Baseline und dem Interventionsszenario vergleicht: Während sich die Anzahl der Agenten, die nichts oder wenig beitragen, durch die Intervention um mehr als 50% reduziert, ist ein starker Zuwachs insbesondere in der dritten Beitragskategorie (0,3 – 0,5) zu sehen. Zusätzlich zeigen die Aufschlüsselungen nach Milieus, dass die simulierte Intervention bei allen Milieugruppen außer den hedonistischen „greift". Leitmilieus und Traditionelle dominieren die höchsten Beitragskategorien; Mainstreammilieus passen ihr Verhalten an die Leitmilieus an und sind zu

[27] Abbildung basiert auf Krebs et al. 2013.

deutlichen Anteilen in den mittleren Beitragsklassen vertreten. Im Gegensatz dazu verbleibt eine große Mehrheit der hedonistischen Milieugruppe auch nach der Intervention in der untersten Beitragsklasse. Nur ein geringer, aber doch sichtbarer Anteil der hedonistischen Milieugruppe erhöht durch die Intervention seine Beiträge und erscheint dadurch in der zweiten Beitragskategorie. Bei diesen Agenten wirken auf der Ebene des individuellen Verhaltens Konformitätsbedürfnisse und egoistische soziale Orientierungen gegenläufig; egoistische Präferenzen werden „überschrieben" von dem Streben nach sozial konformen Verhalten, hier zum Nutzen des Gemeinguts.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Simulationen des Interventionsszenarios drei Schlussfolgerungen unterstützen:

- Mobilisierungsmaßnahmen können einen Übergang des Beitragsverhaltens von Passivität zu reflektierter Hilfeleistung auslösen und neue Gewohnheiten etablieren, die zur Verbesserung der Nachbarschaftshilfe führen.
- Die größte Verhaltensänderung zeigen Leitmilieus, Traditionelle und auch Mainstreammilieus. Betrachtet man lediglich „weiche" Interventionen, die auf eine freiwillige Verhaltensänderung durch eine individuelle Neubewertung etablierter Gewohnheiten abzielen, so wird man möglicherweise kaum Erfolge in der hedonistischen Milieugruppe erreichen können. Als Resultat wird dadurch eine vollständige, flächendeckende Mobilisierung verhindert.
- Die Auswertungen der Simulationen zeigen auch, dass die Bereiche mit geringem Mobilisierungspotential im Zielgebiet räumlich eingrenzbar sind. Die Simulationen unterstützen die Vermutung, dass in diesen Stadtteilen die betrachtete Art von Mobilisierungskampagnen zunächst wenig Erfolg verspricht.

6 Schlussfolgerungen für die Anpassung an den Klimawandel

In diesem Teilprojekt wurde ein psychologischer Zugang zur subjektiven Wahrnehmung des Klimawandels in der nordhessischen Bevölkerung gewählt. Die Ergebnisse zeigen dabei aber klar über das Erhebungsgebiet hinaus.

Die Resultate der Panel-Befragung über drei aufeinanderfolgende Jahre zeigen, dass die Bewohner den Klimawandel als näher kommend empfinden. Ihre Absicht, substantielle Anpassungsmaßnahmen an Eigentum und Verhalten (Ausnahme: Wegzug) vorzunehmen, sind ausgeprägt, allerdings erst dann, wenn es wirklich notwendig wird – nicht sofort. Insgesamt sind die Intentionen zur Verhaltensänderung sehr gut theoretisch beschreib- und vorhersagbar. Dabei zeigt

sich auch, dass Personen, welche Risiken auch in anderen Bereichen des Lebens höher einschätzen, auch klar mehr gewillt sind, Anpassungsmaßnahmen durchzuführen. Im Fall der Nachbarschaftshilfe ergibt sich, dass bei extremer Hitze andere Überlegungen (etwa: das ist ein Notfall, es muss etwas getan werden) zum Tragen kommen als bei normaler Witterung (wie bekomme ich Nachbarschaftshilfe in meinen Tagesablauf integriert?).

Für die Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Klimawandelanpassung lässt sich aus der Befragung wie aus der Simulation in gleicher Weise Folgendes ableiten: Informationskampagnen erzeugen zusätzliches Wissen und bedingen, dass Personen über etwas nachzudenken beginnen, was sie bisher gewohnheitsmäßig „erledigt" haben. Ziel ist es immer, neue, adaptierte Gewohnheiten zu bilden durch eine Bewusstmachung ihrer Wichtigkeit für die Gemeinschaft. Die Information ist dabei umso wirksamer, je spezifischer sie eingesetzt wird. Das gilt zum einen für die Adressierung bestimmter Lebensstilgruppen. So lassen sich die Leitmilieus, und hier insbesondere das Postmaterielle Milieu, leichter für eigene Aktivitäten bei kollektiven Anpassungsmaßnahmen gewinnen als andere Milieugruppen. Bei ihnen kann eine Kommunikation als besonders wirkungsvoll angesehen werden. Zum anderen reicht es, solche Kampagnen zur Initiierung von Nachbarschaftshilfe gezielt durchzuführen: bestehende, funktionierende Gruppen müssen nicht noch einmal angesprochen werden. In jedem Fall ist eine funktionierende Koordination der einzelnen Beiträge (wer trägt wie viel bei?) innerhalb der Nachbarschaftsgruppen zu ihrem dauerhaften Funktionieren erforderlich.

Es gibt allerdings auch Hinweise aus der Simulation darauf, dass es Nachbarschaften gibt, in welchen es aufgrund ihrer Zusammensetzung hinsichtlich der Lebensstile schwierig sein könnte, sie ausschließlich mittels einer Informationskampagne zu mobilisieren. Hier könnten finanzielle Anreize zur Erzeugung einer privaten Nachbarschaftshilfe einen weiteren Schritt darstellen. Allerdings könnte das auch als Hinweis genutzt werden, professionellen Diensten zu Zeiten mit Extremwetterereignissen zu empfehlen, gerade diesen recht gut eingrenzbaren Stadtteilen besondere Aufmerksamkeit zukommen zu lassen.

Literatur

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckman (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11–39). Heidelberg: Springer.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50*(2), 179–211.

Ajzen, I. & Fishbein, M. (2005). The Influence of Attitudes on Behavior. In B. T. Johnson, D. Albarracin, & M. P. Zanna (Eds.), *The handbook of attitudes* (pp. 173–221). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Bamberg, S. & Schmidt, P. (2003). Incentives, Morality, or Habit? Predicting Students' Car Use for University Routes With the Models of Ajzen, Schwartz, and Triandis. *Environment and Behavior, 35*(2), 264–285.

Bossel, H. (2004). *Systeme, Dynamik, Simulation: Modellbildung, Analyse and Simulation komplexer Systeme.* Norderstedt: Books on Demand.

Bourdieu, P. (1984). *Distinction: A social critique of the judgement of taste.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Dawes, R. M. (1980). Social dilemmas. *Annual Review of Psychology, 31*, 169-193.

Epstein, J. M. (2008). Why Model? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 11*(4), 12. Online im Internet: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/12.html.

Ernst, A. (2008). Ökologisch-soziale Dilemmata. In E.D. Lantermann & V. Linneweber (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Serie IX, Umweltpsychologie, Bd. 1.* (S. 569-605). Göttingen: Hogrefe.

Forrester, J.W. (1971). *Der teuflische Regelkreis. Das Globalmodell der Menschheitskrise. Öffentliche Wissenschaft.* Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.

Gilbert, N. (2008). *Agent-based models. Quantitative applications in the social sciences: Vol. 153.* Los Angeles, CA: Sage Publ.

Gröger, M. (2011). Lifestyles and Their Impact on Energy-Related Investment Decisions. *Low Carbon Economy, 02*(02), 107–114.

Hollweg, H., Böhm, U., Fast, I., Hennemuth, B., Keuler, K., & Keup-Thiel, E. (2008). *Ensemble Simulations over Europewith the Regional Climate Model CLMforced with IPCCAR4 Global Scenarios*. Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg. Online im Internet: http://www.mad.zmaw.de.

Holzhauer, S., Krebs, F. & Ernst, A. (2013). Considering baseline homophily when generating spatial social networks for agent-based modelling: *Computational and Mathematical Organization Theory, 19*(2), 128-150. Online im Internet: http://dx.doi.org/10.1007/s10588-012-9145-7.

Krebs, F. (2013). *Decision-Making in Public Good Dilemmas: Theory and Agent-Based Simulation*. Dissertation. Kassel: Universität Kassel. Online im Internet: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2013051442711.

Krebs, F., Holzhauer, S. & Ernst, A. (2013). Modelling the Role of Neighbourhood Support in Regional Climate Change Adaptation. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1-27. Online im Internet: http://dx.doi.org/10.1007/s12061-013-9085-8.

Krebs, F., Holzhauer, S. & Ernst, A. (2011). Public Good Provision in Large Populations: The Case of Neighbourhood Support in Northern Hesse. *Proceedings of the European Social Simulation Conference 2011.* Montpellier: CIRAD.

Matovelle, A., Simon, K. & Rötzel, S. (2009a). *Klimawandel in Nordhessen: Teil 1: Klimaprojektionen allgemein.* Dossier des Teilprojektes S1 im KLIMZUG-Nordhessen Verbund. Kassel: Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel.

Matovelle, A., Simon, K. & Rötzel, S. (2009b). *Klimawandel in Nordhessen: Teil 2: Aufgelöste Klimaprojektionen.* Dossier des Teilprojektes S1 im KLIMZUG-Nordhessen Verbund. Kassel: Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel.

McPherson, M., Smith-Lovin, L. & Cook, J. M. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual Review of Sociology, 27*, 415–444.

Reusswig, F. (1999). Umweltgerechtes Handeln in verschiedenen Lebensstil-Kontexten. In V. Linneweber & E. Kals (Eds.), *Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften. Umweltgerechtes Handeln: Barrieren und Brücken* (pp. 49–69). Berlin: Springer.

Rink, D. (2002). *Lebensstile und Nachhaltigkeit: Konzepte, Befunde und Potentiale. Reihe Soziologie und Ökologie: Vol. 7.* Opladen: Leske + Budrich.

Sinus Sociovision GmbH (2005). *Die Sinus-Milieus in Deutschland 2005: Informationen zum Forschungsansatz und zu den Milieu-Zielgruppen.* Heidelberg.

Strathman, A., Gleicher F., Boninger D.S. & Edward C.S. (1994). The Consideration of Future Consequences - Weighting Immediate and Distant Outcomes of Behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, *66*(4), 742–752.

Weiss, G. (Ed.) (2001). *Multiagent systems - a modern approach to distributed artificial intelligence* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Wippermann, C., Flaig, B.B., Calmbach, M., Sinus Sociovision GmbH, Kleinhückelkotten, S. & ECOLOG (2009). *Repräsentativumfrage zum Umweltbewusstsein und Umweltverhalten im Jahr 2008. Umweltbewusstsein und Umweltverhalten der sozialen Milieus in Deutschland.* Umweltbundesamt (UBA): Dessau-Roßlau. Online im Internet: www.umweltbundesamt.de.

Klimaanpassung als Herausforderung für Unternehmen – Empirische Befunde und strategische Optionen

Jürgen Freimann, Carsten Mauritz, Michael Walther

Übersicht

1 Klimaanpassung und Unternehmen ... 593
2 Klimaanpassung in Nordhessen ... 595
3 Theoretischer Hintergrund ... 595
3.1 Analyserahmen unternehmerischer Klimaanpassung ... 595
3.2 Risiko vs. Unsicherheit: Vulnerabilität und Resilienz ... 597
3.3 Systematik der unternehmenspolitischen Einfluss- und Wirkungsebenen ... 599
3.4 Forschungsfragen ... 602
4 Empirische Methodik ... 602
5 Empirische Befunde ... 603
5.1 Stand der weiteren empirischen Forschung ... 603
5.2 Allgemeine Befunde ... 604
5.3 Detail-Befunde zu den forschungsleitenden Fragen ... 607
6 Zusammenfassung und Ausblick ... 613
6.1 Befunde ... 613
6.2 Perspektiven: Umrisse eines strategischen Anpassungsmanagements ... 614
Literatur ... 618

1 Klimaanpassung und Unternehmen

Unternehmen sind sowohl Mitverursacher als auch Betroffene des Klimawandels. Daher haben sie zum einen aus bürgerschaftlicher Verantwortung und zum anderen auch aus dem eigenen Interesse heraus, sich selbst gegen klimawandelbedingte Beeinträchtigungen zu schützen und Fähigkeiten zu ihrer Bewältigung zu entwickeln, die Aufgabe und das Interesse, an gesellschaftlichen Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung mitzuwirken.

Bemühungen um den Klimaschutz – zur Vermeidung heftigerer Klimaänderungen – haben inzwischen in Deutschland den Weg bis in die Mitte der Gesellschaft gefunden und zu umfangreichen Maßnahmenpaketen geführt. Die sowohl als Akteure als auch über ihre Beschäftigten mit der Gesellschaft verbundenen Unter-

nehmen machen hier keine Ausnahme. Das Thema Klimaschutz hat über diverse Einflusskanäle den Weg in die Unternehmen gefunden und ist betriebliche Realität und Normalität.

Da jedoch selbst bei vollständiger Reduktion klimaschädlicher Emissionen Klimaveränderungen unvermeidlich sind, mahnt die Politik zusätzlich Vorkehrungen zur Klimaanpassung an, d.h. zu bereits heute einzuleitenden Maßnahmen der Schadensabwehr. Diesbezüglich fällt die Reaktion der Bürger dagegen zumeist eher verhalten aus. „So what?" ist auch der Normalunternehmer geneigt zu fragen, „wie soll ich heute mit einem Phänomen umgehen und gezielte Vorkehrungen treffen, das ich nicht selbst beobachten kann und über dessen zukünftige Entwicklungen ich nur in sehr vagen Projektionen Kenntnis bekomme, die ihrerseits für Mitteleuropa kaum Anlass zu ernsthaften Befürchtungen geben?"

Für Unternehmen gilt dies sogar in stärkerem Ausmaß. Als marktliche Akteure unterliegen sie einem schnellen Sanktionsmechanismus. Zwar ist die Anpassung an sich verändernde Bedingungen (ebenso wie die aktive Beeinflussung der Umweltbedingungen) Kernbestandteil unternehmerischer Tätigkeit, als Pfadabhängigkeiten unterliegender Kostenfaktor aber eben auch hochkritisch: Nicht nur Investitionen in die Anpassung an fehlerhafte Projektionen, sondern auch zu frühe oder zu starke Anpassung können sich als existenzgefährdend erweisen.

Auf der anderen Seite lassen sich in Unternehmen Klimaschutzmaßnahmen beobachten, die weder mit ökonomischen Vorteilen korrespondieren (Ressourceneinsparungen, Absatzpotentiale) noch gesetzlich vorgeschrieben sind. Hier erzeugen Unternehmen ein öffentliches Gut, das der Allgemeinheit zu Gute kommt. Anpassung an den Klimawandel dagegen ist ein wettbewerbsrelevantes privates Gut der Unternehmen. Damit ist das Thema stark anschlussfähig an etabliertes unternehmerisches Denken.

An dieser Stelle sind auf allen Entscheidungs- und Handlungsebenen die aktuelle und potentielle Verankerung und Bearbeitung von Klimaanpassung in Unternehmen in den Blick zu nehmen. Zwischen normativen Überzeugungen und konkreten operativen Handlungsmöglichkeiten ist dabei die strategische Ebene von besonderer Relevanz.

Der Analyse dieser Aspekte widmete sich das Teilprojekt „Klimawandel unternehmerisch gestalten" (KLUG).[1]

[1] Am Teilprojekt KLUG wirkte außerdem Tillmann Blume mit, dem die Autoren an dieser Stelle für seine Mitwirkung auch an diesem Text danken.

2 Klimaanpassung in Nordhessen

Nordhessen steht als Pilotregion für viele andere ähnlich betroffene Binnenlandregionen in Deutschland, die voraussichtlich physisch eher mäßig vom Klimawandel betroffen sein werden. Auch wenn also kein im strengen Sinne repräsentatives Bild über die deutsche Unternehmenslandschaft und ihren Umgang mit dem Klimawandel gezeichnet wird, stehen die erzielten Befunde doch beispielhaft für die Unternehmen in ähnlich unspektakulär vom Klimawandel direkt betroffenen Regionen Deutschlands und Europas.

Dabei sind sowohl die Unternehmensstrukturen, bereits getroffenen Entscheidungen und unternommenen Maßnahmen sowie die damit verbundene Offenheit für und Anschlussfähigkeit des Themas Klimaanpassung auf Basis der vorliegenden Szenarien verallgemeinerbar.

Bei aller stetigen Verbesserung der Klimaszenarien sind diese zwar gut geeignet, Aufmerksamkeit auch der Unternehmen auf sich zu ziehen, passen aber bezüglich der Langfristigkeit, Unsicherheiten und fehlenden Kleinräumigkeit noch immer nicht in die etablierten Risikomanagementsysteme.

Auf der Seite der Maßnahmen trifft das Thema auf technisch dominiertes Klimaschutzdenken, das bisher kaum auf der organisationalen Ebene angekommen ist. Dazu kommt die anhaltende effizienzorientierte Verschlankung von Unternehmen, die ebenfalls weit über Nordhessen hinaus ein dominierendes Merkmal darstellt.

3 Theoretischer Hintergrund

3.1 Analyserahmen unternehmerischer Klimaanpassung

In unserem Verständnis sind Unternehmen offene soziotechnische Systeme, die einer Vielzahl von Einflüssen unterliegen. Im Zuge der fortgesetzten Sicherung des Unternehmensbestandes ist dabei die Gewinnerwirtschaftung von zentraler Bedeutung. Dennoch wäre es verkürzt, Unternehmen als allein von monetären Einflussgrößen bestimmt zu sehen.[2] Differenziert zu betrachtende Einflussgrößen unternehmerischen Handelns sind insbesondere

- äußere Impulse und Einflüsse, etwa von Seiten der Kunden, des Staates, von Wettbewerbern oder seitens der Öffentlichkeit,
- Pfadabhängigkeiten durch Lock-in-Effekte und etablierte Routinen,
- Einflüsse der Unternehmenskultur,

[2] Vgl. Freimann 2011.

- ethisch-normative Einstellungen der Akteure in Unternehmen sowie
- Eigennutzdenken einzelner unternehmerischer Akteure.

Entscheidungen und Handlungen in Unternehmen sind strukturell eingebettet. Strukturen lassen sich definieren als „generalisierte Verhaltenserwartungen".[3] Damit sind sowohl die Erwartungen an andere Akteure als auch deren Erwartungen angesprochen.

Giddens folgend wird in die Strukturdimensionen der (Regeln der) Legitimation, (Regeln der) Signifikation und allokativer und autoritativer Ressourcen unterschieden. Strukturen werden dabei grundsätzlich als Bündel aller drei Dimensionen gedacht.[4]

Strukturen und individuelles Handeln sind rekursiv miteinander verknüpft. Handlungen orientieren sich an Strukturen, können diese aber auch verändern, weil Strukturen zum einen (subjektiv) wahrgenommen werden müssen und Individuen zum anderen grundsätzlich handlungsautonom sind. Systemdynamik entspringt aus Abweichungen (unerkannte Handlungsbedingungen und unbeabsichtigte Handlungsfolgen) von einem ansonsten sich selbst verstärkenden Prozess. Soziale Systeme sind damit dynamisch und historisch, sie entwickeln sich auf fortlaufenden Pfaden. Strukturen bieten den Akteuren einerseits Orientierungshilfe und begrenzen andererseits sowohl die wahrgenommenen als auch die tatsächlich verfügbaren Handlungsmöglichkeiten. Auch solche Pfadbeschränkungen sind aber dynamisch. Es werden aufgrund des Wegfalls oder der Überwindung struktureller Beschränkungen regelmäßig neue Handlungsfelder erschlossen.[5]

Wahrnehmungen und die daraus resultierenden Entscheidungen und Handlungen sind stets subjektiv, unvollständig und häufig unbewusst und damit bestenfalls intendiert rational.[6] Die menschliche Fähigkeit, eigene (und fremde) Wahrnehmungen, Entscheidungen, Handlungen und ihre Auswirkungen bewusst zu reflektieren, führt zu Rationalisierungen, sowohl ex ante als auch – weitaus häufiger – ex post. Sinngebung ist typischerweise ein retrospektiver Prozess.[7] Da diese Reflektionen wiederum durch unbewusste Faktoren beeinflusst werden, bleiben auch sie subjektiv. Menschen agieren zudem in einem hochkomplexen Feld überlappender Sozialsysteme mit jeweils eigenen Strukturen, ohne in der Lage zu sein, zwischen ihnen zu unterscheiden und bewusst zwischen Rollen und Sozialsystemen zu wechseln.

---

3 Luhmann 1984.
4 Giddens 1984.
5 Vgl. Schreyögg et al. 2003.
6 Bereits Simon 1957.
7 Vgl. Weick 1995.

Obwohl gerade in Unternehmen formale Strukturen und bewusstes Handeln eine größere Rolle spielen als in anderen Sozialsystemen, ist die Sinndimension dennoch zentral für die Erklärung unternehmerischer Entscheidungen und Handlungen. Dies gilt insbesondere für Fragen nach der Anschlussfähigkeit neuer Themen wie Klimawandel und -anpassung. Dabei ist dann zur Erklärung aktueller Sinnkonstruktionen und Wahrnehmungsmuster in einem zweiten Schritt auch nach den Beziehungen zu weiteren Strukturdimensionen verschiedener Sozialsysteme zu fragen.

Zu den oben beschriebenen Einflussgrößen gesellt sich nun der Klimawandel als eine Veränderung äußerer Einflüsse aus dem natürlichen System. Im Gegensatz zur Quellen/Senken-Betrachtungsweise natürlicher Systeme, die sinnhaft z.B. als freies Gut, monetär bewertbarer Faktor oder vor Eingriffen zu schützendes System begriffen werden können, lenkt Klimawandel den Blick stärker auf Rückwirkungen aus der Natur, die sinnhaft angeschlossen werden können oder müssen: als ansatzweise kalkulierbare Risiken (Chancen) ebenso wie als unvorhersehbare Gefahren.

Je stärker ein solches Thema von den Verantwortlichen unternehmenspolitisch mit Sinn belegt wird, desto intensiver wird es bearbeitet und in das Handlungsgefüge des Unternehmens integriert. Die Analyse unternehmerischer Wahrnehmungs- und Bewertungsmuster liefert zudem Hinweise darauf, welche Rahmenbedingungen für eine Verhaltensänderung der Akteure erforderlich sind.

3.2 Risiko vs. Unsicherheit: Vulnerabilität und Resilienz

Was wird im Rahmen der Klimaanpassung nun von Unternehmen erwartet, was können diese tun? Wie lassen sich unternehmerische Strategien und Maßnahmen auf die Leitkonzepte Vulnerabilität und Resilienz beziehen?

Vulnerabilität und Resilienz werden in der Literatur sehr unterschiedlich definiert.[8] Sie finden sich dabei sowohl als Gegenbegriffe als auch als Bestandteil der Definition des jeweils anderen Konzepts.[9] Aus diesem Grund soll hier kurz unser Verständnis der Konzepte dargelegt werden.

Als zentrale Aspekte der Betrachtung und Beurteilung der Vulnerabilität von Systemen finden sich (1) Exposition, (2) Sensitivität und (3) Anpassungsfähigkeit. Dabei wird in der Diskussion um Klimawandel und -anpassung in der Regel die Frage nach der Sensitivität von Systemen (welche, wie viele, wie zentrale, wie zusammenhängende Systemelemente und -prozesse sind kritisch und wie weit belastbar) verknüpft mit erwarteter Exposition, Veränderungen in der Umwelt, die als Störungen auf Systemelemente und -prozesse einwirken („Was-wäre-wenn-

[8] Vgl. Günther 2009.
[9] Vgl. Fichter et al. 2010.

Prinzip“). Mindestens ebenso wichtig erscheint uns angesichts der weiterhin vorhandenen Unsicherheit von Klimawandelwirkungen der stärkere Blick auf die generelle Sensitivität nach dem „Egal-was-kommt-Prinzip“.[10]

Resilienz verweist in ihrer defensiven Ausprägung direkt auf die (Reduktion der) Sensitivität über die Erhöhung der Resistenz (Widerstandsfähigkeit) und der Recovery-Fähigkeit (Rückkehr in den alten Zustand) ebenso wie auf die – auch die Vulnerabilität reduzierende – Anpassungsfähigkeit von Systemen an veränderte Bedingungen. In ihrer offensiven Ausprägung kann Resilienz auch als Gestaltungsfähigkeit (Chancenwahrnehmung, Umweltbeeinflussung) gedacht werden.

Für die Frage nach der Anschlussfähigkeit von Resilienzmanagement in Unternehmen lässt sich zwischen Risiko und Unsicherheit durch Klimawandel unterscheiden. Wir verstehen Unsicherheit dabei nicht als mehr oder weniger relevante (Rest)Größe einer entscheidungsorientierten Risikoabschätzung, die aus der immer unvollständigen Abschätzbarkeit von Eintrittswahrscheinlichkeiten und Wirkungen herrührt. Unsicherheit dient vielmehr als Gegenbegriff zu Risiko, um das Unbekannte und damit nicht in Planungen Erfassbare zu kennzeichnen.

Die Prognosen zum Klimawandel stellen zumindest ansatzweise planbare Risiken dar. Dazu gehören der graduelle Wandel von Umweltbedingungen wie Temperatur- oder Niederschlagsveränderungen, aber auch die steigende Wahrscheinlichkeit (und Stärke) von Extremwetterereignissen. Für diese Art Veränderungen greifen auch etablierte unternehmerische Reaktionsmuster: eine ebenso graduelle Anpassung an langsame Veränderungen inkl. des Vertrauens auf technische Lösungen, Risikomanagement (Notfallpläne etc.) und nicht zuletzt die Frage, ob eine gute Versicherung nicht auch Anpassung ersetzen kann. All dies ist sinnhaft problemlos anschlussfähig.

Klimawandel ist daneben aber auch mit Unsicherheiten verbunden. Dies sind sowohl noch nicht prognostizierte Veränderungen und Extremwettereffekte, als auch Kippefekte bei vermeintlich graduellen Veränderungen. Hier ist dann – im Fall einer Wahrnehmung als relevantes Thema – alternativlos Resilienzmanagement notwendig, der Aufbau ungerichteter Anpassungs-/ Flexibilitätspotentiale (adaptive capacity).[11]

Der Aufbau solcher Potentiale ist in der wissenschaftlichen Betrachtung nichts Neues und findet sich etwa in den Diskussionen um organisationale Lernfähigkeit, Diversität und Redundanz/ Organizational Slack, (Re)konfigurierbare Fähig-

[10] Vgl. Fichter et al. 2010.
[11] Vgl. Günther 2009.

keiten (dynamic capabilities)[12], Selbstorganisation, Managementkompetenzen, Zugang zu Ressourcen (Information, Technologie, Finanzen), infrastrukturelle und institutionelle Umgebung, Einbindung in soziale Netzwerke, eine bestimmte Unternehmenskultur etc.

Problematisch ist dabei, dass der notwendige Grad zwangsläufig nicht ex ante bestimmbar ist, da es sich um Resilienz gegenüber unbekannten Veränderungen handelt. Eine Erfolgsmessung der Investitionen in Resilienz ist unmöglich. Bemerkbar macht sich ex post nur ein Zuwenig an Anpassungsfähigkeit. Umso wichtiger für den Aufbau von Resilienz ist hier die Verknüpfung mit der Sinnebene.

3.3 Systematik der unternehmenspolitischen Einfluss- und Wirkungsebenen

Im Gegensatz zu anderen Studien[13] unterscheiden wir vier Einflusskanäle, die den unternehmerischen Umgang mit Klimawandel und Klimaanpassung befördern, aber auch hemmen können (siehe Abbildung 1). Systematisch betrachtet gibt es

- den Weg über direkte physische Wetter- und Klimaveränderungen, die die natürlichen Standortgegebenheiten beeinflussen,
- den Weg über soziale Kommunikation, vor allem in Form allgemeiner Medien oder Diskussionen in den sozialen Bezugsgruppen der unternehmerischen Akteure[14],
- den Weg über den Markt (Nachfrageverlagerungen und Ressourcenverknappung)
- und schließlich das Recht, über das Vorgaben zu Klimaschutz und -anpassung an Unternehmen herangetragen werden.

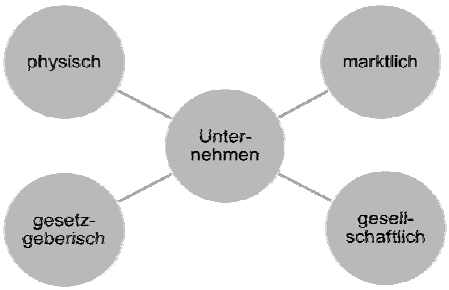


Abbildung 1: Einflusskanäle des Klimawandels

[12] Teece et al. 1997.
[13] Vgl. z.B. IHK München/Oberbayern 2009; CDP 2010.
[14] Vgl. Bechmann, Beck 1997; Weber 2008.

In Bezug auf jeden Weg lassen sich typische Wahrnehmungs- und Umgangsformen identifizieren:

- Wie viele Umweltprobleme weist der Klimawandel Eigenschaften eines komplexen und dynamischen Phänomens auf, dessen Zusammenhänge und Wirkungen menschlicher Erfahrung nicht unmittelbar zugänglich sind.[15] Aufgrund dessen wird die Problematik von Klimarisiken aus der Unternehmensperspektive oftmals unterschätzt.

- Soziale Kommunikation sendet aus Unternehmensperspektive regelmäßig eher schwache Signale, bei denen die Wirkrichtung und -intensität zumeist interpretationsbedürftig sind und die – gefiltert durch das Wahrnehmungsraster unternehmerisch Verantwortlicher – schwer in konkrete Anpassungsentscheidungen umsetzbar sind. Daher sind Früherkennung und sensibler Umgang gefragt, Merkmale, die in der Praxis unterschiedlich ausgeprägt sind.

- Marktsignale nehmen Unternehmen als besonders relevant wahr. Mit ihnen als den wirtschaftlich zentralen Signalen gehen sie konstruktiv um, suchen ihre Chancen und begegnen den Risiken. Ob der Klimawandel Marktrelevanz hat, wo Chancen und Risiken erkennbar sind und wie man damit umgehen kann, ist zumindest auf der Branchenebene jedoch unterschiedlich stark.[16]

- Recht konfrontiert Unternehmen in der Regel mit Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen als verpflichtende Forderungen[17], kann jedoch auch einen Anstoß zu wirtschaftlichen und ökologischen Innovationen geben. Recht wird von Unternehmen allerdings oft als Begrenzung des eigenen Handlungsspielraums wahrgenommen. Wo rechtliche Vorschriften nicht auf dem Weg über verstärkte Lobbyarbeit verhindert oder abgemildert werden können, werden sie regelmäßig eher defensiv abgearbeitet.[18]

Zur Systematisierung der verschiedenen unternehmensinternen Wirkungsebenen, die durch das Thema Klimawandel beeinflusst werden können, verwenden wir das nachfolgend beschriebene Vier-Ebenen-Modell (Abbildung 2).

---

15 Vgl. Beyerl 2010.
16 Vgl. Heymann 2008; IHK München und Oberbayern 2009; Mahammadzadeh, Biebeler 2009.
17 Vgl. Mahammadzadeh 2009.
18 Vgl. Freimann 2007.

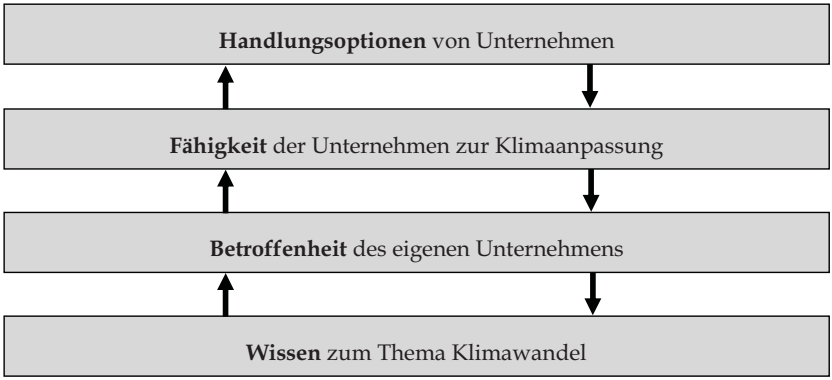


Abbildung 2: Ebenen der unternehmerischen Wahrnehmung des Klimawandels

Das im Unternehmen und bei den verantwortlichen Akteuren vorhandene Wissen zum Klimawandel, oftmals mit deutlichem Fokus auf einen der Teilbereiche Klimaschutz oder Klimaanpassung, bildet die Ausgangsbasis für die Bearbeitung des Themas (oder der Nicht-Bearbeitung, wenn das Unternehmen „weiß", dass es keinen Klimawandel gibt).

Auf die unternehmenspolitische Agenda gelangt Klimaanpassung vor allem dann, wenn Betroffenheit nicht nur abstrakt, regional oder branchenbezogen, sondern konkret als persönlich wahrgenommen wird und sich zudem, ausgehend von der aktuellen oder prognostizierten Widerstandsfähigkeit, Vulnerabilitäten ausmachen lassen. Aber auch die auf der Betroffenheit Anderer beruhende Identifikation von Chancen durch den Klimawandel kann hier zur Beschäftigung mit dem Thema führen.

Von besonderer Bedeutung ist die dritte Ebene, die (selbst) wahrgenommene (Klima)Anpassungsfähigkeit der Unternehmen. Dies ist keineswegs trivial. Nicht nur braucht es Wissen und eigene Betroffenheit, sondern eben auch die oft unbewusste Wahrnehmung eigener Handlungsfähigkeit. Erst dann werden ein gezieltes Risikomanagement und ein strategisches Ausnutzen der aus dem Klimawandel erwachsenden unternehmerischen Chancen ermöglicht, ebenso wie der grundlegende Auf- oder Ausbau von Anpassungsfähigkeit.

Daraus resultieren auf der obersten Ebene konkrete Handlungsoptionen und Klimaanpassungsmaßnahmen im Produkt-, Prozess- und organisationalen Bereich.

Die in der Abbildung in beide Richtungen weisenden Pfeile deuten an, dass auch untersucht werden soll, inwiefern Klimaanpassungsfähigkeit nicht nur als schrittweise von unten aufbauender Prozess (Wissen um und Betroffenheit durch

Klimawandel führt zur Frage nach der vorhandenen Klimaanpassungskompetenz), sondern auch durch Einzelmaßnahmen als Impulsgeber entwickelt werden kann (konkrete Handlungsoption führt zum Erkennen eigener Fähigkeiten und daraus resultierend einer umfassenderen Beschäftigung mit Klimaanpassung).

3.4 Forschungsfragen

Die zentralen Forschungsfragen, denen sich der Beitrag zuwendet, lauten:

1) Welche Bedeutung hat das Thema Klimawandel in der unternehmerischen Wahrnehmung und in welchem Verhältnis stehen dabei Klimaschutz und Klimaanpassung zueinander?

2) In welchem Maße erfolgt ein strategischer Umgang mit dem Thema? Welche Treiber und welche Hindernisse bestehen hier?

3) Sind auch eine Sensibilisierung über Best-practice-Beispiele und das Aufzeigen bereits unbewusst ergriffener Klimaanpassungsmaßnahmen ein gangbarer Weg?

4) Ist als Vorbereitung auf den Klimawandel eine generelle Erhöhung der Robustheit und Anpassungsfähigkeit gegenüber ungewissen Zukunftsereignissen (Resilienz) anschlussfähig in Unternehmen? Wo liegen Schnittmengen, wo Unterschiede zum unternehmerischen Risikomanagement?

Abschließend sollen einige Gedanken vorgetragen werden, wie ein strategisches Klimaanpassungsmanagement unter heutigen Bedingungen ausgestaltet werden kann.

4 Empirische Methodik

Zur Erforschung des zu untersuchenden empirischen Feldes haben wir eine zweistufige empirische Erhebung in der Untersuchungsregion Nordhessen durchgeführt. Die Datengrundlage der ersten Stufe bildet eine standardisierte schriftliche Befragung von 2.300 nordhessischen Unternehmen im Sommer 2009. Um angesichts der erwarteten geringen unternehmenspolitischen Relevanz des Themas „Klimaanpassung“ die Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung so wenig wie möglich zu begrenzen, wurde der Fragebogen auf wenige grundlegende Items zur unternehmerischen Wahrnehmung des Klimawandels, den eigenen Betroffenheiten und den geplanten oder bereits erfolgten Maßnahmen zur Begegnung des Klimawandels begrenzt. Insgesamt konnten zur Datenauswertung 327 Fragebögen herangezogen werden, was einem Rücklauf von 14,2% entspricht. Angaben zum Unternehmenssitz, zur Branchenzugehörigkeit, Unternehmensgröße und Einbindung in ein regionales Wirtschaftscluster und Unternehmensnetzwerk ermöglichen

eine differenzierte Auswertung sowohl in Bezug auf die Grundgesamtheit als auch im Besonderen auf die für Nordhessen relevanten Cluster und Netzwerke.[19]

Aufbauend auf dieser quantitativen Untersuchung wurden im Zeitraum Juli 2010 bis März 2011 insgesamt 25 Interviews mit unternehmerischen Entscheidungsträgern aus 21 Unternehmen der Region geführt. Die Interviews wurden mithilfe eines Leitfadens vorstrukturiert, ließen jedoch den nötigen Freiraum für die subjektiven Einschätzungen der Befragten und deren Gewichtung der Relevanz verschiedener Einflussfaktoren. Die Interviews wurden auf Tonband aufgenommen, transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet.[20]

Für den Zugang zu den interviewten Unternehmensvertretern konnte auf bereits bestehende Kontakte aus der schriftlichen Unternehmensbefragung zurückgegriffen werden. Darüber hinaus erfolgte eine gezielte Ansprache von Unternehmen, die den regionalen Netzwerken deENet oder MoWiN.net angehören. Hierbei erwiesen sich die dem Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen über das Regionalmanagement angehörenden Klimaanpassungsmanager als hilfreich, die die Schnittstelle zwischen den wissenschaftlichen Forschungsprojekten und der nordhessischen Wirtschaft bilden.[21]

Um das „Innenleben" der regionalen Unternehmensnetzwerke deENet und MoWiN.net näher zu beleuchten, wurden im Frühjahr/Sommer 2012 zudem 25 problemzentrierte Interviews mit Unternehmensakteuren aus netzwerkzugehörigen Unternehmen geführt. Neben den in den Blick genommenen (formalen/ informalen) Austausch- und Beziehungsstrukturen zwischen den eingebundenen Unternehmen interessierte dabei ebenfalls die Frage, ob die Unternehmensverbünde einen besonderen Nährboden für einen konstruktiven Umgang mit neuen Umweltbedingungen wie dem Klimawandel darstellen.

5 Empirische Befunde

5.1 Stand der weiteren empirischen Forschung

Die Klimaanpassungsforschung als insgesamt noch junges Forschungsfeld war in der Vergangenheit stark auf die Entwicklung physikalischer Klimaprojektionen ausgerichtet. Die Bedeutung der Wirtschaft als zugleich Emittent von Treibhausgasemissionen und vom Klimawandel betroffenen Akteur macht zunehmend das Erfordernis eines sozialwissenschaftlichen Stranges in der Klimaanpassungsfor-

[19] Vgl. Freimann, Mauritz 2010.
[20] Vgl. Mayring 2008.
[21] Kap. V: Bauriedl et al.

schung deutlich.[22] Die bislang vorliegenden empirischen Untersuchungen sind dabei durchweg quantitative Befragungen, überwiegend mit Fokus auf Deutschland.

Firth/Colley untersuchten schon 2006 die Risikowahrnehmung und das Anpassungsverständnis britischer Unternehmen mit dem Befund, dass zu diesem Zeitpunkt noch fast keine Strategien für das Risikomanagement von Klimawandelfolgen umgesetzt waren.[23] Die ersten deutschen Studien legte das Institut der deutschen Wirtschaft 2008 und 2009 vor.[24] Sie weisen deutliche Branchenunterschiede bei der Betroffenheit durch den Klimawandel aus und zeigen, dass marktliche und gesetzgeberische Impulse in diesem Bereich den stärksten Einfluss auf Unternehmen haben. Während die IW-Studien davon ausgehen, dass Unternehmen eine zweigleisige Strategie aus Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen verfolgen, haben andere Studien eine Dominanz technisch orientierter Klimaschutzmaßnahmen bei gleichzeitig sehr geringer Bedeutung des Themas Klimaanpassung festgestellt.[25] Freimann und Mauritz erheben neben Branchenunterschieden erstmals auch die wahrgenommenen Chancen und Risiken nach Funktionsbereichen. Unternehmen sehen dabei im Zuge des Klimawandels Chancen insbesondere im Vertrieb und in Forschung und Entwicklung, Risiken dagegen vor allem im Beschaffungsbereich.[26]

Die geringe Greifbarkeit des Themas für Unternehmen zeigt sich auch deutlich in der internationalen Befragung von Unterzeichnern des Global Compact und der Caring for Climate-Initiative des Umweltprogramms der Vereinten Nationen-UNEP.[27] Selbst unter diesen zudem überproportional großen Unternehmen werden zwar in hohem Maße Betroffenheit und auch Chancen durch Klimawandel gesehen. Dies geht aber einher mit großer Unsicherheit über die konkreten Herausforderungen und Schwierigkeiten, mit dem Thema Anpassung umzugehen. Den Unternehmen fehlt die klare Verknüpfung zur strategisch-ökonomischen Planung (Investitionskosten und -nutzen, Erfolgsrelevanz von Klimaanpassung etc.).

5.2 Allgemeine Befunde

Im Folgenden werden zunächst die allgemeinen Befunde dargestellt, wobei der Fokus auf den Ergebnisse der schriftlichen Befragung liegt, die Ergebnisse der mündlichen Interviews nur soweit herangezogen werden, wie sie die quantitati-

22 Vgl. Voss 2010.
23 Firth, Colley 2006.
24 Mahammadzadeh et al. 2008; Mahammadzadeh, Biebeler 2009.
25 Vgl. IHK München/Oberbayern 2009; Freimann, Mauritz 2010.
26 Vgl. auch Fichter, Stecher 2011.
27 Vgl. Global Compact et al. 2011.

ven Befunde erläutern und beispielhaft unterfüttern. Dabei stehen Befunde zu den Einflusskanälen, über die der Klimawandel auf Unternehmen einwirkt, im Vordergrund der Darstellung.

Die Befragten stimmen einer Feststellung nahezu uneingeschränkt zu: Der Klimawandel ist bereits heute spürbar und in seinen Folgen auch bei großen Anstrengungen nicht mehr abzuwenden, so dass außer Klimaschutz verstärkt auch Klimaanpassungsmaßnahmen ins Auge zu fassen sind. Mit Blick auf die Zuständigkeit für Klimaschutz und -anpassung sehen sich die unternehmerischen Akteure eher in der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen in der Pflicht, während sie die Verantwortung im Bereich der Klimaanpassung stärker an die Politik abtreten. Dieser Befund widerspricht der theoretisch begründbaren Erwartung, dass wegen der Free-Rider-Problematik Klimaanpassungsmaßnahmen aus einzelwirtschaftlicher Perspektive anschlussfähiger sein müssten als Klimaschutzmaßnahmen.

Mit Ausnahme weniger Branchen wie dem Baugewerbe und dem Transport- und Verkehrssektor, die aufgrund ihrer direkten Abhängigkeit von wetterexponierter Infrastruktur und Sachvermögen besonders sensibel für Wetterextreme sind[28], sehen sich die Befragten keinem Handlungsdruck aufgrund direkt erfahrbarer Klimaänderungen ausgesetzt. Zwar kann den befragten Unternehmen eine zunehmende Sensibilität für Wetterextreme und physische Klimawandelfolgen attestiert werden, Deutschland und der eigene Standort werden jedoch als nur geringfügig betroffen eingestuft.

> Unsere Kollegen in Brasilien hatten ein ganz anderes Problem: die sind aus Rio nicht mehr rausgekommen, weil da ganze Berge abgerutscht sind, eben weil es geregnet hat – so was von extrem. (…) Das ist aber auch sehr länderabhängig. Hier in Deutschland sind wir bisher noch nicht wirklich mit solchen Extremen konfrontiert worden. (Unternehmen 13, Leitung Logistik)

Da der Klimawandel ein Phänomen darstellt, das in Mitteleuropa bisher kaum physisch wahrgenommen wird, kommt der Informations- und Kommunikationsebene eine besondere Bedeutung zu.[29] Der überwiegende Teil der befragten Unternehmen bezieht auf den Klimawandel ausgerichtete Informationen aus den allgemeinen Publikumsmedien (41% der Nennungen), gefolgt von allgemeinen und branchenspezifischen Fachzeitschriften mit jeweils etwa 16% der Nennungen. Dies ist insofern problematisch, als das die mediale Berichterstattung stark von einzelnen (Tages-)Ereignissen und aktuellen politischen Debatten getrieben ist. Daher

[28] Vgl. Ott, Richter 2008.
[29] Vgl. z.B. Weber 2008.

regt die Medienberichterstattung nur kurzfristige gesellschaftliche Diskurse an, so dass das Thema Klimawandel

> (…) noch ganz weit weg (ist), es ist noch nicht in den Köpfen, es ist noch vor den Köpfen. Wenn es erst mal in den Köpfen ist, dann fangen die Leute an, sich damit zu beschäftigen. Aber ich glaube, es ist noch nicht mal da angekommen. (Unternehmen 12, Vertriebsleiter)

Im Ergebnis verhalten sich die Befragten auf dem Feld der Informationssuche somit nicht anders als Normalbürger. Besondere Anstrengungen, um differenzierte, über das allgemein Zugängliche hinausreichende Informationen zu beschaffen, unterbleiben. Nur 6% der Befragten beziehen nach eigenem Bekunden themenrelevante Informationen aus direktem Kontakt zu anderen Unternehmen.

Marktlich verbinden sie mit Klimawandel und -anpassung überwiegend Vorteile. Gefragt nach den Chancen und Risiken in betrieblichen Funktionsbereichen, rechnen 39% der Unternehmen im Verkauf und Vertrieb mit neuen Geschäftsfeldern und Absatzmöglichkeiten (lediglich 9% sehen primär Risiken). Dabei sehen sie sich insbesondere mit einer gestiegenen Nachfrage nach energieeffizienten Produkten und Prozessen konfrontiert:

> Es betrifft uns insofern, als das die Märkte, in denen wir präsent sind, sich mit dem Thema (Klimawandel, die Verf.) doch immer mehr beschäftigen. Also insbesondere die Branche Heizung-Klima-Lüftung optimiert die Produkte zunehmend unter dem Thema effizienter Energieeinsatz. Und das ist für uns eine Chance (…) (Unternehmen 16, Geschäftsführung)

Einen ebenfalls starken Einfluss auf den unternehmerischen Umgang mit dem Klimawandel hat das Recht. Die interviewten Unternehmensvertreter heben wiederholt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hervor, das durch entsprechende Fördersätze eine profitable Einspeisung des selbst erzeugten Stroms in das öffentliche Netz ermöglicht. Das EEG hat nach Einschätzung der Befragten innerbetrieblich vielfältige Klimaschutzmaßnahmen angeregt, die ohne politisch induzierte finanzielle Förderung nicht zustande gekommen wären. Eigene Klimaschutzaktivitäten werden zudem öffentlichkeitswirksam vermarktet, denn

> wenn man in diese Richtung was tut, das ist ein riesengroßes Marketingthema, was man auch mit verkaufen kann – das muss man mal ganz klar sehen zu der heutigen Zeit. (Unternehmen 2, Technische Leitung)

Führt man diese Befunde zusammen, so wird deutlich, dass der Klimawandel aufgrund der begrenzten physischen Wahrnehmbarkeit sowie der vom kommer-

ziellen Eigeninteresse geprägten medialen Berichterstattung, aus der auch die befragten Unternehmen fast ausschließlich ihre Informationen beziehen, überwiegend vermittelt über marktliche und regulatorische Einflussfaktoren auf die unternehmenspolitische Agenda rückt. Auch wenn er kaum physisch erlebt wird, wird der Klimawandel als real wahrgenommen und die eigene Verantwortung für einen aktiven Umgang damit wird erkannt.

Gefragt, welche Maßnahmen zur Begegnung des Klimawandels sie für geboten halten, nennen die schriftlich Befragten überwiegend technische Maßnahmen zum Klimaschutz wie die Steigerung der Energieeffizienz und die Umstellung auf umweltfreundliche Technologien (30% bzw. 33% der Nennungen). Erst danach folgen mit 19% Verhaltensänderungen zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs. Klimaanpassungsmaßnahmen wie die Bereitstellung differenzierter Informationen und die Erhöhung der Flexibilität folgen mit einstelligen Nennungen.

Wie schon das Zufriedensein mit allgemein zugänglichen Medieninformationen ist auch dies aus unserer Sicht ein Signal dafür, dass Klimaanpassung bisher noch keine Kategorie darstellt, der in der Wahrnehmung der von uns befragten Unternehmen große Bedeutung zugemessen wird. Dies zeigt sich auch in den genannten geplanten oder bereits eingeleiteten Maßnahmen. Denn hier dominiert sogar noch deutlicher der Klimaschutz gegenüber der Klimaanpassung.

5.3 Detail-Befunde zu den forschungsleitenden Fragen

Forschungsfrage 1: Welche Bedeutung hat das Thema Klimawandel in der unternehmerischen Wahrnehmung und in welchem Verhältnis stehen dabei Klimaschutz und Klimaanpassung zueinander?

Die allgemeinen Befunde zu dieser Frage werden auch von den Unternehmen des in mündlichen Interviews näher betrachteten Untersuchungssamples bestätigt. Der Klimawandel wird durchaus intensiv rezipiert und als relevant auch für die eigenen Geschäftsprozesse betrachtet. Dies mag zum Teil an der hohen Nachhaltigkeits-Orientierung der Gesprächspartner liegen, die sich im Rahmen der Studie für ein mündliches Interview bereitfanden.

Der Fokus liegt dabei allerdings fast ausschließlich auf Maßnahmen des Klimaschutzes. Klimaanpassung spielt in der Wahrnehmung der befragten Unternehmen fast keine Rolle.

> Da haben wir also ehrlich gesagt noch nicht drüber nachgedacht. (…) Da haben wir momentan keine Aktionen, wäre aber mal ein Punkt, den man eigentlich mal überlegen kann. Dass man (…) das Thema Adaptation mehr vorantreibt. (Unternehmen 17, Umweltschutz)

Klimaschutz ist in den Unternehmen kulturell klar verankert und mit Sinn belegt. Insbesondere technische Energieeffizienzmaßnahmen, die zugleich klare Kosteneinsparungen erlauben, sind in der Geschäftspolitik der Unternehmen unmittelbar anschlussfähig.

> An einer neuen Montagehalle sind wir zum Beispiel dran, da setzen wir diese neuen Lampen ein. Da haben wir ganz klar vom Lieferanten eine Ausrechnung gekriegt: das und das spart ihr, und dann habt ihr es amortisiert. – Und wenn wir so was vorlegen, dann wird es natürlich auch gemacht. (Unternehmen 8, Umweltschutz 1)

Trotz der Langfristigkeit des Phänomens Klimawandel stellen Klimaschutzmaßnahmen keinen Konflikt mit etablierten unternehmerischen Denkmustern dar. Entweder handelt es sich um Effizienzmaßnahmen mit klaren Amortisationszeiträumen oder der Klimaschutz wird, als gesellschaftlich anerkanntes Ziel, in Wahrnehmung unternehmerischer Verantwortung oder aus Imagegründen betrieben. Klimaanpassung hat dagegen den Sprung auf die unternehmerische Agenda derzeit noch nicht geschafft. Dies liegt einerseits daran, dass es in diesem Bereich noch kaum für Praktiker anschlussfähige Handreichungen wie z.B. Best-practice-Beispiele oder konkrete Leitfäden gibt.

> Ein Unternehmen, was sich selbst nicht damit beschäftigt, erwartet einen Maßnahmenkatalog, der sagt, pass' auf, das ist die Palette der möglichen Maßnahmen. (Unternehmen 12, Vertriebsleiter)

Für die Entwicklung eigener Klimaanpassungsstrategien fehlen den Unternehmen zudem zuverlässige und hinreichend kleinräumige Klimaprojektionen, die eine zielführende strategische Planung mit Blick auf die zu erwartenden Risiken, Eintrittswahrscheinlichkeiten und die zugehörigen Zeiträume erlauben.

> Wir merken häufig, dass es (…) die Informationen, die wir brauchen, eigentlich nicht ausreichend (…) gibt. Sondern wir müssen (…) sehr viel selber entwickeln. (Unternehmen 17, Umweltschutz)

> Und das ist das, was man vor der Geschäftsleitung natürlich auch berechnen und rechtfertigen muss. (Unternehmen 2, Technische Leitung)

Forschungsfrage 2: In welchem Maße erfolgt ein strategischer Umgang mit dem Thema? Welche Treiber und welche Hindernisse bestehen hier?

Nach unseren Befunden ist eine deutliche strategische Lücke in der unternehmerischen Bearbeitung des Themas Klimawandel und Klimaanpassung erkennbar. Mit Blick auf das von uns verwendete Vier-Ebenen-Modell ist festzustellen, dass die befragten unternehmerischen Akteure zwar eine breite Wissensbasis zum Thema

besitzen und auch eine zum Teil klare Betroffenheitswahrnehmung, zumindest bezogen auf marktliche und rechtliche Einflüsse. Auch im Bereich der bereits ergriffenen oder in Planung befindlichen Handlungsoptionen wird das Thema wie beschrieben überwiegend als technisch orientierter Klimaschutz bearbeitet. Zwischen Betroffenheitswahrnehmung und Handlungsoptionen klafft jedoch eine Lücke im strategischen Umgang mit dem Thema und der systematischen Entwicklung eigener Anpassungskapazitäten.

Da die Bearbeitung des Themas Klimawandel nicht als Teil des unternehmerischen Kerngeschäfts, sondern als vergleichsweise randständig gesehen wird, überlagern wahrgenommene wirtschaftliche Zwänge regelmäßig Planungen und Aktivitäten in diesem Bereich. Nur Unternehmen, die einen gewissen ökonomischen Handlungsspielraum verspüren, widmen sich – insbesondere bei vorhandener intrinsischer Neigung – daher dem Umgang mit Klimawandelfolgen.

> Nur wirtschaftlich gesunde Unternehmungen (…) werden es sich leisten, sich mit der Thematik auseinanderzusetzen. Kein anderer. Leuten, denen das Wasser bis zum Hals steht, denen fehlen völlig die Ressourcen, sich um diese Dinge zu kümmern. (Unternehmen 12, Vertriebsleiter)

Sehr deutlich sind die Befunde zur Anschlussfähigkeit des Themas in Unternehmen verschiedener Größenklassen. Inhabergeführte mittelständische Unternehmen nehmen den Klimawandel am stärksten und für sich relevantesten wahr. Der lange Zeithorizont des geplanten Bestandes des eigenen Unternehmens, dessen Geschäftsführung oft innerhalb der eigenen Familie weitergegeben wird, lässt auch langfristige Klimaprognosen schon heute in die eigene unternehmerische Wahrnehmung rücken.

> Das ist halt, wenn es inhabergeführt wird, tatsächlich anders, als wenn Sie in Aktiengesellschaften oder groß strukturierten Gesellschaften sind. Da denkt man anders. (Unternehmen 15, Geschäftsführung)

In Großunternehmen, denen ja gemeinhin ein weiter strategischer Planungshorizont bescheinigt wird, steht jedoch vielfach der begrenzte Blick eines angestellten Managements dagegen, das aufgrund von Quartalsdenken und anderer kurzfristiger Überlegungen große Schwierigkeiten hat, ein so langfristiges Thema wie die Vorbereitung auf die Folgen des Klimawandels in Angriff zu nehmen.

> Die Vorstandsvorsitzenden, die haben alle nur ihre Fünfjahresverträge, wenn überhaupt, der denkt also maximal in seinem Zyklus, bis wohin läuft mein Vertrag (…). Und er muss nicht sagen, ich hab mich strategisch auf den Klimawandel eingerichtet. (…) Ein inhabergeführtes Unternehmen ist da sicherlich anders aufgestellt, (…) sicherlich denken

> solche Unternehmungen anders als Aktiengesellschaften. (Unternehmen 12, Vertriebsleiter)

> Und (…) dann kommt da die Ebene, die so genannte mittlere Führungsebene, wo es dann teilweise wichtiger ist, einen Stuhl mit Armlehne zu haben als ohne – und dann geht nichts mehr. (Unternehmen 3, Geschäftsführung)

Grundsätzlich lässt sich bei Großunternehmen, auch in Bezug auf das Thema Klimawandel, eine Selbstwahrnehmung als handlungsmächtig attestieren. Zielkonflikte resultieren aus den Sinnkonstruktionen zum generellen und speziellen Wesen der/des Unternehmen(s) und zur eigenen Rolle darin. Auch mit Blick auf die Wertschöpfungsketten könnten Großunternehmen durch ihre starke Position innerhalb der Kette über ihre Auftrags- und Konditionengestaltung deutliche Handlungsimpulse in einem weiten Umfeld setzen.

> Es gibt ein paar Marktführer, die sich dem Thema verschrieben haben (…) und (…) dann ziehen sie im Prinzip erst mal die ganzen Dienstleister hinterher – ob das die Lagerer sind, die Spediteure oder die Hersteller. (…) Wenn da wirklich einer ist, der die Power hat, das durchzusetzen, weil der das in seine Bücher rein schreibt, dann bewegt sich da unheimlich schnell was im Markt. (Unternehmen 13, Leitung Logistik)

Die höhere Anschlussfähigkeit des Themas in mittelständischen Unternehmen resultiert in Ideenentwicklung und erstreckt sich auch auf die Maßnahmenumsetzung, wo kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aufgrund kürzerer Entscheidungswege sehr viel schneller Handlungsoptionen (üblicherweise im Klimaschutz) umsetzen können.

> Bei den Kleinen ist es immer wieder erstaunlich, mit was für Sachen die um die Ecke kommen. (Unternehmen 13, Leitung Logistik)

> Und das ist alles wirklich im mittelständischen Bereich, weil dort (…) der Chef einfach der Chef ist, der sagt: Ich mach das (…). Wo hingegen natürlich so ein Riesenkunde (…) die tun sich da sehr viel schwerer, so eine Entscheidung zu treffen. (Unternehmen 17, Umweltschutz)

Andererseits nehmen Entscheidungsträger in KMU regelmäßig fehlende personelle und finanzielle Mittel als Hemmnis wahr, ihre strategische Planung konsequent in Richtung Klimawandel vorantreiben zu können. Die Fähigkeit, schnell und konsequent in die Umsetzung zu gehen, wird in den meisten Fällen nicht aktiviert.

> Wir haben tausend Ansatzpunkte, aber es fehlt einfach die Zeit und das Personal, weil ich das alleine nicht alles ableisten kann – mir fehlt da

> wirklich die Unterstützung. (…) Ich hab da viele Ideen, aber es scheitert halt immer auch am Geld. (Unternehmen 2, Technische Leitung)

> Man hat ja Ideen und würde die gern verwirklichen, aber es ist furchtbar schwer, so etwas in die Tat umzusetzen, einfach wegen den finanziellen Mitteln. (Unternehmen 14, Geschäftsführung)

Das langfristige Denken hinsichtlich der Unternehmensexistenz mündet nicht in strategische Unternehmensführung. Hier wird Strategie sehr häufig als Gegensatz zu Flexibilität begriffen. Letztere ist das Wesensmerkmal mittelständischer Unternehmen in der Selbstwahrnehmung ihrer Akteure.

Insgesamt bleibt aber festzuhalten, dass auch dort, wo sowohl die wahrgenommene Sinnhaftigkeit als auch die Fähigkeit, Klimawandel strategisch zu bearbeiten, vorhanden sind, das grundsätzliche Problem langer Zeitskalen im Raum steht. Die Klimaszenarien, auf deren Grundlage Unternehmen planen können, überschreiten auch die langfristigen Strategiehorizonte bei Weitem.

> Ich kann mich jetzt mit der notwendigen Anpassung beschäftigen, dann habe ich vielleicht einen strategischen Plan, der dauert 3-5 Jahre in der Umsetzung. Ihr kommt mit einem Szenario 2050 oder 2100, kostet aber jetzt Geld und ich kann mir das auch nicht 2045 auf Termin legen. Dann sieht doch sowieso alles wieder anders aus, keiner weiß, wie es dann aussieht. (Unternehmen 16, Projektleitung)

Forschungsfrage 3: Sind auch eine Sensibilisierung über Best-practice-Beispiele und das Aufzeigen bereits unbewusst ergriffener Klimaanpassungsmaßnahmen ein gangbarer Weg?

Die von der Wahrnehmung von Handlungsoptionen und bereits ergriffenen Maßnahmen ausgehenden Impulse zur Entwicklung von strategischer Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels sind relativ schwach ausgeprägt:

Zum einen führt der Fokus auf klar durchrechenbaren technischen Klimaschutz zu einer begrenzten Reichweite der Maßnahmen. Umfassendere organisatorische Umstellungen bleiben die Ausnahme. Zum anderen fehlen die Beispiele, wie unternehmerische Klimaanpassungsoptionen aussehen könnten, an denen Unternehmen sich orientieren und die sie als Ausgangspunkt für eine aus einer konkreten Maßnahme heraus abgeleiteten Anpassungsstrategie nutzen könnten. Für den industriellen und gewerblichen Bereich sind solche als handlungsleitende Leuchttürme geeigneten Best-practice-Beispiele derzeit nicht erkennbar. Dies zeigt sich auch im Ergebnis des vom Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung des Umweltbundesamtes ausgelobten Wettbewerbs, unternehmerische Pioniervorha-

ben im Bereich Klimaanpassung in einer Datenbank zu sammeln.[30] Privatwirtschaftliche Pilotprojekte aus dem industriellen und gewerblichen Bereich sucht man hier vergeblich.

Nur in Ausnahmefällen erkennen Unternehmen, dass in von ihnen aus anderen Gesichtspunkten heraus bereits ergriffenen Maßnahmen zugleich eine Klimaanpassungskomponente steckt, wie im nachfolgenden Beispiel eines Unternehmens, das aus ökologischer Motivation und Gründen der Energieeinsparung schon früh ein Passiv-Bürogebäude errichtet und genutzt hat.

> Wir haben ein Bürogebäude dazu gekauft (…). Das ist ein älteres Gebäude mit einem Baustandard aus den 60er- oder 70er-Jahren, und da merken die Leute ganz konkret, was der Unterschied ist zwischen einem Passivhaus und einem alten Gebäude mit schlechtem Wärmestandard. (…) Die Erfahrung, die man macht mit solchen Gebäuden und den jetzigen Klimaphänomenen, hat sicherlich auch einen Einfluss darauf, die Planung voran zu treiben und für die Zukunft Gebäude zu schaffen mit einem guten Klimastandard. (Unternehmen 7, Geschäftsführung)

In diesem Beispiel führt somit die Erfahrung mit einer bereits umgesetzten Maßnahme zumindest zur Entwicklung einer thematisch begrenzten unternehmerischen Klimaanpassungsstrategie. Eine Sensibilisierung von Unternehmen und Schaffung von Anpassungsfähigkeit über die Umsetzung beispielhafter Handlungsoptionen scheint somit prinzipiell ein gangbarer Weg zu sein. Derzeit scheitert dieser Wirkungszusammenhang allerdings am Fehlen geeigneter Best-practice-Fälle oder konkreter Handlungsempfehlungen, die als Impulsgeber dienen könnten.

Forschungsfrage 4: Ist als Vorbereitung auf den Klimawandel eine generelle Erhöhung der Anpassungsfähigkeit und Robustheit gegen ungewisse Zukunftsereignisse (Resilienz) anschlussfähig in Unternehmen? Wo liegen Schnittmengen, wo Unterschiede zum unternehmerischen Risikomanagement?

Die bisherigen Befunde kulminieren in der Frage nach Investitionen in ungerichtete Anpassungsfähigkeit. Unternehmen fokussieren auf Klimaschutz, neben der gesellschaftlich sinnhaften Verankerung eben auch, (1) weil dies vielfach rechenbarer und damit anschlussfähiger an ökonomisches Kalkül ist, (2) weil die wahrgenommene ökonomische Notwendigkeit (z.B. gesetzliche Regelungen) oder Chance (Kosteneinsparungen, Image) innerhalb strategischer Zeithorizonte liegt und nicht zuletzt, (3) weil Handlungsoptionen bekannt und etabliert sind.

[30] www.tatenbank.anpassung.net.

Klimaanpassung dagegen ist für Unternehmen in ähnlicher Form nur bezogen auf baulich-technische Maßnahmen greifbar. Prozessbezogene Maßnahmen geraten noch kaum in den Blick. Klimabezogene Vulnerabilitätsanalysen – obwohl leicht integrierbar – sind in den seltensten Fällen Bestandteil einer strategischen Risikoanalyse. Die langen Zeitskalen führen dann zu einer Bearbeitung in Notfallplänen und kaum zu bereits heute anzugehenden Maßnahmen.

Vor diesem Hintergrund, dass bereits wahrgenommenes Risiko nicht zu Handlungen führt, verwundert es nicht, dass der auf Unsicherheit bezogene Aufbau von ungerichteter Anpassungsfähigkeit ebenfalls nicht zu beobachten ist. So unstrittig generelle Anpassungsfähigkeit als notwendige Bedingung für Unternehmen, gerade in dynamischen Umwelten, bezeichnet werden kann, so wenig lässt sich eben der notwendige oder sogar erfolgsrelevante, für die Nutzung von Chancen benötigte Grad benennen. Wir wissen nur ex post, ob ausreichende Anpassungsfähigkeit vorhanden war.

Jedes Unternehmen besitzt eine gewisse Anpassungsfähigkeit, die in individuellen und strukturellen Fähigkeiten liegt. Ein gezielter Aufbau ist aber nicht anschlussfähig an unternehmerisches Denken. Anpassungskosten und -nutzen sind für Unternehmen zwangsläufig unbekannt und nicht in die Investitionsplanung integrierbar.[31]

> Völlig egal erst mal, warum wir Klimaschutz betreiben, hinterher kann ich sagen: So viel CO2 haben wir eingespart, so viel pro investiertem Euro. Das ist ja erst einmal eine Zahl. Und die kann ich kommunizieren, den Kunden oder bei Gesetzen, verschärften Gesetzen, die bringt mir vielleicht auch was. Aber Lernfähigkeit oder nicht-technische Anpassungsfähigkeit? (Unternehmen 16, Projektleitung)

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Befunde

Die Ergebnisse der Befragungen bestätigen die Befunde der früheren Studien zur Bedeutung von Klimaschutz und Klimaanpassung für Unternehmen. Das Thema Klimaanpassung spielt derzeit fast keine Rolle. Dies liegt zum Teil an der als höher wahrgenommenen Relevanz des Themas Klimaschutz und seiner – besonders bei Effizienzmaßnahmen – klareren Operationalisierbarkeit.

Für unternehmerische Klimaanpassung dagegen fehlen selbst bei vorhandenem Interesse vor allem die als Wegweiser und Handlungsimpulse geeigneten Best-

[31] Vgl. auch Global Compact et al. 2011.

practice-Beispiele. Das gilt interessanter Weise trotz der Tatsache, dass sich Klimaanpassung sowohl in Richtung Vermeidung und Minderung von Risiken als auch in Richtung Nutzung unternehmenspolitische Chancen in der Regel zu „rechnen" verspricht. Gerade Unternehmer, die nur auf Kosten und Deckungsbeiträge schauen, sollten daher anpassungsaffin sein, sind es aber überwiegend nicht.

In größeren managergeführten Unternehmen stehen die dort vorherrschenden kurzfristigen Planungskalküle einem vorausschauenden strategischen Klimaanpassungsmanagement entgegen. Auch wenn sie durchaus häufiger Instrumente strategischer Planung implementiert haben und das operative Geschäft daran orientieren, geraten ihnen schwer monetarisierbare Phänomene mit unsicherem Eintritt und langem zeitlichen Horizont kaum in den Blick. Diese Klientel dürfte schwer für eine Implementierung vorausschauenden strategischen Anpassungsmanagements zu gewinnen sein.

Insbesondere inhabergeführte mittelständische Unternehmen sind aufgrund ihrer unternehmenspolitischen Ausrichtung für das Thema empfänglich. Gerade diesen Unternehmen fehlen jedoch zumeist die notwendigen strategischen Planungskapazitäten. Sie benötigen daher externe Unterstützung in Form praxistauglicher Leitfäden und Maßnahmenkataloge zur unternehmerischen Klimaanpassung. Die Umsetzung solcher beispielhafter Einzelmaßnahmen kann dann auch Ausgangspunkt einer umfassenderen Beschäftigung mit dem Thema und der Entwicklung weiter reichender Anpassungsstrategien sein.

Als strategische Herausforderung, auf die man heute vielleicht noch nicht unmittelbar mit vorsorgenden Aktivitäten reagieren muss, aber zumindest eine informatorische Erfassung potentieller Vulnerabilitäten und/oder chancenöffnender Marktperspektiven anzuraten ist, wird das Handlungsfeld Klimaanpassung auch von inhabergeführten mittelständischen Unternehmen überwiegend nicht wahrgenommen.

Will staatliche Anpassungspolitik hier weiterkommen, dann gilt es, das Feld „unternehmerische Anpassung an die Folgen des Klimawandels" in für Unternehmen anschlussfähige konkrete Maßnahmen herunter zu brechen und diese in betriebswirtschaftlich begleiteten Pilotvorhaben gemeinsam mit Unternehmen zu erproben, um so Best-practice-Beispiele als Orientierungshilfen zu schaffen.

6.2 Perspektiven: Umrisse eines strategischen Anpassungsmanagements

Wie aber könnte staatlich geförderte betriebswirtschaftliche Beratung trotz dieser empirischen Befunde Unternehmen dazu befähigen, den Übergang von punktueller operativer Bearbeitung des Themas, wie sie vielfach auch im allgemeinen be-

trieblichen Umweltmanagement immer noch State of the Art ist, in strategisches Anpassungsmanagement zu vollziehen?

Ausgangspunkt der diesbezüglichen Überlegungen kann der Stand des Wissens – der allerdings vielfach nicht den tatsächlichen Stand der Unternehmenspraxis darstellt – zum allgemeinen strategischen Management sein. Insbesondere in ihrer präskriptiven Variante empfiehlt die Lehre vom Strategischen Management den Unternehmen zum Aufbau und zur Sicherung einer erfolgssteigernden Wettbewerbsposition die Erarbeitung einer mittel- bis langfristigen Unternehmens- und Wettbewerbsstrategie.[32] Diese gründet auf einer validen Erfassung der im marktlichen und sozialen Umfeld festzustellenden Entwicklungstrends und einer Einschätzung der daraus folgenden unternehmensbezogenen Chancen und Risiken. Sie sind zu konfrontieren mit den eigenen Stärken und Schwächen, um daraus strategische Optionen für das unternehmerische Auftreten an den relevanten Märkten abzuleiten (siehe Abbildung 3). Als Planungshorizont sollte bei der strategischen Planung durchaus ein Zeitraum von 5 bis 10 Jahren in Betracht kommen.

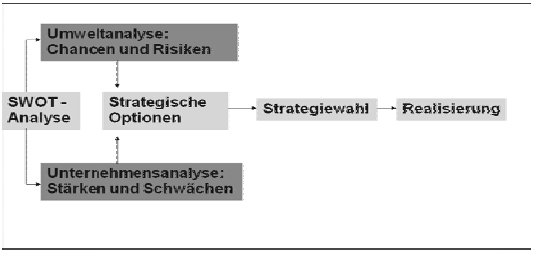


Abbildung 3: Prozess der strategischen Planung[33]

Es sind vor allem zwei Fragen, die im Vollzug derartiger Analyse und Planung zu beantworten sind:

1) Welches sind die Märkte, an denen das Unternehmen eine für sich attraktive Entwicklung sieht und daran partizipieren könnte?
2) Mit welchen Wettbewerbsstrategien sollte es angesichts seiner eigenen Fähigkeiten an diesen Märkten auftreten und den Wettbewerb führen?

Überträgt man die Grundstruktur dieses Planungsprozesses auf die Fragen, die sich im Zusammenhang der Erarbeitung einer Klimaanpassungsstrategie stellen, dann gilt es zunächst, die eigene (potentielle) perspektivische Betroffenheit vom Klimawandel einzuschätzen: Auf welchen Wegen und mit welchen Konsequenzen betrifft der Klimawandel das eigene Unternehmen? Ist mit klimabedingten Verän-

[32] Vgl. Nicolai 2000.
[33] Steinmann, Schreyögg 1993: 152.

derungen im Nachfrageverhalten meiner Kunden zu rechnen? Muss auf Grund von Starkwetterereignissen mit Behinderungen beim Berufsverkehr der Mitarbeiter gerechnet werden? Ist mit regulativen Vorschriften seitens des Gesetzgebers zu rechnen?

Diese Fragen sind zunächst „nur" analytische. Sie dürften aber mit dem täglichen Blick in die publizistischen Medien, mit dem heute Unternehmen sich üblicherweise über den Klimawandel informieren, nicht zu erledigen sein. Sie bedürfen vielmehr einer systematischen Prüfung der zur Verfügung stehenden Projektionen und Prognosen hinsichtlich der klimabedingten Betroffenheit auf den verschiedenen relevanten Einflusswegen. Die Tatsache, dass valide auf den eigenen Standort bezogene kleinräumige Klimaprojektionen kaum vorliegen, darf hierfür kein Hinderungsgrund sein, zumal viele Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten eingebunden sind und auch andere Betroffenheiten als allein die physische in Betracht zu ziehen sind.

Ein weiterer zentraler Punkt sind (z.B. branchen- oder prozessbezogene) Vulnerabilitätsanalysen. Verwundbar von Auswirkungen des Klimawandels ist nur derjenige, dem die Fähigkeiten zur Bewältigung dieser Auswirkungen fehlen. Wie lange kann die Produktion aufrechterhalten werden, wenn es zu klimabedingten Versorgungsengpässen kommt? Kann ich für den Fall von klimabedingtem Ausfall einzelner Lieferanten auf alternative Zulieferer zurückgreifen? Sind meine Produktionsstätten hinreichend geschützt gegen Hitzestau, Starkwinde oder Wasserfluten? Hier ist der Blick nach innen zu richten, wobei es besonders wichtig ist, die notwendigen eigenen Fähigkeiten nicht auf die technische Ebene zu begrenzen, sondern auch die organisatorische und die Ebene der persönlichen Fähigkeiten und Einsatzbereitschaft der Mitarbeiter mit einzubeziehen.

Ob und inwieweit aus der Beantwortung derartiger Fragen bereits heute zu treffende weitere strategische Vorkehrungen oder operative Maßnahmen abzuleiten sind, kann nicht allgemein gesagt werden. Im Sinne einer soliden strategischen Prüfung sollten diese Fragen aber bereits jetzt gestellt und zu beantworten versucht werden.

Zur systematischen Erfassung der möglichen Optionen kann der in Tabelle 1 dargestellte Analyserahmen dienen. Er stellt den vier Einflussebenen, auf denen Betroffenheiten entstehen und für das Unternehmen relevant werden können, drei Maßnahmendimensionen gegenüber, die in Betracht zu ziehen sind. In jeder dieser Dimensionen wird dabei zwischen strategischen, d.h. auf die Sicherung langfristiger Erfolgspotentiale gerichteten Optionen, und kurzfristig operativen Optionen unterschieden. Damit ist allerdings nur ein Rahmen aufgespannt, der es kei-

neswegs erforderlich macht, dass alle Felder der Tabelle wirklich Eintragungen erhalten müssen.

Handlungsoptionen / Kanäle der Wahrnehmung und Kommunikation	Informatorische Maßnahmen		Technische Maßnahmen		Organisatorisch-strukturelle Maßnahmen	
	Strategisch	operativ	Strategisch	operativ	Strategisch	operativ
physisch						
gesellschaftlich						
marktlich						
regulatorisch						

Tabelle 1: Unternehmenspolitische Handlungsoptionen zur Klimaanpassung

Die Entwicklung einer Klimaanpassungsstrategie ist bis hier „nur" ein Analyse-Projekt mit offenem Ausgang hinsichtlich der aktuellen Notwendigkeit von konkreten technischen oder organisatorisch strukturellen Anpassungsmaßnahmen. Nicht zuletzt bleibt der Klimawandel immer auch mit unbekannten Auswirkungen, Gefahren und Chancen verbunden, die in noch so sorgfältiger strategischer Analyse nicht zu ermitteln sind. Damit stellt sich die Frage nach der Entwicklung entsprechender Anpassungsfähigkeiten auch in Bezug auf Entwicklungen, die man heute überhaupt noch nicht einschätzen kann. Die strategische Managementlehre spricht in diesem Zusammenhang von dynamic capabilities[34] und absorptive capacities[35], die für die Begegnung unbekannter und unerwartet eintretender Umfeldereignisse besonders bedeutsam sind. Gemeint sind organisatorische Vorkehrungen zur eher ungerichteten Beobachtung allgemeiner Umweltentwicklungen (sog. Früherkennungsradar). Gemeint sind aber auch intellektuelle Kapazitäten, die Mitarbeiter zur Beurteilung der Relevanz derartiger Entwicklungen befähigen und ihnen Raum für die Pflege dieser Fähigkeiten lassen.

Viele Unternehmen verfügen heute nicht mehr in ausreichendem Umfang über diese Kompetenzen. Die weit verbreiteten Bemühungen zur personellen und organisatorischen Verschlankung haben zu immer stärkerer Personalreduktion und Arbeitsverdichtung geführt. Diese belastet zunehmend nicht nur die Gesundheit der Menschen. Sie beseitigen auch zeitliche und organisatorische Freiräume jen-

[34] Teece et al. 1997.
[35] Cohen, Levinthal 1990.

seits des effizienten Arbeitsvollzugs, die aber für die Entwicklung von Absorptions- und Anpassungsfähigkeiten von großer Bedeutung sind. Hier scheint der aktuelle Rationalisierungstrend einer Vorhaltung von Anpassungsfähigkeiten nicht nur im Bezug auf den Klimawandel eher entgegen zu stehen.

Neben dem Aufbau von Resistenz und Anpassungsfähigkeit lässt sich Resilienz allerdings auch pro-aktiv als Gestaltungsfähigkeit betrachten. Dabei liegt der Schwerpunkt für uns nicht auf aktiver Chancennutzung, sondern weiter reichend auf der Fähigkeit von Systemen, ihre Umwelten zu beeinflussen. Dass Unternehmen in der Lage sind, bewusst ihre direkten, vor allem marktlichen Umwelten zu beeinflussen, haben sie immer wieder bewiesen. Nun geht es darum, die natürliche Umwelt direkt oder vermittelt über ihren Einfluss auf das übergeordnete Sozialsystem Gesellschaft zu beeinflussen. Pro-aktive Resilienzsteigerung heißt in diesem Fall dann nichts anderes, als die Rolle des Mitverursachers des Klimawandels zurückzufahren und den Klimaschutz wirklich ernst zu nehmen.

Literatur

Bechmann, G./ Beck, S. (1997): Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung des anthropogenen Klimawandels und seiner möglichen Folgen, in: Kopfmüller, J./ Coenen, R. (Hrsg.), Risiko Klima – Der Treibhauseffekt als Herausforderung für Wissenschaft und Politik, Frankfurt, New York, S. 119-157.

Beyerl, K. (2010): Der Klimawandel in der psychologischen Forschung, in: Voss, M. (Hrsg.), Der Klimawandel – Sozialwissenschaftliche Perspektiven, Wiesbaden, S. 247-266.

Carbon Disclosure Project (2010): CDP Deutschland-Bericht 2010, erstellt von Dr. Hendrik Garz, Claudia Volk, WestLB Research, Oktober 2010.

Cohen, M./ Levinthal, D. (1990): Absorptive Capacity. A New Perspective on Learning and Innovation, ASQ 1, S. 128-152.

Fichter, K./ Stecher, T. (2011): Neue Risiken und Chancen für Unternehmen in Zeiten des Klimawandels, nordwest2050 kurz+bündig Nr. 3, Oldenburg.

Fichter, K./ von Gleich, A./ Pfriem, R./ Siebenhüner, B. (Hrsg.) (2010): Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien, nordwest2050 Berichte Heft 1, Bremen/ Oldenburg.

Firth, J./ Colley, M. (2006): The Adapation Tipping Point – Are UK Businesses Climate Proof? Acclimatise an UKCIP, Oxford.

Freimann, J. (2007): „Same procedure as every year" – Zum Umgang von Unternehmen mit umweltpolitischen Anforderungen, in: Altner, G. et al. (Hrsg.), Jahrbuch Ökologie, München, S. 154-162.

Freimann, J. (2011): Über Geld hinaus – Betriebswirtschaftliche Beiträge zum Nachhaltigen Wirtschaften, Marburg.

Freimann, J./ Mauritz, C. (2010): Klimawandel und Klimaanpassung in der Wahrnehmung unternehmerischer Akteure, Werkstattreihe Nachhaltige Unternehmensführung Band 26, Fachgebiet Nachhaltige Unternehmensführung, Universität Kassel.

Giddens, A. (1984): The constitution of society: Outline of the theory of structuration. Cambridge, MA: Polity Press.

Global Compact/ UNEP/ Oxfam/ WIR (Hrsg.) (2011): Adapting for a green economy: Companies, Communities and Climate Change, 2011.

Günther, E. (2009): Klimawandel und Resilience Management: Interdisziplinäre Konzeption eines entscheidungsorientierten Ansatzes, Wiesbaden.

Heymann, E. (2008): Welche Branchen sind besonders vom Klimawandel betroffen?, in: Umweltwirtschaftsforum, 16. Jg., Ausgabe 2, S. 65-70.

IHK – Industrie und Handelskammer für München und Oberbayern (2009): Die Wirtschaft und der Klimawandel – Reaktionen der Unternehmen, Studie in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, München.

Luhmann, N. (1984): Soziale Systeme: Grundriss einer allgemeinen Theorie, Frankfurt a. M.

Mahammadzadeh, M. (2009): Klimawandel – ein Thema mit strategischer Bedeutung für die Unternehmen, Beitrag zur Herbsttagung 2009 der Kommission Nachhaltigkeitsmanagement im VHB, Dresden.

Mahammadzadeh, M./ Biebeler, H. (2009): Anpassung an den Klimawandel, Analysen Nr. 57, Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln.

Mahammadzadeh, M./ Biebeler, H./ Selke, J.-W. (2008): Globaler Wandel aus Sicht der Wirtschaft – Chancen und Risiken, Forschungsbedarf und Innovationshemmnisse, Analysen Nr. 36, Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln.

Mayring, P. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken, 10., neu ausgestattete Auflage, München.

Nicolai, A. (2000): Die Strategie-Industrie – Systemtheoretische Analyse des Zusammenspiels von Wissenschaft, Praxis und Unternehmensberatung, Wiesbaden.

Ott, H. E./ Richter, C. (2008): Anpassung an den Klimawandel – Risiken und Chancen für deutsche Unternehmen, Wuppertal Papers, Nr. 171 (Januar 2008).

Schreyögg, G./ Sydow, J./ Koch, J. (2003): Organisatorische Pfade – Von der Pfadabhängigkeit zur Pfadkreation?, in: Schreyögg, G./ Sydow, J. (Hrsg.): Managementforschung 13: Strategische Prozesse und Pfade. Wiesbaden.

Simon, H. (1957) A Behavioral Model of Rational Choice. Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting. New York.

Steinmann, H./ Schreyögg, G. (1993): Management – Grundlagen der Unternehmensführung, 3. Auflage, Wiesbaden.

Teece, D. J./ Pisano, G./ Shuen, A. (1997): Dynamic capabilities and strategic management, Journal of Strategic Management, S. 509-533.

Voss, M. (2010): Perspektiven sozialwissenschaftlicher Klimawandelforschung, in: Voss, M. (Hrsg.): Der Klimawandel – Sozialwissenschaftliche Perspektiven, Wiesbaden, S. 9-40.

Weber, M. (2008): Alltagsbilder des Klimawandels – Zum Klimabewusstsein in Deutschland, Wiesbaden.

Weick, K. (1995): Sensemaking in Organizations. Thousand Oaks.

V

GOVERNANCE DER KLIMAANPASSUNG

HERAUSFORDERUNGEN DER KLIMAANPASSUNG

Christian Henschke, Alexander Roßnagel

ÜBERSICHT

1 DIMENSIONEN DER HERAUSFORDERUNGEN 624
1.1 AUSPRÄGUNGEN DER BETROFFENHEIT 625
1.2 ZEITHORIZONTE FÜR ZUKUNFTSHANDELN 627
1.3 HANDELN UNTER UNSICHERHEIT 629
1.4 ÜBERLAGERUNG VON PROBLEMLAGEN 631
1.5 QUERSCHNITTSAUFGABEN 632
2 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE IN DER REGION 634
2.1 UNTERSCHIEDLICHE BETROFFENHEIT 634
2.2 ZEITHORIZONTE FÜR ZUKUNFTSHANDELN 639
2.3 HANDELN UNTER UNSICHERHEIT 642
2.4 INTEGRIERTE PROBLEMLÖSUNG 646
2.5 LOKALE UND REGIONALE HANDLUNGSKAPAZITÄTEN 650
3 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR EINE REGIONALE KLIMAANPASSUNGSSTRATEGIE 653
3.1 VERNETZUNG 653
3.2 INFORMATION 654
3.3 GOVERNANCE 655
4 AUSBLICK 656
LITERATUR 657

Die Anpassung einer Region an die Folgen des Klimawandels erfordert eine vielfältige Änderung des individuellen und kollektiven Verhaltens der relevanten Akteure. Diese Änderung setzt voraus, dass die Betroffenheit der Region erkannt und den Akteuren bewusst wird. Beides ist nur möglich, wenn in die Zukunft hinein gedacht und gehandelt wird. Das schlichte Reagieren auf eingetretene Veränderungen kommt zu spät. Da die Zukunft unbekannt und nur als gedachte Möglichkeit verfügbar ist, setzt Klimaanpassung Handeln voraus, das auf mögliche Zukünfte gerichtet ist. Dabei ist zu beachten, mit welchen anderen Zukunftsentwicklungen der Klimawandel interagiert und von welchen anderen Zukunftsproblemen seine Folgen beeinflusst werden. Damit eine Region sich frühzeitig an die Folgen des Klimawandels anpassen kann, ist es erforderlich, die notwendigen

Akteure zu kennen, zusammenzubringen und ihr Anpassungsverhalten zu koordinieren. Dies wiederum erfordert, vorhandene Strukturen und Prozesse für die Klimaanpassung zu nutzen oder neue hervorzubringen sowie Vernetzungen zu erweitern oder mit neuen Aufgaben zu ergänzen oder neue Netzwerke zu bilden.

Die Notwendigkeit, Möglichkeit und Ausgestaltung dieser Transformation in der Region Nordhessen zu erforschen, vorzudenken, anzustoßen und zu erproben, zu beobachten, zu bewerten und daraus Schlussfolgerungen für andere Transformationsprozesse der Klimaanpassung zu ziehen, war die Aufgabe des Verbundprojekts „Klimaanpassungsnetzwerk in der Modellregion Nordhessen (KLIMZUG-Nordhessen)“. In den fünf Jahren Projektlaufzeit von 2008 bis 2013 erforschte, entwickelte und setzte KLIMZUG-Nordhessen Klimaanpassungsmaßnahmen exemplarisch um. Besonders schwierige Herausforderungen ergaben sich dabei durch die differenzierte objektive und subjektive Betroffenheit der Handlungsfelder und Akteure, die unterschiedlichen Zeitperspektiven für Prognosen und Handlungsmöglichkeiten, den Umgang mit der – unterschiedlichen – Unsicherheit künftiger Entwicklungen, mit der Überlagerung künftiger Problem- und Handlungsbereiche und die begrenzte Handlungsmacht der Region im Rahmen des politischen Handlungszusammenhangs in Deutschland und Europa.

Dieser Beitrag untersucht vor dem Hintergrund umfangreicher Erfahrung aus fünf Jahren Erforschung, Entwicklung und Realisierung konkreter Klimaanpassungsmaßnahmen in der Region Nordhessen, wie diese Herausforderungen aus einer theoretischen Perspektive gefasst werden können (1). Er beschreibt sodann aus einer praktischen Perspektive, wie sie sich in der Region Nordhessen konkret manifestiert haben und welche spezifischen Ansätze das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen verfolgt hat, um ihnen gerecht zu werden (2). Abschließend resümiert der Beitrag, welche Schlussfolgerungen aus diesen Erfahrungen für eine regionale Klimaanpassungsstrategie gezogen werden können (3), und gibt einen Ausblick auf die weitere Entwicklung regionaler Klimaanpassung (4).

1 Dimensionen der Herausforderungen

Der folgende Abschnitt beschreibt aus theoretischer Perspektive fünf wesentliche Herausforderungen der Klimaanpassung: Welche Herausforderungen stellen sich angesichts der sehr unterschiedlichen Betroffenheiten, wenn unter Beachtung unterschiedlicher Zeitperspektiven und Unsicherheiten sowie unter den Bedingungen einer Multilevel-Governance die sich überlagernden Problemlagen über viele Fachbereiche in Wissenschaft und Verwaltung hinweg integriert bearbeitet werden sollen?

1.1 Ausprägungen der Betroffenheit

Jede regionale Klimaanpassungsstrategie stößt auf die Herausforderung, dass die Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels für die verschiedenen Handlungsfelder objektiv sehr differenziert ist und subjektiv von den Akteuren sehr unterschiedlich wahrgenommen und bewertet wird. Eine allgemeine einheitliche Klimaanpassungsstrategie ist daher kaum möglich. Vielmehr muss sie die Gegebenheiten in den Handlungsfeldern berücksichtigen, um passgenaue Klimaanpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Die *objektive Notwendigkeit*, sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen, besteht in vielen Handlungsfeldern. Jedoch ist die Stärke der Betroffenheit jeweils sehr unterschiedlich. Diese hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab.

Zum einen spielen für die Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels auch innerhalb einer Region lokale Unterschiede eine große Rolle. Hanglagen und Täler, Lee- und Luvseiten von Bergen, Kessellagen und Ebenen sind in unterschiedlicher Art und Intensität vom Klimawandel betroffen. Die Verschiedenartigkeit zeigt sich auch anhand der unterschiedlichen Vorkommnisse und Nutzungen von natürlichen Ressourcen. Aber auch die geschaffenen Strukturen, wie beispielsweise der Verlust oder die Zerschneidung von Lebensräumen oder die Renaturierung von Flächen, können die regionale Anpassungsfähigkeit und damit das Ausmaß der Auswirkungen des Klimawandels beeinflussen.

Zum anderen können die Lebensbedingungen durch die Folgen des Klimawandels unterschiedlich stark verändert werden. Diese Veränderungen können in verschiedener Weise bedeutsam sein, je nachdem wie eine Region vom Fortbestehen der Lebensbedingungen abhängig ist.[1] Hierfür ist wichtig, welche Schutzgüter und Interessen in welcher Art betroffen sein werden und welchen Wert die Schutzgüter haben.

Drittens hängt die Betroffenheit von der Anpassungskapazität des jeweiligen Handlungsfelds ab. Allein schon die Ausgangssituation, von der aus die jeweiligen Handlungsfelder sich anpassen müssen oder wollen, ist sehr unterschiedlich. Auch verfügen sie nicht im gleichen Maß über Ressourcen und Wissen zur Anpassung. Sie sind demnach jeweils unterschiedlich robust, um auf die Auswirkungen zu reagieren.[2]

Viertens ergibt sich eine unterschiedliche Betroffenheit dadurch, dass die einzelnen Handlungsfelder durch die Klimawandelfolgen unmittelbar oder nur mittel-

[1] S. Kap. I: Simon, Matovelle, Rötzel.
[2] S. Kap. I: Simon, Matovelle, Rötzel.

bar betroffen sind. So werden die natürlichen Ressourcen[3] und die menschliche Gesundheit[4] unmittelbar durch Klimaänderungen betroffen, dagegen werden die Folgen für andere Handlungsfelder erst durch Handlungen Dritter spürbar – etwa für den Tourismus, vermittelt durch die Destinationswahl der Touristen oder durch modische Änderungen ihrer Urlaubsinteressen.[5]

Außerdem hängt der Handlungsdruck von der Zeitperspektive für das Handeln ab. Die Betroffenheit ist daher unterschiedlich stark, je nachdem, ob die Veränderung der Lebensbedingungen durch den Klimawandel bereits heute spürbar ist und sofort gehandelt werden muss oder ob für Reaktionen noch ausreichend Zeit bleibt. Ebenfalls stark ist die Betroffenheit auch dann, wenn – wie in der Forstwirtschaft – zwar die Folgen erst in Zukunft spürbar sein werden, der Handlungsdruck aber deswegen bereits heute besteht, weil auch die Wirkungszeiten des Handelns sehr lang sind.[6]

Ist die Betroffenheit bereits von Handlungsfeld zu Handlungsfeld verschieden, so wird eine Klimaanpassungsstrategie noch weiter dadurch erschwert, dass der Blick nicht nur auf das einzelne Handlungsfeld gerichtet sein darf, sondern die Abhängigkeiten der einzelnen Handlungsfelder voneinander und die inhaltliche Verknüpfung des Themas Klimaanpassung über Handlungsfelder hinweg gesehen werden müssen. Erstens können Nutzungsinteressen von mehreren Handlungsfeldern an einem Gut bestehen, zweitens gibt es inhaltliche Synergien zur Klimaanpassung oder zum Klimaschutz oder es sind drittens Schutzinteressen anderer Handlungsfelder mit in die Anpassung einzubeziehen. Eine Zusammenarbeit, wie sie beispielsweise schon heute zwischen den Handlungsfeldern Landwirtschaft, Natur-, Wasser- und Bodenschutz sinnvoll ist, ist im Zug des Klimawandels zu intensivieren. Aber auch neu auftretende Belange erfordern eine Abstimmung der einzelnen Maßnahmen unter den Handlungsfeldern. Denn es können sich Synergien und Konflikte zwischen Anpassungsmaßnahmen der Handlungsfelder ergeben. Bei der Suche nach geeigneten Klimaanpassungsmaßnahmen eines Handlungsfelds müssen daher die Wirkungszusammenhänge der verschiedenen Einzelmaßnahmen in den Blick genommen und auftretende Synergien und Konflikte koordiniert werden.[7]

Von der objektiven Betroffenheit ist die von einzelnen Akteuren wahrgenommene, *subjektive Betroffenheit* zu unterscheiden. Sie wirkt allerdings handlungsleitend. Ob

---

3 S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf; Theobald et al.; Fiebiger et al.
4 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
5 S. Kap. III: Hahne et al.
6 S. Kap. I: Benz, Roßnagel, Rötzel.
7 S. z.B. Görg 2010: 125.

jemand sein Verhalten ändert oder an kollektiven Verhaltensänderungen mitwirkt, ist neben anderen Faktoren stark von seiner subjektiven Betroffenheit abhängig. Für diese ist zum einen entscheidend, welches Wissen über erwartete oder mögliche Folgen des Klimawandels besteht. Hierfür kann es entscheidend sein, ob langfristige Veränderungen von durchschnittlichen Temperaturen oder Niederschlägen beurteilt werden oder ob mögliche extreme Wetterereignisse in den Vordergrund der Wahrnehmung treten, mit denen kaum kalkulierbare Schäden verbunden sein können. Für die subjektive Bewertung ist außerdem der Zeithorizont der wahrgenommenen oder angenommenen Auswirkungen der Klimawandelfolgen und des subjektiv anerkannten Handlungsbedarfs wichtig.

Zum anderen ist entscheidend, wie diese Folgen bewertet werden. Für diese Bewertung gibt es aber keine anerkannten Kriterien oder gar feststehende Prioritäten zwischen solchen Kriterien – weder für ein bestimmtes Handlungsfeld noch gar Handlungsfelder übergreifend. Welche Kriterien zur Bewertung der feststellbaren oder vermuteten Klimawandelfolgen herangezogen werden, ist eine Frage der jeweils aktuellen politischen Bewertung. Sie wird sich sehr unterscheiden, wenn hierfür nur ökonomische oder auch etwa ökologische oder kulturelle Kriterien herangezogen werden. Während bei Schäden an Sachgütern monetäre Kriterien naheliegend sind, sind dies bei Beeinträchtigungen der Qualität und Verfügbarkeit öffentlicher Güter wie Wasser und Boden die entsprechenden naturwissenschaftlichen Indizes, gegebenenfalls mitsamt einer normativen Bewertung. Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit, die von Minderungen des Wohlbefindens bis zu konkreten gesundheitlichen Gefährdungen reichen können, sind mit oben genannten Maßzahlen kaum zu fassen. In der Wahrnehmung der eigenen Betroffenheit bestehen jedenfalls sehr große Unterschiede.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine besondere Herausforderung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels darin besteht, das Problem unterschiedlicher Betroffenheit zu erkennen und zu bewerten und entsprechend angepasste Maßnahmen der Information über und der Koordination von Anpassungshandeln vorzusehen.

1.2 Zeithorizonte für Zukunftshandeln

Eine weitere Herausforderung der Klimaanpassung liegt darin, dass die Zeithorizonte, die für Anpassungsmaßnahmen zu beachten sind, sehr unterschiedlich sind. In manchen Handlungsfeldern können sowohl die Folgen des Klimawandels als auch die Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen weit in der Zukunft liegen und daher bereits heute Anpassungshandeln notwendig machen – auch wenn von den Risiken oder Chancen heute noch nichts zu sehen und zu spüren ist. In anderen Handlungsfeldern bestehen relativ kurze Reaktionszeiten, so dass sowohl für

Folgenanalysen als auch für Anpassungsmaßnahmen kurze Zeithorizonte ausreichend sind.

Der Zeithorizont der vorausschauenden Analyse ist abhängig von der Wirkungszeit möglicher geeigneter Anpassungsmaßnahmen. Besonders langfristig sind die Wirkungszeiten in der Forstwirtschaft. Dementsprechend beträgt der Zeithorizont für Folgen- und Wirkungsanalysen bis zu einem Jahrhundert. Auch im Handlungsfeld Hochwasservorsorge müssen aufgrund langer Planungshorizonte und hoher Investitionen Klimaanpassungsentscheidungen heute getroffen werden, die erhebliche Festlegungen bedeuten und deren Wirksamkeit im Zweifelsfall erst in der fernen Zukunft bewertet werden kann.

Dagegen sind beispielsweise in den Handlungsfeldern Tourismus, Verkehr und Produktion hinsichtlich vieler Folgen des Klimawandels vergleichsweise kurze Reaktionszeiten möglich. In diesen Bereichen wird dementsprechend keine Notwendigkeit langfristiger Anpassungsmaßnahmen gesehen. Hier begnügt man sich mit Zeiträumen für die Abschätzung von Klimawandelfolgen von fünf bis zehn Jahren. Die Bereitschaft, längerfristige Anpassungsmaßnahmen in Betracht zu ziehen, ist sehr gering.[8]

Auch im Handlungsfeld Landwirtschaft besteht im Prinzip ein kurzfristiger Dispositionshorizont. Im Ackerbau könnte der Landwirt eigentlich in jedem Jahr die Ackerflächen anders bestellen. Dennoch bedarf es auch hier – zumindest mittelfristig – einer proaktiven Anpassung.[9] Denn hier kann es nicht nur um die wechselnde Fruchtfolge gehen. Vielmehr ist die Qualität der Böden gegenüber Nährstoffverlust und Erosion langfristig zu sichern. Diese kann durch ein ungünstiges Zusammenwirken von Bewirtschaftungsweisen und klimatischen Veränderungen stark negativ beeinflusst werden.

Allgemein ist zu beachten, dass Anpassungsbedarfe sich nicht lediglich aus eindimensionalen Veränderungen des Klimas ergeben. Sie werden vielmehr durch eine Vielzahl von Determinanten bestimmt, etwa durch geographische oder geomorphologische, durch wirtschaftliche oder durch gesellschaftliche Aspekte.[10] Diese Determinanten bedingen sich in ihren Auswirkungen gegenseitig und ergeben ein komplexes Wirkungsgefüge. Sie können sich in ihren negativen Auswirkungen wechselseitig verstärken und modifizieren und damit das mögliche Schadenspotential vergrößern.[11] Deshalb genügt es nicht, dass auf bestimmte Schadensentwicklungen mit kurzfristigen Anpassungsmaßnahmen reagiert werden

8 S. Kap. IV: Freimann, Mauritz, Walther.
9 Ähnlich Reese, Möckel, Bovet, Köck 2010: 20f.
10 Ähnlich Baasch, Bauriedl, Hafner, Weidlich, RuR 2012: 195.
11 S. Bundesregierung 2008: 30.

kann. Durch das komplexe Zusammenwirken unterschiedlicher Determinanten können auch in solchen Handlungsfeldern mittel- oder langfristig Schäden entstehen. Diesen kann nur durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen begegnet werden.

Für eine regionale Anpassungsstrategie ist es somit notwendig, für alle Handlungsfelder mittel- und langfristige Folgenanalysen durchzuführen, um Wechselwirkungen zwischen Handlungsfeldern oder neue Erkenntnisse über die Zu- oder Abnahme von Belastungen oder Risiken in der Zukunft rechtzeitig zu erkennen. Dies ist in den Handlungsfeldern besonders schwierig, in denen die Akteure meinen, wegen kurzer Reaktionszeiten auf vorausschauende Anpassungsmaßnahmen verzichten zu können.

1.3 Handeln unter Unsicherheit

Eine weitere Herausforderung entsteht dadurch, dass weder negative oder positive Folgen des Klimawandels noch die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen sicher prognostiziert werden können. Zwar erfolgt jedes in die Zukunft gerichtete Handeln unter Unsicherheit, da die Zukunft nicht bekannt ist. Die Relevanz dieser Unsicherheit erhält aber für Anpassungshandeln dann eine besondere Bedeutung, wenn die Komplexität des zu beurteilenden Wirkungsgefüges besonders groß ist, der Prognose- und Planungshorizont besonders langfristig und die Handlungsfolgen nicht oder kaum reversibel sind.

Zwar wachsen die wissenschaftlichen Erkenntnisse hinsichtlich der zukünftigen *klimatischen Veränderungen* und ihrer Auswirkungen stetig an. Dennoch können lediglich mögliche zukünftige Entwicklungspfade von Klimaänderungen, die von ihnen ausgehenden Folgen für die natürliche Umgebung der Menschen, die von diesen bewirkten gesellschaftlichen Veränderungen, die damit verbundenen Verwundbarkeiten und die von ihnen ausgelösten individuellen und kollektiven Reaktionen dargestellt werden. Dabei ist die reale Komplexität des Wirkungsgefüges enorm und wird von Computersimulationen nur in Ansätzen nachvollzogen, auch wenn diese immer wieder verbessert werden. Auf jeder Stufe dieser Prozesskette können die Voraussetzungen und Folgen allenfalls in einem breiten Entwicklungskorridor beschrieben werden. Die Berechnung der Klimaszenarien und die Beschreibung ihrer Folgen bleiben stets unsicher.[12] Diese Unsicherheiten nehmen zu, wenn die Projektionen möglicher Folgen der anthropogenen klimatischen Veränderungen von der globalen oder kontinentalen Ebene auf die regionale Ebene übertragen werden.[13] Bei all diesen Abschätzungen ist zu erwarten, dass

[12] S. Kap. I: Simon, Matovelle, Rötzel.
[13] S. Kap. II: Matovelle, Simon.

die Aussagesicherheit künftig weiter zunimmt, wenn neue zusätzliche Erkenntnisse oder verbesserte Methoden genutzt werden.

Wie die tägliche Wettervorhersage zeigt, verliert ein Blick in die Zukunft zunehmend an Prognosesicherheit, je weiter er in die Zukunft reicht. Dies ist grundsätzlich besonders bedeutsam, wenn aufgrund der Folgenentwicklung oder der Wirksamkeit von Handlungen ein langfristiger Prognose- und Planungshorizont erforderlich ist.[14] Diese generelle Erkenntnis wird allerdings überlagert von der Struktur der Klimaveränderungen. Die Aussagen über durchschnittliche Veränderungen von Temperatur und Niederschlägen und die Veränderungen der Jahreszeiten sind vergleichsweise verlässlich, auch wenn sie langfristige Wirkungen betreffen. Im Gegensatz dazu sind Aussagen über Extremwetterereignisse und Trockenperioden viel weniger sicher. Nur sehr vorsichtig können sie – sogar kurz- bis mittelfristig – selbst für die Veränderungen ihres durchschnittlichen Auftretens und Ausmaßes getroffen werden.[15]

Die Akteure der Klimaanpassung müssen ihre Handlungslogik auf diese Unsicherheiten einstellen. Dabei stellt sich vor allem die Frage, wo und wann es auf eine hohe Prognosesicherheit ankommt. Wie viel Prognosesicherheit für Entscheidungen und Maßnahmen notwendig ist und wie viel Unsicherheit ertragen werden kann, hängt jedoch stark davon ab, welche Wirkungen diese haben: Handeln, das vollendete Tatsachen schafft, hat dabei eine andere Bedeutung als Handeln, das weitgehend reversibel ist.

Zu beachten ist auch der Zeitraum der *Handlungswirkungen*.[16] Wenn Anpassung nur langfristig wirkt, muss bereits heute – auch unter Unsicherheit – entschieden und gehandelt werden. Dagegen kann bei einem kurzen Dispositionshorizont auch länger abgewartet werden und auf eine Zunahme der Aussagesicherheit gehofft werden. Diese Hoffnung ist in vielen Bereichen sogar begründet, wenn die Datengrundlagen, auf denen die Projektionen berechnet werden, selbst fortlaufend Änderungen unterworfen sind.

Schließlich ist das mögliche *Schadenspotential* zu beachten. Wenn dieses so groß ist, dass sein Eintritt sicher ausgeschlossen werden muss, genügt auch eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit oder auch nur die Möglichkeit seines Eintritts. Daher wird in manchen Handlungsfeldern die Möglichkeit, dass Extremwetterereignisse zunehmen, bereits heute als relevante Bedrohung empfunden, auch wenn eine solche Prognose unter großen Vorbehalten steht.

---

14 S. oben, Zeithorizonte für Zukunftshandeln.
15 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
16 S. Kap. I: Benz, Roßnagel, Rötzel.

Die Akteure der Klimaanpassung müssen ihre Handlungslogik auf diese unterschiedlichen Aspekte einstellen, die eine geringe Prognosesicherheit bewirken und dennoch Entscheidungen fordern. Die richtige Strategie hierfür ist das Vorsorgehandeln: Je nach Handlungsfeld ist die Betroffenheit und der Handlungszeitraum zu bestimmen. Soweit es falsch oder riskant wäre nicht zu entscheiden und zu handeln, sind vorsorglich Anpassungsmaßnahmen zu treffen. Diese sind aber so zu wählen, dass sie möglichst wenig irreversible Festlegungen treffen oder auch dann keine Nachteile verursachen, wenn sich die unsichere Projektion in der Zukunft als falsch erweist (No-Regret-Maßnahmen).

1.4 Überlagerung von Problemlagen

Die Folgen des Klimawandels treffen auf eine Gesellschaft, in der bereits viele Probleme zu lösen sind. Sie können auf diese ganz unterschiedliche Wirkungen ausüben und damit differenzierte Handlungsbedarfe verursachen. Sie können ein Problem betreffen, das bereits erkannt ist und bearbeitet wird. Im Regelfall werden allerdings die Folgen des Klimawandels die bestehenden Problemlagen verstärken oder verändern. So können beispielsweise die sich bereits überlagernden Probleme des demographischen Wandels und der Gesundheitsvorsorge für ältere Menschen dadurch verstärkt werden, dass Extremwetterereignisse durch Verkehrshindernisse die ohnehin angespannte Pflegesituation verschärfen.[17] Bestehende Vulnerabilitäten werden zum Beispiel auch in der Landwirtschaft verstärkt, wenn durch zunehmende Extremwetterereignisse zusätzliche Ernteausfälle, Erosionen und Bodenverschlechterungen drohen.[18]

Allerdings ist es auch nicht auszuschließen, dass die Folgen des Klimawandels neue Vulnerabilitäten einer Region verursachen oder aufdecken und dadurch auch neue Handlungsbedarfe begründen. Solche bisher nicht erkannten oder nicht adressierten Problembereiche ergeben sich zum Beispiel dadurch, dass längere Hitzeperioden für ältere Menschen einen zusätzlichen Gefährdungsfaktor darstellen. Hinsichtlich der Behaglichkeit in Räumen können Hitzeperioden auch die Leistungsfähigkeit der Nutzer (z.B. in Schulen) mindern und ihre Gesundheit (z.B. in Senioren- und Pflegeheimen) zusätzlich gefährden. In diesen eher seltenen Fällen ergeben sich durch die Folgen des Klimawandels neue Aufgaben, die mit bestehenden Aufgaben verbunden oder von diesen abgegrenzt werden müssen.

Die Folgen des Klimawandels sind nicht nur relevant für die Bewertung von Problemlagen. Sie können auch die Bedingungen der Problemlösung verändern. Sie müssen nicht unbedingt eine weitere Komponente in der Komplexität der Prob-

[17] S. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.
[18] S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.

lemlösung sein. Vielmehr kann Klimaanpassung auch als Katalysator für die Lösung bestehender Problemlagen wirken, indem sie Probleme bündelt, Probleme neu akzentuiert oder einen Umschlag in der gesellschaftlichen Bewertung des Problems bewirkt. Ein Beispiel hierfür ist die Versorgung von Pflegebedürftigen durch Nachbarschaftshilfe, die bei Extremwetterereignissen besonders relevant ist, aber auch unabhängig vom Klimawandel eine Problemlösung oder -linderung darstellen kann.[19]

An den benannten Beispielen wird deutlich, dass Klimaanpassung einen Aspekt im bestehenden Gefüge sich überschneidender Problemlagen darstellt und daher per se thematisch integriert betrachtet werden muss. Dementsprechend kann auch die Entwicklung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen nicht als eine isolierte, singulär zu betrachtende Maßnahme durchgeführt werden. Sie erfolgen meist in Verbindung mit der Bearbeitung anderer Problemlagen. Hierzu werden verschiedene Themen inhaltlich gebündelt und miteinander verknüpft.

Daher ist es für die Bearbeitung der komplexen Problemlage Klimawandel von Vorteil, mit unterschiedlichen Akteuren zusammen zu arbeiten.[20] So kann vielfältiges Fach- und Praxiswissen in Entscheidungsprozesse eingebracht werden. Daher versuchte KLIMZUG-Nordhessen für konkrete Anpassungsmaßnahmen Akteure verschiedener Handlungsfelder zusammen zu bringen. Hierfür wurden sowohl bestehende Netzwerke genutzt und um das Thema Klimaanpassung ergänzt als auch neue Netzwerke geknüpft.[21]

1.5 Querschnittsaufgaben

Die Folgen des Klimawandels verändern oder ergänzen bestehende Aufgaben, erzeugen aber selten ganz neue. Klimaanpassung ist daher kein neues Politikfeld, sondern vielmehr eine Querschnittsaufgabe. Sie verlangt vor allem eine Integration in bestehende Strukturen und Prozesse und eine neue Art der Vernetzung. Diese trifft auf drei spezifische Herausforderungen.

Die erste Herausforderung besteht darin, den Handlungsraum dem Problem angepasst zu konzipieren und auszufüllen. Klimaanpassung soll aus vielen Gründen vor allem regional erfolgen.[22] Die Bezugnahme auf die Region ist aber eher eine Herausforderung als eine Lösung. Was unter Region verstanden wird, bestimmt sich nämlich in den jeweiligen Handlungsfeldern und Problemlagen nach unterschiedlichen Kriterien. So sind zum Beispiel waldbauliche Maßnahmen zur Kli-

19 S. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.
20 S. Baasch, Bauriedl, Hafner, Weidlich, RuR 2012: 192.
21 S. näher Kap. V: Roßnagel, Steffens.
22 S. Kap. I: Benz, Roßnagel, Rötzel.

maanpassung unter Berücksichtigung der lokalen naturräumlichen Gegebenheiten zu bestimmen. Für die Bewältigung des Wald-Wild-Konflikts kann der Lebensraum für Rotwild eine sinnvolle Grenzziehung sein. Ähnlich werfen im Fall von Niedrigwasser die Wassernutzungen bei trockenheitsbedingter Wasserknappheit Fragestellungen auf, die sich am Flussverlauf und den Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Interessen Betroffener orientieren. Die Konzeption von Vorsorgemaßnahmen gegen Hochwasser muss sich auf potentielle Überschwemmungsgebiete beziehen. Gesundheitsvorsorge gegen Hitzestress muss in dem Bereich erfolgen, in dem das Problem auftritt und in dem die mit diesem Problem befassten Akteure angesiedelt sind, also etwa in dem relevanten städtischen Wohnumfeld, in dem die hitzeempfindlichen Menschen wohnen. In vielen Handlungsfeldern kann somit die Anpassungsregion nicht nach Verwaltungsgrenzen oder Landesgrenzen, nach administrativen Zuständigkeiten oder soziokulturellen Zusammenhängen definiert werden. Vielmehr impliziert regionale Klimaanpassung eine Vielzahl an regionalen Einheiten, in denen je nach Problemstellung unterschiedlichste Akteursgruppen angesprochen sind, zur Lösung von Klimaanpassungsproblemen beizutragen.

Die zweite Herausforderung ergibt sich daraus, dass Querschnittsthemen die Grenzen einzelner Handlungsfelder überschreiten und damit auch über die Zuständigkeit einzelner Entscheidungseinheiten hinausgehen. Dies gilt vor allem für die öffentliche Verwaltung, die in der Regel nach Handlungsfeldern arbeitsteilig gegliedert ist und deren Abteilungen und Referate auf ihre Zuständigkeit wachsam bestehen. Dies betrifft aber auch Wirtschafts- und Interessenverbände, die in der Regel einzelne Branchen oder einzelne soziale und ökologische Interessen vertreten. Das Querschnittsthema Klimaanpassung kann sie alle zur Zusammenarbeit zwingen. Eine solche Handlungsfelder übergreifende Kooperation ist nicht neu, aber auch nicht alltäglich und erfordert für die Klimaanpassung mitunter neue und angepasste Verfahren und Strukturen.[23] Diese müssen entwickelt, erprobt und verbessert werden.

Die dritte Herausforderung ergibt sich daraus, dass die Region nur eine Entscheidungs- und Handlungsebene zwischen Kommune einerseits, Land, Bund und Europäischer Union andererseits ist. Um eine konkrete Bearbeitung von Klimaanpassungsmaßnahmen in der Region zu ermöglichen und zu unterstützen, sollte die nötige Handlungs- und Steuerungsfähigkeit auf der regionalen Ebene angesiedelt sein.[24] Die bestehende Verteilung von Zuständigkeiten, Kompetenzen, Personal und finanziellen Ressourcen verhindert dies jedoch weitgehend.

---

[23] S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.
[24] S. z.B. Baasch, Bauriedl, Hafner, Weidlich, RuR 2012: 192.

Regionale Klimaanpassung ist daher auf geeignete Rahmenbedingungen angewiesen, die nur von den übergeordneten Ebenen gewährleistet werden können.[25] Auch bedarf sie in den einzelnen Handlungsfeldern intensiver Unterstützung durch die höheren fachlichen und politischen Ebenen. Um Anpassungsstrategien auf regionaler Ebene zu verwirklichen, bedarf es daher komplizierter Abstimmungen in diesem Mehrebenensystem. Diese werden aber durch die Ungleichzeitigkeit der Entwicklungen in den einzelnen Regionen erschwert. Bis von den engagierten Regionen ein ausreichender Druck auf der übergeordneten Ebene aufgebaut werden kann, vergeht in der Regel viel Zeit und es werden Chancen des Handelns vertan.

Zur dritten Herausforderung gehört es, Lösungen zu finden, wie die regionalen Entscheidungsträger und Akteure mit den erforderlichen Kapazitäten ausgestattet werden können, sei es hinsichtlich des Know How oder finanzieller Ressourcen, um auf diese Weise die Bereitschaft und die Fähigkeit zur Verantwortungsübernahme zu befördern. Sie sind neben der Betroffenheit entscheidend dafür, wie die Aufgaben der regionalen Anpassung an die Folgen des Klimawandels bewältigt werden können.

2 Herausforderungen und Lösungsansätze in der Region

Nachdem die Herausforderungen für eine regionale Klimaanpassung theoretisch beschrieben wurden, stellt der folgende Abschnitt aus einer praktischen Perspektive konkrete Ausprägungen der fünf vorgestellten Herausforderungen in der Modellregion Nordhessen dar und beschreibt die Lösungen, die im „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ für sie gefunden wurden. Die dafür gewählten Beispiele verdeutlichen die Praxisrelevanz der jeweiligen Herausforderungen in Nordhessen.

2.1 Unterschiedliche Betroffenheit

Unterschiedliche objektive und subjektive Betroffenheiten zwischen Handlungsfeldern erschweren eine allgemeine Anpassungsstrategie für die Region. Sie stellen überall da ein Problem dar, wo Abwägungen notwendig sind, weil Entscheidungen zwischen widerstreitenden Interessen, begrenzten Ressourcen und unterschiedlichen Dringlichkeiten getroffen werden müssen. Solche Abwägungsentscheidungen stellen sich allerdings vor allem auf der übergeordneten politischen Ebene, wenn konkrete Anpassungsmaßnahmen unterschiedlicher Handlungsfelder um knappe Mittel konkurrieren. Unterschiedliche objektive und subjektive

[25] S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.

Betroffenheiten haben in der Praxis jedoch eine nachrangige Bedeutung, wenn es um die Frage der Anpassung im jeweiligen Handlungsfeld geht.

Die Anpassungsdiskussion im „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen" orientierte sich vielmehr an der wahrgenommenen Stärke der (künftigen) Verletzlichkeit des jeweiligen Handlungsfelds. Im Austausch mit den Praxisakteuren ging es darum, ob zusätzliche Informationen über die objektive Betroffenheit die subjektive Wahrnehmung der eigenen Verletzlichkeit und der Dringlichkeit einer Anpassung verändern können. Diese Diskussion mündete am Ende in die Frage, ob die Betroffenheit im konkreten Feld so groß ist, dass heutiges Anpassungshandeln erforderlich und – insbesondere angesichts knapper Kassen und knapper personeller und zeitlicher Ressourcen – gerechtfertigt ist. Diese Abwägung fiel entsprechend der wahrgenommenen Betroffenheit von Handlungsfeld zu Handlungsfeld sehr unterschiedlich aus.

Recht deutlich abschlägig fiel das Urteil im Handlungsfeld *Tourismus* seitens der touristischen Leistungsträger in Nordhessen aus. Dort wurde die Betroffenheit durch potentielle Veränderungen des Wettergeschehens (Erwärmung als Bedrohung des Wintersportes oder als Auslöser für die Veränderung regionaler und lokaler Reizklimate, die Voraussetzung für die Anerkennung als Luftkurort sind) als zu ungewiss und im Hinblick auf den Zeithorizont touristischer Investitionszyklen derzeit noch weitgehend als irrelevant eingeschätzt. Die Betreiber des Schitourismus gehen davon aus, dass sie ihr Wintersportangebot trotz Klimawandels auch in den kommenden Jahren rentabel aufrecht erhalten können. Die Betreiber des Kurtourismus sehen in der möglichen Aberkennung des Luftkurortstatus keine Bedrohung, die bereits heute die Orientierung hin zu alternativen Leistungsangeboten rechtfertigen würde.

Diese Einschätzungen beruhen auf einer vornehmlich ökonomischen Bewertung der für die kurze und mittlere Sicht vorgelegten potentiellen Risiken und wurden unter der Annahme getroffen, dass angesichts der gängigen Planungs- und Investitionszeiträume Reaktionsmöglichkeiten auf mögliche Veränderungen des regionalen Wetters und der Witterung weiterhin bestehen. Die Befassung mit bereits heute bestehenden Verletzlichkeiten im Bereich des Wintersportangebotes stand dabei im Hintergrund, da in diesem Bereich derzeit keine Neuanlagen geplant sind. Unter stärkerer Berücksichtigung des Wasser- und Energieverbrauchs für die künstliche Beschneiung und damit unter Einbeziehung ökologischer Bewertungskriterien wäre die Einschätzung der Vulnerabilität gegebenenfalls anders ausgefallen, dann allerdings von anderen Akteursgruppen.

Ebenso ist zu berücksichtigen, dass im Bereich Tourismus Betroffenheit durch Klimawandelfolgen eher mittelbar besteht, zum Beispiel über die Destinations-

wahl der Touristen und abnehmende Gästezahlen. Dadurch lässt sich der Zusammenhang zwischen Wettergeschehen und der Entwicklung der Gästezahlen nicht direkt, zumindest nicht ohne den Aufwand entsprechender Untersuchungen, feststellen.

Die Herausforderung, Gästegruppen mit hoher Umweltsensibilität zu verlieren sowie neue Zielgruppen, die sich Nachhaltigkeitsthemen gegenüber aufgeschlossen zeigen, nicht erschließen zu können, ist allerdings ein starker Motor zur Veränderung des Tourismus in der Region geworden. Hierzu konnten Aktivitäten in der zweiten Hälfte des KLIMZUG-Projekts beitragen. So wurden nicht nur betriebliche Konzepte eines nachhaltigen, klimaschonenden Tourismus in der Region unterstützt und bekannter gemacht, ein Handbuch mit Bausteinen für eine umwelt- und klimafreundliche Destination GrimmHeimat Nordhessen (2013) erarbeitet, sondern auch die mit Akteuren der Region erarbeitete Tourismusstrategie 2022 der Destination explizit um den Aspekt des klima- und umweltbewussten Reisens ergänzt.[26]

Anders als im Handlungsfeld Tourismus besteht in den Handlungsfeldern Landwirtschaft und Gesundheit eine direkte Betroffenheit durch Veränderungen im Wettergeschehen. Unmittelbare Gefährdungen der Gesundheit während Hitzeperioden in Städten sind insbesondere seit dem Hitzesommer 2003 durch erhebliche Steigerungsraten bei der Mortalität und Morbidität gefährdeter Personengruppen bekannt. Daher waren die beteiligten Akteure davon überzeugt, dass gegen die Gefährdung der Gesundheit älterer Menschen durch Hitzeperioden vorsorgliche Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen sind.[27]

Auch im Handlungsfeld *Landwirtschaft* war von den beteiligten Akteuren aus Wissenschaft und Praxis die Betroffenheit durch Folgen des Klimawandels unbestritten. Bereits heute bestehen sowohl ökonomische als auch ökologische Verletzlichkeiten und der Klimawandel bietet einen zusätzlichen Anreiz, an geeigneten Problemlösungen zu arbeiten. Dabei stehen für Nordhessen eher Risiken als Chancen im Vordergrund. Beispielsweise werden mit dem erhöhten Wasservorkommen im Winter und im frühen Frühjahr Einschränkungen bei der Bodenbearbeitung assoziiert. Darüber hinaus werden durch Starkregenereignisse ökologische Schäden durch Erosion und Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen von landwirtschaftlichen Nutzflächen erwartet.[28] Generell ist davon auszugehen, dass mit zunehmenden Witterungsextremen Gefährdungen der Ertragssicherheit entstehen. In der jüngeren Vergangenheit traten in Nordhessen wiederholt wetterbedingte

[26] S. Kap. III: Hahne et al.
[27] S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
[28] S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.

Schäden an erntereifen Früchten auf – sei es durch Starkregen und Hagel oder durch lange Regenperioden im Sommer.

Gleichwohl wurde deutlich, dass die Einschätzung der Verletzlichkeiten, ihre Gewichtung und Relevanz sowie die Präferenzen bei der Konzeption geeigneter Anpassungsmaßnahmen akteursspezifisch unterschiedlich ausfallen. Ausschlaggebend können dabei neben den fachlichen Bewertungskriterien auch normative Haltungen sein, die dem jeweiligen professionellen Umfeld oder auch persönlichen Neigungen zuzuschreiben sind. Auch nehmen einzelne Akteuren an, dass ihr Reaktionsspielraum ausreichend sei und die notwendigen Anpassungskapazitäten bereits bestünden. Immer wieder werden zudem die mit dem Klimawandel assoziierten Chancen durch verlängerte Vegetationsperioden betont.

Im Handlungsfeld *Forstwirtschaft* sind bedeutende Unterschiede in der Wahrnehmung der Betroffenheit zwischen Staatsforst und Kommunalwald festzustellen. Den für den hessischen Staatswald Verantwortlichen ist trotz der Unsicherheit der Projektionen die potentielle Dimension möglicher Schadereignisse bewusst. Sie sehen sich in der Verantwortung, für diese Situation einen Umgang im heutigen Handeln zu finden. Dies gilt umso mehr, als die Berücksichtigung von Maßnahmen zur Klimaanpassung für den hessischen Staatswald in der Richtlinie für die Bewirtschaftung des Hessischen Staatswaldes von 2012[29] festgeschrieben ist. Die Maßgaben zielen auf den Umbau einschichtiger, einförmiger Waldgefüge in vielschichtige und gemischte Dauerwald-Strukturen. Darüber hinaus sind eine größere Vielfalt an Baumarten und Strukturelementen und die Einmischung klimarobuster Arten wichtige Orientierungen für die Entwicklung robuster, klimaangepasster Waldbestände. Dementsprechend werden bereits, auch auf der Grundlage von Empfehlungen aus KLIMZUG-Nordhessen,[30] vielfältige waldbauliche Maßnahmen durchgeführt.

Während solche Maßnahmen im Staatswald bereits Bestandteil der Praxis sind, stehen Klimaanpassungsmaßnahmen im Kommunalwald noch weitgehend am Anfang. Ausschlaggebend ist dabei der noch unzureichende Kenntnisstand und das fehlende Bewusstsein des Ausmaßes der Betroffenheit der kommunalen Entscheidungsträger, die Klimaanpassung bei der Formulierung der waldbaulichen Zielvorgaben bisher nachrangig berücksichtigen. Hier sind spezifische Informationen erforderlich, die neben den ökonomischen weitere Implikationen waldbaulicher Zukunftsentscheidungen, die zur Klimaanpassung getroffen werden, berücksichtigen. Denn den Kommunen als Waldbesitzer muss daran gelegen sein, neben

[29] www.hessen-forst.de.
[30] S. Kap. III: Fiebiger et al.

der ökonomischen auch die anderen Waldfunktionen wie Erholung, Klimaschutz oder Ökologie zu erhalten.

Eine weitere Zielgruppe für Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung über bestehende Verletzlichkeiten und für Informationen zur Klimaanpassung im Wald sind Jäger und deren kommunale Vereinigungen. Gerade beim Rotwild wird deutlich, dass extensive Pflege des Bestands, die von der Jägerschaft propagiert wird, zu erheblichem Verbiss und zu Schädigungen gerade des Aufwuchses führt, der zur Verjüngung und Diversifizierung der Waldbestände benötigt wird.[31] Neben den wirtschaftlichen Schäden, die dadurch entstehen, sind die Diversifizierung und Verjüngung der Bestände zentrale Maßnahmen zur robusten Entwicklung der Wälder angesichts der zu erwartenden oder zu befürchtenden Klimawandelfolgen. Das Jagdverhalten steht somit in direktem Zusammenhang zur Klimaanpassung im Wald.

Eine Abwägung direkter Betroffenheiten ist notwendig beim *Niedrigwassermanagement.* Bereits heute konkurrieren viele Akteursgruppen aus unterschiedlichen Handlungsfeldern um den Zugang zur Ressource Wasser: Tourismus, Schiffsverkehr, Landwirtschaft, Angler, industrielle Anlagen und Prozesse, die Wasser zur Kühlung brauchen. Außerdem ist auch die Wasserqualität zu berücksichtigen, die bei Niedrigwasser abnimmt. Die technische Bewältigung einer Bewirtschaftungsänderung der Talsperren ist daher verbunden mit der Klärung der Frage, welche der betroffenen und konkurrierenden Interessen bei Wasserknappheit als besonders verletzlich eingestuft und daher priorisiert werden und welche nicht. Solche Abwägungen werden vor dem Hintergrund der sozialen und wirtschaftlichen Umgebung vorgenommen und unterliegen im Lauf der Zeit Veränderungen: Beispielsweise gewinnen über die Jahre hinweg die Nutzungsansprüche von touristischen Anbietern am nordhessischen Edersee gegenüber denen der Schifffahrt zunehmend an Bedeutung.

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Beispiele sind folgende Einschätzungen festzuhalten. Die Betroffenheiten sind nicht nur zwischen, sondern auch innerhalb von Handlungsfeldern unterschiedlich stark ausgeprägt. Unterschiede ergeben sich durch die jeweiligen Wirkungen der Klimawandelfolgen auf die naturräumlichen, wirtschaftlichen und sozialen örtlichen Gegebenheiten. Für regionales Klimaanpassungshandeln sind die subjektiven Einschätzungen der relevanten Akteure in den Handlungsfeldern von besonderer Bedeutung. Die Erkenntnis direkter Betroffenheit durch Änderungen des Wettergeschehens war für die Hand-

[31] Die Verjüngungen werden selektiv von Reh- und Rotwild durch Verbiss, Abschälen der Rinde, Fegen und Schlagen in der Zahl reduziert und geschädigt – s. Ammer, Vor, Knoke, Wagner 2010.

lungsfelder Gesundheit, Land-, Wasser- und Forstwirtschaft bedeutsam. Bei allen vier stehen die Extremwetterereignisse in Form von Stürmen, Starkregen und Hitzeperioden im Vordergrund, weil mit ihnen bisher kaum kalkulierbare Schadenspotentiale verbunden sind. An den Beispielen Landwirtschaft und Tourismus deutet sich an, dass die Einschätzung der Betroffenheit davon abhängen kann, ob eine eher integrierte Perspektive eingenommen wird oder ob vornehmlich nach ökonomischen Kriterien geurteilt wird. Für die Handlungsfelder des Tourismus und der Landwirtschaft war offensichtlich aber auch die Einschätzung eigener Reaktionsfähigkeit von Bedeutung. Die Annahme, dass kurzfristige Anpassungen möglich seien, reduzierte die Wahrnehmung eigener Betroffenheit.

2.2 Zeithorizonte für Zukunftshandeln

Unterschiedliche Zeithorizonte für künftige Folgen des Klimawandels und für die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen haben auch in Nordhessen einen großen Einfluss auf die Einschätzung der Notwendigkeit von und die Bereitschaft zu Anpassungsmaßnahmen. Soweit die Klimawandelfolgen noch nicht spürbar oder nur langfristig zu erwarten sind, führt die wahrgenommene Möglichkeit kurzer Reaktionszeiten dazu, derzeit keine Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen. Beispiele hierfür sind die Handlungsfelder Tourismus, Landwirtschaft (teilweise), Industrie allgemein und Energienutzung im Besonderen. Sind dagegen die Zeithorizonte für die Wirksamkeit heutiger Maßnahmen lang, besteht – etwa in den Handlungsfeldern Wasser- und Forstwirtschaft – eine hohe Bereitschaft, heute Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen, auch wenn die erwarteten Folgen des Klimawandels sich ebenfalls erst in fernerer Zukunft richtig bemerkbar machen.

Aus wissenschaftlicher Sicht bedarf es im Handlungsfeld *Landwirtschaft* zumindest mittelfristig einer proaktiven Anpassung.[32] Zwar kann der Landwirt grundsätzlich jedes Jahr neu entscheiden, wie er seine Ackerflächen bestellen möchte. Bodenerosion, Schädlingsbefall und ähnliche Entwicklungen können jedoch nicht mit einer bloß veränderten Fruchtfolge bekämpft werden. Vielmehr müssen strategisch vorausschauende Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden.[33] Ungeachtet dieser wissenschaftlich ermittelten Vulnerabilität der Landwirtschaft vertreten gerade Landwirte immer wieder die Auffassung, dass die Landwirtschaft sich seit eh und je auf Wetter- und Witterungsphänomene von Jahr zu Jahr und damit vergleichsweise spontan einstellt und sich daher auf künftige Veränderungen im Witterungs- und Wettergeschehen ebenso sukzessive einstellen wird. Solche Einschätzungen beruhen auf einer ökonomischen Bewertung potentieller Risiken und be-

32 Ähnlich Reese, Möckel, Bovet, Köck 2010: 20f.
33 S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.

ziehen sich vornehmlich auf Ernteeinbußen, die durch Trockenheit oder andere Witterungs- oder Wetterereignisse ausgelöst werden können, teilweise auch auf Schädlinge und deren zunehmendes Auftreten in der Region. Die Verletzlichkeit wird somit grundsätzlich anerkannt, jedoch nicht als so dringlich angesehen, dass über die heute bereits bestehenden Initiativen hinaus (gängige landwirtschaftliche Praxis, Forschung und Entwicklung zu trockenheitsrobustem und schädlingsresistentem Saatgut, Forschung und Entwicklung im Bereich des Pflanzenschutzes) weiteres Handeln zur Klimaanpassung erforderlich wäre. Es wird folglich der Standpunkt vertreten, dass notwendige Anpassungskapazitäten bereits bestehen.

Auf diesen Standpunkt reagierte das agrarwissenschaftliche Teilprojekt und der Umsetzungsverbund Landwirtschaft mit einer differenzierten Analyse des Problemfelds und mit der Öffnung der Diskussion für weitere Akteursgruppen aus der Praxis. Im Projekt wurde die Analyse des Problemfelds am Beispiel des Energiepflanzenanbaus in der Mittelgebirgsregion Nordhessen und in enger Kooperation mit unterschiedlichen Abteilungen (neben Landwirtschaft Wasser- und Naturschutz) der Verwaltungen in den Landkreisen Waldeck-Frankenberg und Schwalm-Eder sowie weiterer Experten aus Beratung und landwirtschaftlichen Verbänden durchgeführt.[34] Ausgehend vom Status Quo des Energiepflanzenanbaus in der Region wurden bestehende Verletzlichkeiten hinsichtlich Wetter und Witterung expliziert. Die Analyse verdeutlichte bereits heute bestehende ökonomische Risiken für die Erzeuger durch Ernteeinbußen aufgrund Trockenheit oder Starkregen und Hagel. Ebenso wurden bereits heute relevante ökologische Risiken für öffentliche Güter durch Auswaschung von Nährstoffen in Gewässer und Abtrag von Boden gesehen, die unter Berücksichtigung des Reliefs und weiterer naturräumlicher Merkmale in der Mittelgebirgsregion Nordhessen gerade beim herkömmlichen Maisanbau in besonderem Maß gegeben sind. Die Beteiligten verfolgten daraufhin im Umsetzungsverbund Landwirtschaft eine neue Form des Ackerbaus durch ein „Zweikulturnutzungssystem zum Energiepflanzenanbau“, um dadurch Boden, Wasser und Biodiversität besser zu schützen, das Risiko des Ernteausfalls zu mindern, Ertragssicherung zu erreichen und zur Energiewende beizutragen.

In der *Wasserwirtschaft* bestehen bezüglich des Zeithorizonts unterschiedliche Einschätzungen und Reaktionsweisen. Bezogen auf das Risiko des Hochwassers stellt sich die Frage, ob der Klimawandel in der Region zu einer Zu- oder Abnahme der Häufigkeit, der Intensität und der Verteilung von Hochwasserereignissen im Jahresgang führen wird. Um hierfür die Vorstellung zu schärfen, arbeitete das Teilprojekt „Klimawandel in Nordhessen – Folgen und Anpassungsmöglichkeiten für die Wasserwirtschaft am Beispiel von Eder und Fulda“ mit der Betrachtung ver-

[34] S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf; Kap. V: Henschke et al.

schiedener Szenarien. Dabei wird deutlich, dass mit einer Zunahme an Abflüssen im Winter zu rechnen ist. Sie werden in der Zeit zwischen 2021 und 2050 gering und zwischen 2071 und 2100 stark ansteigen.[35] Aufgrund der langen Planungs- und Investitionszeiten wasserbaulicher Maßnahmen genügen solche Perspektiven, um in diesem Handlungsfeld einen ernsthaften Handlungsbedarf zu sehen.

Dagegen ist die Situation für das Risiko des Niedrigwassers ganz anders. Hier geht es um eine möglichst ausgeglichene Mangelbewirtschaftung. Anpassungen sind sehr kurzfristig möglich. Für die Bewirtschaftung einer Talsperre können die Bewirtschaftungsregeln so kurzfristig geändert werden, dass sie im Folgejahr greifen können. Daher reicht es nach Auffassung der verantwortlichen Ingenieure, Veränderungen der Witterung aufmerksam zu beobachten und dann zu reagieren. Relevanter als die zeitliche Komponente erweist sich der Umstand, dass neben der Leistungsfähigkeit der Staustufensteuerung vor allem die wirtschaftlichen Auswirkungen auf konkurrierende Interessenträger zu berücksichtigen sind. Diese können sich absolut und relativ zueinander mit der Zeit verändern.

Besonders im Handlungsfeld *Forstwirtschaft* werden unter dem Stichwort Klimaanpassung Fragen adressiert, die weit in die Zukunft reichen. Hier können auf Grundlage der langfristigen Projektionen inzwischen Aussagen zu langfristigen Veränderungen von Temperatur und Niederschlag getroffen werden. Diese sind – unter Berücksichtigung der kontinuierlichen Entwicklung der Datengrundlagen und der Wissensbestände – als zunehmend verlässlich einzustufen.[36] Nach diesen Projektionen ist mit einer Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur von bis zu +3,5°C bis 2100 gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu rechnen. Diese klimawandelbedingte Entwicklung der Temperatur in der Mittelgebirgsregion Nordhessen im Jahresmittel geht mit einer Veränderung des Niederschlagsregimes einher. Beides, die Veränderung der Temperatur sowie die des Wasserhaushalts, werden auf der Grundlage der Ergebnisse aus den forstwissenschaftlichen Modellen zur Waldentwicklung bezogen auf Nordhessen von Fachleuten derzeit als noch beherrschbar eingeschätzt. Gleichwohl ist Klimaanpassung einer der zentralen Bestandteile und Treiber von heutigen Anbauentscheidungen, die zur Entwicklung und Zukunftssicherung der Bestände getroffen werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für Handlungsfelder mit vergleichsweise kurzen Planungshorizonten – wie etwa für die Produktion, das Niedrigwassermanagement und den Tourismus – die während der Investitions- und Planungszeiträume zu erwartenden durchschnittlichen Änderungen durch den Klimawandel zu gering sind, um ein Anpassungsverhalten auszulösen. Anders ist

[35] S. Kap. III: Theobald et al.
[36] S. ausführlich Kap. III: Fiebiger et al.

es nur dann, wenn Extremwetterereignisse wie Stürme und Hitzeperioden bereits heute Handeln erforderlich erscheinen lassen – wie etwa bei der Versorgung Pflegebedürftiger, der Hitzeprävention, dem Monitoring von Krankheitsvektoren, der Gestaltung von Haltestellen, dem Berufsverkehr oder der Landwirtschaft.

Weisen Handlungsfelder einen mittleren Planungshorizont auf, wie dies etwa für die Umsetzung von Verkehrskonzepten, für die Stadtplanung oder für die Gebäudegestaltung der Fall ist, werden Handlungsbedarfe zwar grundsätzlich anerkannt. Sie werden aber nur dort in Anpassungsmaßnahmen umgesetzt, wo heute bereits Auswirkungen von Wetterveränderungen zu spüren sind. Dies ist etwa bei der Raumgestaltung in Schulen sowie Pflege- und Seniorenheimen der Fall, in denen bereits heute Vorsorge gegen Gesundheitsgefährdungen oder für eine ausreichende Konzentrationsfähigkeit erforderlich ist. Immer ist die Reaktion auch ein Ergebnis der Abwägung von Dringlichkeit der Problemlösung, der Verfügbarkeit von Ressourcen und der Konkurrenz anderer Projekte.

Für Handlungsfelder mit langen Planungshorizonten – wie in der Forstwirtschaft und im Hochwasserschutz – ist das Ziel vorrangig, das Eintreten von hohen Schäden zu vermeiden. Dieses wird vor allem von der Zunahme von Extremwetterereignissen erwartet. Diesen wird mit Klimaanpassungsmaßnahmen begegnet, die – angesichts der immanenten Unsicherheit der künftigen Entwicklung der Witterung – maßvoll dosiert umgesetzt werden.

2.3 Handeln unter Unsicherheit

Zukünftige Entwicklungen können nur durch Projektionen möglicher Zukünfte erschlossen werden. Diese benötigen Annahmen für Rahmenbedingungen, unter denen sie gelten sollen, und sie erfordern ein Modell des Weltausschnitts den sie beschreiben wollen. Die Annahmen können plausibel sein, wie weit sie künftig tatsächlich gelten, ist ungewiss. Das Modell beschreibt wichtige Zusammenhänge, alle kann es nicht erfassen. Ergebnisse, die mit ihm erzielt werden, stehen daher unter dem Vorbehalt, dass nicht oder anders erfasste Einflussgrößen auch ein anderes Ergebnis nach sich ziehen können. Diese Unsicherheit zukunftsbezogener Projektionen und der daraus abgeleiteten Aussagen zu betonen, ist ein Gebot wissenschaftlicher Redlichkeit. Dies gilt gerade, weil die zukunftsbezogenen Berechnungen – ungeachtet ihrer erheblichen Komplexität und für Außenstehende nicht nachvollziehbaren methodischen Implikationen – mathematischstatistische Absicherung und damit Verlässlichkeit suggerieren.

Was wissenschaftlich geboten ist, kann für den regionalen Diskurs jedoch abträglich sein. Dies gilt besonders dann, wenn die Betonung der Unsicherheit der Projektionen im Akteursdiskurs dem Impuls der Befassung mit Klimaanpassung ent-

gegenwirkt. Die Zukunftsbezogenheit der Klimaanpassung, vor allem die den Zukunftsaussagen immanente Unsicherheit, bereitete gerade in den ersten beiden Projektjahren in der regionalen Kommunikation über Folgen des Klimawandels erhebliche Schwierigkeiten. Sie war das argumentative Schutzschild all derer, die sich durch die Klimaanpassungsdiskussion keine Vorteile erhofften, und verunsicherte viele, die den Fragen der Klimaanpassung gegenüber aufgeschlossen waren. Im Projektverlauf zeigte sich jedoch, dass dieses Problem von allen Seiten überschätzt wurde. In der detaillierten Bearbeitung konkreter Anpassungsfragen wurde deutlich, dass es auf die Aussagesicherheit der Zukunftsannahmen kaum ankam. In allen Handlungsfeldern bestehen Routinen, auch unter Unsicherheit zu handeln.[37]

Zum Einsatz kamen Projektionen von Klimawandelfolgen bei der Problemanalyse und Ableitung von Anpassungsmaßnahmen in den Themenfeldern Wasserbau und Forst. Bezüglich des *Hochwasserschutzes*[38] wurden ausgehend von Emissionsszenarien und regionalen Klima- und Wasserhaushaltsmodellen klimawandelbedingte Veränderungen für die Wasserwirtschaft ermittelt und mit Informationen zur Topographie verschnitten. Bei der Betrachtung einzelner Szenarien zeigt sich, dass bis zum Jahr 2100 ein Ereignis, das heute einem fünfzigjährlichen Hochwasser entspricht, künftig einem zwanzigjährlichen Hochwasser entsprechen würde.[39] Allerdings kommen andere Projektionen zu anderen, weniger gravierenden Ergebnissen. Aufgrund der Unsicherheit der Projektionen und der noch nicht abgeschlossenen wissenschaftlichen Diskussion ihrer Belastbarkeit kommt den Projektionen in KLIMZUG-Nordhessen eine Indizwirkung zu. Sie und andere Projektionen beschreiben mögliche Zukünfte und zeigen zusammen einen Korridor möglicher zukünftiger Entwicklungen auf. Trotz dieser Unsicherheit muss sich die künftige Planung wasserbaulicher Vorhaben zum Hochwasserschutz an diesen Zukunftsmöglichkeiten orientieren. Das Hochwassermanagement vermeidet tiefe Eingriffe in die Rechtsbereiche von Grundstückseigentümern, weil es die Datenbasis hierfür als nicht ausreichend belastbar einschätzt, berücksichtigt aber die Entwicklungsmöglichkeiten in Planungszusammenhängen, die ohne solche Eingriffe auskommen. Ferner kann bei baulichen Vorhaben wie Wasserrückhaltebecken die Möglichkeit einer späteren Erweiterung geprüft und angelegt werden. Falls dann künftig die Hochwasserentlastungsanlagen anders zu dimensionieren wären, kämen bei der späteren Realisierung geringere bauliche Maßnahmen und geringere Kosten zum Tragen. Die Unsicherheit bleibt hier allerdings bestehen, wenn es darum geht, die Kapazität der Hochwasserentlastungsanlagen zu bemes-

37 S. dazu auch unten.
38 S. Kap. III: Theobald et al.
39 S. Kap. III: Theobald et al.

sen oder zu erfassen, welche Schäden durch Investitionen in Vorsorgemaßnahmen vermieden werden.

Auch im Bereich der *Forstwirtschaft* sind die Verantwortlichen für die Anpassung an langfristige Änderungen im Bewusstsein großer Schadenspotentiale darauf angewiesen, einen Umgang mit den verfügbaren Informationen über künftige Entwicklungen im heutigen Handeln zu finden. Sie stoßen dabei auf Aussagen von unterschiedlicher Verlässlichkeit. Projektionen langfristiger Veränderungen von Temperatur und Niederschlag gelten – unter Berücksichtigung der kontinuierlichen Entwicklung der Datengrundlagen und der Wissensbestände – als zunehmend verlässlich. Im Gegensatz dazu sind die Aussagen zu dem veränderten Auftreten und Ausmaß von Extremwetterereignissen Sturm und Trockenperiode weniger verlässlich.[40] Dennoch müssen die Verantwortlichen Entscheidungen treffen, die auch noch in Jahrzehnten Wirkungen entfalten. Für die weniger als sicher einschätzbare Entwicklung der Trockenperioden ziehen sie auch Plausibilitätsüberlegungen und Schadensabschätzungen aus der jüngeren Erfahrung hinzu: Zurückliegende Trockenperioden werden erfasst und ihre Wirkungen auf die Bestände werden analysiert. Gerade in den vergangenen Jahren hat sich gezeigt, dass die in den Jahren 2009 bis 2012 aufgetretenen Trockenperioden nicht nur die Fichte massiv betrafen, sondern auch bei der nordhessischen Hauptbaumart Buche erhebliche Stresssituationen und Reaktionen bewirkt haben.[41] Folglich werden Trockenperioden von den Förstern in Nordhessen bereits heute als erhebliche Gefährdung der Wälder wahrgenommen, die auftreten, obwohl die bisherigen durchschnittlichen Veränderungen der Temperatur und des Jahresniederschlags noch nicht als extrem zu bezeichnen sind. Würden künftig die Niederschläge in der Vegetationszeit sehr ausgeprägt sinken, sehr trockene Phasen länger dauern und sich die Jahresfolge solcher Extremwitterungen verdichten, würden diese Erscheinungen die Wälder erheblich gefährden. Dadurch würden die Bäume geschwächt und könnten sich des Befalls von Schadinsekten immer weniger erwehren.[42] Auch wenn diese Entwicklung nicht sicher, sondern nur möglich ist, wird sie von Praktikern bereits heute als zunehmende Bedrohung empfunden. Für die weitere Entwicklung der Wälder treffen die Verantwortlichen daher vorausschauende Entscheidungen, die die Robustheit der Bestände unter ausdrücklicher Orientierung hin zu Artenvielfalt und altersgemischten, vielschichtigen Beständen befördern. Dabei ist die Frage der Geschwindigkeit und Intensität der Durchführung waldbaulicher Maßnahmen standortspezifisch abzuwägen und zu beantworten – gerade wegen der bestehenden Unsicherheiten.

---

40 S. Kap. II: Matovelle, Simon.
41 S. auch Kölling, Zimmermann, Walentowski 2007.
42 S. Kap. III: Fiebiger et al.

Der Umgang mit Unsicherheit im Sinn langfristiger Planungen war im Spektrum der von KLIMZUG-Nordhessen bearbeiteten Themen über die beiden benannten Themenfelder Forstwirtschaft und Hochwassermanagement hinaus von eher untergeordneter Bedeutung. Dies ist auch darin begründet, dass viele der bearbeiteten Handlungsfelder Probleme aufweisen, die bereits heute zu lösen sind. In vielen Fällen wurde die Befassung mit den Folgen des Klimawandels und der Klimaanpassung erfolgreich genutzt, um der Lösung dieser bereits bestehenden Probleme, die durch den Klimawandel verstärkt werden, näher zu kommen. Beispiele hierfür sind etwa Landwirtschaft und Erosion, Hitzeprävention für Ältere und die Versorgung von Pflegebedürftigen. Zum anderen sind in vielen Handlungsfeldern die zukunftsbezogenen Aussagen, die heute auf der Grundlage von Projektionen getroffen werden können, so allgemeiner Art, dass sie die Entscheidungsvoraussetzungen der Praxis nur marginal verändern: Mit und ohne Projektion müssen heutige Entscheidungen, zu denen verlässliche Planungsgrößen wie Eintrittswahrscheinlichkeiten und Aussagen zu Ausmaß und Intensität von Ereignissen fehlen, unter Unsicherheit getroffen werden, wie dies bereits vor der Klimaanpassungsdebatte der Fall war. In diesen Bereichen wird nach Vorsorgegesichtspunkten entschieden. Beispiel hierfür sind etwa der Wirtschafts- und Personenverkehr, die Stadtplanung, die Gebäudegestaltung und der Tourismus.

In bestimmten Handlungsfeldern haben die Initiativen von KLIMZUG-Nordhessen auch dazu beigetragen, die praktisch relevanten Wissenslücken zu schließen. So war zwar hinsichtlich der *Hitzebelastung für ältere Menschen* die Steigerung der Todes- und Krankheitsfälle europaweit ausreichend dokumentiert.[43] Für Städte und Gemeinden sind jedoch nur vereinzelt verlässliche Daten verfügbar. Ebenso sind die zentralen Risikovariablen wie bauliches und soziales Umfeld, Vorerkrankungen und sozialer Status bekannt. Über die Größe und die Zusammensetzung der konkreten Risikogruppe in den Kommunen fehlen jedoch die Kenntnisse. Die Aktivitäten rund um die Fragestellung der Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefahren in Nordhessen gründeten somit auf der Kenntnis, dass Hitze ein erhebliches Gesundheitsrisiko darstellen kann, bei gleichzeitiger Unkenntnis darüber, in welchem Ausmaß die Bevölkerung in Kassel oder anderen Kommunen in Nordhessen von Hitze gesundheitlich heute bedroht ist oder – in Folge des Klimawandels in Zukunft verstärkt – bedroht sein wird. Im Kontext Klimaanpassung wurde hier somit ein Problem adressiert, das heute – zwar verdeckt – bereits besteht, zu dem der Kenntnisstand hinsichtlich der heutigen Verletzlichkeit vor Ort aber noch unzureichend ist und geeignete Ansätze zur Generierung der erforderlichen Kenntnisse bisher fehlten. Für die Akteure im Netzwerk Hitzeprävention,

[43] S. zum Folgenden näher Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.

insbesondere für das Gesundheitsamt Region Kassel und für die ehrenamtlichen Betreiberinnen und Betreiber des Telefonservice „Sonnenschirm", ist die generelle Gefährdung durch Hitzeperioden ein ausreichender Anlass, sogar über die Förderperiode von KLIMZUG-Nordhessen hinaus tätig zu werden.[44] In diesem Fall waren erkannte Verletzlichkeiten Anlass für die Problemanalyse und die Problemlösung. Die Unsicherheiten des künftigen Eintretens von Hitzeperioden spielten bei der Initiierung der konkreten Maßnahmen eine definitiv untergeordnete Rolle.

Noch stärker stand die Reduzierung von Unsicherheit durch Generierung des erforderlichen Wissens im Zentrum des Forschungsprojekts „Implementierung eines Programms zum *Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren* in Nordhessen" und des Umsetzungsprojekts „Klimawandel und Gesundheit: Anpassungsmaßnahmen der Bevölkerung und der Infrastrukturen der Gesundheitsvorsorge".[45] Ausgangspunkt ist die klimawandelbedingt zunehmende Ausbreitung viraler und bakterieller Infektionskrankheiten, die durch Mücken und Zecken übertragen werden. Hier ist das heutige Risiko einer Infektion nicht erfasst, da regionale und lokale Kenntnisse über die Erregerlast in den Zecken und Mücken der Region fehlen. Entsprechend war die Wissensgrundlage, die zur zielgerichteten Konzeption und Einleitung präventiver Maßnahmen erforderlich ist, nicht gegeben. Zur Prävention von Erkrankungen und zum Schutz der Bevölkerung wurden im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen ein Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen konzipiert und implementiert. Dies erfolgte unter Einbeziehung von örtlichen Gesundheitsbehörden, Ärzten, Apothekern, weiteren relevanten Institutionen vor Ort und vor allem von Bürgerinnen und Bürgern. Hierzu wurden Maßnahmen zur Sensibilisierung, zur Identifizierung potentieller „Highrisk-Gebiete" und zur nachhaltigen Verhaltensprävention konzipiert und durchgeführt. Auf diese Weise wird auf eine regionale oder lokale potentielle Bedrohung mit Kapazitätsaufbau vor Ort bei den einschlägigen Akteursgruppen reagiert. Dadurch wird das Wissen geschaffen, das für Vorsorge in der Region erforderlich ist.

2.4 Integrierte Problemlösung

Die These, dass die erwarteten Folgen des Klimawandels bestehende Probleme überlagern und Klimaanpassung nur im Rahmen der Bearbeitung dieser Probleme angegangen werden kann, hat sich in Nordhessen in vielen Bereichen bestätigt. Das Thema Klimaanpassung bewirkt daher in der Regel keine völlig neuen Probleme. Es kann aber oftmals als Verstärker bereits bestehender Problemlagen wirken oder bisher nicht erkannte Problemlagen freilegen.

---

44 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
45 S. Kap. III: Schlott et al.

In diesen Fällen erfolgt die Entwicklung von Klimaanpassungsmaßnahmen meist unter Berücksichtigung anderer Problemlagen. Hierzu werden verschiedene Themen inhaltlich gebündelt und miteinander verknüpft. Dies ermöglicht, die für das jeweilige Thema bereits bestehenden Zuständigkeiten, Befugnisse und Netzwerke auch für die Klimaanpassung zu nutzen. Wenn der Impuls zur Klimaanpassung einen bestehenden oder sogar etablierten Konfliktbereich berührt, bedeutet dies aber auch, dass für die Klimaanpassung eventuell etablierte Konfliktlinien zwischen zuständigen Akteursgruppen überwunden werden müssen.

Als ein Verstärker bestehender Probleme erwiesen sich die Klimawandelfolgen im Handlungsfeld *Landwirtschaft*. In diesem Fall bedeutet Klimaanpassung die Auseinandersetzung mit Bodenschutz und mit der Vermeidung von Bodenerosion, die Risikominimierung hinsichtlich Ertragseinbußen durch Trockenheit oder Starkregenereignisse und die Chance einer Ertragssteigerungen durch zwei Ernten. Für diese Fragen erweist sich die Auseinandersetzung mit Klimaanpassung als Katalysator für die Problemlösung der bestehenden und unter dem Blickwinkel der Klimaanpassung neu beleuchteten Themen.[46] Durch die Einbettung in die Diskussion über Klimaanpassung werden diese Themen verstärkt mit dem Impuls versehen, Vorsorgedenken und -handeln zu entwickeln.

Verstärkend wirkten auch die Bestrebungen zur Klimaanpassung im *öffentlichen Personennahverkehr*. Diesen zu stärken, ist eine der Herausforderungen kommunaler Verkehrskonzepte. Nicht nur unter dem Aspekt des Klimaschutzes ist dies von großer Bedeutung, sondern auch hinsichtlich der Luftqualität und der menschlichen Gesundheit sowie hinsichtlich einer attraktiven Stadt- und Verkehrsentwicklung. Schon heute ist Verkehr wetterabhängig und bei ungünstigen Wetterlagen kommt es zu relevanten Beeinträchtigungen. Bekannt sind etwa Störungen im Schüler- und Berufsverkehr an schneereichen Tagen, bei Sturm, Starkregen oder Hitze. Die Zunahme solcher Störungen warf für die Verkehrsplanung bislang noch ungeklärte Fragen auf, sowohl was die möglichen Verhaltensänderungen als auch die gebotene Anpassung des gesamten Verkehrssystems und Verkehrsmanagements betrifft.[47] Die Untersuchungen des Teilprojekts „Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr" haben zudem ergeben, dass Schlechtwetterereignisse die Nutzung des motorisierten Individualverkehrs begünstigen. Es wird deutlich, dass eine Erhöhung der Robustheit des Verkehrsmanagements und des ÖPNV-Angebots gegenüber Wetter- und Witterungsereignissen in direktem Zusammenhang mit dem Ziel steht, den ÖPNV zu

[46] S. Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf; Kap. V: Henschke et al.
[47] S. Kap. III: Holzapfel, Röhrig.

stärken. Klimaanpassung, Klimaschutz, Lebensqualität und menschliche Gesundheit bilden im diesem Fall ein eng verwobenes Themenfeld.

Die Ziele der Klimaanpassung, des Klimaschutzes, der Gesundheitsvorsorge sowie der Erhaltung menschlicher Leistungsfähigkeit verstärken sich auch in einem weiteren Themenkomplex. Der projizierte Erwärmungstrend für die Stadt Kassel wird auch das thermische Verhalten von *Gebäuden* und damit die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Nutzer beeinflussen. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn die Nutzergruppen aufgrund von Alter und Vorerkrankungen oder wegen spezifischer Leistungsanforderungen als besonders verletzlich einzustufen sind. Um diesen drohenden Auswirkungen zu begegnen, wurden Konzepte für eine klimaangepasste Technik und für klimaangepasstes Verhalten weiterentwickelt, die speziell in Schulen aber auch in anderen Einrichtungen wie Senioren- und Pflegeheimen bei den zu erwartenden Klimaveränderungen eine ausreichende Behaglichkeit von Räumen ermöglichen. Zu dem Maßnahmenpaket gehört die Installation einer automatisch betriebenen Sonnenschutzvorrichtung, einer präsenz- und tageslichtabhängigen Beleuchtung und einer Lüftungsanlage, die mit Phasen-Wechsel-Material bestückt und daher als besonders energieeffizient einzustufen ist. Außerdem wurden die Nutzerinnen und Nutzer der Räume intensiv über bauliche Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung und geeignete Verhaltensänderungen informiert. Im Fall der Schulen wurde dieses Thema auch in den Unterricht integriert. Die benannten Anpassungsmaßnahmen können im Zuge von Renovierungsarbeiten und Neubauten berücksichtigt werden.[48]

Zur Freilegung bisher nicht erkannter Problemlagen führte das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen vor allem im Handlungsfeld *Gesundheit.* Dies gilt zum Beispiel für die Versorgung von Pflegebedürftigen, die in ihrem häuslichen Umfeld leben, im Fall von Extremwetterereignissen, sofern sie zu einer Blockade der Verkehrswege führen. Pflegedienste können dann unter Umständen Pflegebedürftige nicht erreichen. Insbesondere bei höheren Pflegestufen kann dies zu erheblichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen, je nach Erkrankung zu teilweise pflegerisch, aber auch ethisch nicht hinnehmbaren Zuständen führen. Dieses Szenario ist in Nordhessen besonders brisant, denn eine Zunahme von Extremwetterereignissen würde in Verbindung mit naturräumlichen, sozialstrukturellen und sozialen Merkmalen der Region eine im Vergleich zu anderen Regionen hohe Gefährdung bedeuten: Der Anteil alter Menschen an der Gesamtbevölkerung wird in den kommenden Jahrzehnten dramatisch wachsen, damit auch der Anteil pflegebedürftiger Personen. Für geografisch große Teile Nordhessens ist ein allgemeiner Bevölkerungsrückgang prognostiziert. Zudem ist ein Rückgang an professioneller

[48] S. hierzu ausführlich Kap. III: Maas, Schneider.

Pflegekapazität zu erwarten. Hinzu kommt aufgrund der Veränderung von Familienstrukturen auch ein weiterer Rückgang der Pflegekapazität von Familienangehörigen. Diese Entwicklungen sind unter dem Aspekt des Klimawandels und der Dramatik, die einige der projizierten Klimawandelfolgen (Hitzewellen, Unwetter, Stürme, Überschwemmungen) für die Gesundheit und Gesundheitsversorgung empfindlicher und empfindsamer Bevölkerungsgruppen haben, eine große Herausforderung. Der Klimawandel mit seinen Folgen wird somit durch das Zusammenwirken unterschiedlich bedingter, paralleler Entwicklungen zu einem ernsten Problem für die ambulante Gesundheitsversorgung. Dementsprechend steht die Entwicklung von Maßnahmen wie Nachbarschaftshilfe oder das „Qualitätssiegel Klimaangepasste Pflege“[49] im Kontext dieser zeitgleichen Entwicklungen. Die Unterstützung, die die beiden benannten Vorhaben in der Region erfuhren, ist auch darauf zurückzuführen, dass Gesundheitsvorsorge in dünn besiedelten Regionen in Zeiten des demographischen Wandels nicht nur ein Thema von Relevanz, sondern auch von zunehmendem politischem Gewicht darstellt.[50]

Über diese Beispiele hinaus kann zusammenfassend festgestellt werden, dass in der Mehrzahl der Fälle Klimaanpassung auf bestehende Problemlagen trifft und diese neu akzentuiert oder verstärkt. Dies ist neben den genannten Beispielen Landwirtschaft, Öffentlicher Personennahverkehr und Gesundheit auch für die Handlungsfelder Forst- und Wasserwirtschaft, Planung, Tourismus sowie Berufs- und Wirtschaftsverkehr der Fall. In diesen Handlungsfeldern sind Wetter und Klima bereits heute Bestandteil des Handelns. Strukturen, Zuständigkeiten und Abläufe zum Umgang mit Wetter- und Witterungseinflüssen bestehen grundsätzlich. Hier stellt sich die Frage, ob und wenn ja wie diese sinnvoll entwickelt werden müssen, um die erforderliche Vorsorge- und Anpassungsleistung erbringen zu können.

Daneben finden sich Themenfelder, in denen Wetter und Klima bisher nicht auf der Agenda standen und nicht Bestandteil des Planens und Handelns waren. Dazu gehört zum Beispiel die Auseinandersetzung mit der Versorgung von Pflegebedürftigen bei Extremwetterereignissen und der Frage, wer für die Sicherstellung ihrer Erreichbarkeit zuständig ist und wie diese gewährleistet werden kann. Dazu gehört auch die Frage, wer verantwortlich dafür ist, verletzliche Personengruppen zu erfassen und im Fall von extremer Hitze vorsorgend zu begleiten. Solche Fälle stehen für Anpassungsbereiche, in denen neue Aufgaben definiert, übernommen und verantwortet werden müssen, die aber gleichwohl nur zusammen mit ande-

---

49 Zur Nachbarschaftshilfe s. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe. Zum „Qualitätssiegel klimaangepasste Pflege“ s. Kap. III: Neuschäfer.

50 Zu Gefährdung älterer Personen bei Hitzeperioden in Städten s. oben 2.3.

ren Problemlagen – im benannten Beispiel demographischer Wandel und Wandel der ländlichen Bevölkerungsstruktur – zu verstehen und zu bewältigen sind.

2.5 Lokale und regionale Handlungskapazitäten

Um Anpassungsstrategien auf regionaler Ebene zu verwirklichen, bedarf es der nötigen Handlungs- und Steuerungsfähigkeit auf der regionalen Ebene, um eine erfolgreiche Bearbeitung von Klimaanpassungsmaßnahmen zu ermöglichen und zu unterstützen.[51] Soweit diese fehlt, braucht es eine Abstimmung im Mehrebenensystem zwischen Europäischer Union, Bund, Ländern und Kommunen. Die Rahmenbedingungen sind jedoch nicht immer so, dass eine wirksame Klimaanpassung in der Region erreicht werden kann. Im Folgenden werden Beispiele für Herausforderungen genannt, die einer geeigneten Etablierung des Anpassungsthemas im regionalen Handeln entgegenstehen.

So wurde im Kontext des Umsetzungsverbunds *Landwirtschaft* deutlich, dass die regionalen Akteure aufgrund ihrer Kenntnisse und ihrer Vertrautheit mit den örtlichen Umständen präzise einschätzen können, welche Maßnahmen zur Anpassung nötig und aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten möglich sind. Allerdings sind die Kompetenzen der Landwirtschaftsämter zur Gestaltung der regionalen Steuerung beschränkt. Dies trifft insbesondere auf Maßnahmen zur Steuerung zu, die verbindlichen Charakter haben. Die von der regionalen Verwaltung gestaltbaren und direkt einsetzbaren Instrumente sind auf das Instrument des Landschaftsplans sowie auf Initiativen zur Bildung und Beratung beschränkt.[52] Die weiteren Steuerungsinstrumente, die einen direkten oder indirekten Bezug zu Aspekten und Problemfeldern der Klimaanpassung aufweisen, werden von der überregionalen Ebene definiert. Dies trifft auch auf die umfassenden Möglichkeiten zu verbindlichen Regelungen von Fragen des Boden- und Gewässerschutzes sowie des Naturschutzes und der Biodiversität zu, die für die Klimaanpassungsmaßnahme „Zweikulturnutzungssystem zum Energiepflanzenanbau" bedeutsam sind. Sie sind als Grundlage für das landwirtschaftliche Fachrecht und für Cross Compliance weitgehend im nationalen und europäischen Recht verortet. In die Implementierung und in den Vollzug dieser Regelungen sind indessen die regionalen Landwirtschaftsämter eingebunden. Es bestehen zwar grundsätzlich Möglichkeiten, aus regionaler Kompetenz Impulse und Anregungen bei der Ausgestaltung der Maßnahmen der zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik einzubringen, allerdings sind diese beschränkt. Ferner gehen sie nicht mit regional definierbaren oder ausgestaltbaren Steuerungskompetenzen einher.

---

51 S. auch Baasch, Bauriedl, Hafner, Weidlich, RuR 2012: 192.
52 S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.

Aufgrund dieser beschränkten administrativen Handlungs- und Steuerungskompetenz auf regionaler Ebene wählte der Umsetzungsverbund „weiche" Instrumente zur regionalen Steuerung. So wurde zur landwirtschaftlichen Beratung und Bildung ein Demonstrationsvorhaben zum klimaangepassten Energiepflanzenanbau konzipiert und in enger Kooperation zwischen Wissenschaft, Verwaltung und landwirtschaftlicher Beratung umgesetzt.[53] Eine regional definierte und verantwortete Umsetzung war somit durchaus möglich – auch in einer sinnvollen und wirksamen Weise.

Im Handlungsfeld *Gesundheitsvorsorge*, das eine bis dahin nicht – zumindest in dieser Dringlichkeit – bekannte Betroffenheit deutlich werden ließ, zeigte sich, dass für hitzebedingte Gesundheitsgefahren in der Region ein Zuständigkeitsvakuum besteht. Die Verantwortung von Vorsorgemaßnahmen zur Hitzeprävention und deren Finanzierung sind nicht geklärt und die erforderlichen finanziellen und personellen Mittel nicht vorhanden. Dies gilt insbesondere für die Erarbeitung der notwendigen mittel- und langfristig belastbaren Wissensgrundlagen, auf denen tragfähige Lösungen aufbauen müssen. Auch für den Aufbau notwendiger Strukturen und die Umsetzung hilfreicher Anpassungsmaßnahmen fehlen klar definierte Verantwortungsbereiche und klare Zuständigkeiten. Dieses Defizit lässt sich durch regionales Handeln im Rahmen der Zuständigkeiten im regionalen Gesundheitssystem nicht, zumindest nicht unverzüglich und umfassend beheben: Zwar ist die Vulnerabilität regional ausgeprägt, ihr kann aber nicht adäquat auf regionaler Ebene begegnet werden. Die Aktivitäten von KLIMZUG-Nordhessen konnten die Anpassungsbedarfe in der Region durch vorsorgendes Handeln ein Stück weit erfüllen. Darüber hinaus müssen die regionalen Vulnerabilitäten aber Anpassungsaktivität auf überregionaler Ebene auslösen.

Aus diesen Gründen wählte das von KLIMZUG-Nordhessen initiierte Hitzepräventionsnetzwerk den Ansatz, abseits formaler Zuständigkeiten die notwendige Gesundheitsvorsorge weitgehend freiwillig und ehrenamtlich zu erbringen. Diese grundsätzliche Ausrichtung folgte weniger konzeptionellen Überlegungen als vielmehr der schieren Not: Wenngleich Nachbarschaftshilfe und soziale Verantwortung im Quartier wichtige Ansätze sind, sollten sie doch eher komplementär eingesetzt werden und wirken. Bis zum Ende des Projekts standen Klärungen zu Zuständigkeiten und Leistungen auf der übergeordneten Ebene, die für die Region Voraussetzung für erfolgreiche Klimaanpassung sind, noch immer aus. Die Entscheidung des Gesundheitsamts Region Kassel, die Federführung des Hitzetelefons „Sonnenschirm" auch nach der Projektlaufzeit weiter zu übernehmen sowie die Datengrundlage zur witterungsbedingten Mortalität in der Region zu verbes-

[53] S. Kap. V: Henschke et al.

sern, ist als erhebliche und erfolgreiche Übernahme von Verantwortung zur regionalen Klimaanpassung einzuschätzen. Sie war jedoch während der Projektlaufzeit die einzige Entwicklung des öffentlichen Gesundheitswesens hin zur regionalen Klimaanpassung im Problemfeld Hitze. Darüber hinaus sind weitere Beiträge mit dauerhaft positiver Wirkung für das Problemfeld durch übergeordnete Instanzen des Gesundheitswesens erforderlich. [54]

Ein gutes Beispiel für Verantwortungsübernahmen und für Handlungsfähigkeit auf regionaler Ebene ist im Handlungsfeld *Gewässerbewirtschaftung*[55] das Pilotvorhaben des Wasser- und Schifffahrtsamts Hannoversch Münden zur Bewirtschaftung der Edertalsperre in trockenen Jahren. Diese wurde unter Beteiligung von KLIMZUG-Nordhessen in Reaktion auf das trockene Jahr 2011 konzipiert. 2011 waren bei schon niedrigem Füllstand der Sperre bis Juni keine nennenswerten Niederschläge im Einzugsgebiet gefallen, so dass sie schon im September noch während der Feriensaison leer war. Der Unmut sowohl bei der Schifffahrt auf der Oberweser als auch bei den Ederseeanrainern, die einen leeren See schon in der Ferienzeit beklagten, war immens. Um künftig auch in solchen trockenen Jahren die Wasserabgabe so zu dosieren, dass die – teilweise konkurrierenden – Nutzungsinteressen bestmöglich bedient werden, die Schifffahrt erhalten wird und zudem mehr Wasser in der Talsperre zur Bewirtschaftung zur Verfügung steht, entwickelte das Schifffahrtsamt mit allen Betroffenen ein Konzept zur Steuerung der Talsperren in Trockenperioden. Mögliche Optionen wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen simuliert und sie waren Ausgangspunkt der Verhandlungen. Letztlich wurde auf einer fundierten Wissensgrundlage und unter Berücksichtigung der beteiligten Interessen und rechtlicher sowie fachlicher Abwägungen der Kompromiss ausgehandelt, ab einer gewissen Wasserknappheit zu sparen, mit der Konsequenz eines konstant gesenkten Steuerungsziels. Diese Sparstrategie für trockene Jahre soll in Zukunft erprobt werden. Durch das beschriebene Vorgehen erscheinen die Aussichten für die Wirksamkeit der Maßnahme sowie für deren Akzeptanz bei den beteiligten Akteursgruppen in hohem Maß gegeben.[56]

Diese Beispiele zeigen, dass neben der regionalen Betroffenheit vor allem die Kompetenzen, Befugnisse und die Ressourcen der Akteure vor Ort eine Rolle dabei spielen, wie erfolgreich die Vulnerabilität der Region durch Klimaanpassungsmaßnahmen verringert und ein robustes Handlungsgefüge zur Vorsorge gegen die Folgen des Klimawandels aufgebaut werden kann.

---

54 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
55 S. Kap. III: Theobald et al.
56 S. ausführlicher Kap. III: Theobald et al. sowie Kap. V: Henschke et al.

3 Schlussfolgerungen für eine regionale Klimaanpassungsstrategie

Hinsichtlich der theoretisch[57] und an praktischen Beispielen beschriebenen[58] besonderen Herausforderungen regionaler Klimaanpassung lassen sich unter anderem die folgenden drei auf andere Regionen übertragbaren Schlussfolgerungen ziehen.

3.1 Vernetzung

Ausgehend von den regional unterschiedlich ausgeprägten Betroffenheiten sind viele notwendige Maßnahmen zur Klimaanpassung vorrangig durch regionales Handeln umzusetzen und zum Teil bereits heute der Region zugeordnet. Sie betreffen die regionale und kommunale Politik und Verwaltung, Regionalplanung, die regionale Wirtschaft und ihre Förderung, regionale Verbände, die regionale Wissenschaft und nicht zuletzt die Bürger und Bürgerinnen in der Region und in den Kommunen. Klimaanpassungsmaßnahmen müssen von diesen Gruppen gestaltet, beschlossen und umgesetzt werden, um ausgehend von den spezifischen ökologischen, sozioökonomischen und naturräumlichen Besonderheiten der Region passgenaue und daher wirksame und akzeptierte Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Klimaanpassung ist für die Region meist ein Aspekt im bestehenden Gefüge sich überschneidender Problemlagen. Klimaanpassung muss daher in diese Problemsicht und in die Ansätze zur Problemlösung integriert werden. Die Diskussion um Klimaanpassung kann dabei die Wahrnehmung bestehender Problemlagen verstärken oder – wie im Beispiel der Gesundheitsvorsorge oder des Raumklimas – sogar erst begründen. Sie kann dabei als Katalysator für Problemlösungen wirken. Diese Möglichkeit sollte jedenfalls immer gezielt gesucht werden.

Die Integration des Themas Klimaanpassung in bestehende Problemlösungsdiskurse erfordert in der Regel, dass dieses Thema nicht als isoliertes Problem gesehen werden darf. Vielmehr müssen die Abhängigkeiten der einzelnen Handlungsfelder voneinander und die inhaltliche Verknüpfung des Themas Klimaanpassung über Handlungsfelder hinweg gesehen werden, um Synergien zu gewinnen und Konflikte zu vermeiden. Daher erfordern Lösungen eine Abstimmung der einzelnen Maßnahmen in und zwischen den Handlungsfeldern.[59]

Die beschriebene Integration verschiedener Interessen und fachlicher Perspektiven und deren Abgleich zur Problemlösung erfordert es, die notwendigen Akteure zu

---

[57] S. oben, Dimensionen der Herausforderungen.
[58] S. oben Herausforderungen und Lösungsansätze in der Region.
[59] S. auch Görg 2010: 125.

kennen, sie zusammenzubringen und ihr Verhalten zu koordinieren. Dies wiederum verlangt, vorhandene Strukturen und Prozesse für die Klimaanpassung zu nutzen, weiterzuentwickeln oder neue hervorzubringen. Dies wiederum erfordert eine intensive und gezielte Vernetzung relevanter Akteure. Im Verbund KLIMZUG-Nordhessen arbeiteten Akteure verschiedener Handlungsfelder zusammen. Es wurden einerseits bestehende Netzwerke genutzt und um das Thema Klimawandel ergänzt, andererseits neue Netzwerke gebildet.[60]

Um das Thema Klimaanpassung in bestehende Netzwerke hineinzubringen und deren Strukturen, Abläufe und Problemlösungskapazität zu nutzen, erwiesen sich die *Governanceinnovationen* Klimaanpassungsbeauftragte, Klimaanpassungsmanager und Klimaanpassungsakademie als sehr hilfreich. Sie waren in den Netzwerken der Verwaltungen, der Wirtschaftscluster und der Bildungseinrichtungen etabliert und wirkten als „Türöffner" und „Schnittstellen" zwischen den Problemfeldern und den ihnen zugeordneten Netzwerken.[61]

Um neue Netzwerke zu bilden oder fehlende Verknüpfungen bestehender Netzwerke herzustellen, erwiesen sich die *Umsetzungsverbünde* als geeignete Organisationsform. Sie wurden aus den jeweils einschlägigen Vertretern und Vertreterinnen von Verwaltung, Politik, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft gebildet. Dadurch konnten für die Bearbeitung komplexer Problemlagen unterschiedliche Akteuren aktiviert werden, die ein vielfältiges Fach- und Praxiswissen in die Entscheidungsprozesse einbringen konnten. Die Zusammenarbeit zum Thema Klimaanpassung wurde dabei von Einzelpersonen mit einer hohen Interaktionsdichte vorangetrieben.[62] Auch hier konnten die Klimaanpassungsbeauftragten und die Klimaanpassungsmanager koordinierend und unterstützend wirken.[63]

3.2 Information

Für eine regionale Vernetzung, die Maßnahmen zur Klimaanpassung umsetzen soll, ist es notwendig, die Akteursgruppen zu identifizieren, die für eine erfolgreiche Klimaanpassung von ausschlaggebender Bedeutung sind. Diese sind sodann für diese Aufgabe zu gewinnen, indem ihre Kenntnisse zum Klimawandel mitsamt seinen Folgen und ihre Motivation und Bereitschaft zur Umsetzung von Klimaanpassung entwickelt werden. Dabei steht die Information über die Folgen des Klimawandels am Anfang, im Zentrum müssen jedoch die Informationen stehen, die zur Erfassung der Problemlage, zur Einschätzung ihrer Relevanz und zur

60 S. auch Baasch, Bauriedl, Hafner, Weidlich, RuR 2012: 192.
61 S. Kap. V: Bauriedl et al.
62 Zu den Umsetzungsverbünden s. Kap. V: Henschke et al.; zur allgemeinen Vorgehensweise im Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen s. Kap. I: Roßnagel.
63 S. hierzu ausführlich Kap. V: Bauriedl et al. sowie Kap. V: Henschke et al.

Entwicklung von Lösungsansätzen und -möglichkeiten erforderlich sind. Dies muss akteursspezifisch erfolgen, da verschiedene Zielgruppen jeweils unterschiedliche Wissensbestände und -bedarfe aufweisen. Dieses Vorgehen lässt sich am Beispiel Forstwirtschaft gut erläutern: Was im Staatswald bereits gängige Praxis ist, muss mit den Entscheidungsträgern für kommunale Wälder erst nach und nach erarbeitet werden. Eine weitere Zielgruppe mit einem wieder anderen Informationsbedarf zur Klimaanpassung im Wald sind Jäger und ihre kommunalen Vereinigungen. Auch ihnen müssen in adäquater Weise Informationen über die Folgen ihres Handelns, ihre spezifische Verantwortung und ihre Handlungsmöglichkeiten angeboten werden. Allgemein kann festgehalten werden: Die zielgruppenspezifischen Informationsbedarfe sind ferner abhängig vom thematischen Gefüge und von den bestehenden Interessenlagen und Prägungen des bisher etablierten Handelns in der Region.

3.3 Governance

Die Erfahrungen der Projektarbeit bestätigen die Grundannahme der Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Klimaanpassung in Regionen zukunftsfähig gestalten“: Klimaanpassung ist vorrangig regional zu konzipieren und zu verantworten. Gleichwohl zeigt die Praxiserfahrung verbleibende Herausforderungen in der Zuordnung von Kompetenzen der Region innerhalb des Mehrebenensystems. Soll die regionale Klimaanpassung gelingen, müssen die regionalen Entscheidungsträger und Akteure mit den erforderlichen Kapazitäten ausgestatten sein. Sie müssen über die notwendigen Zuständigkeiten und Befugnisse verfügen und auf die erforderlichen Ressourcen zurückgreifen können, sei es hinsichtlich des Know How, der personellen Kompetenzen und letztlich der finanzieller Mittel. Dies ist die wichtigste Grundlage, um die Bereitschaft und die Fähigkeit zur Verantwortungsübernahme zu befördern.

Da diese rechtlichen, organisatorischen und finanziellen Voraussetzungen in vielen Bereichen fehlen, war das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen in vielen Handlungsfeldern darauf angewiesen, informelle Verfahren zu entwickeln, „weiche“ Instrumente einzusetzen und Lösungen mit vergleichsweise geringen Kosten anzustreben. Aufgrund dieser Knappheit an Ressourcen konnte nicht immer die effektivste Lösung erreicht werden. Umso erstaunlicher ist, wie viele Anpassungsmaßnahmen auf der Grundlage freiwilliger Kooperation, ehrenamtlichem Engagements und zivilgesellschaftlicher Initiative umgesetzt werden konnten. Für diese Formen und Dimensionen der Klimaanpassung erwiesen sich die innovativen Rollen der Klimaanpassungsbeauftragten, der Klimaanpassungsmanager und der Klimaanpassungsakademie sowie der Umsetzungsverbünde als hilfreiche Bestandteile einer regionalen Klimaanpassungsgovernance.

Eine regional definierte und verantwortete Steuerung war somit durchaus möglich, auch in einer sinnvollen und wirksamen Weise. Gleichwohl besteht zwischen der Notwendigkeit und des politischen Postulats, Klimaanpassung regional zu definieren und zu realisieren, und den rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen eine erkennbare Asymmetrie: Die regionalen Handlungsspielräume zur Klimaanpassung passen nicht zur Aufgabe regionaler Klimaanpassung. Zur Beförderung regional angepassten Handelns wäre die Ausdehnung der regionalen Mitgestaltungsmöglichkeiten in der Rechtsordnung und in den Haushalten des Landes, des Bundes und der Europäischen Union eine notwendige Konsequenz.

4 Ausblick

Regionale Klimaanpassung stößt auf spezifische verallgemeinerbare Herausforderungen, die berücksichtigt und überwunden werden müssen. Sie muss bei unterschiedlicher objektiver und subjektiver Betroffenheit der Handlungsfelder und Akteure unter den einschränkenden Rahmenbedingungen einer „Multilevel Governance“ ihre Maßnahmen als Bestandteil von bestehenden Problemen verstehen, die sie verstärkt oder neu akzentuiert, und über Fachbereiche in Wissenschaft und Verwaltung hinweg entwickelt – unter Beachtung der jeweils unterschiedlichen Zeitperspektive und der Unsicherheit der Aussagen über Folgen des Klimawandels.

Diese Herausforderungen können überwunden und Klimaanpassung kann regional umgesetzt werden, wenn bestehende Vernetzungen der relevanten Akteure und deren Problemlösungswissen und Handlungskompetenz genutzt werden. Vielfach ist dies allerdings erst dann möglich, wenn durch geeignete akteursspezifische Informationen über Klimawandel, dessen Folgen und die dadurch bewirkte Betroffenheit die erforderliche Handlungskompetenz und Handlungsbereitschaft gefördert wurde. Ohne die notwendigen Zuständigkeiten, Befugnisse und Ressourcen, die vielfach beim Land, beim Bund oder der Europäischen Union angesiedelt sind und den regionalen Akteuren fehlen, bleiben aber oft nur Maßnahmen, die auf zivilgesellschaftliches Engagement, freiwillige Koordination, informelle Verfahren und informationelle Instrumente angewiesen sind. Bei diesen Restriktionen ist es bemerkenswert, wie viele und interessante beispielhafte Umsetzungen von Klimaanpassungsmaßnahmen durch KLIMZUG-Nordhessen in so kurzer Zeit gelungen sind. Dennoch: Gerade weil Klimaanpassung eine gesellschaftliche, integrativ zu bearbeitende Aufgabe ist, bleiben in den Regionen themen- und handlungsfeldspezifische Lernprozesse weiterhin erforderlich.

Diese könnten am besten dadurch unterstützt werden, dass für das regionale Handeln die notwendigen Zuständigkeiten, Befugnisse und Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Dies stellt im Rahmen einer „Multilevel Governance“ al-

lerdings eine der schwierigsten politischen Aufgaben dar: den Verzicht auf politische Macht.

Literatur

Ammer, C./Vor, T./Knoke, T./Wagner, S. (2010): Der Wald-Wild-Konflikt. Analyse und Lösungsansätze vor dem Hintergrund rechtlicher, ökologischer Zusammenhänge. Göttinger Forstwissenschaften. Band 5. Universitätsverlag Göttingen (www.bfn.de).

Baasch, S./Bauriedl, S./Hafner, S./Weidlich, S. (2012): Klimaanpassung auf regionaler Ebene: Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance, RuR, 191-201.

Die Bundesregierung (2008): Strategie der Bundesregierung zur Anpassung an den Klimawandel, Berlin.

Görg, C. (2010): Adaptive Governance within Europe – the Need for Integrated Adaptation Strategies, in: Endlicher, W./Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.), Continents under Climate Change. Halle, 121–127 = Nova Acta Leopoldina, Neue Folge 112, 384.

Kölling, C./Zimmermann, L./Walentowski, H. (2007): Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte? AFZ-Der Wald 11, 584-588.

Reese, M./Möckel, S./Bovet, J./Köck, W. (2010): Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente, Berlin.

Schaller, M./Weigel, H.-J. (2007): Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. Landbauforschung Völckenrode, FAL Agricultural Research. Sonderheft 316.

KLIMAANPASSUNGSNETZWERK NORDHESSEN

Alexander Roßnagel, Marcus Steffens

ÜBERSICHT

1 ZIELSETZUNG DER NETZWERKBILDUNG 660

2 NETZWERKSTRUKTUR 661

2.1 PROJEKTINTERNE NETZWERKE 662

2.2 PROJEKTEXTERNE NETZWERKE 663

2.3 AKTEURSNETZWERKE 667

3 NETZWERKBILDUNG 671

3.1 VERNETZUNGSMAßNAHMEN 671

3.2 NETZWERKPFLEGE 675

4 NETZWERKBILDUNG – ERFOLGE UND HERAUSFORDERUNGEN 679

5 AUSBLICK 684

Anpassung an den Klimawandel muss regional erfolgen und die regionalen Besonderheiten berücksichtigen. Erstens sind die Auswirkungen des Klimawandels regional unterschiedlich. Zweitens sind Chancen und Risiken des Klimawandels für die Umwelt sowie verschiedene Lebens- und Wirtschaftsbereiche regional verschieden. Schließlich erfolgt drittens die Anpassung im Rahmen – regional unterschiedlicher – politischer, administrativer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Strukturen, Prozesse, Interessen und Potenziale. Da viele gesellschaftliche und wirtschaftliche Bereiche vom Klimawandel betroffen sind, stellt die Anpassung an diesen zwar eine regionale, aber eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung dar, die eine Vielzahl von Akteuren betrifft.

Hinzu kommt: Klimaanpassung setzt die Veränderung von individuellem und kollektivem Verhalten, von Strukturen und Prozessen voraus. Notwendig sind daher Anpassungsstrategien, die eine prozessuale und eine inhaltliche Anforderung erfüllen: Prozessual können sie nicht verordnet werden, sondern müssen die Akteure in der Region in die Entwicklung und Umsetzung einbeziehen. Inhaltlich müssen sie auf Innovationen zielen, Planungs- und Umsetzungsaspekte berücksichtigen und den Transfer von Know-how vorsehen.

Die relevanten Akteure einer Region in einem Netzwerk zusammenzuführen, ist daher ein wesentlicher Erfolgsfaktor für Klimaanpassung. Diese Erkenntnis führte

dazu, für das Verbundprojekt den Namen „Klimaanpassungs*netzwerk* für die Modellregion Nordhessen“ zu wählen.

In diesem Beitrag wird beschrieben, welche Ziele die Netzwerkbildung im Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen verfolgte (1), welche internen und externen Netzwerke zur Klimaanpassung aufgebaut und erweitert werden konnten (2) und welche Instrumente und Verfahren die Netzwerkbildung und Netzwerkpflege genutzt werden konnten (3). Abgeschlossen wird der Beitrag mit einem Resümee über Erfolge und Probleme von Klimaanpassungsnetzwerken (4) und einem Ausblick über die weitere Entwicklung des Netzwerks (5).

1 Zielsetzung der Netzwerkbildung

Das Verbundprojekt verfolgte das übergeordnete Ziel, Nordhessen als klimaangepasste Modellregion zu entwickeln, deren Entwicklungskonzept sich auch auf andere Regionen übertragen lässt. Hierfür sollten zum einen die in Nordhessen existierenden sektoralen, kommunalen und zivilgesellschaftlichen Netzwerke genutzt und auf die neue Aufgabe der Anpassung an den Klimawandel ausgerichtet werden. Zum anderen sollten neue und zusätzliche Akteure in die Klimaanpassungsforschung und -umsetzung eingebunden und dadurch das Netzwerk erweitert werden. Dabei fokussierte die Netzwerkbildung auf die gegenseitige Befruchtung von Forschung und Umsetzung: Durch das Netzwerk sollte die Forschung stärker Anforderungen aus der Region und die regionale Anpassungspraxis stärker Erkenntnisse aus der Forschung aufnehmen. Das Klimaanpassungsnetzwerk – bestehend aus allen relevanten Akteuren aus Forschung, Wirtschaft, Verwaltung, Bildung, gesellschaftlichen Gruppen und politischen Entscheidungsträgern – sollte eine enge Verschränkung von Anpassungsforschung und Anpassungsumsetzung und eine hohe Effektivität dieser Kooperation ermöglichen. Es sollte sicherstellen, dass regionale Klimaanpassungsbedarfe identifiziert und die von der Forschung entwickelten Anpassungsmaßnahmen und -strategien für die relevanten Sektoren auch in individuelles und kollektives Handeln umgesetzt werden. Noch während der Projektlaufzeit wurden in Umsetzungsprojekten und -verbünden Anpassungsmaßnahmen realisiert und erprobt und damit gleichzeitig die transdisziplinäre Zusammenarbeit des Netzwerkes auf ihre Leistungsfähigkeit überprüft.

Darüber hinaus bestand im Rahmen der Kooperation mit der österreichischen Partnerregion Waldviertel die Möglichkeit des fachlichen und strategischen Austauschs. Auch dies diente der Validierung des nordhessischen Ansatzes. Ähnliche Möglichkeiten ergaben sich im Rahmen der engen Kooperation mit den sechs anderen Modellregionen zur Klimaanpassung in Deutschland.

KLIMZUG-Nordhessen erwartete durch die Bildung eines Klimaanpassungsnetzwerks einen nachhaltigen Beitrag für die klimaangepasste Entwicklung Nordhessens. Durch die integrierte und vernetzte Vorgehensweise sollte sichergestellt werden, dass Anpassung an den Klimawandel nicht nur in den regionalen Planungs- und Entwicklungsprozessen verwaltungstechnisch abgearbeitet, sondern auch von der nordhessischen Gesellschaft und Wirtschaft getragen wird. Gute Beziehungen zur hessischen Landesregierung und ein enger Austausch mit dem hessischen Fachzentrum Klimawandel des Hessischen Landesamts für Umwelt und Geologie (HLUG)[1] sollten diesen Prozess fördern.

2 Netzwerkstruktur

Das Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen war bereits bei Antragstellung als Zusammenschluss von bereits bestehenden Netzwerken in den Sektoren Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft angetreten und erweiterte das daraus entstandene Klimaanpassungsnetzwerk während der Projektlaufzeit stetig.



Abbildung 1: Sektoren und wichtige Schnittstellen zwischen internen und externen Netzwerkpartnern im Klimaanpassungsnetzwerk

Bei der Betrachtung der Netzwerkstruktur und der Netzwerkbildung ist es sinnvoll zwischen dem projektinternen Netzwerk und dem Netzwerk mit externen Partnern zu unterscheiden. Das projektinterne Netzwerk bestand teilweise bereits vor dem KLIMZUG-Wettbewerb und musste spätestens bei der Antragstellung etabliert sein. Während der Projektlaufzeit musste sich dieses interne Netzwerk bewähren und durch Aufnahme weiterer Partner aus der Region und außerhalb der Region ständig wachsen, um seine Ziele erreichen zu können. Es erreichte dies dadurch, dass viele kleine, bereits bestehende Netzwerke mit einander verknüpft

[1] www.hlug.de/.

wurden und so ein großes Netzwerk mit externen Partnern, die untereinander auch Netzwerkstrukturen ausbildeten, entstand.

2.1 Projektinterne Netzwerke

Interne Netzwerkpartner waren zu Beginn des Verbundprojekts entsprechend dem Antrag[2]

- im Bereich der Wissenschaft die Universität Kassel mit 16 beteiligten Fachgebieten und einem wissenschaftlichen Zentrum, die Hochschule Fulda mit drei Fachgebieten des Fachbereichs Pflege und Gesundheit,[3] die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt in Göttingen mit zwei Abteilungen[4] und das Fraunhofer Institut für Bauphysik in Kassel.[5] Die beteiligten Fachgebiete der Universität Kassel waren alle Mitglieder des „Netzwerks Umweltforschung und -lehre", dem insgesamt etwa 40 Fachgebiete angehören.[6] Sie schlossen sich mit anderen einschlägigen Fachgebieten 2009 zum Kompetenzzentrum für Klimaschutz und Klimaanpassung (Competence Centre for Climate Change Mitigation and Adaptation – CliMA)[7] zusammen, das seitdem die wissenschaftlichen Beiträge der Universität Kassel zum Verbundprojekt koordinierte.

- im Bereich der Wirtschaft der Verbund Regionalmanagement Nordhessen GmbH,[8] das Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien e.V. (deENet),[9] das Netzwerk der Mobilitätswirtschaft (MoWiN.net e.V.) [10] und das Start-up-Unternehmen Limón GmbH.[11] Zielsetzung des Regionalmanagements ist die Stärkung von Beschäftigung und Wachstum in Nordhessen. Gesellschafter sind die Fördergesellschaft Nordhessen mbH (Stadt Kassel, die fünf nordhessischen Landkreise Kassel, Hersfeld-Rotenburg, Schwalm-Eder, Waldeck-Frankenberg und Werra-Meißner), die Industrie- und Handelskammer Kassel, die Handwerkskammer Kassel sowie der Förderverein Pro Nordhessen. Im Regionalmanagement sind vor allem die drei Wirtschaftscluster „Mobilität und Logistik" – MoWiNet (Verbund von über 100 regionalen Akteuren aus den Bereichen Logistik, Automobilindustrie,

2 S. hierzu auch Kap. I: Roßnagel.
3 www.fh-fulda.de.
4 www.nw-fva.de/.
5 www.ipb.fraunhofer.de.
6 S. www.uni-kassel.de/uni/umwelt/.
7 S. www.uni-kassel.de/uni/umwelt/clima.html.
8 www.regionnordhessen.de.
9 www.deenet.org.
10 www.mowin.net/.
11 www.limon-gmbh.de/limon-gmbh/.

Bahntechnik und Mobilitätsmanagement, u.a. Volkswagen AG, Rudolph Logistik Gruppe, K+S AG, B. Braun Melsungen AG, Thyssen Krupp AG, DaimlerChrysler AG, Contitech AG), „Tourismus, Wellness und Gesundheit" (Akteure aus allen Bereichen der Tourismus- und Gesundheitswirtschaft Nordhessens) sowie „dezentrale Energietechnologie" mit dem Kompetenznetzwerk deENet (Verbund von über 100 regionalen Akteuren aus dem Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz, u.a. Viessmann Werke, SMA AG, Wagner & Co, Roth Werke, Areva, Gesellschaft für Nachhaltige Entwicklung mbH, Berufsbildungszentrum Kassel, E.ON Mitte AG, Städtische Werke Kassel AG, FhG-IWES, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.) organisiert.

- im Bereich von Politik und Verwaltung das Regierungspräsidium Kassel als vorgesetzte Behörde für die fünf Landkreise Nordhessens und der Stadt Kassel und der Landkreis Kassel mit der vhs Region Kassel und dem Gesundheitsamt Region Kassel, die im Rahmen der interkommunalen Zusammenarbeit gemeinsam mit der Stadt Kassel getragen werden.

2.2 Projektexterne Netzwerke

Externe Netzwerkpartner sowie weitere Partner, die bereits zu Projektbeginn in intensiven und stetigen Arbeitsbeziehungen zum Verbund oder einzelnen Mitgliedern des Verbunds standen, stammten aus allen relevanten gesellschaftlichen Sektoren. Während der Projektlaufzeit konnte das Netzwerk externer Partner sowohl auf der Ebene des Gesamtverbunds als auch auf der Ebene der Teilprojekte um zahlreiche Akteure von landesweiter, nationaler oder internationaler Bedeutung erweitert werden.[12]

Im Bereich der Gesellschaft war Hessencampus Kassel[13] als regionales Netzwerk von Stadt und Landkreis, beruflichen Schulen, der Volkshochschule Region Kassel,[14] Schulen für Erwachsene, privaten Bildungseinrichtungen sowie der Gewerkschaften DGB und GEW intensiv eingebunden. Um Naturschutz als weiteres Thema mit aufzunehmen, wurde mit dem neu gegründeten „Zentrum für biologische Vielfalt im Kasseler Becken e.V. (ZeBiViKS)"[15] eine Zusammenarbeit vereinbart. Über diesen konnten während der Projektlaufzeit neue zivilgesellschaftliche externe Netzwerkpartner insbesondere der im Umwelthaus Kassel[16] organisierten regionalen Verbände AGAR, BUND, BVNH, HGON und NABU gewonnen wer-

12 S. hierzu auch Kap. I: Roßnagel.
13 www.hessencampus.de/initiative_kassel/.
14 www.vhs-region-kassel.de/.
15 www.brandigg.de/verein/Zentrum-fuer-Biologische-Vielfalt-im-Kasseler-Be.
16 www.umwelthaus-kassel.de/.

den. Im Gesundheitsbereich konnte ein Netzwerk von Fachärzten als Qualitätszirkel „Borreliose“ aufgebaut werden. Insgesamt zählten zu den durch KLIMZUG-Maßnahmen angesprochenen Akteuren sowohl gesellschaftliche Gruppen und Institutionen wie NGOs, Bürgerinitiativen, Gewerkschaften, Berufsverbände, Bildungsträger, Weiterbildungsträger, Stiftungen als auch engagierte Personen, wie Schülerinnen und Schüler und ehrenamtlich tätige Bürgerinnen und Bürger.

Aus dem politisch-administrativen Umfeld waren unmittelbar am Klimaanpassungsnetzwerk die nordhessischen Gebietskörperschaften Stadt Kassel, Werra-Meißner-Kreis, Schwalm-Eder-Kreis, Landkreis Hersfeld-Rotenburg und Landkreis Waldeck-Frankenberg beteiligt. Das Verbundprojekt arbeitete mit allen als gleichberechtigte Netzwerkpartner zusammen. Dies stärkte den direkten Transfer von Klimaanpassungsstrategien und -maßnahmen in die nordhessischen Gebietskörperschaften. Der Transfer wurde unterstützt durch die Ansiedlung je eines oder einer Klimaanpassungsbeauftragten in den Gebietskörperschaften. Neue Netzwerkpartner wurden das Umweltbundesamt mit dem Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), die Hessischen Ministerien für Wissenschaft, für Wirtschaft und für Umwelt, das Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie mit dem Hessischen Fachzentrum für Klimawandel[17] mit seinem Wissenschaftsforum, seinem Gesundheitsforum und seinem Planungsforum. Der Verbund arbeitet eng mit dem Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation und weiteren Landesbehörden zwecks Datenaustausches zusammen. Zudem beteiligte sich KLIMZUG-Nordhessen an der Initiative des Landes Hessen, im Rahmen des „European Institute of Technology (EIT)“ eine „Knowledge and Innovation Community (KIC)“ für Klimaschutz und Klimaanpassung zu beantragen. Seit 2011 ist auch die Universität Kassel durch das CliMA Mitglied des Climate-KIC des EIT.[18]

Der wissenschaftliche Austausch wurde von den beteiligten Fachgebieten und Forschungsinstituten in der jeweiligen Fachdisziplin ohnehin auf nationaler und internationaler Ebene gepflegt. Innerhalb des Gesamtnetzwerkes wurden diese Kontakte durch die Einbindung des Potsdamer Instituts für Klimafolgenforschung (PIK),[19] des Max-Planck-Instituts für Meteorologie mit der Service Gruppe Anpassung (SGA),[20] des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass)[21] im Umweltbundesamt, des Climate Service Center (CSC)[22] und des Helmholtz-

17 http://klimawandel.hlug.de/.
18 www.climate-kic.org.
19 www.pik-potsdam.de/.
20 http://mud.dkrz.de/projects-at-md/sg-adaptation/.
21 www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/anpassung-an-den-klimawandel.
22 www.climate-service-center.de/.

Zentrums für Umweltforschung (UFZ)[23] intensiviert. Intensive Kontakte bestanden auch zu Verbünden und Netzwerken zur Klimaanpassung im Kontext verschiedener Landes- und Bundesforschungsprogramme: mit dem Projektverbund INKLIM 2012 plus,[24] dem niedersächsischen KLIFF-Verbund,[25] den KlimaZwei-Verbünden KUNTIKUM,[26] KLARA-Net,[27] Klimawandel Unterweser[28] und Klimawerkstatt Chiemgau[29] sowie den sechs anderen KLIMZUG-Verbünden.[30]

Neben zahlreichen handlungsfeldspezifischen Akteuren aus der Wirtschaft waren als Unterauftragnehmer die regionalen Unternehmen FIRST B2B Communications,[31] synovativ[32] und Office Connection in wichtige Aktivitäten bei der Außendarstellung und Vermittlung in die Region und bei spezifischen Veranstaltungsangeboten eingebunden. Im Bereich der Wirtschaft wurden mit Unterstützung des Regionalmanagements, der Klimaanpassungsmanager, der Industrie- und Handelkammer und der Handwerkskammer Kontakte zu Unternehmen in den drei Clustern des Regionalmanagements aufgebaut und intensiviert. Diese dienten vor allem den Teilprojekten, um Praxispartner und Investoren zu finden oder auch zielgruppenspezifische Befragungen durchzuführen.

Externe Partner im Rahmen der internationalen Transferaktivitäten waren die Energie-Agentur der Regionen im niederösterreichischen Waldviertel,[33] das Waldviertel Management,[34] die niederösterreichische Dorf- und Stadterneuerung, die Österreichische Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, die Donau-Universität Krems, die Universität Graz, die TU Graz, die Universität Wien, die Universität für Bodenkultur Wien sowie die Wirtschaftsuniversität Wien. Zusätzlich konnten während der Projektlaufzeit das Österreichische Bundesumweltministerium, die Österreichische Energieagentur,[35] die Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Regionalentwicklung sowie weitere nationale und regionale Partner aus Österreich hinzugewonnen werden. Zudem ist es KLIMZUG-Nordhessen im Herbst 2009 gelungen, eine Forschungskooperation zu

23 www.ufz.de.
24 http://klimawandel.hlug.de/ forschungsprojekte/ inklim-2012-baustein-ii-plus/.
25 www.kliff-niedersachsen.de.vweb5-test.gwdg.de/.
26 www.klimatrends.de/.
27 www.klara-net.de.
28 www.klimawandel-unterweser.de.
29 http://klimawerkstatt.wzw.tum.de/.
30 www.klimzug.de.
31 www.first-b2b.de.
32 www.synovativ.de.
33 www.rm-waldviertel.at/22/Energie_und_Umwelt_Energie.
34 www.waldviertel-management.at/.
35 www.energyagency.at/.

den Folgen des Regionalen Klimawandels mit der Universidad de Concepción in Chile aufzubauen.

Allgemeine Gründe für den Ausbau der Netzwerke einzelner Handlungsfelder und Teilprojekte waren die Sensibilisierung der Gesellschaft für das Thema Klimaanpassung, der Transfer der einzelnen Themen und Ergebnisse in die Gesellschaft und über die Region hinaus, die Suche nach Umsetzungs- und Kooperationspartnern, die zielgruppengerechte Bedarfsermittlung durch Einbezug verschiedener Akteure, aber auch der fachliche Austausch mit anderen Forschungseinrichtungen und -projekten. In diesem Sinn ist auch die Einrichtung von projektbegleitenden Arbeitsgruppen durch fast alle Teilprojekte und Handlungsfelder zu sehen, wie etwa zu den Themen Forst, Verkehr, Tourismus und Bildung. Diese Kreise wurden während der Projektlaufzeit kontinuierlich ausgebaut.

Je nach Handlungsfeld[36] ergaben sich unterschiedliche Netzwerkausrichtungen. Die produktorientierten Handlungsfelder Energie und Verkehr bauten ihre Kontakte vor allem auf der Wirtschaftsebene aus, um potentielle Kunden oder Investoren für die geplanten Projekte und Produkte zu finden. Die Kooperationen dienten der Anregung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten in Unternehmen, der Weiterentwicklung von Projekten und der Übertragung von Ergebnissen.

Die Verkehrsprojekte kooperierten eng mit Akteuren aus den Bereichen Mobilitätswirtschaft und -verwaltung und etablierten eine Begleitgruppe, die der Recherche und der Einbindung von Zielgruppen diente. Sie kooperierten außerdem mit dem Projekt „effizient mobil" der Deutschen Energie-Agentur (dena) GmbH.[37]

Die Gesellschaftsprojekte haben ihre Kontakte insbesondere zur Weiterentwicklung und Anpassung der Forschung erweitert. Zum einen wurden über die Industrie- und Handelskammer Kassel Kontakte zu über 150 nordhessischen Unternehmen verschiedener Branchen und Größen in der Region aufgebaut, die auch an Befragungen teilnahmen. Zum anderen fand ein wissenschaftlicher Austausch mit diversen Akteuren statt, der teilweise in fest etablierte Kooperationen wie dem von KLIMZUG-Nordhessen initiierten Netzwerk „Sozialwissenschaftliche Klimaanpassungsforschung" mündeten oder zu einer wissenschaftlichen Kooperation zur vergleichenden Forschung von Nordhessen und der Region Biobio (Chile) führten. Außerdem konnte eine Vernetzung der Governanceforschung der sieben KLIMZUG-Verbünde und externer Experten erreicht werden. Beide Netzwerke führten während der Projektlaufzeit mehrere Workshops durch.

---

36 Zu den Handlungsfeldern und Teilprojekten s. näher Kap. I: Roßnagel.
37 www.effizient-mobil.de/.

Die Ressourcenprojekte haben ihre Kontakte insbesondere im Bereich der Verwaltung (Forstämter, Wasser- und Schifffahrtsämter, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen) ausgebaut, um Umsetzung und Forschung weiterzuentwickeln und dem Bedarf anzupassen. Ein reger wissenschaftlicher Austausch fand auch mit verschiedenen Forschungseinrichtungen und Ministerien statt, um Projekte inhaltlich weiterzuentwickeln und zu beantragen.

Das Arbeitsfeld Gesundheit hat für alle Forschungs- und Umsetzungsstränge spezifische interdisziplinäre Netzwerke eingerichtet, um dem im Bereich Public Health bewährten sog. „sozioökologischen Ansatz" gerecht zu werden. Akteure der Mikro-, Meso- und Makroebene wurden durch geeignete Kommunikationsstrukturen eingebunden, um die Sensibilität für mögliche Risiken zu stärken, gemeinschaftlich Lösungsstrategien zu entwickeln und umzusetzen.

Das Handlungsfeld Szenarien konnte neue Netzwerkpartner durch die Bereitstellung von Klimaszenarien und Stadtklimadaten gewinnen. Dazu zählen vor allem Akteure der Zivilgesellschaft (Umweltverbände), ZeBiViKS e.V. in Kassel, aber auch überregionale Institutionen, wie zum Beispiel der Verein Deutscher Ingenieure (VDI). Der Projektleiter des Teilprojekts „ Stadt- und Regionalklima" wurde zum Obmann des Arbeitskreises Stadtklimakarten ernannt, in den das Thema Klimawandel eingebunden ist. Darüber hinaus entwickelte sich ein Fachaustausch mit der Fachkommission Stadtentwicklungsplanung des Deutschen Städtetags.

2.3 Akteursnetzwerke

Die Vernetzungsaktivitäten auf der Ebene der Handlungsfelder und der Teilprojekte und auf der Ebene des Gesamtprojekts führten zu einer Stärkung bestehender Netzwerke, zu einer Erweiterung gelebter Netzwerke und zur Bildung neuer Netzwerke. Sie wiesen eine unterschiedliche Dichte und Lebendigkeit auf und entwickelten sich im Laufe der fünfjährigen Projektphase. Alle diese fachspezifischen Netzwerke wurden zusammengeführt durch das übergeordnete Ziel des Verbundprojekts KLIMZUG-Nordhessen, ein Klimaanpassungsnetzwerk für eine Modellregion in Nordhessen zu bilden. Dieses Gesamtnetzwerk bestand somit aus einem Geflecht vielfältiger Akteure, das sich aus den Mitglieder des Verbundes KLIMZUG-Nordhessen, aus Partnern in Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten, aus Stakeholdern aus der Region und vielen Mitwirkenden und Unterstützern aus Politik und Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene zusammensetzte.

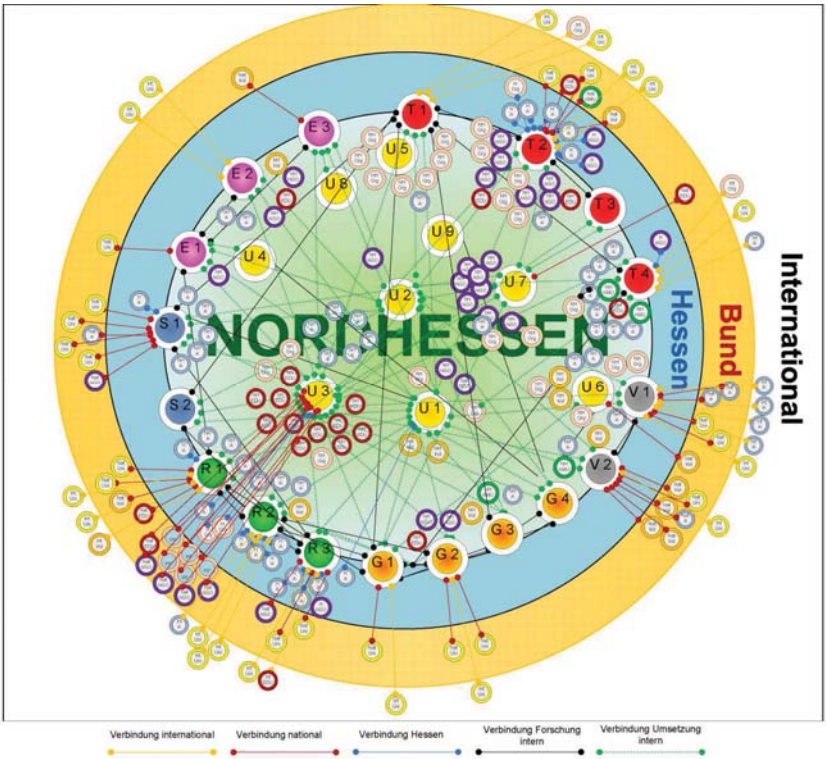


Abbildung 2: Regionale, nationale und internationale Netzwerkbeziehungen

Eine prinzipielle Darstellung aller Ebenen des Netzwerkes vom Verbund über die einzelnen Handlungsfelder Szenarien, Ressourcen, Energie, Verkehr, Tourismus, Gesundheit, Gesellschaft und Governanceinnovationen bis hin zu den spezifischen Netzwerken der Teilprojekte findet sich in der obigen Netzwerkgraphik.[38]

Die Legende für Abbildung 2 mit Erläuterungen der verschiedenen Ebenen der Teilprojekte und Netzwerkpartnern findet sich auf der folgenden Seite in Abbildung 3.

[38] Erläuterungen zu den Projektabkürzungen finden sich in Kap. I: Roßnagel.

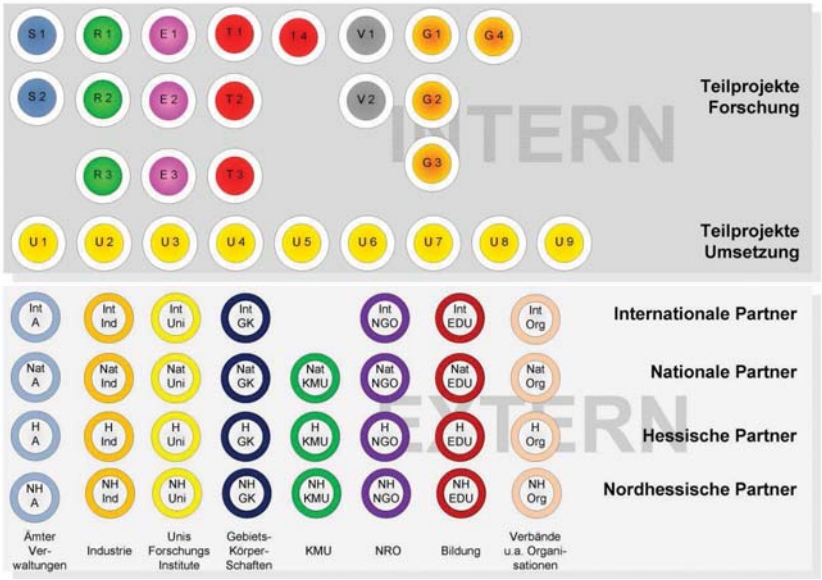


Abbildung 3: Legende zur Abbildung 2 – Interne und externe Netzwerkpartner

Exemplarisch für das Handlungsfeld Gesundheit visualisiert Abbildung 4 das weit verzweigte Akteursnetzwerk. Dargestellt ist hier ein Subnetz, das eine Momentaufnahme des Entwicklungsstands aller Ebenen des Netzwerks bis hin zu den spezifischen Netzwerken der Teilprojekte nach etwa einem Jahr Projektlaufzeit aufzeigt. Ausgehend von den Forschungssträngen der Teilprojekte „Prävention klimabedingter Gesundheitsrisiken (T2)“ und „Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen (T4)“ zeigt die Visualisierung in dem dunkelgrau unterlegten Feld den Stand der Vernetzung mit weiteren Teilprojekten und in dem etwas heller grau unterlegten Feld die Vernetzung mit den externen Partnern aus Verwaltung, Wissenschaft und Gesellschaft, mit denen bereits im Antrag eine Kooperation vorgesehen war. Die äußeren, hellgrauen Felder umfassen die im Projektverlauf hinzu gewonnenen externen Partner der Projekte. Hier handelt es sich um eine Vielzahl von Stakeholdern aus allen relevanten Sektoren wie Landesministerien und -behörden, Gebietskörperschaften, Krankenkassen, regionale und lokale NGOs, wissenschaftliche Einrichtungen, internationale Partner und damals zehn der 65 nordhessischen Pflegedienste. Diese Kooperationen wurden ständig erweitert. Diese Vernetzung wurde durch das hier nicht abgebildete Netzwerk des Umsetzungsprojekts „Gezielte Prävention von Hitze bedingten Gesundheitsschäden bei alten Menschen in der Kommune (U7)“ noch erweitert.

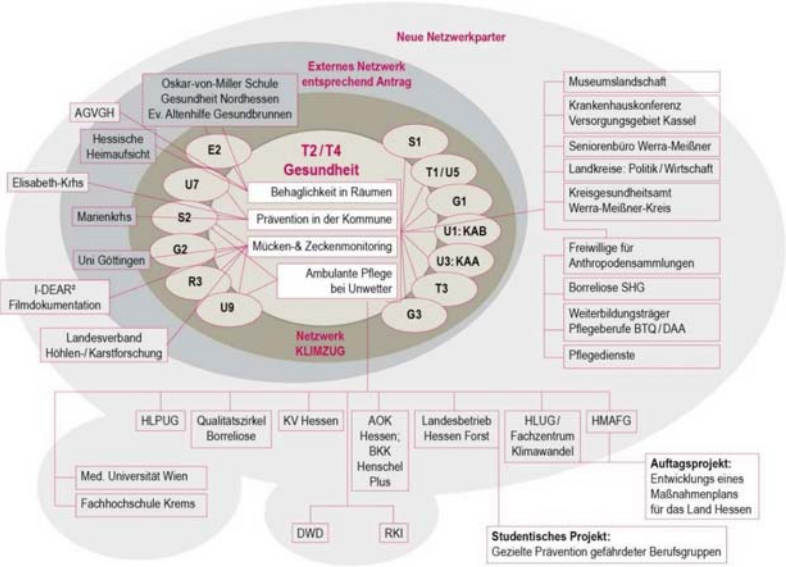


Abbildung 4: Wichtige Teile des Netzwerks des Handlungsfelds Gesundheit

Die Maßnahmen zur Netzwerkbildung und Netzwerkpflege[39] beförderten den Dialog zwischen den Kooperations- und Praxispartnern und intensivierten den Austausch zwischen Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft. Hieraus ergaben sich auch zahlreiche neue Kontakte von externen regionalen Akteuren untereinander. Dies wurde durch die Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wirken der Klimaanpassungsbeauftragten, der Klimaanpassungsmanager und der Klimaanpassungsakademie in den jeweiligen Stakeholdergruppen unterstützt.[40] Zudem wurde die Vernetzung von Akteuren dadurch verstetigt, dass während der gesamten Projektlaufzeit über 100 zielgruppenspezifische Fachveranstaltungen durchgeführt wurden.[41] Beispiele für die Netzwerkbildung unter neu gewonnenen externen Netzwerkpartnern sind zum Beispiel im Handlungsfeld Verkehr die Begleitgruppe des Teilprojekts „Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr (V1)“, aus der heraus Firmen- und Behördenvertreter ihre Kontakte unabhängig von den Sitzungen der Begleitgruppe eigenständig intensiviert haben. Im Handlungsfeld Ressourcen führten die vielfältigen Aktivitäten des Teilprojekts „Analyse der Wirkungen und

39 S. hierzu 3.1 und 3.2.
40 S. hierzu 3.1.
41 S. näher 3.1.

Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda (R3)“ zur Klimaanpassung in der Forstwirtschaft mit Stakeholdern der forstlichen Verwaltung, der Forschung und der Holzwirtschaft zu einem eigenständigen Diskurs über die Verantwortung in Zeiten eines sich ändernden Klimas. Zu diesen Beispielen gehört auch der Qualitätszirkel „Borreliose“, in dem ein Netzwerk von Fachärzten mitarbeitete und dem Teilprojekt „Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen (T4)“ medizinische Datenbanken zugänglich machte, die Rückschlüsse auf die epidemiologische Situation der Borreliose in Nordhessen erlaubten.

3 Netzwerkbildung

Sowohl um diese Akteursnetzwerke aufzubauen und zu erweitern als auch um bestehende Netzwerke zu pflegen, waren spezifische Instrumente und Vorgehensweisen erforderlich.

3.1 Vernetzungsmaßnahmen

Wichtig für die Vernetzung war eine klare *Verantwortungszuteilung* für bestimmte Ziele und Maßnahmen. Diese Zuständigkeitsregelungen haben sich während der Projektlaufzeit bewährt.

Die Netzwerkbildung war eine zentrale Aufgabe der Leitung und Koordination von KLIMZUG-Nordhessen.[42] Das *Steuerungsgremium*[43] war zuständig für die Netzwerkbildung mit den Beiratsmitgliedern, Bundes- und Landesministerien und -behörden, den nordhessischen Gebietskörperschaften, den Mitgliedern des Regionalmanagements, den Organisationen der nordhessischen Wirtschaft (wie der Industrie- und Handelskammer sowie der Handwerkskammer), Wissenschaftsorganisationen wie dem Umweltbundesamt und dem Umweltforschungszentrum und den Partnern in Österreich.[44]

Der *Projektkoordinator* war außerdem zuständig für die Netzwerkbildung im Verbund KLIMZUG-Nordhessen, insbesondere die Vollversammlungen und die Verbundworkshops. Er verantwortete auch die Außerdarstellung des Verbunds. In dieser Funktion vertrat er das Verbundprojekt auf Veranstaltungen und stellte es in Vorträgen und Podiumsdiskussion in der Region und auf nationaler Ebene vor. Er knüpfte und hielt Kontakte zu hessischen und nationalen (Netzwerk-)Partnern.

---

42 Zur Struktur der Verbundsteuerung s. Kap. I: Roßnagel.
43 S. zu diesem Kap. I: Roßnagel.
44 S. oben 2.1.

Die *Bereichskoordinatoren*[45] waren zuständig für die Netzwerkbildung innerhalb der Arbeitsbereiche. Hier sorgen sie durch die Verknüpfung von Forschungsmethoden, Forschungsschritten und Forschungsergebnissen für eine inhaltliche Vernetzung der einzelnen Teilprojekte. Weitere Aufgaben umfassten die Organisation von Bereichsveranstaltungen, das bereichsspezifische Entwickeln und Pflegen von Kontakten zu hessischen und nationalen (Netzwerk-)Partnern, die bereichsspezifische inhaltliche Kooperation mit dem Waldviertel, die Pflege eines gemeinsamen Presse- und (regionalen) Netzwerkverteilers, das Pflegen der Homepage und das Erstellen und Verbreiten eines internen und eines externen Verbund-Newsletters.

Speziell für die Netzwerkbildung in Nordhessen wurden die drei *Governance-Innovationen* Klimaanpassungsbeauftragte (KAB), Klimaanpassungsmanager (KAM) und die Klimaanpassungsakademie (KAA) installiert: [46]

Die fünf *Klimaanpassungsbeauftragten* waren die Schnittstellen zwischen Forschung und Verwaltung. Sie knüpften und hielten Kontakte in beide Richtungen und sorgten für einen bidirektionalen Informationsfluss. Sie bewirkten ein steigendes Bewusstsein in den Verwaltungen, dass Klimaanpassung notwendig ist. Sie vermittelten Ergebnisse, sobald sie vorlagen, an die zuständigen Entscheidungsträger und Sachbearbeiter. Umgekehrt haben sie in Veranstaltungen des Verbunds KLIMZUG-Nordhessen und in vielfältigen Gesprächsrunden und Workshops Anpassungsbedarfe aus ihren Gesprächen mit Verwaltungen an die Forschungsprojekte vermittelt und Fragen in beide Richtungen übermittelt und geklärt.

Die drei *Klimaanpassungsmanager* wirkten als Schnittstellen zwischen Forschung und Wirtschaft. Auch ihre Aufgabe war es, Kontakte in beide Richtungen zu knüpfen und zu halten und für einen bidirektionalen Informationsfluss zu sorgen. Sie haben Vertreter von nordhessischen Unternehmen in die Entwicklung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel im Rahmen einzelner Forschungs- und Umsetzungsprojekte eingebunden. Sie haben außerdem über die ohnehin in den drei nordhesssischen Wirtschaftsclustern bestehenden Kommunikationskanäle (z.B. Zeitschriften, Newsletter, Clusterversammlungen, Tagungen) über Fragen der Klimaanpassung informiert und Bewusstsein für deren Notwendigkeit geschaffen. In themenspezifischen Arbeitskreisen haben sie Forscherinnen und Forscher und Unternehmen zusammen geführt und Ergebnisse über Anpassungsmöglichkeiten vermittelt.

Die *Klimaanpassungsakademie* hatte zum einen explizit die Aufgabe, die Kommunikation innerhalb des Netzwerks durch die Organisation von internen und exter-

[45] S. zu diesen Kap. I: Roßnagel.
[46] S. zu diesen ausführlich Kap. I: Roßnagel.

nen Veranstaltungen zu fördern. In dieser Funktion hat sie viele Veranstaltungen und Workshops organisiert und durchgeführt. Zum anderen nahm sie intensiv eine Schnittstellenfunktion zu einem sehr breit verstandenen Bereich der Gesellschaft wahr. Sie entwarf zusammen mit den Presseabteilungen der Universität Kassel und der Gebietskörperschaften vielfältige Presseerklärungen und mehrere Pressekampagnen, organisierte Ausstellungen und führte zusammen mit der Volkshochschule mehrere öffentliche Veranstaltungen durch.

Prinzipiell waren alle Verbundbeteiligten auch „Netzwerker" in ihrem spezifischen Handlungsfeld, da sie auf einen Informationsaustausch mit Wissenschaftlern und der Praxis angewiesen waren. Dabei übernahmen die Forschungsprojekte vor allem die Netzwerkbildung im wissenschaftlichen Bereich – intern durch projektübergreifende Besprechungen und bereichsbezogene Workshops, extern durch Präsentationen auf Tagungen, Konferenzen und Workshops. Außerdem festigten sie das Netzwerk, indem sie klimabezogene Forschungsanträge mit externen und internen Partnern erarbeiteten. Die Umsetzungsprojekte verfolgten in erster Linie die externe Netzwerkbildung und unterrichteten Praxispartner über den Projektverlauf durch spezifische Treffen und Workshops sowie Projektdarstellungen auf Tagungen und in externen Newslettern.

Die *Formen der Vernetzung*, die angestrebt und umgesetzt wurden, waren vielfältig. Sie wurden gezielt genutzt, um je nach Partnerstruktur unterschiedliche Intentionen zu verfolgen und je nach Aufgabenstellungen verschiedene Zielsetzungen zu erreichen.

Ein Schwerpunkt der Vernetzung lag auf der Etablierung von *institutionellen Verknüpfungen*. Eine wichtige Rolle zur Vernetzung externer und interner Partner spielte der Beirat des Verbundprojekts.[47] Für diesen konnten der Regierungspräsident, der Landrat des Schwalm-Eder-Kreises, drei Vertreter der Umweltwissenschaften, ein Vertreter der regionalen Umweltverbände, ein Vertreter der nordhessischen Wirtschaft und ein Vertreter des Hessischen Umweltministeriums gewonnen werden. In den Beirat des Hessischen Fachzentrums Klimawandel waren zwei Mitglieder von KLIMZUG-Nordhessen berufen worden, außerdem wirkten weitere KLIMZUG-Mitglieder im Wissenschaftsforum, im Gesundheitsforum und im Planungsforum des Fachzentrums mit. Zudem war KLIMZUG-Nordhessen in verschiedene Aktivitäten des Hessischen Umweltministeriums zur Vernetzung hessischer Akteure zum Thema Klimawandel eingebunden. Diese Vernetzungen bewirkten einen intensiven Austausch über Fragen der Klimapolitik des Landes Hessen. KLIMZUG-Partner sind Mitglieder des Aufsichtsrats des Regionalmana-

47 S. zu diesem Kap. I: Roßnagel.

gements, in dem regelmäßig über KLIMZUG-Nordhessen berichtet wurde. Mit dem Umweltministerium und dem Wissenschaftsministerium sowie weiteren Partnern der Climate-KIC-Region Hessen im Rahmen des European Institute of Innovation and Technology (EIT)" bestand eine institutionelle Kooperation in Fragen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung in Hessen.

Institutionalisierte Vernetzungsaktivitäten erfolgten auch auf Ebene der Handlungsfelder und Teilprojekte. Viele Projektmitarbeiter waren durch eine Mitgliedschaft in überregionalen Expertengruppen zu unterschiedlichsten Themen vernetzt. Eine verbreitete Form der Einbindung und Zusammenarbeit war die Etablierung von Arbeitskreisen zu spezifischen Themen, wie z.B. „Regionales Mobilitätsmanagement" und „Flächenkreislaufwirtschaft". Im Gesundheitssektor wurden neben dem Projektbeirat „Hitzeprävention" eine neue regionale Steuerungsgruppe mit Vertretern u.a. aus der Gemeinde Lohfelden und dem Kasseler Stadtteil Vorderer Westen geschaffen, aus dem später das sich selbst tragende Netzwerk zur Prävention von hitzeassoziierten Gesundheitsrisiken mit dem Telefonservice „Sonnenschirm" hervorging. Auch im Handlungsfeld Verkehr trafen sich Fachleute regelmäßig mit Vertretern aus Wirtschaft und Administration in einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe.

Eine weniger formalisierte Struktur waren regelmäßige *Treffen* mit Akteuren der Zielgruppe, Interessierten und anderen Experten. Diese im Vergleich zu den Arbeitsgruppen losen Bindungen von externen Partnern an das Projekt ermöglichten einen flexiblen, auf die Bedürfnisse der Projekte angepassten Austausch zwischen den Akteuren. Die Klimaanpassungsakademie traf sich regelmäßig alle drei bis vier Monate mit dem HessenCampus Kassel. Auch die Verkehrsprojekte trafen sich außerhalb der Arbeitsgruppe mit Unternehmen zum Aufbau des Fahrzeugpools und zur Weiterentwicklung des Fahrradkurierwesens. Darüber hinaus bestand ein regelmäßiger Informationsaustausch im Handlungsfeld Betriebswirtschaft zwischen Wissenschaftlern der Modellregionen KLIMZUG-Nordhessen „NordWest 2050" und „REGKLAM".

Als ein besonders geeignetes Instrument, um umsetzungsorientierte Netzwerke zu bilden, erwiesen sich die *Umsetzungsverbünde*.[48] Sie hatten in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit die Aufgabe, zusätzlich zu den bereits bei der Antragstellung geplanten Umsetzungsprojekten jeweils eine weitere spezifische im Verbund entwickelte Anpassungsmaßnahme vor Ort zu realisieren. In enger Abstimmung mit den Klimaanpassungsbeauftragten, den Klimaanpassungsmanagern und der Klimaanpassungsakademie sowie unter Beteiligung der gesellschaftswissenschaftli-

[48] S. zu diesen näher Kap. I: Roßnagel und Kap. V: Henschke et al.

chen Teilprojekte wurde für jede von den Forschungsprojekten entwickelte umsetzungsfähige Lösungsoption geprüft, welche Expertise aus dem Verbund KLIMZUG-Nordhessen in einem Konsortium vertreten sein musste und welche lokalen oder regionalen Praxisakteure gewonnen und eingebunden werden mussten, um diese Anpassungsmaßnahme beispielhaft umzusetzen. In dieser Vernetzungsform konnte die Kompetenz der lokalen oder regionalen Praxisakteure, eine breite interdisziplinär ausgerichtete wissenschaftliche Expertise zur konkreten Anpassungsmaßnahme, zu den konkreten klimatologischen Hintergründen und den spezifischen Vulnerabilitäten sowie zu den fördernden und hemmenden gesellschaftlichen Faktoren für die Umsetzung ebenso wirksam werden wie die Koordinationsleistung der Klimaanpassungsbeauftragten, der Klimaanpassungsmanager und der Klimaanpassungsakademie.

3.2 Netzwerkpflege

Netzwerke bedürfen der ständigen Pflege, um sie „lebendig" zu halten. Die frühe Projektphase war davon geprägt, diese Vernetzungen aufzubauen und bestehende Vernetzungen weiterzuentwickeln. Der Fokus lag dabei auf der grundlegenden Information zu dem Gesamtvorhaben, seinem Ansatz und Anlass, seinen thematischen und methodischen Facetten. Mit zunehmendem Fortschreiten im Projektverlauf wurde sukzessive die Fokussierung auf zentrale Zielgruppen vorgenommen und es wurden diverse Kommunikationstools entwickelt, um die Zielgruppenansprache gezielt zu unterstützen. In dieser Phase lag der Schwerpunkt auf der Mobilisierung, der aktiven Einbeziehung von externen Partnern aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Verwaltung und Politik in Verbundprozesse.

Bereits im Antrag war vorgesehen, dass regelmäßige interne und externe Veranstaltungen durchgeführt werden sollten, um die inhaltliche Kohärenz und Abstimmung herzustellen. Explizit benannt waren ca. *75 Workshops und 25 Fortbildungsveranstaltungen*. Dieses Veranstaltungskonzept wurde im Verlauf der Projektdurchführung erheblich ergänzt, um dem hohen Stellenwert der Vernetzung und den damit verbundenen Kommunikationsaufgaben gerecht zu werden.

Um den interdisziplinären Austausch zwischen den Teilprojekten zu fördern und um detailliert über deren Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten zu informieren, wurde die Vortrags- und Diskussionsreihe *„Forum Klimaanpassung"* etabliert. In einer ersten Staffel wurden im Wochenrhythmus 18 Veranstaltungen durchgeführt. Sie vermittelten Grundlagen der von KLIMZUG-Nordhessen bearbeiteten Handlungsfelder (aus Szenarien, Ressourcen, Verkehr, Energie, Gesundheit, Tourismus und Gesellschaft) unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Anpassungsbedarfe und -herausforderungen. Eine zweite Staffel legte den Schwerpunkt auf Umsetzungs- und Transferaspekte der Klimaanpassung. In einer dritten

Staffel war „Good Governance für Nordhessen im Klimawandel" der Gegenstand des Forums. Das Forum war eine wichtige Vernetzungsplattform. An ihm nahmen neben Vertretern der Teilprojekte auch Interessierte aus der Region und den Verwaltungen teil. Es diente in der ersten Staffel vor allem dazu, allen Mitarbeitern und Interessierten den notwendigen Einblick in die theoretischen und praktischen Handlungsfelder des gesamten KLIMZUG-Projekts zu vermitteln. In den folgenden Staffeln bot es die Gelegenheit, spezifische Fragestellungen im Rahmen des gesamten Verbunds zu diskutieren. In der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit wurde das Forum nicht mehr fortgeführt, weil diese Funktionen nicht mehr erforderlich waren und nachgefragt wurden. In der Endphase der Projektlaufzeit waren die notwendigen Vernetzungen etabliert. Allgemeine Verbundprobleme waren von aktuellen und spezifischen Umsetzungsfragen abgelöst worden.

Um alle Projektmitarbeiter über die Fragestellungen und den Stand der Projektarbeiten in allen Teilprojekten zu informieren und interdisziplinäre Kooperationen anzuregen und zu ermöglichen, wurden über die gesamte Projektlaufzeit insgesamt sieben *Verbundworkshops* durchgeführt. Sie waren jeweils unterschiedlichen übergreifenden Fragestellungen gewidmet. In ihnen präsentierten die Teilprojekte, die von dem jeweiligen Thema besonders berührt waren. Am Anfang standen Fragestellungen und Methoden sowie das gegenseitige Kennenlernen und das Vertiefen von Kontakten im Vordergrund und wurden nach und nach durch die Vorstellung und Diskussion von Ergebnissen abgelöst.

Um möglichst früh in der Region den Prozess zu initiieren, in dem unter kontinuierlicher und breit angelegter Beteiligung gemeinsam Konzepte und Maßnahmen für ein „klimaangepasstes Nordhessen" entwickelt werden sollten, wurden in den fünf Jahren vier *Regionalforen* und eine Abschlusskonferenz durchgeführt. Da sie auf eine Verbreitung von Klimaanpassungswissen und die Ansprache neuer Akteure in der Region zielten, fand das erste Regionalforum im Regierungspräsidium in Kassel, die anderen aber in unterschiedlichen Orten der Region statt – 2010 in Bad Hersfeld, 2011 in Borken und 2012 in Bad Wildungen. Sie erfreuten sich einer beachtlich hohen Teilnahme von relevanten Stakeholdern der Region aus den Bereichen Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft (jeweils rund 200 Teilnehmer). Die externen Stakeholdergruppen wurden aktiv in die Planung von Möglichkeiten zur Regionalisierung der weiteren Diskussionsprozesse einbezogen. Die Regionalforen bündelten den kontinuierlichen, regional organisierten diskursiven Prozess in Richtung der Zielstellung „Entwicklung einer Modellregion für Klimaanpassung".

Der Vernetzung mit Politik und Verwaltung der Region dienten *gemeinsame Veranstaltungen mit Vertreten der lokalen oder regionalen Politik*. Um die Thematik der Kli-

maanpassung in der Region zu verankern, wurde regelmäßig im Ausschuss für Umwelt- und Energie der Stadt Kassel über KLIMZUG-Nordhessen berichtet. Das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen wurde auch auf Veranstaltungen politischer Parteien in Nordhessen vorgestellt. Der Oberbürgermeister der Stadt Kassel, der Landrat des Landkreises Kassel und Vertreter von KLIMZUG-Nordhessen veranstalteten 2009 eine gemeinsame Pressekonferenz, um Klimaanpassung als gemeinsames Anliegen von Forschung, Politik und Verwaltung deutlich zu machen. Im gleichen Jahr wurde das Projekt KLIMZUG-Nordhessen auch vor der Konferenz der Umweltdezernenten der Mittelstädte im Deutschen Städtetag in Darmstadt vorgestellt. In den Folgejahren fanden viele Präsentationen des Projekts und seiner Zwischenergebnisse in der Region statt.

Um zentrale Projekteinheiten jeweils strukturiert zu vernetzen, wurden zwischen diesen *regelmäßige (monatliche) Treffen* eingerichtet. Hier sind die monatlichen Sitzungen des Steuerungsteams, an dem auch die Koordinatoren teilnahmen, der Jour Fixe der Klimaanpassungsbeauftragten, der Klimaanpassungsmanager und der Klimaanpassungsakademie mit dem Steuerungsteam und mit der Koordination sowie die Treffen zwischen Koordination, den Klimaanpassungsbeauftragten und den Kreiskoordinatoren der Gebietskörperschaften zu nennen.

Im Rahmen der Forschung haben sich viele *Teilprojekte* sowohl innerhalb als auch über Handlungsfelder hinweg eigenständig vernetzt. Sie erarbeiteten weitere gemeinsame Forschungsprojekte, erschlossen gemeinsam Zielgruppen, befriedigten gemeinsame Daten- und Informationsbedarfe, suchten Synergieeffekte in der Nutzung bestimmter Forschungsmethoden (insbesondere in Modellbildung und Simulation) und tauschten Konzepte und Ergebnisse aus. Besonders enge Vernetzungen über Handlungsfelder hinweg ergaben sich im Verkehrs-, Tourismus- und Gesundheitssektor, im Forst- und Gesundheitssektor mit der Szenarienentwicklung sowie zwischen Gesundheits- und Energiesektor. Die Möglichkeit der Rechtsberatung durch das Teilprojekt „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen (G1)“ wurde vor allem von den Gesundheitsprojekten, dem Landwirtschaftsprojekt, dem Wasserwirtschaftsprojekt, den Verkehrsprojekten und den Umsetzungsverbünden Regionalplanung, Raumklima und Landwirtschaft in Anspruch genommen. Für die Klimaanpassungsbeauftragten und die Klimaanpassungsmanager erfolgte eine spezifische Schulung zum Verwaltungs-, Staatsorganisations-, Kommunal- und Energierecht.

Zur Unterstützung der *Kommunikation* im Verbund und damit auch zur Pflege der Vernetzung wurde ein Set von „*eTools*“ genutzt. Diese bestanden aus einem „BSCW Shared Workspace System“, das eine Zusammenarbeit von räumlich getrennten Arbeitsgruppen am gleichen Gegenstand ermöglichte, dem in der Uni-

versität Kassel entwickelten Social-Bookmarking- und Literaturverwaltungssystem BibSonomy,[49] der Verbund-Homepage, einem Wiki, einem Internetforum, Blogs zur interaktiven Einbindung der Öffentlichkeit, einem Profil auf Facebook mit über 200 Fans, und einem internen und einem externen KLIMZUG-Nordhessen Newsletter mit mehr als 300 Adressaten.[50] Die eTools kamen neben klassischen Methoden auch bei der Dokumentation von Veranstaltungen und Treffen sowie der Aufbereitung und Verbreitung von Ergebnissen zum Einsatz.

Schließlich war für die Pflege der Vernetzung von besonderer Bedeutung, dass durch den Bezug eines eigenen *KLIMZUG-Gebäudes* ermöglicht wurde, dass ein großer Teil der Projektmitarbeiter räumlich Tür an Tür arbeitete und so der direkte Austausch im Arbeitsalltag stattfinden konnte. In diesem Gebäude waren neun Teilprojekte, das Leitungsgremium, der Koordinator, die Bereichskoordinationen, die Klimaanpassungsakademie sowie Büros für die Klimaanpassungsbeauftragten und die Klimaanpassungsmanager untergebracht. Das „KLIMZUG-Haus" war Anlaufpunkt für Workshops und verbundinterne Treffen. KLIMZUG-Nordhessen hatte durch dieses Haus einen Ort, an dem es angesiedelt war.

Die *Öffentlichkeits- und Pressearbeit* stellte einen bedeutsamen Teil zur Verbreitung der Verbundaktivitäten und Projektergebnisse dar. Sie fand zum einen verbundübergreifend durch die Koordination statt, die eng mit den Pressestellen der Universität und des Landkreises Kassel zusammenarbeitete. Zum anderen pflegten viele Teilprojekte auch eigene enge Kontakte zu verschiedenen Medien und betrieben auf diese Weise zusätzlich teilprojektspezifische Öffentlichkeitsarbeit. Beispielhaft ist hier das Teilprojekt „Implementierung eines Programms zum Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen (T4)" mit einer sehr intensiven Medienarbeit zu nennen.[51] KLIMZUG-Nordhessen war durch zahlreiche Beiträge in Tageszeitungen, Radio und Fernsehen zu Veranstaltungen, aber auch Themen oder Projektergebnissen vertreten.[52] Mehrere Kurzfilme rundeten die Öffentlichkeitsarbeit ab.

Über die Medienarbeit hinaus wurden verschiedenste *Informations- und Werbematerialien* zum Verbundprojekt und den einzelnen Teilprojekten erstellt. Um eine einheitliche Außendarstellung zu gewährleisten, wurde für dieses Kommunikationsmaterial ein spezielles Corporate Design entwickelt und den Projektpartnern zugänglich gemacht. Diese Vorlagen umfassen u.a. Visitenkarten, Flyer, Poster,

---

49 www.bibsonomy.org/group/klimzug_nordhessen.

50 S. zu all diesen www.klimzug-nordhessen.de.

51 Allein im Jahr 2010 über 40 Artikel in Printmedien und mehrere Rundfunk- und Fernsehbeiträge.

52 Einen Überblick zum Medienecho bietet der Pressespiegel auf www.klimzug-nordhessen.de.

Plakate, Broschüren, Factsheets, Powerpoint-Präsentationen, Geschäftspapier und Logos. Zudem wurde ein Fotoarchiv mit projektrelevanten Fotos und Abbildungen gepflegt, um die Erstellung der Materialien zu erleichtern.

4 Netzwerkbildung – Erfolge und Herausforderungen

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Die Netzwerkbildung des Klimaanpassungsnetzwerks für die Modellregion Nordhessen war geeignet, eine ausgewogene – sowohl stabile als auch effiziente – Struktur bei möglichst hoher Diversität der Akteure aufzubauen. Zum einen gelang es zu Beginn des Projekts, kleine, effiziente Arbeitsgruppen mit klaren sektoralen Aufgabenstellungen und konkreten Arbeitsteilungen und Workflows zu etablieren, die einen schnellen Informationsfluss und eine Bewegung in verschiedenen thematischen Bereichen im sehr komplexen Klimaanpassungsnetzwerk ermöglichten. Zum anderen konnte im entstehenden Netzwerk eine ausreichende Stabilität dadurch gewährleistet werden, dass die eingebundenen Organisationen und Akteure in enger thematischer Übereinstimmung arbeiten. Dies führte zu einer hohen Transitivität und zu stabilen Beziehungen innerhalb der Untergruppen, da diese über eine relativ hohe Anzahl „gemeinsamer Freunde“ (zum Beispiel externer Netzwerkpartner) verfügten.

Durch die große Anzahl geordneter Subnetze entstanden eine hohe Konnektivität und ein hoher Zusammenhalt im Klimaanpassungsnetzwerk. Indem verschiedene Akteure diversen Sub-Netzen angehörten – beispielsweise Wirtschaftsclustern des Regionalmanagements (Tourismus und Gesundheit, MoWiNet, deENet), wissenschaftlichen Netzwerken (z.B. CliMA-Kompetenzzentrum) sowie interregionalen Netzen (z.B. EU-Projekten), entstand ein hoher Grad verschiedener Beziehungsarten, die das Kooperationspotential und damit die Stabilität des Netzwerkes von KLIMZUG-Nordhessen im Sinn der thematischen wie der regionalen Ausdehnungen steigerten.

Das Klimaanpassungsnetzwerk für die Modellregion Nordhessen war gekennzeichnet durch eine hohe Diversität der Akteure: Verschiedene wissenschaftliche Fachgebiete, Organisationen und Berufsgruppen sorgen für ein hohes Maß an Vielfalt in der Entwicklung von Problemlösungsstrategien. Zudem verfügten die verschiedenen Akteure über unterschiedliche Zugänge zu Ressourcen (z.B. Erfahrungen und Beziehungen zu weiteren Verbreitungs- oder Transferprogrammen oder nationale und ausländische Partner). Um die vorhandene Diversität zu „kanalisieren“ und zu fördern, verfolgte der Verbund die Strategie, durch Austausch der Beteiligten im Rahmen von regelmäßigen Begegnungen etwa in Vollversammlungen, Handlungsfeldtreffen, Verbundworkshops und Regionalforen Verständ-

nis und Vertrauen innerhalb des Netzwerks zu stärken und systematisch neue Netzwerkpartner einzubeziehen.

Die *Governanceinnovationen* haben im Rahmen ihrer jeweiligen Aufgabenstellung zum Erfolg der Netzwerkbildung entscheidend beigetragen. Die *Klimaanpassungsmanager* haben ihre Schnittstellenfunktion durch die Verbreitung der Zielsetzungen und Erkenntnisse von KLIMZUG-Nordhessen in den Wirtschaftsclustern, die Vermittlung und Begleitung von Kontakten zwischen Forschung und Unternehmen, die Gewährleistung der Praxisrelevanz der wissenschaftlichen Projektarbeiten, die vielfältige Öffentlichkeitsarbeit und fachliche Beratung in den Wirtschaftsclustern sowie die Begleitung und Umsetzung von Lösungsvorschlägen erfüllt. Durch sie konnten im Rahmen des Verbundes die Clusternetzwerke erweitert werden und Vorschläge und Empfehlungen der Klimaanpassungsforschung in der regionalen Wirtschaft bekannt gemacht werden. Dadurch haben die Klimaanpassungsmanager die enge Vernetzung und Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis entscheidend geprägt und gefördert und zur Praxisrelevanz und zur Nutzung von entwickelten Produkt-, Technologie- und Verfahrensinnovationen beigetragen.

Die erfolgreiche Entwicklung und beispielhafte Umsetzung von Klimaanpassungslösungen genauso wie die Integration von Klimaanpassung in Politik- und Verwaltungsprozesse beruhen auf der guten Zusammenarbeit sowohl mit dem Regierungspräsidium als auch den Landkreisen und der Stadt Kassel. Einen entscheidenden Beitrag für die gelungenen Kooperationen zwischen den wissenschaftlichen Teilprojekten und der Verwaltung und Politik leisteten die *Klimaanpassungsbeauftragten*. Durch sie konnten einerseits Praxisprobleme in die „Wissenschaftssprache" übersetzt, die Praxisrelevanz der Forschungsarbeiten erhöht und andererseits zusammen mit den Wissenschaftlern Forschungsergebnisse in praxisrelevante Vorschläge, Empfehlungen und beispielhafte Umsetzungen überführt werden.

Die institutionelle Verankerung der *Klimaanpassungsakademie* bei dem öffentlichen Bildungsanbieter vhs Region Kassel hat sich für das Ziel, zum Themenbereich Klimawandel und Klimaanpassung exemplarische und übertragbare Informations- und Bildungsangebote zu entwickeln und zu erproben, als sehr geeignet erwiesen. Sie hat Forschungsfragen und -ergebnisse so strukturiert und methodisch-didaktisch aufbereitet, dass diese an entsprechende Zielgruppen und relevante Multiplikatorenkreise vermittelt werden konnten. Damit wurden zum einen das Projekt und das Thema Klimawandel in Fachkreisen sowie in der Öffentlichkeit bekannt gemacht. Zum anderen konnten Praxisakteure gewonnen werden, die

sowohl bei der Formulierung von Fragestellungen der Wissenschaft als auch bei der beispielhaften Umsetzung wichtige Impulse und Beiträge leisteten.

Inhaltliche Erfolge der Netzwerkbildung waren die Kooperationen und das gegenseitige Lernen in den Handlungsfeldern der Klimaanpassung. Solche waren durchgängig bei allen Kooperationen zu erleben. Beispielhaft seien genannt:

- Durch die Kooperation mit dem „Zentrum für biologische Vielfalt im Kasseler Becken e.V." konnten die Themen Biodiversität und Naturschutz innerhalb des Verbundprojekts etabliert werden. Ein gemeinsamer Antrag beim Bundesumweltministerium, die Untersuchungen des Vereins zur Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordhessen zu fördern, war leider nicht erfolgreich.

- Im Handlungsfeld Szenarien wurde – früher als geplant – mit der integrierten Szenarioentwicklung begonnen, weil sich dies für die zeitnahe enge Zusammenarbeit mit den Teilprojekten und externen Partnern als notwendig erwiesen hat. Durch Szenarioanalysen für das Gebiet des Zweckverbandes Raum Kassel wurden wichtige Grundlagen für die Konzeption von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zeitnah in die Region eingespeist.

- Im Handlungsfeld Ressourcen führten Diskussionen mit dem Landesbetrieb Hessen Forst zu einer höheren Priorisierung der Ergebnisse zur Baumart Buche und zu einer Risikobewertung und einer Risikokarte zur Baumart Fichte.

- Im Handlungsfeld Gesundheit wurde aufgrund der großen Nachfrage von regionalen Stakeholdern der Beobachtungsraum für Zecken und Mücken letztlich auf alle Landkreise und die Stadt Kassel erweitert. Außerdem wurde zusammen mit einem Netzwerk von Fachärzten ein Qualitätszirkel „Borreliose" aufgebaut. Durch die Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Hessen Forst ergab sich die Erweiterung der Fragestellung um spezifische Anpassungserfordernisse für Beschäftigte in der Forstwirtschaft bei der Prävention assoziierter Infektionskrankheiten.

- Die Zusammenarbeit mit dem Fachforum Gesundheit beim Fachzentrum Klimawandel des Hessischen Landesamts für Umwelt und Geologie führte zum Transfer des Ansatzes einer gezielten Prävention hitzeassoziierter Gesundheitsgefährdungen auf die Landesebene und zu einem neuen Projekt „Hessischer Maßnahmenplan zur Vermeidung Hitze bedingter Gesundheitsbeeinträchtigungen der Bevölkerung".

- Im Handlungsfeld Verkehr wurden nach Kontakt mit städtischen Vertretern die Untersuchungen auf die Kostenaspekte erweitert. Um die Praxistauglichkeit der Überlegungen zur Anpassung des städtischen Wirtschaftsverkehrs zu gewährleisten, wurde in enger Abstimmung mit Spediteuren und Automobilherstellern deren Umsetzung verstärkt.

Als inhaltliche Erfolge der Vernetzung besonders hervorzuheben sind jedoch vor allem die *Umsetzungsverbünde*.[53] Sie haben zur praktischen Umsetzung von Forschungsergebnissen von KLIMZUG-Nordhessen, die in den Bereichen klimaangepasster Ackerbau, klimaangepasste Lüftung von Räumen, Nachbarschaftshilfe bei Unwettern, Qualitätssiegel für klimagerechte Pflegedienste, klimaangepasste Ausstattung von Bushaltestellen, interaktive Klimafunktionskarten, Fortschreibung des Regionalplans, klimaangepasste Entwicklung des Forsts sowie Konzepte für eine klimaangepasste City-Logistik und ein Niedrigwassermanagement beigetragen. Diese Umsetzungen wurden in Zusammenarbeit der zuständigen regionalen Verwaltungseinheit, mit den thematisch befassten Forschungsprojekten und den Umsetzungsnetzwerken realisiert, von den zuständigen Klimaanpassungsbeauftragten oder -managern koordiniert und von der Klimaanpassungsakademie unterstützt.[54] Die Umsetzungsverbünde bildeten den methodischen Ansatz der transdisziplinären, auf Transformation gerichteten Forschung des Gesamtverbundes in konzentrierter Weise ab. Mit ihnen erprobte KLIMZUG-Nordhessen nicht nur die Umsetzungsfähigkeit der jeweiligen Anpassungsmaßnahme, sondern auch einen vielversprechenden Ansatz, Anpassungshandeln vor Ort kooperativ zu steuern. Sie erwiesen sich als geeignetes neuartiges Instrument einer Governance der Klimaanpassung.

Neben der Optimierung der Projekte trugen externe Partner dazu bei, sowohl die Thematik der Klimaanpassung als auch einzelne Projektergebnissen zu verbreiten. Prominente Beispiele hierfür waren mehrere Ausstellungen, Fortbildungsveranstaltungen mehrerer Fortbildungsträger sowie viele Veranstaltungen der „Kinder-Uni Klimawandel“, die von der Klimaanpassungsakademie, den Klimaanpassungsbeauftragten, dem Teilprojekt „Kommunikation Klimaprojektionen, Integrative Systemanalyse und Szenarien“ (S1) und dem Hessischen Fachzentrum Klimawandel vorbereitet und in allen Landkreisen durchgeführt wurden.

Herausforderungen innerhalb des Verbunds in Bezug auf die Bildung und Pflege des Netzwerks ergaben sich aus dessen *Gesamtgröße und Komplexität*. Insgesamt waren 27 Teilprojekte, elf zusätzliche Umsetzungsverbünde und zeitweise über 120 Mitarbeiter zu koordinieren. Insbesondere bezüglich der Kommunikation so-

[53] S. oben 3.1.
[54] S. hierzu näher Kap. V: Henschke et al.

wie der Transparenz (z.B. von Entscheidungen und der Projektentwicklung) stellte diese Tatsache den gesamten Verbund, aber insbesondere das Steuerungsgremium und die Koordination sowie die drei Schnittstelleninstitutionen, vor große Herausforderungen. Diese Schwierigkeiten wurden einerseits durch den Bezug eines eigenen KLIMZUG-Gebäudes und andererseits durch die Nutzung verschiedener Kommunikationsinstrumente gelöst.

Eine weitere Herausforderung war die *räumliche Verteilung* des Projektverbunds. Zwei Teilprojekte (im Bereich Gesundheit) waren an der Hochschule Fulda (80 km) angesiedelt, ein Teilprojekt (zu Fortwirtschaft) in Göttingen (40 km) und ein Teilprojekt (zu Agrarwirtschaft) in Witzenhausen (20 km). Diese Herausforderung wurde dadurch gemeistert, dass die Möglichkeiten der elektronischen Kommunikation intensiv genutzt wurden, die externen Teilprojekte eine hohe Disziplin in der Teilnahme an gemeinsamen Veranstaltungen (überwiegend in Kassel) aufbrachten und die zentrale Lage des KLIMZUG-Gebäudes in Kassel die Nutzung der Bahn ermöglichte. Dadurch konnte eine enge Verknüpfung der Arbeiten mit der Projektleitung sowie den Forschungs- und Umsetzungspartnern sichergestellt werden.

Weitere Schwierigkeiten bei der Netzwerkbildung ergaben sich daraus, dass zu Beginn des Projekts in großen Teilen der nordhessischen Bevölkerung das *Thema Klimawandel und Anpassung* noch nicht „angekommen" war. Dies äußerte sich auch darin, dass der Unterschied zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung nicht ausreichend bekannt war und die Notwendigkeit zur Anpassung in einer – im Verhältnis zu anderen Regionen – relativ wenig vulnerablen Mittelgebirgsregion teilweise unterschätzt wurde. Trotz intensiver allgemeiner Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit des Verbunds änderte sich dies anfangs nur in kleinen Schritten. Aufgrund der dadurch bestehenden Vermittlungsprobleme wurde das Vorgehen dahingehend geändert, dass einzelne Branchen und Interessengruppen gezielt zu Workshops eingeladen wurden, um einen direkteren Austausch und eine problemspezifische Informationsvermittlung zu sichern. Außerdem wurde bei der Bildungsarbeit ein gesamtheitliches Konzept zur Thematik Klimawandel verfolgt, das beide Aspekte berücksichtigte: Klimaschutz und -anpassung – bei einer entsprechenden Fokussierung auf Anpassung.

Eine weitere Herausforderung ergab sich aus der Tatsache, dass Akteure aus der Praxis sehr ergebnisorientiert sind, die Forschungsprojekte aber auf bis zu fünf Jahre angelegt waren und nur beschränkt schon nach einem Jahr belastbare Zwischenergebnisse anbieten konnten. Um für Verständnis für die *unterschiedlichen Zeithorizonte* zu werben und keine Demotivierung zu verursachen, verfolgte KLIMZUG-Nordhessen eine Doppelstrategie. Zum einen wurden belastbare Zwischenergebnisse gesucht und in die öffentliche Diskussion eingebracht und zum

anderen wurde um Verständnis geworben, dass das KLIMZUG-Forschungsvorhaben längerfristig angelegt ist und daher einige Erkenntnisse erst später vorliegen konnten. Die Vermittlung und Abstimmung verschiedener Zeithorizonte zwischen Wissenschaft und Praxis ist weitgehend gelungen.

Darüber hinaus sind für die Handlungsfelder unterschiedliche Zeithorizonte der Klimaanpassung relevant. Unternehmen und Fachbehörden z.B. in den Bereichen Tourismus und Landwirtschaft fokussieren auf zeitnahe Anpassungshorizonte, während im Bereich Wasserbau, Energie, Verkehrsinfrastruktur mittel- bis langfristige Anpassungshorizonte in den Blick genommen werden.[55] Handlungsdruck für Anpassung wird daher kaum intersektoral betrachtet. Der Verbund versuchte den Stellenwert einer integrierten Anpassungspolitik zu betonen, in dem u.a. die Querschnittsperspektive Regionalplanung durch transdisziplinäre Vernetzungsaktivitäten gestärkt wurde.

5 Ausblick

Die Vernetzung der Wissenschaft mit Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft ist in einem Forschungsprojekt, das regional ausgerichtet ist und transdisziplinäre und transformative Zielsetzungen hat, von entscheidender Bedeutung. Nur dadurch wird sichergestellt, dass die richtigen praxisrelevanten Forschungsfragen gestellt und geeignete und angepasste Methoden angewendet werden. Nur dadurch entstehen Möglichkeiten, dass die Forschungsergebnisse angenommen und in der Region umgesetzt werden.

Das Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk für die Modellregion Nordhessen" hat vielfältige Ansatzpunkte, Instrumente und Verfahrensweisen zur Netzwerkbildung und -pflege erprobt, die auf andere Regionen mit ähnlichen Strukturen, Problemen und Zielsetzungen übertragen werden können. Für den Zweck der regionalen Klimaanpassung haben sich mehrere Maßnahmen als besonders erfolgreich erwiesen. Hilfreich war, auf das bestehende Netzwerk des Regionalmanagements aufzusetzen und dieses zu einem Klimaanpassungsnetzwerk fortzuentwickeln. Dies gelang, weil eine klare Aufgabenverteilung für die Netzwerkbildung bestand und jeder engagiert seinen Beitrag hierzu lieferte. Die vielfältigen Ansätze auf Ebene des Verbunds, der Teilprojekte und der Praxispartner führten zu einer diversitären Entwicklung vieler unterschiedlicher Netze, die durch geeignete Veranstaltungsformate, Kommunikationsinstrumente und inhaltliche Zielsetzungen zu einem gemeinsamen Verbundnetzwerk zusammengeführt werden

[55] S. näher Kap. V: Henschke, Roßnagel.

konnten. In diese Netzwerke konnten sich engagierte Verbundpartner ebenso einbringen wie interessierte Bürger und Verbände.

Für dieses Netzwerk wurde eine für Klimaanpassung geeignete Form der regionalen Governance gefunden und weitentwickelt. Mit den Klimaanpassungsbeauftragten, den Klimaanpassungsmanagern und der Klimaanpassungsakademie[56] sowie den Umsetzungsverbünden[57] wurden geeignete Governanceinnovationen etabliert und erprobt. Sie konnten zur Bildung des regionalen Klimaanpassungsnetzwerks Nordhessen durch ihre Schnittstellenfunktion entscheidend beitragen.

Ob das Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen nach Projektende fortbesteht, wird sich erst in der Zukunft zeigen. Nach Auslaufen der Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wird es nicht in dem Umfang, in der Intensität, in der Lebendigkeit und mit dem Erfolg bestehen bleiben wie in den letzten fünf Jahren. Anderseits ist aber auch nicht zu erwarten, dass es sich spurenlos auflöst. Hoffnungen für ein Fortbestehen mit geringeren Erwartungen ergeben sich aus folgenden Überlegungen und Beobachtungen. Erstens bleibt das objektive Problem der regionalen Klimaanpassung auch nach Auslaufen der KLIMZUG-Förderung unverändert. Zweitens hat das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen zu einem Bewusstseinswandel hinsichtlich des Bestehens dieser Herausforderung beigetragen. Drittens haben wichtige Akteure der Region die Herausforderung aufgenommen. Der Regierungspräsident, die Universität Kassel und der cdw-Stiftungsverbund[58] wollen mit Unterstützung aus der Region eine kleine Koordinationsstelle fortführen. Zwei Klimaanpassungsbeauftragte wurden von ihren Anstellungskörperschaften übernommen und sind für das Thema weiterhin – in einem anderen Zuschnitt – zuständig. Schließlich werden einige der Umsetzungsprojekte und Umsetzungsverbünde fortgeführt.

[56] S. zu diesen Kap. V: Bauriedl et al.
[57] S. zu diesen Kap. V: Henschke et al.
[58] www.cdw-Stiftungsverbung.de

Evaluation der Governance-Innovationen in Nordhessen

Sybille Bauriedl, Simone Hafner, Friedrich Krebs, Carsten Mauritz, Ramune Pansa, Alexander Roßnagel, Michael Walther, Sandra Weidlich

Übersicht

1 Vorgehen der Evaluation der Governance-Innovationen in Nordhessen 687
2 Evaluation der Governance-Innovation Klimaanpassungsbeauftragte 691
2.1 Stärken und Schwächen 691
2.2 Optimierungsvorschläge 699
3 Evaluation der Governance-Innovation Klimaanpassungsmanager 700
3.1 Chancen und Risiken 701
3.2 Stärken 703
3.3 Schwächen 704
3.4 Optimierungsvorschläge 706
4 Evaluation der Governance-Innovation Klimaanpassungsakademie 706
4.1 Stärken und Schwächen 707
4.2 Optimierungsvorschläge 710
5 Schlussfolgerungen der Governance-Evaluation 711
Literatur 718

1 Vorgehen der Evaluation der Governance-Innovationen in Nordhessen

Im Rahmen des Verbundprojektes „Klimaanpassungsnetzwerk in der Modellregion Nordhessen“ waren die drei neuen Institutionen „Klimaanpassungsbeauftragte“(KAB), „Klimaanpassungsmanager“(KAM) und „Klimaanpassungsakademie“ (KAA) beantragt worden. Sie sollten ein zentrales Element des Capacity Building und des Anpassungsmanagements für die Modellregion darstellen. Mit dieser Governance-Innovation sollte erprobt werden, mit institutionalisierten Klimaanpassungsakteuren den Governance-Prozess zu befördern.[1]

Ausgangspunkt aller sieben KLIMZUG-Projekte ist die Annahme, dass eine nachhaltige Klimaanpassung nur durch die Beteiligung betroffener Akteursgruppen und insbesondere zivilgesellschaftlicher Akteure in Entscheidungsprozessen ge-

[1] S. näher Kap. I: Roßnagel.

währleistet werden kann. Neben vielfältigen Netzwerkaktivitäten des transdisziplinären Verbundprojektes sollten die drei institutionellen Governance-Innovationen daher eine herausragende Bedeutung für die Einbindung vielfältiger regionaler Akteure spielen. Sie sollten einerseits die Praxistauglichkeit von Lösungsvorschlägen der Wissenschaft und die Vermittlung geeigneter Anpassungsmaßnahmen in die Verwaltung, Wirtschaft und Bevölkerung befördern und andererseits Forschungsbedarf der Praxis an die Wissenschaft herantragen.

Über die gesamte Projektlaufzeit waren fünf KAB an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Verwaltung in den nordhessischen Gebietskörperschaften (Regierungspräsidium Kassel, fünf Landkreise, Stadt Kassel) tätig. Drei KAM waren an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und regionalen Unternehmen (der Branchencluster Tourismus, Mobilität, Energie) im Regionalmanagement Nordhessen angesiedelt. Die KAA übernahm die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und nordhessischer Öffentlichkeit. Bei den nordhessischen Governance-Innovationen handelt es sich um einen spezifischen Typ institutioneller Innovation: Sie hatten eine vorgegebene Laufzeit (58 Monate) mit einer begrenzten Stellenausstattung (50%-Stellen pro Landkreis bzw. 30%-Stellen pro Cluster), ohne eigene finanzielle Ressourcen zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und sie bewegten sich in einem neuen Politikfeld (Klimaanpassung).

KLIMZUG-Nordhessen verstand sich als lernendes Projekt und hatte in diesem Sinne versucht, die Beiträge zum regionalen Governance-Prozess laufend zu optimieren. In diesem Rahmen waren die drei Governance-Innovationen – neben dem begleitenden Austausch zwischen den Governance-Innovationen, den Anstellungskörperschaften und der Projektleitung – Gegenstand der projektinternen Evaluation, die sich auf die Start- und Schlussphase der Verbundtätigkeit konzentrierte. Die vorliegende Evaluation liefert neben Erkenntnissen zur Prozessgestaltung und strukturellen Einbindung der Governance-Innovationen auch Ergebnisse zu Innovationspotentialen durch die erprobten Institutionen und zu deren Übertragbarkeit für vergleichbare regionale Klimaanpassungsprozesse.

Zur Bewertung des Governance-Potentials der KAB, KAM und KAA wurden vier Evaluationskriterien untersucht. Erstens der Beitrag zum Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis: Inwieweit wurde die Wahrnehmung regionaler Klimavulnerabilität, die Vermittlung von Klimaanpassungswissen und der Bewusstseinsbildungsprozess unterstützt? Zweitens der Beitrag zu Partizipationsprozessen: Welche Vernetzungsaktivitäten zur Klimawandelproblematik wurden initiiert oder unterstützt? Drittens der Beitrag zum Politikprozess: Welche vertikalen und horizontalen Kooperationsformen wurden befördert oder erweitert? Viertens der Beitrag zur Implementierung: Welche konkreten Umsetzungsmaßnahmen

zur Klimaanpassung wurden initiiert oder befördert? Da die neu geschaffenen Institutionen durch die Laufzeit des Verbundprojektes zeitlich befristet waren, galt das Evaluationsinteresse außerdem den nachhaltigen Effekten der Governance-Innovation: Werden die Institutionen verstetigt oder in modifizierter Form weitergeführt?

Da das Evaluationsinteresse primär den erfolgten Netzwerk-, Beteiligungs- und Kooperationsprozessen galt, wurde als Verfahren eine Prozess-Evaluierung gewählt (formative Evaluation). Eine Ziel-Evaluierung oder Wirkungsanalyse wäre nicht möglich gewesen (summative Evaluation), da bei Projektstart keine konkreten Erfolgsziele der Governance-Innovation festgelegt worden waren. Es wurde eine Kombination aus Ongoing-Evaluation (begleitender Ansatz) und Ex-post-Evaluation (bilanzierender Ansatz) bearbeitet.[2]

Evaluierende waren Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der vier gesellschaftswissenschaftlichen Teilprojekte des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen. Die Evaluatorinnen und Evaluatoren vertreten disziplinäre Kompetenzen der Politikwissenschaften, Rechtswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und der Psychologie. Aufgabe dieses Evaluationsteams war es, die Zielsetzung und Evaluationskriterien abzuleiten, diese mit den KAB, KAM und der KAA abzustimmen und ein geeignetes Evaluationsdesign zu entwerfen.

Die Evaluationsergebnisse beruhen auf drei Untersuchungsphasen. In der Startphase des Verbundprojektes (Frühjahr 2009) wurden von Mitarbeiterinnen des politikwissenschaftlichen Teilprojekts Einzelinterviews mit allen KAB und KAM zur Aufgabenstellung, zu Vernetzungspotentialen und zur institutionellen Einbindung in der Kommunalverwaltung oder in das Regionalmanagement durchgeführt und projektintern bezüglich Optimierungspotentialen diskutiert.

Die Ergebnisse dienten der zweiten Evaluation als Basis zur Bewertung der flexiblen Gestaltung der Governance-Innovationen im Projektverlauf.[3] Das Analyseverfahren für die Ex-post-Evaluation wurde im Projektverlauf gewählt und im Rahmen eines Workshops zur Evaluation regionaler Klimawandel-Governance mit externen Evaluationsexperten konkretisiert. Die KAB, KAM und die Mitarbeiterinnen der KAA sollten als Evaluationssubjekte an der Analyse beteiligt werden.[4] Im Dezember 2011 wurde in einem ersten gemeinsamen Arbeitsschritt der Evaluierenden und der Evaluierten eine SWOT-Analyse zur Zustandsbeschreibung der

2 Vgl. Diller 2008; Mönnecke 2008.
3 Bauriedl, Müller, Schneider 2011; Bauriedl 2011.
4 Caspari 2006.

internen Stärken/Schwächen und externen Chancen/Risiken in den Aufgabenfeldern Vermittlung, Vernetzung, Koordination, Strukturbildung und Implementierung erarbeitet. Im zweiten gemeinsamen Arbeitsschritt wurden die Aussagen zu internen Faktoren und externen Faktoren der Governance-Innovationen korreliert und überprüft, wie

- erstens mit den eigenen Stärken bestehende Chancen genutzt werden können, wie
- zweitens eigene Schwächen beseitigt werden können, um bestehende Chancen zu nutzen, wie
- drittens mit den eigenen Stärken bestehende Gefahren beseitigt werden können und wie
- viertens eigene Schwächen beseitigt werden können, um gegen drohende Gefahren bestehen zu können.

Daraus wurden Strategien zur Optimierung der Stärken und Abmilderung der Schwächen in der Arbeitspraxis der KAB, KAM und KAA abgeleitet.

Im Herbst 2012 wurden leitfadengestützte qualitative Einzelinterviews mit den KAB durch das rechtswissenschaftliche Teilprojekt, mit den KAM durch das wirtschaftswissenschaftliche Teilprojekt und mit den Mitarbeiterinnen der KAA durch das umweltpsychologische Teilprojekt geführt. Hierbei wurden zum einen die Entwicklungspotentiale der Tätigkeit der KAB, KAM und KAA auf Basis der Ergebnisse der SWOT-Analyse überprüft und aktuelle Beiträge zu Vermittlung, Vernetzung, Strukturbildung, Kooperation und Implementierung aufgenommen. Da sich im Projektverlauf herausgestellt hat, dass der Beitrag zur Governance-Innovation der KAB im besonderen Maße für lokale und regionale Anpassungsmaßnahmen gegeben ist, wurden ergänzend in den Jahren 2011 und 2012 teilnehmende Beobachtungen zur Vernetzungstätigkeit der KAB in beispielhaften Umsetzungsverbünden verschiedener Handlungsfelder (Landwirtschaft, Raumplanung, Forstwirtschaft und Nachbarschaftshilfe)[5] von den Mitarbeiterinnen des rechtswissenschaftlichen Teilprojektes durchgeführt. Darüber hinaus fließen in die Evaluation der KAM zusätzlich empirische Befunde aus problemzentrierten Interviews mit netzwerkzugehörigen Unternehmen ein.

Die Ergebnisse der einzelnen Evaluationsschritte wurden in der Schlussphase des Verbundprojektes zusammengeführt. Im Folgenden werden die Hinweise zu Stärken/Schwächen und Optimierungspotentialen in Einzelabschnitten für die KAB, KAM und KAA dargestellt. Der abschließende Abschnitt fasst die Ergebnis-

[5] S. zu den Umsetzungsverbünden Kap. I: Roßnagel und Kap. V: Henschke et al.

se vergleichend zusammen und gibt eine Bewertung zur Nachhaltigkeit und Übertragbarkeit der Governance-Innovationen.

2 Evaluation der Governance-Innovation Klimaanpassungsbeauftragte

Das Projekt KLIMZUG-Nordhessen hat in besonderer Weise berücksichtigt, dass die Anpassung an die Folgen des Klimawandels eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung darstellt, bei der sämtliche Akteure einer Region einen Beitrag zur Lösungsfindung leisten müssen. Das Projektdesign war speziell darauf ausgerichtet, die Anpassungsforschung und die Anpassungsumsetzung auf verschiedenen Ebenen zu verschränken. Die Etablierung von KAB auf der Ebene der Verwaltung zielte darauf, eine enge Kooperation zwischen Forschung und Verwaltung zu institutionalisieren. Auf diese Weise sollte die Innovationskraft wissenschaftlicher Forschung mit der alltäglichen Verwaltungspraxis verknüpft, angewendet und evaluiert werden. Dieses Vorgehen ist in Deutschland einmalig.

Die KAB waren formal über das Regierungspräsidium Kassel angestellt, das die KAB in die nordhessischen Landkreise und die Stadt Kassel abordnete. Die jeweilige Ansiedlung der KAB erfolgte in unterschiedlichen Organisationsstufen sowie Fachabteilungen. Die jeweiligen Arbeitsplätze befanden sich im Umwelt- und Gartenamt der Stadt Kassel, beim Pressesprecher des Landkreises Kassel, bei der Wirtschaftsförderungsgesellschaft der Landkreise Schwalm-Eder und Werra-Meißner, bei der Büroleitung des Landkreises Hersfeld-Rothenburg, bei der Stabsstelle ländlicher Raum des Landkreises Waldeck-Frankenberg und im Dezernat Regionalplanung des Regierungspräsidiums Kassel.

Die Hauptaufgaben der KAB – Vermittlungs- und Vernetzungsaktivitäten, Strukturbildung und Implementierung von Klimaanpassungsmaßnahmen – wurden hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen evaluiert. Die Ergebnisse werden im Folgenden mit Blick auf einen möglichen Transfer dargestellt.

2.1 Stärken und Schwächen

Durch *Vermittlungs- und Vernetzungsaktivitäten* sollten die KAB die Klimaanpassungsaktivitäten innerhalb der Verwaltungen sowie zwischen Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung koordinieren. Hierzu bedurfte es seitens der KAB der Kontaktaufnahme und der Vernetzung von relevanten Akteuren, um den Boden für eine Strukturbildung und Implementierung von Klimaanpassungsmaßnahmen zu bereiten.

Ein wichtiges Kriterium für den Erfolg von Vermittlung und Vernetzung ist, die KAB an einer hierfür optimalen Stelle im Verwaltungsgefüge anzusiedeln. Die

Stelle sollte gewährleisten, dass die oder der KAB zum einen intern in der Verwaltung gute Voraussetzungen zur Vernetzung vorfindet und zum anderen die Möglichkeit hat, die Netzwerke, Gremien und Kontakte, die die Verwaltung nach außen hin pflegt, zu nutzen, um auf ihnen das Thema Klimaanpassung als Querschnittsthema aufzusatteln.

Bei den Verwaltungseinheiten, in denen die KAB angesiedelt waren, wurden unterschiedliche Erfahrungen hinsichtlich des Grades der Vernetzungs- und Vermittlungsmöglichkeiten gewonnen.

Zum einen kann festgehalten werden, dass eine inhaltliche Einbettung der oder des KAB in aktuelle Verfahrensabläufe und Entscheidungsprozesse gegeben sein sollte. Hinzu kommt, dass einzelne Personen in der Verwaltung, die über Erfahrungen mit dem Thema Klimaanpassung, in der Projektarbeit und über gute Beziehungen zu anderen Akteuren verfügen, notwendige Promotoren sind. Aber nicht nur Erfahrungen und Beziehungen sind entscheidend für eine Vernetzung, sondern die Vernetzungskapazität hängt auch von der Ansiedlung der Stelle ab.

Auf die Vermittlungs- und Vernetzungsaktivität wirkte sich eher hemmend aus, wenn die Ansiedlung der Stelle auf einer niedrigen Organisationsstufe des Organigramms angesiedelt wurde. Hier ist die Gefahr groß, dass die Querschnittsaufgabe und Vermittlung in andere Fachgebiete der Verwaltung nicht gelingen kann. Eine mangelhafte Einbindung der oder des KAB in das Verwaltungsgefüge kann dazu führen, dass sie oder er kaum wahrgenommen wird und keinen Zugang zu den Entscheidungsträgern und -trägerinnen und zu Verwaltungsverfahren mit klimaanpassungsrelevanten Aspekten herstellen kann. Es braucht daher einen institutionalisierten geregelten Zugang zu den relevanten Verwaltungsakteuren und Verwaltungsaktivitäten. Ein solcher Zugang kann durch festgelegte Verwaltungsabläufe, Kompetenzzuweisungen und Zugang zu Gremien, die die Beteiligung der KAB garantieren, erreicht werden.

Problematisch ist auch eine Ansiedlung in einer Organisationseinheit, die wenige thematische Berührungspunkte mit dem Thema Klimaanpassung oder verwandten Gebieten wie Umweltschutz oder Planung aufweisen kann. Ein Andocken an bestehende Netzwerke und Kontakte sowie Unterstützung durch Kollegen ist hier oft nicht möglich. Ein differenziertes Bild ergibt sich bei der Ansiedlung im Regierungspräsidium. Anzumerken ist, dass hier bei der Wahl der Aufgaben kein Spielraum besteht, da das Regierungspräsidium im Rahmen der direkten Staatsverwaltung agiert und keine Möglichkeit für freiwillige Aufgaben im Rahmen der Selbstverwaltung hat. Hauptaufgaben der Regierungspräsidien in Hessen sind Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren, die Vorbereitung und Durchführung der Regionalplanung, die fachliche Beteiligung der oberen Verwaltungsbe-

hörden an Verfahren und die Bearbeitung von Widersprüchen. So kann der oder die KAB im Rahmen von Planungsverfahren das Thema Klimaanpassung sehr gut einbringen und Vermittlung und Vernetzung betreiben. In den Bereichen der Widerspruchs- und Genehmigungstätigkeit hat es sich jedoch als schwierig erwiesen, das Thema Klimaanpassung einzubringen.

Gute Erfahrungen wurden mit solchen Ansiedlungen gemacht, bei denen die KAB-Stelle im Organisationsgefüge auf einer Leitungsebene oder einer Stabsstelle angesiedelt war. Hier ergaben sich besonders gute Möglichkeiten, Netzwerke und Kontakte zu nutzen. Besonders eine Stabsstelle gibt einen gewissen Freiraum für konzeptionelles und strategisches Arbeiten, ohne in die „Abarbeitungszwänge" einer Facheinheit zu geraten. Ein solches Arbeiten ist gerade für die Platzierung des neuen Themas Klimaanpassung notwendig.

Die Ansiedlung der KAB bei KLIMZUG-Nordhessen in institutionalisierten Einheiten hat sich über die gesamte Projektlaufzeit als günstig im Hinblick darauf erwiesen, einen Zugang zu den für die KAB relevanten Akteuren zu bekommen und zu pflegen. Generell kann aus den Erfahrungen der Projektlaufzeit abgeleitet werden, dass die internen Strukturen und Akteure der Verwaltung für ein Informieren und Zusammenarbeiten von den KAB gut genutzt werden konnten. Durch das Arbeiten in räumlicher Reichweite zur Verwaltung war eine Nähe zu den relevanten Akteuren gegeben. Durch die Kenntnis der Strukturen und Personen kristallisierte sich im Laufe der Projektlaufzeit auch heraus, wen man für Ideen gewinnen kann und wer motiviert ist, an dem Thema „dranzubleiben". Je konkreter an spezifischen Umsetzungsprojekten gearbeitet wurde, desto besser kam diese Nähe zu den Akteuren zum Tragen. Die frühzeitige und fortlaufende Information und Sensibilisierung der Verwaltungsakteure für das Thema hat die Voraussetzung dafür geschaffen, konkrete Forschungsergebnisse im Laufe des Projektes umzusetzen oder gemeinsam an Umsetzungsideen zu arbeiten. Für die Verwaltung war es in manchen Fällen auch ein Gewinn, ihr eigenes Netzwerk mit neuen Akteuren aus der Wissenschaft, der Wirtschaft, den Verbänden und der Verwaltung, die von dem oder der KAB vermittelt wurden, zu erweitern.

Eine Zusammenarbeit von unterschiedlichen Handlungsfeldern ist bei der Erarbeitung und Ausführung von Klimaanpassungsmaßnahmen von zentraler Bedeutung. Will man Klimaanpassungsmaßnahmen umsetzen, ist die isolierte Betrachtung eines Handlungsfeldes nicht in jedem Falle zielführend, denn es kann zum einen eine Konkurrenzsituation mehrerer Handlungsfelder um ein Umweltgut auftreten, zum anderen können aber auch inhaltliche Synergien zwischen den Handlungsfeldern entstehen und schließlich muss der Wirkungszusammenhang einer Maßnahme auf andere Handlungsfelder und deren Schutzinteressen berück-

sichtigt werden. Dies erfordert von den KAB, dass sie eine Vernetzung der Handlungsfelder initiieren können. Hierfür müssen sie die relevanten Akteure zusammenbringen und für eine Zusammenarbeit werben.

Erfolge bei der Vernetzung von Handlungsfeldern zeigten sich vor allen Dingen im Rahmen von Umsetzungsverbünden. Die projektbezogene Arbeit, die auf eine konkrete Umsetzungsmaßnahme gerichtet war, erleichterte die Vernetzung. So konnten sich zum Beispiel Fachgebiete mit traditionell konkurrierenden Interessen, namentlich Natur-, Wasser-, Bodenschutz und Landwirtschaft, auf ein gemeinsames Vorgehen verständigen. Jedoch konnten nicht nur konfliktträchtige Handlungsfelder für eine Vernetzung gewonnen werden. Im Rahmen des Umsetzungsverbundes Raumklima konnten darüber hinaus die Handlungsfelder Bauen, Energie und Gesundheit zu einer gegenseitigen Unterstützung vernetzt werden. Generell konnte in diesen beiden exemplarischen Fällen festgestellt werden, dass ein fachübergreifendes Denken stattfinden konnte, sobald Akteure sensibilisiert wurden und sich zugehörig fühlten.

Neben der handlungsfeldübergreifenden Vernetzung kann bei Klimaanpassungsmaßnahmen auch eine Vernetzung der angrenzenden Gebietskörperschaften wichtig sein. Dies ist dann der Fall, wenn ein Sachzusammenhang über die Region hinaus besteht und sich Anpassungsmaßnahmen über die Grenzen der Gebietskörperschaft und die Verwaltungszuständigkeit hinaus erstrecken. Sollte ein solches Sachproblem auftauchen, muss die oder der KAB die Möglichkeit haben, einen interkommunalen Wissensaustausch und eine Zusammenarbeit anzuregen. Dieser Sachzusammenhang einer Maßnahme über Gebietskörperschaften hinweg trat im Projekt KLIMZUG-Nordhessen nicht augenscheinlich zu Tage. Jedoch wäre eine solche Vernetzung nach Einschätzung der KAB kein Problem gewesen, da es zum einen Querverbindungen über die KAB selbst in die Landkreise gab und zum anderen die KAB aufgrund ihrer Sonderrolle als drittmittelfinanzierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter frei agieren konnten und sie einen Kontakt zu anderen Landkreisen informell und nicht über den hierarchischen Dienstweg hätten herstellen können. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die KAB einige Projekte initiiert und umgesetzt haben, die über die Landkreisgrenzen hinausgingen. So konnte beispielsweise die Wanderausstellung „Heißer Kopf und nasse Füße“ mit vier Museen aus drei verschiedenen Gebietskörperschaften konzipiert werden, die bis zu diesem Zeitpunkt noch nie an einem gemeinsamen Projekt zusammen gearbeitet hatten. Zusätzlich konnten die KAB im Rahmen einer Vernetzung über die eigenen institutionellen Grenzen hinaus auf Fachmessen, bei nordhessischen Landtagsabgeordneten und bei internationalen Besuchsdelegationen über das Thema Klimaanpassung informieren und dafür sensibilisieren. Die Ausgestaltung der Stelle und deren Ansiedlung können für ein grenzüberschreitendes Handeln

gerade dann, wenn in anderen Gebietskörperschaften ebenfalls eine oder ein KAB oder eine vergleichbare Stelle vorhanden ist, bestens genutzt werden.

Neben ihrer Vermittlungs- und Vernetzungsfunktion sollten die KAB in besonderem Maße *strukturbildend* wirken. Das heißt, sie sollten die dauerhafte Etablierung erstens des Themas Klimaanpassung und zweitens von nachhaltigen Kommunikations- und Handlungsstrukturen für tatsächliches Anpassungshandeln sichern. Der besondere Fokus für die KAB lag dabei auf solchen Strukturen, die die Entscheidungsprozesse auf der Ebene der regionalen Verwaltung (Regierungspräsidium, Stadt Kassel sowie die fünf Landkreise) unter Klimaanpassungsgesichtspunkten begleiten und optimieren.

Die bereits für die Vermittlung und Vernetzung als Stärke erkannte Nähe zu den umsetzungsrelevanten Akteuren, die durch die Institutionalisierung der KAB innerhalb der Organisationsstruktur der Verwaltung hergestellt wurde, wirkte sich mittelbar auch förderlich für die Strukturbildung aus. Die Erfahrungen während der Projektlaufzeit haben gezeigt, dass die Wahrnehmung und das Wissen über die Klimaanpassung in der Verwaltung, der Wirtschaft und der Öffentlichkeit für sämtliche KAB-Standorte, insbesondere zum Ende der Projektlaufzeit, deutlich gestiegen sind. Am stärksten wurde in den Umsetzungsverbünden offenbar, dass eine diesbezügliche Sensibilisierung der beteiligten Akteure stattgefunden hat. Im Rahmen der Umsetzungsverbünde war zudem zu beobachten, dass sich während des Arbeitsprozesses Kommunikationsstrukturen herausbildeten, die einen intensiven und inhaltlich integrativen Austausch über komplexe Herausforderungen ermöglichten und eine Verhandlungstiefe hervorbrachten, wie sie zuvor in dieser Form selten üblich war. Der Grund dafür lag in der besonderen Plattform, die durch die Umsetzungsverbünde bereitgestellt wurde. Inhaltliche Reibungspunkte konnten in diesem Rahmen besser diskutiert werden.

Strukturbildend wirkten auch die Ansiedlung der KAB im Haus einer Verwaltungseinheit und die kontinuierlichen Vernetzungsaktivitäten. Zeigte sich am Anfang des Projekts, dass viele Verwaltungsfachbereiche aufgrund der bestehenden Unsicherheiten über die regionalen Folgen des Klimawandels und des dadurch als gering erachteten Handlungsdrucks für regionale Umsetzungsmaßnahmen nicht bereit waren, geeignete Anpassungsstrukturen herauszubilden, war gegen Ende des Projekts in fast allen Verwaltungseinheiten zu beobachten, dass dieses anfängliche Verharren durch die kontinuierliche Ansprache der KAB aufgebrochen worden war.

Die während des Projekts für die Vermittlung und Vernetzung erkannte Stärke der finanziellen und damit strukturellen Unabhängigkeit der KAB von den Orga-

nisationsstrukturen der Verwaltung entpuppte sich im Hinblick auf die Verstetigung der erarbeiteten Kommunikations- und Handlungskanäle als ungünstig. Weil in den meisten Landkreisen und im Regierungspräsidium die Institutionalisierung eines oder einer KAB über die Projektlaufzeit hinaus aufgrund fehlender finanzieller Kapazitäten nicht fortgesetzt wird, kommt es nur zu einer eingeschränkten Verstetigung der Strukturen. Im Regierungspräsidium wird zwar das Thema Klimaanpassung weiterhin Berücksichtigung finden. Allerdings fällt die als äußerst hilfreich zu bewertende weite Moderations- und Mittlerfunktion der oder des KAB, die den notwendigen und wesentlichen Informations- und Vernetzungsbeitrag für das Thema darstellte, weg.

In der Stadt Kassel wird zukünftig der Energiereferent Klimaanpassungsbelange mitberücksichtigen, wobei der konkrete Aufgabenzuschnitt unklar und deshalb zu befürchten ist, dass die Klimaanpassung nur ein Randthema im Alltagsgeschäft darstellen wird.

Im Landkreis Waldeck-Frankenberg wird eine Stelle, die die strukturbildende Funktion für die Klimaanpassung abdeckt, weitergeführt, allerdings in einem anderen inhaltlichen Zuschnitt als bisher. Sie wird ergänzt durch die Themen Klimaschutz, demographischer Wandel, Energie sowie den Wettbewerb „unser Dorf". Damit reagiert der Landkreis auf einen an sämtlichen KAB-Standorten zu beobachtenden Befund: Überwiegend konnte das Thema Klimaanpassung besser in Kommunikations- und Handlungsprozesse der Verwaltung, der Wirtschaft und der Öffentlichkeit eingeflochten werden, wenn gleichzeitig weitere wichtige zukunftsgerichtete regionale Themen angesprochen und verknüpft wurden. Der Aufgabenzuschnitt einer der oder dem KAB entsprechenden Stelle sollte deswegen zukünftig die verschiedenen wichtigen regionalen Herausforderungen thematisch aufgreifen und nicht singulär auf die Klimaanpassung fokussieren. Dafür spricht zudem, dass Klimaanpassung generell als ein ausgewiesenes Querschnittsthema erachtet wird.

Trotz der am Ende des Projekts positiven Tendenzen, die bei der Etablierung des Themas Klimaanpassung an allen KAB-Standorten sowie bei der Ausbildung von Kommunikations- und Handlungsstrukturen in den auf Landkreisebene angesiedelten Umsetzungsprojekten sichtbar wurden, ist darüber hinaus festzuhalten, dass die lokale Gemeindeebene in diesem Rahmen nur vereinzelt erreicht wurde. Begründet liegt dies in den gesetzlich festgeschriebenen Kompetenzen der einzelnen Gebietskörperschaften und Verwaltungseinheiten, etwa bezüglich der Bauleitplanung oder dem kommunalen Klimaschutz. Den Landkreisen verbleibt es, übergreifende Themen zu er- und bearbeiten. Lokale Anpassungsbestrebungen

auf der Gemeindeebene können die Landkreise hingegen nur durch die Informationsaufbereitung und –vergabe fördern.

Schließlich sollten die KAB für die *operative Umsetzung* von Anpassungsmaßnahmen eine zentrale Rolle einnehmen. Das erforderte erstens, dass sie als zentraler Mittler zwischen den verschiedenen Akteuren aus der Verwaltung, der Wirtschaft und der Gesellschaft und unmittelbar organisatorisch wirken sollten. Diesbezüglich sollte der besondere Fokus darauf liegen, die Adaption von Forschungsergebnissen in die Verwaltungstätigkeit zu ermöglichen, was eine enge Zusammenarbeit von Forschung und Verwaltung erfordert, die in der derzeitigen regionalen Praxis so generell nicht angelegt ist. Zweitens oblag es den KAB, das Thema Klimawandel in den jeweiligen Verwaltungseinheiten und bei den gesellschaftlich relevanten Akteuren wie Wirtschaft und Öffentlichkeit zu verankern.

Hinsichtlich der durch die KAB einzunehmenden Mittlerfunktion zeigten sich insbesondere zu Beginn des Projekts Schwächen, die allerdings auf dem wissenschaftlichen Förderrahmen beruhten. Im Rahmen des KLIMZUG-Förderdesigns war es sinnvoll, einen Projektzuschnitt zu wählen, bei dem sowohl die wissenschaftlichen Teilprojekte als auch die Umsetzungsprojekte zeitgleich starteten. Folglich lagen seitens der Wissenschaft anfangs weder regionale Klimafolgeszenarien noch Lösungsvorschläge vor, so dass es den KAB am Gegenstand der Vermittlung fehlte. Zudem konnten die KAB anfangs noch nicht auf eigene Netzwerkverbindungen zurückgreifen, sondern mussten sich diese erst während des Projektverlaufs kontinuierlich erarbeiten. Unter diesen Anfangsvoraussetzungen war der umfassende Aufgabenzuschnitt der KAB, der sowohl die Einbindung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse in die Verwaltungstätigkeit als auch die Rückbindung praxisrelevanter Fragestellungen der Verwaltung an die Wissenschaft einschloss, realistisch nicht von Beginn an zu erfüllen. In der ersten Hälfte der Projektlaufzeit führte dies zu einer hohen – und im Nachhinein als überhöht zu wertenden – Erwartungshaltung sämtlicher Akteure an die KAB. Dies betraf generell mögliche Ziele und Lösungen in Bezug auf die regionale Anpassung in Nordhessen und besonders erreichbare Arbeitsergebnisse. Seitens der Verwaltung wurde erwartet, dass bestehende Forschungsdesigns des Projekts an ihre praktischen Bedürfnisse zeitnah angepasst, exakte Vorhersagen über künftige regionale Klimafolgen gemacht und Anpassungslösungen bereits kurz nach Beginn des Projektes seitens der Wissenschaft vorgeschlagen werden könnten. Seitens der Wissenschaft nahm man an, dass die Verwaltungspraxis ohne große Vorlaufzeit zeitnah und sehr flexibel Forschungslösungen verarbeiten könnte. Diese Einschätzungen führten zu Missverständnissen zwischen den Akteuren, was ein gemeinsames Wirken zunächst blockierte. Unter diesen Voraussetzungen blieb die besondere

institutionelle Stellung der KAB bezüglich der angedachten Scharnierfunktion zunächst eher schwach ausgeprägt.

Diese anfänglichen Schwierigkeiten nahmen in vielen Handlungsfeldern ab Mitte der Projektlaufzeit mit den Präsentationen wissenschaftlicher Anpassungslösungen sowie der zunehmenden Vernetzungstätigkeit der KAB kontinuierlich ab. Als entscheidende Stärke für das ertragreiche Ausfüllen der Mittlerfunktion haben sich in diesem Zusammenhang die in den einzelnen Landkreisen etablierten Umsetzungsverbünde erwiesen, im Rahmen derer die regional als besonders wichtig eingestuften Anpassungslösungen aufgegriffen und einer gemeinsamen Perspektive von Wissenschaft und Praxis zugeführt wurden. Dabei nahmen die KAB eine organisierende und strukturierende Rolle ein. Die Mittlerfunktion der KAB kann besonders innerhalb dieses Formats als ertragreich bewertet werden, weil die Anpassungslösungen in Form von „Anpassungsprodukten" den Praxisbezug herstellten und damit die überhöhten Erwartungen auf ein realistisches Niveau skaliert wurden. Zu beobachten war ebenfalls, dass sich insbesondere die Verwaltungsakteure nun besser in den Anpassungsprozess eingebunden fühlten, insbesondere weil ihnen in den Umsetzungsverbünden eine eigenständige Rolle zukam. Damit gelang es, die Schlüsselakteure der Verwaltung und der Wissenschaft zusammenzubringen. Gerade im letzten Drittel der Projektlaufzeit konnte auf diesem Weg die Umsetzung von Maßnahmen verstärkt werden, unter anderem solche der Nachbarschaftshilfe, eines verbesserten Raumklimas und der Regionalplanung. Der Umsetzungsverbund Landwirtschaft stellt darüber hinaus ein gelungenes Beispiel dafür dar, die Anpassungsüberlegungen einer integrativen Perspektive zuzuführen, indem Akteure verschiedener Fachbereiche zusammenkamen und widerstreitende Interessen der Wasser- und Landwirtschaft sowie des Bodenschutzes diskutierten.

Bezüglich der gesellschaftlichen Verankerung des Themas Klimawandel im jeweiligen Einzugsgebiet zeigten sich bereits zu Beginn des Projektes die Stärken des KAB-Aufgabenzuschnittes, der mit einer sehr großen Gestaltungsfreiheit belegt war. Dieser Freiraum wurde mit Beginn des Projektes einerseits durch eine sehr eigenständige und kontinuierliche Presse- und Öffentlichkeitsarbeit an sämtlichen KAB-Standorten ausgefüllt. Andererseits gelang es den KAB dadurch an den meisten Standorten recht schnell, eigeninitiativ neue Kontakte zu Multiplikatoren, wie etwa Museumsdirektoren, für das Thema Klimawandel zu knüpfen und hieran anschließend eigene Projekte, wie die Museumskooperation, zu entwickeln. Es hat sich gezeigt, dass gerade auch die Bearbeitung von eigenen regionalspezifischen und öffentlichkeitswirksamen Projekten dazu beitragen konnte, das Thema Klimaanpassung in der Region Nordhessen zu etablieren.

Als ungünstig für die gesamte Implementierung haben sich über die gesamte Projektlaufzeit hinweg sowohl im Rahmen der Umsetzungsverbünde als auch bei der Entwicklung eigener Projekte die fehlenden finanziellen Ressourcen für Maßnahmen, die nicht explizit einem KLIMZUG-Verbundprojekt entsprangen, ausgewirkt. Anpassungsmaßnahmen erfordern größtenteils einen monetären Aufwand. Viele Umsetzungsideen, die im Verlauf des Projektes entwickelt wurden, konnten nur mit Hilfe externer finanzieller Förderung durchgeführt werden. Die Arbeitsressourcen der KAB wurden insofern erheblich durch die Stellung von Förderanträgen gebunden.

Die Weiterführung von spezifischen Umsetzungsprojekten über die Förderlaufzeit hinaus ist mit Ende des Projekts und aufgrund der fehlenden institutionellen Verstetigung der KAB-Stellen generell schwierig. Die Museumskooperation ist als positives Beispiel hervorzuheben. Sie wird ausgeweitet, weil die konzipierte Ausstellung hessenweit auf Interesse potentieller Veranstalter gestoßen ist. Weiterhin kann die „Lernwerkstatt Klimawandel" von den Schulen in den Landkreisen nachgefragt werden. Hingegen wird im Landkreis Waldeck-Frankenberg, der die KAB-Aufgabe in etwas abgeänderter Form inhaltlich weiterführt, der Umsetzungsverbund Landwirtschaft fortgeführt. Auch eine langfristige Finanzierung wird diskutiert. Zudem konnten dort bereits weitere neue Projekte gestartet werden, wie etwa die Aktion „Klimawandel echt lecker".

2.2 Optimierungsvorschläge

Ausschlaggebend für eine optimale Vermittlungs- und Vernetzungstätigkeit einer oder eines KAB sind die entsprechend organisatorische Ansiedlung und eine ausreichende institutionalisierte Anbindung an die Verwaltung und gewählten Vertretungen (Magistrat und Kreistag).

Nach den Erfahrungen von mehr als vier Jahren KLIMZUG-Nordhessen kann festgestellt werden, dass die Stelle zum einen der oder dem KAB Zugang zu Verwaltungsverfahren und Akteuren geben muss und zum anderen ein Gestaltungsspielraum für den KAB bestehen sollte. Dies bedeutet, dass die Stelle auf einer Organisationsebene angesiedelt sein muss, die dem oder der KAB ausreichend Autorität gibt, eine Einbeziehung, Sensibilisierung und Mobilisierung anderer Fachbereiche zu initiieren. Weiterhin muss genug Freiraum vorhanden sein, neue Ideen und Projekte entwickeln zu können und ohne langwierige Dienstwege eine Vernetzung mit Akteuren, die außerhalb des eigenen Verwaltungsbereichs liegen, aufnehmen zu können. Es ist daher eine Ansiedlung auf einer höheren Ebene mit fachübergreifender Leitungsbefugnis (je nach Behördenorganisation etwa ein Dezernat oder eine Abteilung) oder als direkte Stabsstelle der Behördenleitung zu

empfehlen. Weiterhin sollte die gewählte Ansiedlung der Stelle eine Nähe zu dem Thema Klimaanpassung und damit verbundene Themen aufweisen, da nur so eine Anbindung an bestehende relevante Netzwerke und Akteure gewährleistet werden kann.

Zur bestmöglichen Einbindung wird der Vorschlag gemacht, eine Stabsstelle zu etablieren, die Aktivitäten zu Klimaschutz und Klimaanpassung bündelt und sicherstellt, dass das Thema in allen relevanten Verwaltungsverfahren Beachtung findet und Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden. Die Stabsstelle könnte alle bestehenden Aktivitäten zu Klimaschutz und Klimaanpassung durchführen sowie die notwendige Koordinierung vornehmen und die Schnittstellenfunktion zwischen Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft sein. In dieser Funktion können neue Mittel für Projekte eingeworben und Projekte angestoßen werden. Durch eine kontinuierliche Betätigung in dem Themenfeld kann ein Aufbau von Kompetenz, tragfähigen Netzwerken und ein überregionaler Austausch gewährleistet werden.

Notwendig für eine proaktive und dauerhafte Implementierung des Themas Klimaanpassung in der Region ist zudem, die KAB-Stelle langfristig bereitzustellen. Nur in diesem Rahmen können Klimawandelwissen und Anpassungsbedarfe kontinuierlich bei der regionalen und lokalen Arbeit bedacht werden und sich der Nutzen von Netzwerken entfalten sowie relevante Akteure sensibilisiert werden.

Als gleichsam wichtig erscheint es, einer oder einem KAB einen freien Aufgabenzuschnitt und einen großen Gestaltungsspielraum zu geben. Allerdings erscheint es sinnvoll, wesentliche Leitlinien als Ziele eines Aufgabenportfolios zu verankern. Diesbezüglich sollten die Aufgaben Vermittlung und Vernetzung, Strukturbildung sowie Implementierung um mindestens zwei Punkte erweitert werden. Erstens sollte zusätzlich besonderer Wert auf die inhaltliche Einbindung von Gemeinden gelegt werden. Zweitens sollte an allen KAB-Standorten, unabhängig von der organisatorischen Ansiedlung, die besondere Berücksichtigung von Planung und Planungsentscheidungen thematisiert werden.

Als bestmögliches Vorgehen wird zunächst das inhaltliche Arbeiten im Rahmen von Projekten mit „Anpassungsprodukten“ vorgeschlagen. In diesem Rahmen können ideal sämtliche Akteure der Region sensibilisiert, eingebunden sowie die Praxisrelevanz des Themas verdeutlicht werden.

3 Evaluation der Governance-Innovation Klimaanpassungsmanager

Mit der Regionalmanagement Nordhessen GmbH wurde 2002 eine eigenständige Institution geschaffen, die Maßnahmen zur ökonomischen Entwicklung der Regi-

on bündeln und koordinieren und auf diesem Wege Wachstum und Innovationen fördern soll. Diese Förderung konzentriert sich aktuell primär auf die nordhessischen Wirtschaftscluster Mobilität, Dezentrale Energietechnologien und Energieeffizienz sowie Tourismus und Gesundheit. In den beiden erstgenannten Clustern haben sich zudem formal ausgestaltete regionale Unternehmensnetzwerke als konstituierende Einheiten gebildet: das Netzwerk MoWiN.net e.V. als Plattform für Unternehmen und Institutionen aus den Branchen Logistik, Automotive/Fahrzeugbau, Bahntechnik und Mobilitätsmanagement sowie das Netzwerk deENet e.V. (Dezentrale Energietechnologien), das seit 2006 mit der Regionalmanagement Nordhessen GmbH kooperiert.

Die im Folgenden in den Blick zu nehmenden KAM sind jeweils einem dieser Cluster zugeordnet. In den Clustern Mobilität sowie Tourismus und Gesundheit sind sie – neben ihrer Funktion als KAM – zugleich für die inhaltliche und organisatorische Entwicklung des jeweiligen Clusters zuständig und institutionell an die Regionalmanagement Nordhessen GmbH gebunden. Im Cluster Dezentrale Energietechnologien und Energieeffizienz füllt die Rolle des KAM aktuell eine Mitarbeiterin des clusterbezogenen Netzwerks deENet aus.

Im KLIMZUG-Nordhessen-Verbund bilden die KAM die Schnittstelle zwischen den wissenschaftlichen Forschungsprojekten und der nordhessischen Wirtschaft. Der auf diese Weise gewährleistete Austausch zwischen Akteuren aus Wissenschaft und Unternehmenspraxis, z.T. auch aus der Verwaltung, soll zum einen dazu beitragen, dass Ergebnisse aus den Teilprojekten in die jeweiligen Cluster/ Netzwerke überführt werden, zum anderen aber auch Anforderungen aus Sicht der nordhessischen Wirtschaft in den (empirischen und umsetzungsorientierten) Arbeitsschritten der jeweiligen Projekte Berücksichtigung finden. Die Zusammenarbeit soll im Ergebnis in der Entwicklung und Erprobung von regionalen und unternehmerischen Klimaanpassungsmaßnahmen münden.

Welche Stärken und Schwächen sich in Hinblick auf die formale und informale Ausgestaltung der Rolle der KAM ausmachen lassen, soll im Folgenden aufgezeigt werden. Dazu erscheint es sinnvoll, vorab Chancen und Risiken bzw. fördernde und hemmende Einflussfaktoren aufzuzeigen, die außerhalb der institutionellen Reichweite der KAM (den Unternehmensnetzwerken) liegen, nämlich in den Unternehmen selbst.

3.1 Chancen und Risiken

Die Chancen und Risiken bezüglich der Zielsetzung einer Sensibilisierung für die nicht mehr zu verhindernden Auswirkungen des Klimawandels hängen für die

KAM entscheidend von der Anschlussfähigkeit des Diskurses an die Wahrnehmungen und Sinnkonstruktionen der in den Blick genommenen Akteure und Sozialsysteme ab. Denn ihre auf Klimaanpassung gerichteten Einwirkungsmöglichkeiten hängen maßgeblich von der Akzeptanz des Themas bei ihrer Klientel ab.

Die Unternehmenslandschaft als Arbeitsfeld der KAM weist zwar nach Branchen und Größenklassen unterschiedliche, im Vergleich zur Gesamtgesellschaft aber spezifische Wahrnehmungsmuster zur Existenz des Klimawandels, zu erwartbaren Folgen, zu eigenen Chancen und Risiken und zu eigenen Handlungsmöglichkeiten auf. Zudem sind Zielbildung, Strategien und Entscheidungslogiken anders geartet als in den übrigen gesellschaftlichen Teilbereichen.

Aufbauend auf den empirischen Befunden des wirtschaftswissenschaftlichen Teilprojekts KLUG („Klimawandel unternehmerisch gestalten“) lassen sich für die Ansprache der Unternehmen Chancen und Risiken identifizieren. Nordhessische Unternehmen zeigen dabei keine signifikanten Abweichungen zu der weiteren vorliegenden Empirie zu Klimaanpassung in deutschen Unternehmen.

Vor allem Risiken (oder besser: Hemmnisse) sind zu beobachten. Das Thema Klimaanpassung spielt in Unternehmen nahezu keine Rolle. Als zukünftig relevante Auswirkungen des Klimawandels werden fast ausschließlich physische Wirkungen thematisiert, jedoch ohne Problemdruck festzustellen. Eine Übersetzung dieser physischen Wirkungen in marktrelevante Faktoren (z.B. veränderte Bedingungen an den Finanz- und Versicherungsmärkten oder Nachfrageveränderungen) oder politische Regulierung ist zum einen aktuell kaum zu beobachten und zum anderen mit etablierten Routinen zu bearbeiten. Im Ergebnis betreiben die Unternehmen somit keine originäre Klimaanpassung, sondern immer schon geleistete Markt- und Rechtsanpassung.

Hemmnisse resultieren vor allem aus der wahrgenommenen Langfristigkeit, Unsicherheit und fehlenden Kleinräumigkeit der Klimaszenarien und deren Unvereinbarkeit mit – auch kulturell – fest verankerten Instrumenten des Risikomanagements oder den üblichen Zeitskalen strategischer Planung.

Chancen bestehen vor allem im Anschluss an bestehende Diskurse: Klimaschutz ist bereits seit Längerem ein Thema für Unternehmen. E-Mobilität wird im Netzwerk MoWiN.net diskutiert. Auch Unternehmen der Tourismus- und Gesundheitsbranche sind aufgrund der hohen Relevanz, z.T. sogar Abhängigkeit von Wetter, bereits stärker für Klimaveränderungen sensibilisiert.

Allerdings können gerade die sinnhafte Verankerung von Klimaschutz und die dort gemachten Erfahrungen auch zu einer Ablehnung des Themas Klimaanpassung führen. Zumindest lässt sich nicht beobachten, dass Klimaanpassung als pri-

vates Gut und damit anschlussfähig an unternehmerisches Denken im Gegensatz zu Klimaschutz als weitgehend öffentliches Gut betrachtet wird.

Weitere spezifische Chancen und Risiken ergeben sich aus der inneren Verfasstheit der Cluster, ihrer Selbstwahrnehmung als regionale Akteure und der Teilnahmemotivation sowie der Identifikation mit dem Netzwerk seitens der Unternehmen.

3.2 Stärken

Als zentrale Stärke hat sich die institutionelle Anbindung der KAM an die Regionalmanagement Nordhessen GmbH erwiesen: In den Clustern Mobilität sowie Tourismus und Gesundheit sind die jeweiligen KAM unter dem Dach des Regionalmanagements zugleich als Cluster- bzw. Projektmanagerinnen tätig. Auch die Geschäftsstelle und Leitung des Netzwerks MoWiN.net sind im Cluster Mobilität integriert, sodass hier Synergien weitestmöglich ausgeschöpft werden können. Bezüge zum Regionalmanagement weist auch das Netzwerk deENet e.V. auf; gemeinsam wurde ein umfassendes Clustermanagement aufgebaut, für das seit 2011 das Regionalmanagement die Verantwortung trägt.

Es wurden nicht Berufsanfänger angestellt, sondern bereits im Regionalmanagement beschäftigte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Aufgaben als KAM betraut und Arbeitszeit aufgestockt. Aufgrund ihrer zum Teil mehrjährigen Beschäftigung als Cluster- und Projektmanagerinnen und -manager im Regionalmanagement haben die KAM nicht nur umfassende Kenntnisse über die (nordhessische) Unternehmenslandschaft, sondern auch weitreichende Kontakte in die Praxis. Etablierte Informations- und Austauschmöglichkeiten wie z.B. Newsletter, eigene Fachveranstaltungen und Publikationen sowie regelmäßige Netzwerktreffen ließen eine gezielte Ansprache von Akteuren zu, die auch im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen nutzbar gemacht wurde. So unterstützten die KAM u.a. das Teilprojekt KLUG sowohl bei einer quantitativen als auch zwei qualitativen empirischen Unternehmensbefragungen, deren Ergebnisse in gemeinsam organisierten Workshops an die nordhessische Wirtschaft zurückgespiegelt wurden. Insbesondere in der Akquisition von Interviewpartnern und Teilnehmern an den Workshops erwiesen sich die Kontakte der KAM als hilfreich.

Die Anlage der Stellen, welche von den KAM bekleidet werden, bringt es mit sich, dass die KAM sowohl über einen akademischen Hintergrund verfügen als auch die Sprache „ihrer“ Unternehmen sprechen und Übung mit Regionalpolitik und Verwaltung besitzen.

Durch die Verankerung der KAM im Regionalmanagement Nordhessen konnte also auf bereits bestehende Netzwerkstrukturen zugegriffen werden, um die (Unternehmens-)Akteure für das Thema Klimaanpassung zu sensibilisieren. Von Vorteil ist dabei die nicht-exklusive Vertretung des Themas Klimaanpassung. Die KAM werden von den Cluster- und Netzwerkunternehmen nicht allein auf ihre Rolle als KLIMZUG-Nordhessen-Akteur reduziert, sondern ihnen wird – nicht zuletzt aufgrund bereits gemachter Erfahrungen in gemeinsamen Projekten unter dem Dach des Regionalmanagements – auch in anderen Themenfeldern Kompetenz zugesprochen.

Der an dieser Stelle zu befürchtende Spagat zwischen unterschiedlichen Aufgaben, insbesondere bei inhaltlichen Konflikten, wird von den KAM kaum negativ thematisiert. Lediglich der zeitliche Aufwand, ein neues Themenfeld zu integrieren, findet Erwähnung.

Die klare Trennung nach Clustern half an dieser Stelle bei der Integration des Themas Klimaanpassung und verhinderte zudem „Nutzungskonkurrenzen" um Unternehmen, nicht nur der KAM, sondern auch der wissenschaftlichen Teilprojekte. Eine strategische Kontrolle von Schnittstellen oder Informations- und Kommunikationskanälen war in praxi nicht zu beobachten.

Insgesamt gehen von der institutionellen Verankerung nur geringe Anreize für mikropolitisches Handeln aus. Die Rolle der KAM wird parallel zur Tätigkeit als Cluster- und Projektmanagerin ausgefüllt. Mit der Bearbeitung des Themas Klimaanpassung ist keine ausgeprägte Stärkung oder auch Schwächung der eigenen Position innerhalb der bestehenden Strukturen verbunden.

Die beschriebenen Stärken in der institutionellen Anlage der KAM zeigen sich in erfolgreichen Umsetzungsprojekten mit sowohl kommunalen als auch unternehmerischen Akteuren für alle an KLIMZUG-Nordhessen beteiligten Cluster.

3.3 Schwächen

Um das Thema Klimaanpassung in die jeweiligen Cluster/Netzwerke zu tragen, sind vertrauensbasierte Beziehungen zu den Mitgliedsunternehmen von besonderer Bedeutung. Ebenso spielen die wahrgenommene Kompetenz der KAM und Kontinuität der Beziehungen eine wichtige Rolle. Als problematisch stellten sich in diesem Zusammenhang personelle Wechsel heraus, die zum einen mit Erfahrungsverlusten einhergingen und zum anderen auch den eingebundenen Unternehmen den Eindruck vermittelten, dass das Thema Klimaanpassung insgesamt von untergeordneter Rolle sei und nicht mit Nachdruck bearbeitet werde.

Ebenso konnten in den Clustern/Netzwerken – wenn auch in deutlich unterschiedlicher Intensität – konflikthafte, von Interessenswidersprüchen gekennzeichnete Prozesse ausgemacht werden, die der Vermittlung und Bearbeitung des Themas Klimaanpassung durch die KAM Grenzen setzten. So stellten sich aus der Sicht der Cluster- und Netzwerkunternehmen vielfach drängendere Probleme wie z.B. der Fachkräftemangel in der Region oder die sich ändernde staatliche Förderkulisse im Feld der Erneuerbaren Energien, die die Debatte über die Folgen des Klimawandels überlagerten.

Für die KAM ist diese Situation insofern problematisch, als dass ihre Rolle ein permanentes Austarieren unterschiedlicher Erwartungen erfordert. Auf der einen Seite gilt es, dass Thema Klimaanpassung in die Cluster/Netzwerke zu tragen, auf der anderen Seite kann diese Aufgabe jedoch zu Interessenskonflikten führen, wenn die von den Unternehmen oder Netzwerken selbst verfolgten Ziele andere sind. Da die Stelle des oder der KAM nur temporär angelegt ist, besteht hier die Gefahr, dass die Rolle nicht voll ausgefüllt wird. Aus nachvollziehbaren Gründen hat die (Haupt-)Beschäftigung als Cluster- und Netzwerkmanagerin Vorrang. Es gilt, zunächst den eingebundenen Unternehmen und deren Interessenlagen sowie den übergeordneten Interessen der von ihnen vertretenen Netzwerke gerecht zu werden. Hier zeigt sich also – trotz aller skizzierten Vorteile – auch eine Schwäche in der formalen Ausgestaltung der Rolle der KAM.

Ebenso hat die beschriebene starke Trennung der Cluster nicht nur Vorteile. Es fehlt an institutionalisierter Aushandlung von Zielkonflikten, obwohl mit dem Regionalmanagement ebenso wie mit dem KLIMZUG-Verbund geeignete Orte vorhanden sind. Auch gemeinsame übergreifende Projekte werden so erschwert.

Angesichts der Prioritätensetzung bei den Unternehmen und auch (zum Teil) in den Netzwerken selbst war und ist es nach wie vor nur schwer möglich, unternehmerische Klimaanpassungsstrategien zu entwickeln. Eine Etablierung von genuinen Klimaanpassungsmaßnahmen und -projekten, die über technische und punktuelle Einzellösungen hinausgehen, konnte daher kaum erfolgen. Die organisatorische und strategische Herausforderung durch den Klimawandel konnte auch mithilfe der KAM nicht über ein gewisses Interesse hinaus angegangen werden, wobei die Gründe hierfür vor allem auf der Seite der Adressaten zu suchen sind. Hier haben nicht einmal ausgelobte Fördergelder des BMU für die Unternehmen ausreichend Anreize geboten. Dort, wo die Sensibilisierung privatwirtschaftlicher Akteure von Beginn an höher war, wie z.B. im Bereich Gesundheit, ließ sich auch mehr bewegen (z.B. das „Qualitätssiegel Klimaangepasste Pflege“).

3.4 Optimierungsvorschläge

Die formale Anlage der KAM erscheint weitgehend sinnvoll. Sie bilden die Schnittstelle zwischen Forschung, Unternehmenspraxis und Politik. Die beschriebenen Hürden für die Verbreitung des Themas und die Umsetzung von Maßnahmen sind weniger der Institution KAM noch ihrem Engagement, sondern vielmehr ihren Adressaten zuzuschreiben. Neben der inhaltlichen (Nicht-)Anschlussfähigkeit des Themas Klimaanpassung in der Unternehmenslandschaft erweisen sich rückblickend auch die strukturellen und kulturellen Merkmale der jeweiligen clusterbezogenen Unternehmensnetzwerke als Einflussfaktor von großer Bedeutung. Netzwerkgröße, die Dichte der Beziehungsgeflechte und Zentralität bestimmter Akteure und Akteursgruppen, aber insbesondere auch die kulturellen Bedingungen als Ausdruck gemeinsam geteilter Werthaltungen und Verhaltensweisen prägen die Interaktions- und Kommunikationsmuster und damit letztendlich die Beziehungsqualität in einem Netzwerk.

Zum Ersten sind dies interne Merkmale wie Akzeptanz, Offenheit, Kooperationsorientierung, persönliche Verbundenheit und Identifikation der Unternehmen mit dem Netzwerk. Die darauf gründende Funktionsfähigkeit der Netzwerke beeinflusst auch wieder die Position der Koordination. Zum Zweiten befördert auch eine stärkere Verbundenheit mit der Region sowie explizit dem Regionalmanagement die erfolgreiche Arbeit der KAM.

Angesichts der Befunde ist die Dauerhaftigkeit einer Governance-Innovation wie der KAM ohne externe finanzielle und projektbezogene Unterstützung fraglich, jedoch mit gewissem Optimismus verbunden. Wenn das Thema für die Unternehmenslandschaft über verschiedene Einflusskanäle eine Bedeutungszunahme erfährt, worauf steigendes Interesse bei Vorträgen und Praktikerseminaren hindeutet, sind die KAM mindestens für die Cluster- und Netzwerkunternehmen bereits als kompetente Klimaanpassungsverantwortliche etabliert, auf deren Expertise und Koordinationsfähigkeit zurückgegriffen werden kann.

4 Evaluation der Governance-Innovation Klimaanpassungsakademie

Aufgabe der KAA ist die Entwicklung und Durchführung von gemeinsamen, mit den Forschungs- und Umsetzungsprojekten abgestimmten Bildungs- und Veranstaltungsangeboten zum Thema Klimaanpassung in Nordhessen. Die KAA soll als zentrale Koordinationsstelle für die Weitergabe von Projektergebnissen an Zielgruppen in Fachkreisen und an die nordhessische Bevölkerung im Allgemeinen fungieren. Diese explizite Verankerung des Transfers von Forschungsergebnissen in die regionale Öffentlichkeit ist ein besonderes Alleinstellungsmerkmal von KLIMZUG-Nordhessen.

Die KAA wird von der VHS Region Kassel getragen und wird koordiniert von HessenCampus Kassel, einem Zusammenschluss nordhessischer Bildungsträger. Die KAA wird von einem Kernteam von Mitarbeiterinnen gebildet, die beim Landkreis Kassel angestellt sind und verfügt über Büro- und Seminarräume im KLIMZUG-Haus in Kassel.

Die Personalausstattung der KAA setzt sich zusammen aus einer Stelle für die Akademieleitung (35 Stunden pro Woche) und einer weiteren Stelle für eine/n Bildungsreferenten/in (30 Stunden pro Woche). Zusätzlich waren während der Projektlaufzeit an der KAA weitere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter über extern finanzierte Projektstellen in der Projektassistenz, als Praktikanten und Praktikantinnen oder als studentische Hilfskräfte tätig.

Die KAA wurde in der Erfüllung ihrer Hauptaufgaben – Vermittlung und Vernetzung, Strukturbildung und Implementierung – hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen evaluiert. Die Ergebnisse werden im Folgenden mit Blick auf einen möglichen Transfer dargestellt.

4.1 Stärken und Schwächen

Die KAA sieht die Kommunikation von klimarelevanten Themen als ihr „Kerngeschäft". Dieser Kommunikationsprozess umfasst zum einen die *Vermittlung* der Ergebnisse der Klimaanpassungsforschung an spezifische gesellschaftliche Zielgruppen und zum anderen die hiermit einhergehen *Vernetzungsaktivitäten* der KAA mit den relevanten zivilgesellschaftlichen Akteuren.

Zur Vermittlung klimarelevanter Themen hat die KAA vielfältige Produkte und Dienstleistungen entwickelt und erprobt. Neben der Nutzung von internetbasierten Medien (Homepage, Facebook, etc.) und klassischen Printmedien lag der Schwerpunkt in der Entwicklung von Veranstaltungsformaten, in der methodisch-didaktischen Beratung und im Veranstaltungsmanagement. Beispielsweise hat die KAA im Rahmen der Reihe „Klimabewusste Region Kassel" verschiedene Sensibilisierungs- und Informationsveranstaltungen mit neuen Formaten, neuen Kooperationspartnern und -partnerinnen und neuen Zielgruppen konzipiert. Aktuelle Veranstaltungen der KAA werden durch ein umfangreiches Verbreitungssystem bekannt gemacht (VHS-Programm der Region Kassel, Postkarten, Karten an Verteilerstellen in Kassel, Facebook-Freunde). Besonders erfolgreich war das Format „KlimaX – Frierst du noch oder schwitzt du schon?", das im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2012 von der KAA entwickelt wurde. Hier wurde ein Cartoon Workshop für Jugendliche ausgerichtet, dessen Resultate als Wanderausstellung bundesweite Verbreitung finden.

Der Auf- und Ausbau von Vernetzungsstrukturen durch die KAA ist als kontinuierlicher Prozess zu sehen. Dadurch entsteht zwar eine wachsende Anzahl verschiedenster Kooperations- und Netzwerkkontakte, die gewinnbringend genutzt wird; die Kontaktpflege gestaltet sich jedoch sehr zeitintensiv und ist daher oft nur anlass- oder bedarfsbezogen möglich. Die Erfahrungen der KAA zeigen, dass ohne die permanente Auffrischung der Kontakte deren Verbindlichkeit zum Teil schnell sinkt.

Andererseits ist die generelle Kooperationsbereitschaft von Seiten neuer Partner im Laufe des Projekts KLIMZUG-Nordhessen gestiegen. Die Partner identifizieren sich mit dem Thema Klimaanpassung und nehmen das Thema in eigene Statements und Botschaften auf. Regionale Bevölkerungsgruppen werden in ihren privaten und auch ehrenamtlichen Zusammenhängen und Interessen erreicht (z.B. Hausbesitzer und Hausbesitzerinnen, Kulturpublikum). Insbesondere vor dem Hintergrund aktueller politischer Prozesse in der Region (Klimaschutzkonzept der Stadt Kassel, Hessentag 2013) ist zukünftig eine weitere Nachfrage nach den Kompetenzen der KAA zu erwarten.

Problematisch wird von Seiten der KAA gesehen, dass ihre bisher kostenlosen Dienstleistungen zunehmend in Konkurrenz zu den Angeboten kommerzieller Bildungsanbieter stehen. Als Reaktion erwies sich eine Fokussierung der Zielgruppen des Angebots der KAA auf die Bereiche Jugend, Kunst und Kultur als erfolgreich.

Die *Koordinationsaufgaben* der KAA werden von dieser als „abgestimmtes Handeln nach innen und außen" verstanden. Zu unterscheiden ist zwischen der Koordination der spezifischen Bildungsangebote der KAA und der Koordination von Veranstaltungen des gesamten KLIMZUG-Nordhessen-Verbundes.

Für die Koordination der Bildungsangebote der KAA war es von zentraler Bedeutung, den Stand aktueller, regionaler Diskussionsprozesse über Klimawandel und den Umgang damit (Klimaschutzstrategien und Anpassungsstrategien) fortlaufend in die Planung mit einzubeziehen. Hier wurden beispielsweise in der Reihe „klimabewusste Region Kassel" 22 Veranstaltungen mit Partnern aus verschiedenen externen Beratungsstrukturen entwickelt. Als Schwäche dieser Einbettung der Aktivitäten der KAA ist jedoch zu sehen, dass sich in solchen Veranstaltungskontexten die inhaltliche Fokussierung auf Klimaanpassung in Abgrenzung zu Klimaschutz oft als schwierig erweist. Hinzu kommt, dass der direkte Transfer von Resultaten aus den Teilprojekten von KLIMZUG-Nordhessen, z.B. durch die Einbindung von Teilprojektmitarbeitern und -mitarbeiterinnen in die Veranstaltungen, nur punktuell möglich war.

Die Koordination der jeweils jährlichen Regionalforen „Nordhessen im Klimawandel" und Verbundworkshops von KLIMZUG-Nordhessen wurde von der KAA mit

hohem Zeit- und Personaleinsatz durchgeführt. Bei der Veranstaltungsorganisation sah die KAA teilweise Abgrenzungsprobleme zu den Kompetenz- und Aufgabengebieten der Projektkoordination. In der Projektlaufzeit konnte jedoch sowohl die Qualität und Zielerreichung der Großveranstaltungen als auch die Effizienz der Planung und Durchführung gesteigert werden. Insbesondere das Format des Regionalforums erscheint soweit etabliert, dass seine Fortführung über das Ende der Förderdauer angestrebt werden sollte. Voraussetzung wäre hier jedoch eine nachhaltige Finanzierung der KAA, die zurzeit dadurch erschwert wird, dass die KAA wegen ihrer institutionellen Einbettung keine eigenen Einnahmen generieren darf.

Die Vermittlungs-, Vernetzungs- und Koordinationsaktivitäten der KAA werden ergänzt durch Maßnahmen der *Strukturbildung*. Ziel der Strukturbildung ist die dauerhafte Etablierung des Themas Klimaanpassung und die Schaffung nachhaltiger Kommunikations- und Handlungsstrukturen für die Vermittlungsaktivitäten der KAA.

Die strukturelle Einbettung der KAA in KLIMZUG-Nordhessen ist durch einen quartalsweisen Jour Fixe mit der Projektkoordination und den KAM und durch projekt- und anlassbezogene Kooperationen mit verschiedenen Teilprojekten gewährleistet. Hier wäre aus Sicht der KAA jedoch ein Ausbau der Kommunikation insbesondere mit den KAB hilfreich.

Neben der Strukturbildung innerhalb von KLIMZUG-Nordhessen wirkt die KAA strukturbildend nach außen, indem sie sich aktiv integriert in die relevanten Netzwerke der Gebietskörperschaften und anderer regionale Akteure. Wie bei den Vernetzungsaktivitäten spielt auch bei der Strukturbildung die kontinuierliche Kontaktpflege eine kritische Rolle. Während der Förderdauer konnte insbesondere die Kommunikation mit verantwortlichen Stellen im Landkreis Kassel (z.B. VHS-Gremium, Presseteam, AG Energie) verstetigt werden und Kooperationen mit dem Umwelt- und Gartenamt und dem Hessentagsbüro der Stadt Kassel initiiert werden. Darüber hinaus ist die KAA mit der Durchführung von Moderationen und Prozessberatungen in laufende Aktivitäten der Stadt Kassel eingebunden.

Diese Erfolge bei der Strukturbildung gehen ursächlich auch auf die finanzielle Unabhängigkeit der KAA zurück. Leider ist es hier während der Förderzeit nicht gelungen, den Landkreis oder die Stadt für eine Gegenfinanzierung der Aktivitäten der KAA zu gewinnen. Die Risiken für das Weiterbestehen der geschaffenen Strukturen über den Förderzeitraum hinaus sind damit offensichtlich.

Bei der *Implementierung* im Sinne der Umsetzung von Vermittlungsaktivitäten erwies sich insbesondere, wie bereits oben erwähnt, die Bedarfsorientierung durch Andocken an regionale Prozesse als zielführende Strategie. Ebenso wurden das

Profil „Infotainment“ zum Thema Klimawandel und das Angebot „Moderation und Prozessberatung“ gut angenommen. In der Außendarstellung konnte durch die Einführung eines konsequenten Corporate Identity ein hoher Wiedererkennungswert der KAA und ihrer Angebote ermöglicht werden. Die Nutzung der verschiedenen Werbekanäle sollte allerdings noch besser systematisiert werden.

Die Fortführung solcher Umsetzungsaktivitäten über die Förderdauer hinaus ist auch hier als unwahrscheinlich anzusehen. Von der KAA geführte Gespräche zur Schaffung nachhaltiger Strukturen (eigene Rechtsform oder Eingliederung in vorhandene Strukturen) verliefen bisher erfolglos. Darüber hinaus agiert die KAA in einem politisch konfliktreichen Umfeld zwischen Stadt Kassel und dem Landkreis, da die KAA formal zwar dem Landkreis zugeordnet ist, von ihren Angeboten jedoch schwerpunktmäßig die Stadt profitiert. Entsprechend wird von der KAA bei der Stadt ein relativ hohes Interesse an einer Verstetigung ihrer Aktivitäten wahrgenommen, während beim Landkreis kaum mehr Interesse an einer Fortführung zu bestehen scheint.

4.2 Optimierungsvorschläge

Im Kontext von KLIMZUG-Nordhessen bildete die KAA eine Kommunikationsschnittstelle zwischen laufenden Forschungs- und Umsetzungsprojekten und Zielgruppen in der nordhessischen Bevölkerung. Da die Forschungs- und Umsetzungsprojekte zeitgleich mit der KAA starteten, ergaben sich Synchronisierungsprobleme zwischen dem Bedarf der KAA an Projektergebnissen und deren Verfügbarkeit. Für eine KAA, die auf ähnliche Weise direkt mit regionalen Forschungsvorhaben verknüpft ist, sollte dieser zeitliche Versatz im Implementierungszeitplan explizit adressiert werden. Die Erfahrungen aus KLIMZUG-Nordhessen zeigen z.B., dass in der Startphase eines vergleichbaren Großprojekts die Aktivitäten einer KAA zentral zur Strukturbildung nach innen und zu Projektaußendarstellung beitragen. In späteren Projektphasen rückt dann die Kommunikation von Projektergebnissen in den Vordergrund.

Die institutionelle Einbettung einer KAA erscheint als wichtiger Erfolgsfaktor. Die Trägerschaft durch einen öffentlichen Bildungsanbieter wie die VHS Region Kassel war naheliegend und erwies sich als zielführend. Der Grad der Einbindung einer KAA in vorhandene Trägerstrukturen wird zum Zeitpunkt ihrer Gründung zu großen Teilen vorbestimmt. Im Fall von KLIMZUG-Nordhessen fiel die Gründung der KAA mit einer Zeit struktureller und organisatorischer Umbrüche beim Träger durch die Fusion der VHS Stadt Kassel mit der VHS Landkreis Kassel zusammen, was in einer suboptimalen Einbindung der KAA resultierte. Bei der Einrichtung einer KAA sollte jedoch sorgfältig und bewusst abgewogen werden zwischen Unabhängigkeit und Gestaltungsspielraum auf der einen Seite und der Anbindung an vorhandene Strukturen auf der anderen Seite.

Die Erfahrung aus KLIMZUG-Nordhessen hat gezeigt, dass die Unabhängigkeit einer KAA diese als „neutralen Ort" fungieren lässt, an dem Verständigung und Zusammenarbeit von Stellen stattfinden kann, die in bisherigen Strukturen nicht gepflegt werden konnte. Diese Eigenständigkeit sollte jedoch einhergehen mit einer organisatorischen und bestenfalls auch personellen Verzahnung mit dem Träger.

Operativ wäre es beispielsweise denkbar, neben einer Stelle für die Leitung einer KAA vorhandene Teilzeitstellen beim Träger über KAA Mittel aufzustocken, um z.B. klimarelevante Themen im Curriculum des Trägers nachhaltig zu etablieren. Eine solche Verzahnung zwischen KAA und Träger könnte ein wichtiger Baustein für die Kontinuität der Arbeit einer KAA sein, insbesondere um Netzwerke lebendig zu halten und eine nachhaltige Sensibilisierung der relevanten Akteure zu erreichen.

5 Schlussfolgerungen der Governance-Evaluation

Die drei Governance-Innovationen KAB, KAM und KAA haben unterschiedliche institutionelle Einbindungen, personelle Ausstattung und Aufgabenstellungen, dennoch lassen sich aus den Einzelevaluationen Gemeinsamkeiten zu den Potentialen und Hemmnissen für eine klimawandelangepasste Innovation regionaler Governance durch diese Institutionen ableiten. Im Folgenden wird die Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse für andere Regionen bezüglich der Ausgestaltung der Governance-Innovationen diskutiert. Für übertragbare Erkenntnisse ist von zentralem Interesse, welchen Beitrag diese Innovationen für eine Netzwerk-Governance leisten konnten. Zur Beantwortung dieser Frage werden die regionale, sektorale, vertikale und horizontale Dimension von Governance betrachtet.

Den Schlussfolgerungen vorangestellt werden soll der Verweis auf regionalspezifische Rahmenbedingungen der Governance-Innovationen, um eine Einordnung der Ergebnisse zu ermöglichen. Die Modellregion Nordhessen zeichnet sich durch eine derzeit überwiegend geringe Klimavulnerabilität aus.[6] Vorliegende regionale Klimawandelszenarien lassen einen erhöhten Anapassungsbedarf erst ab 2030 erwarten. Für mehrere Teilräume und Handlungsfelder wird allerdings schon heute ein erhöhter Anpassungsbedarf prognostiziert, wie z.B. im Handlungsfeld Gesundheit durch Herz-Kreislaufbelastungen in Folge zunehmender Hitzeperioden in der Stadt Kassel aufgrund ihrer Kessellage. Grundsätzlich besteht bisher ein unsicheres Klimawandelwissen. Für einzelne Handlungsfelder liegen lokale Kenntnisse auf Basis schon vor der Klimawandelproblematik regelmäßig durchgeführter Monitorings zu Niederschlags- und Temperaturverhältnissen sowie Was-

[6] S. hierzu Kap. II: Matovelle, Simon.

serhaushalt vor. Dies führt zu einem differenzierten Wissen über Anpassungserfordernisse, u.a. für die Handlungsfelder Forst- und Landwirtschaft. Gerade für die am meisten betroffenen Handlungsfelder bestand schon vor der Problemwahrnehmung des Klimawandels eine Aufmerksamkeit für präventive Maßnahmen, wie z.B. das Freihalten von Frischluftschneisen in verdichteten Siedlungsräumen als Maßnahme eines angepassten Lokalklimas. Der Handlungsdruck für Klimaanpassungsmaßnahmen wurde auf Grund der Unsicherheit der regionalen und lokalen Verwundbarkeit durch den Klimawandel zum Zeitpunkt des Verbundprojektstarts in Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit als sehr gering eingeschätzt. Das spiegelt sich auch in der kommunalen Klimaanpassungspolitik wider. Es liegen auf kommunaler Ebene bisher keine Klimaanpassungsprogramme vor. Auf Landesebene wurde erst 2012 vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz die „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Hessen – Hessische Anpassungsstrategie" veröffentlicht. Die KAB, KAM und KAA mussten mit der Herausforderung umgehen, ein neues Politikfeld in Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit zu vermitteln, für das wenig Problembewusstsein in der Modellregion Nordhessen vorhanden war.

Neben der Wahrnehmung einer Verwundbarkeit durch den Klimawandel in der Region stellten auch die Rahmensetzungen des Verbundprojektes selbst eine Herausforderung für die Tätigkeit der KAB, KAM und KAA dar. Die Modellregion Nordhessen orientiert sich politisch an den administrativen Grenzen der beteiligten fünf Landkreise. Die einzelnen Institutionen sind unterschiedlichen räumlichen Gliederungen und Ebenen zugeordnet: die KAB und die KAA innerhalb einzelner Landkreise, eine KAB (angesiedelt im Regierungspräsidium Kassel) und die KAM im regionalen Maßstab. Die einzelnen Governance-Innovationen sind außerdem an unterschiedlich formalisierten Institutionen angegliedert: die KAB in hierarchisch organisierten Gebietskörperschaften, die KAM in einem Wirtschaftsverband, der von Unternehmen und Kommunen getragen wird und die KAA an einer kommunalen Bildungseinrichtung. Die Möglichkeiten einer eigenständigen Tätigkeit und ihr Gestaltungsspielraum sind damit für alle Stelleninhaberinnen und Stelleninhaber sehr unterschiedlich ausgeprägt.

Die im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen neu geschaffenen Institutionen sollten die transdisziplinäre Ausrichtung des Forschungsvorhabens unterstützen, indem sie den Schnittstellenauftrag zwischen Wissenschaft und Praxis gewährleisten. Der Schnittstellenauftrag beinhaltete vier zentrale Aufgabenfelder: die Vermittlung und Vernetzung von Klimaanpassungswissen, die Koordination relevanter Klimaanpassungsakteure, die Strukturbildung für eine regionale Klimawandel-Governance und die Unterstützung bei der Implementierung von Klimaanpassungsmaßnahmen. In der folgenden Tabelle werden für diese Aufga-

benfelder die zentralen Tätigkeiten der KAB, KAM und KAA differenziert aufgeführt, wie sie im Rahmen der Evaluation von den Stelleninhaberinnen und Stelleninhabern aufgrund ihrer Eigenbetrachtung beschrieben wurden.

Klimaanpassungsbeauftragte	Klimaanpassungsmanager	Klimaanpassungsakademie
Vermittlung und Vernetzung		
- Kommunikation zwischen Forschung und Praxis - Vermittlung und Begleitung von Kontakten	- Kommunikation zwischen Forschung und Praxis - Vermittlung und Begleitung von Kontakten - Vernetzung der Akteure im Themenfeld - Information und Schaffung von Problembewusstsein - Kooperation Waldviertel	- Entwicklung von Dienstleistungen (Informationen, Beratung, Veranstaltungsmanagement, Bildungsprojekte) - Auf- und Ausbau von Vernetzungsstrukturen - Entwicklung der Außendarstellung
Koordination		
- Sicherung Praxisrelevanz, Forschungsergebnisse - Praxistaugliche Vorschläge und Begleitung - Botschafter-Funktion in der Verwaltung	- Sicherung Praxisrelevanz, Forschungsergebnisse - Praxistaugliche Vorschläge und Begleitung - Definition von Handlungsfeldern - Kooperationsverbund Wirtschaft und Verwaltung (mit KAB)	- Koordination eigener Bildungsangebote der KAA - Koordination von Veranstaltungen von KLIMZUG-Nordhessen
Strukturbildung		
- Dauerhafte Implementierung, Thema KA in Entscheidungsverfahren - Zusammenarbeit KAM/KAA	- Dauerhafte Implementierung, Thema KA in Entscheidungsverfahren - Initiierung von Anbieterverbünden zum Themenkomplex KA	- Eigenorganisation - innerhalb KLIMZUG-Nordhessen - mit Gebietskörperschaften
Implementierung		
- Öffentlichkeitsveranstaltungen - Klimaanpassungsprojekte - Qualifizierung von Verwaltungsmitarbeitern	- Beratung und Qualifizierung im Hinblick auf Handlungsfelder/ Projekte im Bereich KA - Begleitung von Entwicklungsprozessen für Maßnahmen der Klimaanpassung - Öffentlichkeitsarbeit	- Implementierung der Außendarstellung - … der Vernetzungsstrukturen - … von Dienstleistungen der KAA

Tabelle 1: Tätigkeiten der Governance-Innovationen in den zentralen Aufgabenfeldern (Aussagen der Selbstevaluation der KAB, KAM, KAA im November 2011)

Für die Aufgabenstellung der Vermittlung und Vernetzung von Klimaanpassungswissen hat sich der Anspruch der Transdisziplinarität als große Herausforderung dargestellt. Um die Schnittstellenfunktion der Governance-Innovation erfüllen zu können, sind die KAB, KAM und KAA auf die Offenheit zum Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis angewiesen. Und dieser Austausch muss von beiden Seiten gegeben sein. Es hat sich im Projektverlauf – explizit in der Anfangsphase – gezeigt, dass der Dialog sehr stark von Erwartungshaltungen geprägt war. Die KAB, KAM und KAA wurden mit unterschiedlichen Handlungslogiken und Kommunikationsformen konfrontiert, die von ihnen ein hohes Maß an Übersetzungsleistung verlangt hat. Da die Fragestellungen der wissenschaftlichen Teilprojekte des Verbundes weitestgehend bei Projektstart vorgegeben waren, konnte nur begrenzt der Transfer zwischen wissenschaftlichem Wissen und Praxiswissen durch die beteiligten Teilprojekte geleistet werden. Auch die Bearbeitung von Forschungsbedarfen aus der Praxis, die während des Verbundprozesses formuliert wurden, war im Rahmen der Forschungsdesigns der Teilprojekte in unterschiedlichem Ausmaß möglich. Die KAB, KAM und KAA waren damit konfrontiert, dass die wissenschaftlichen Ergebnisse von einigen Praxispartnerinnen und Praxispartnern in Verwaltung und Unternehmen als nicht einsetzbar bewertet wurden, von anderen hingegen intensiv genutzt wurden. Bei der Vermittlung an die Praxis und die Öffentlichkeit hatten die sechs Umsetzungsprojekte und elf Umsetzungsverbünde des Verbundprojekts einen besonderen Stellenwert als konkrete Lösungsbeispiele.[7]

Auf der anderen Seite war die Bereitschaft einer Auseinandersetzung mit der Problemstellung Klimaanpassung von Seiten der Verwaltung, Politik und Wirtschaft ebenfalls sehr unterschiedlich. Klimaanpassung als neues Politikfeld ist immer noch ein Zusatzthema für die Praxis. Die Sensibilisierung für die Problemstellung ist ein langfristiger, lernender Prozess. Handlungsdruck lässt sich nicht automatisch aus einem von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern formulierten Problemdruck ableiten. Die Resonanz auf einen Wissenschaft-Praxis-Dialog ist auf Grund der anfangs gering empfundenen Relevanz der Problemstellung gering. Die zentrale Aufgabe der KAB, KAM und KAA blieb über den gesamten Verbundprozess daher neben ihren anderen Aufgaben die Sensibilisierung für die Klimawandelproblematik in ihrem jeweiligen Tätigkeitsfeld.

Um die notwendige Relevanz für die Klimaanpassungsthematik zu erzeugen, haben die KAB, KAM und KAA vier Strategien verfolgt. Es wurde im Projektverlauf schnell deutlich, dass in Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit Klimawandelwissen in Form von regionalen und lokalen Klimaszenarien und Klimavulne-

[7] S. näher Kap. V: Henschke et al.

rabilitätskarten nachgefragt sind. Handlungsdruck leitet sich aus naturwissenschaftlichem Wissen mit klaren zeitlichen und räumlichen Zuschnitten ab. Bevorzugt wurden von der Praxis Aussagen zu Klimawandelfolgen und Anpassungsbedarfen in lokalem Maßstab mit kurzen bis mittleren Zeithorizonten. Entsprechend konzentrierte sich in der Startphase des Verbundes die Vermittlung wissenschaftlichen Wissens auf die Erkenntnisse der Teilprojekte, die sich mit der Ableitung regionaler Klimaszenarien beschäftigen.

Eine weitere Strategie der Vermittlung der Anpassungsthematik war die Kombination von Erfordernissen der Klimaanpassung und des Klimaschutzes. Klimaschutz hat in Nordhessen eine hohe Politikrelevanz und wird mit positiven Optionen für die Regionalentwicklung durch Verwaltung, Politik, Unternehmen und die Bevölkerung verbunden. Klimaanpassung konnte durch die KAB, KAM und KAA für einzelne Maßnahmen als Synergieeffekt der Klimaanpassung vermittelt werden. Hierzu konnten einzelne Umsetzungsprojekte des KLIMZUG-Verbundes als Beispiele genutzt werden. Als dritte Strategie konnte auf die Anschlussfähigkeit von Herausforderungen der Klimaanpassung an Aufgabenstellungen der Regionalentwicklung mit hoher politischer Aufmerksamkeit verwiesen werden. Die KAB konnten eine Aufmerksamkeit für Klimaanpassungsfragen erzeugen, wenn diese an regionale Problemstellungen wie den Bevölkerungsrückgang oder die regionale Wertschöpfung geknüpft waren. Eine wichtige Strategie war außerdem die Beteiligung an Umsetzungsprojekten, die besonders von den KAB als sogenannte Leuchtturmprojekte der Klimaanpassung und als gute Beispiele für die Praxis vermittelt werden konnten.

Für die Aufgabenstellung der Koordination von Klimaanpassungserfordernissen und -strategien hat sich für KAB und KAA sehr schnell gezeigt, dass die Klimaanpassungsproblematik in einer stark sektoral und kommunal geprägten Aufgabenteilung und Problembetrachtung bearbeitet wird. Dies gilt sowohl für Akteure in der Verwaltung und Politik als auch in der Wirtschaft. Problemstellungen des Klimawandels und mögliche Lösungsansätze werden innerhalb einzelner Handlungsfelder diskutiert. Die KAB, KAM und KAA haben einen Beitrag geleistet, Klimaanpassung als Querschnittsaufgabe zu betrachten, und haben den Austausch über sektorale und kommunale Grenzen hinweg befördert. Der Beitrag der KAB und KAM für eine Innovation der Governance-Formation konzentrierte sich auf die horizontale Ebene. Hierfür mussten die Treiber der Klimaanpassungsdebatte (Einzelpersonen in Verwaltung und Verbänden auf mittlerer und oberer Ebene), die politischen Promotoren (Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in Landkreisen, Städten, Gemeinden, Unternehmen) sowie die Unterstützer der regionalen Klimawandeldebatte (lokale Presse, regionale Forschungs-

und Technologieeinrichtungen) identifiziert werden. Die Innovationspotentiale der KAB und KAM im Bereich der vertikalen Governance waren gering ausgeprägt und konzentrierten sich auf der politischen und institutionellen Mesoebene im Mehrebenensystem. Die KAB waren im Rahmen kommunaler Aufgabenstellungen und Entscheidungsstrukturen eingebunden. Innovationen vertikaler Kooperationsbeziehungen von der kommunalen zur Landesebene wie auch zur Gemeindeebene waren im Rahmen der Tätigkeit der KAB nicht vorgesehen. Die KAM konnten mittlere und große Unternehmen einbinden, aber nur in sehr geringem Maße Kleinunternehmen, die kaum zu Vernetzungsaktivitäten langfristiger Problemstellungen zu motivieren sind. Die KAA mit ihrem Arbeitsschwerpunkt der Vermittlung von Klimawandelwissen an die Bevölkerung war nicht an der Aufgabenstellung, innovative Koordinationsformen zu schaffen, beteiligt.

Für die Aufgabenstellung der Strukturbildung einer regionalen Vernetzung von Klimaanpassungsakteuren hat sich für alle Governance-Innovationen gezeigt, dass die Transaktionskosten für Beteiligungsprozesse und Wissenschaft-Praxis-Dialoge als sehr hoch wahrgenommen werden. Vernetzungszeit für eine Problematik mit geringer aktueller Handlungsrelevanz wurde von den beteiligten Akteuren in Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit als knappe Ressourcen benannt. Präferenz hatten andere Themen der Vernetzungsaktivität mit höherem Handlungsdruck. Zur Thematisierung der Klimawandelproblematik wurden von den KAB und KAM daher bestehende formelle und informelle Netzwerke genutzt. Der Beitrag zu einer Governance-Innovation lag also nicht in der Herstellung langfristiger neuer Netzwerke, sondern in der Initiative zur thematischen Erweiterung bestehender formeller und vor allem informeller Netzwerke. Ein Erfolgskriterium der Netzwerkinnovation ist die Kontaktpflege zu Schlüsselakteuren dieser Netzwerke durch die KAB, KAM und KAA. Da Kontaktpflege auf persönlicher Interaktion beruht, ist die Kontinuität der Stellenbesetzung der Governance-Innovationen ausschlaggebend. Diese war bei den KAB und der KAA gegeben, bei den KAM gab es mehrmaligen Personalwechsel, der kompensiert werden musste, allerdings auch neue Netzwerkzugänge ermöglichte.[8]

Für die Aufgabenstellung der Implementierung von Klimaanpassungsmaßnahmen hat sich im Projektverlauf gezeigt, dass eine lokale Problembetrachtung und die Bearbeitung ausgewählter Umsetzungsprojekte erfolgreich sind für kurzfristige Ergebnisse der Governance-Innovation. 17 Umsetzungsprojekte u.a. in den Bereichen Landwirtschaft, Mücken-/Zeckenzuwanderung, Hitzeprävention und Bildungsangebote zum Klimawandel konnten im Verlauf des Verbundprojektes realisiert werden, da einerseits auf der Gemeindeebene die Institutionen und Ak-

[8] Zur Netzwerkbildung s. auch Kap. V: Roßnagel, Steffens.

teure verankert sind, die eine zentrale Rolle für die Entwicklung von Anpassungslösungen und deren Umsetzung in diesen Handlungsfeldern spielen, und andererseits bestehende Akteursbeziehungen sehr eng sind. Die Bedeutung der lokalen Ebene für Umsetzungsmaßnahmen hat sich auch in vergleichbaren Anpassungsstudien in Deutschland[9] wie auch aus anderen Industrieländern[10] gezeigt.

Aus den Erfahrungen der bearbeiteten Aufgabenfelder lassen sich Empfehlungen zur weiteren Optimierung dieser institutionellen Governance ableiten. Im Rahmen der institutionellen Einbindung sollten für KAB, KAM und KAA schon bei der Antragstellung und Gestaltung der Stellen, in enger Abstimmung zwischen Verwaltung und Wissenschaft, die Aufgaben und Zielkriterien soweit möglich bestimmt werden. Es gilt die Stellenbeschreibungen möglichst konkret zu formulieren und dabei eine Flexibilität der Ausgestaltung der Aufgaben zu bewahren. Entscheidend für die Handlungsfähigkeit und den Zugang zu bestehenden Kooperationsstrukturen ist die Ansiedlung der Stellen auf den optimalen Organisationsebenen der Trägerinstitutionen (für die KAB z.B. als Stabsstellen). Ebenso zu berücksichtigen ist die geeignete thematische Anbindung der KAB (z.B. an klimawandelrelevante Sektoren wie Landnutzung und Gesundheit oder räumliche Planung) und der KAM (z.B. Landwirtschaft, Energiewirtschaft). Es kann sinnvoll sein, Anpassungsfragen mit anderen Querschnittsthemen der umweltgerechten Vorsorge in der Verwaltung und im Regionalmanagement zu kombinieren, z.B. wenn in diesen Einheiten Klimaschutzbeauftragte oder Energiebeauftragte tätig sind. Ein Erfolgskriterium der Governance-Institutionen war die enge Kooperation der Stelleninhaberinnen und Stelleninhaber untereinander, die durch die Stellenkonstruktion ermöglicht werden sollte. Der personelle und zeitliche Umfang der Stellenausstattung hat sich für die Modellregion Nordhessen bewährt. Nach Einschätzung der KAB und KAM haben sich Teilzeitstellen bewährt, da Klimaanpassung als Zusatzthema effektiver zu bearbeiten ist. Das Themenfeld kann als Ergänzungsthema zu Klimaschutzaufgaben z.B. durch Klimareferenten oder Energieberater bearbeitet werden. Die Evaluation im Projektverlauf (SWOT-Analysen) und damit die Möglichkeit der kontinuierlichen Optimierung der Governance-Innovationen im Rahmen ihrer strukturellen Bedingungen haben sich ebenfalls bewährt.

Als besondere Herausforderung der Problemstellung Klimaanpassung muss mittelfristig die Sensibilisierung relevanter Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger als zentrale Aufgabenstellung der KAB, KAM und KAA berücksich-

9 Schlipf, Herlitzius, Frommer 2008.
10 Measham 2011: 890.

tigt werden. Erst auf dieser Basis können Vernetzungsaktivitäten erfolgreich sein. Vermittlungs- und Vernetzungsaktivitäten werden erleichtert, wenn fundiertes Klimawandelwissen für die regionale und lokale Ebene bereits vorliegt. Die Übersetzung von wissenschaftlichem Wissen in die Praxis kann in adäquater Form nur in einem gemeinsamen Kommunikationsprozess zwischen Wissenschaft und KAB, KAM und KAM geleistet werden. Für die Vermittlung von Klimawandelwissen und Vernetzungsaktivitäten muss die jeweils relevante und geeignete Maßstabsebene gefunden werden. Hierbei sollte die lokale Ebene für Folgeprojekte intensiver eingebunden werden (Community-Based-Adaptation).

Literatur

Bauriedl, S. (2011): Innovationen regionaler Governance durch Klimaanpassungsbeauftragte. In: Böhm, R., Frommer, B., Buchholz, F. (Hg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München: Oekom-Verlag. S. 175-191.

Bauriedl, S./ Müller, T./ Schneider, K. (2011): Klimaanpassungsbeauftragte in nordhessischen Landkreisen. Eine neue Institution als Reaktion auf den Klimawandel. In: Frank, S. (Hg.): Governance in der Klimaanpassung. Dynaklim-Publikation Nr. 4, S. 90-93. Online: http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2012/16637/pdf/Nr._20_Dezember_2011_Governance_in_der_Klimaanpassung_Strukturen_Prozesse_Interaktionen.pdf (04.02.2013).

Diller, C. (2008): Evaluierungen und Regional Governance: Funktionen der Evaluierung von und in regionalen Steuerungsstrukturen – drei Beispiele. In: Zeitschrift für Evaluation, 7(2), S. 273-301.

Caspari, A. (2006): Partizipative Evaluationsmethoden – zur Entmystifizierung eines Begriffs in der Entwicklungszusammenarbeit in: Flick, Uwe (2006): Qualitative Evaluationsforschung – Konzepte, Methoden, Umsetzung. Reinbek, S. 365-384.

Mönnecke, M. (2008): Evaluation in der Planung. In: Fürst/Scholles (Hrsg.): Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund: Rohn-Verlag, S. 602-616.

Measham, T.G. / Preston B.L. / Smith, T.F. / Brooke, C. / Gorddard, R. / Withycombe, G. / Morrison, C. (2011): Adapting to climate change through local municipal planning: barriers and challenges. In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 16 (8), pp 889-909.

Schlipf, S./ Herlitzius, L./ Frommer, B. (2008): Regionale Steuerungspotenziale zur Anpassung an den Klimawandel. Möglichkeiten und Grenzen formeller und informeller Planung. In: RaumPlanung H. 137, S. 77-82 .

Umsetzungsverbünde als Werkzeug zum Management von Transdisziplinarität

Christian Henschke, Steffen Benz, Alexander Roßnagel, Marcus Steffens

Übersicht

1 Einleitung ... 721
2 Von der Vernetzung zur gezielten Kooperation in den Umsetzungsverbünden ... 722
3 Die Umsetzungen im Überblick ... 724
4 Beispiele für Umsetzungsverbünde ... 727
4.1 Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefahren – Hitzetelefon Sonnenschirm ... 728
4.2 Angepasster Energiepflanzenanbau ... 731
4.3 Raumklima ... 735
4.4 Klimaanpassung in der räumlichen Planung ... 738
4.5 Umwelt- und klimabewusster Tourismus ... 741
4.6 Öffentlicher Personennahverkehr ... 744
4.7 Klimaangepasst: Versorgung von Pflegebedürftigen ... 746
4.8 Nachbarschaftshilfe zur Versorgung von Bedürftigen ... 748
4.9 Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren ... 751
5 Erkenntnisse und Erfahrungen ... 754
5.1 Umsetzungsverbünde als Instrument zur Bearbeitung transdisziplinärer Prozesse ... 754
5.2 Transfer und Verstetigung der Umsetzungen ... 758
Literatur ... 760

1 Einleitung

Neben der Entwicklung und Umsetzung konkreter Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels war es das übergeordnete Ziel von KLIMZUG-Nordhessen, in der Modellregion Nordhessen regionale Steuerungsinstrumente zur Klimaanpassung zu entwickeln, zu etablieren und zu erproben. Diese Steuerungsinstrumente sollten geeignet sein, im Rahmen der bearbeiteten Handlungsfelder die Anpassungsfähigkeit von Nordhessen gegenüber den vielfältigen Folgen des zu erwartenden Klimawandels nachhaltig zu erhöhen, somit also auch Wirksamkeit über die geförderte Laufzeit des Verbundes hinaus zu entfalten. Das Verständnis der „regionalen Steuerung" war dabei plural, der Begriff implizierte verschiedene Arten der Steuerung in unterschiedlichen thematischen Kontexten.

Die im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen erarbeiteten Ergebnisse sollten sowohl in andere Mittelgebirgsregionen Deutschlands als auch in die Partnerregion Waldviertel in Österreich transferiert werden können. Schließlich war, dem Leitmotiv der Transdisziplinarität folgend, zur Art der verbundinternen Zusammenarbeit definiert, dass der Prozess zur Entwicklung der regionalen Steuerung durch interdisziplinäre Kooperation und enge Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Gruppen mit regionalen Akteuren erfolgen sollte. Dieser Prozess sollte durch die Governanceinnovationen Klimaanpassungsbeauftragte (KAB), Klimaanpassungsmanager (KAM) und Klimaanpassungsakademie (KAA) unterstützt werden.

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden und um den gemeinsamen Prozess der transformativen Forschung[1] erfolgreich zu bewältigen, wurde im Verbund KLIMZUG-Nordhessen ein reflexiver Entwicklungsprozesses gepflegt, der über die gesamte Projektlaufzeit fortdauerte und unter breiter Beteiligung der Verbundpartner und der verbundexternen Kooperationspartner geführt wurde. Neben den vielfältigen wissenschaftlichen Ergebnissen und ebenso zahlreichen Umsetzungen resultierten aus dieser reflexiven Zusammenarbeit Erkenntnisse und Konzepte zum Prozess und zu dessen Gestaltung und Organisation. Diesen wird im Folgenden Aufmerksamkeit gewidmet.

2 Von der Vernetzung zur gezielten Kooperation in den Umsetzungsverbünden

Zur Definition und Entwicklung der Steuerungsinstrumente sowie zu deren Umsetzung spielte die Vernetzung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit den zentralen Akteuren aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eine herausragende Rolle.[2] Die frühe Projektphase war davon geprägt, diese Vernetzungen aufzubauen und bestehende Vernetzungen weiterzuentwickeln. Der Fokus lag dabei auf der grundlegenden Information zum Gesamtvorhaben, seinem Ansatz und Anlass sowie seinen thematischen und methodischen Facetten. Mit zunehmendem Fortschreiten im Projektverlauf erfolgte sukzessive eine Fokussierung auf zentrale Zielgruppen. Um die Zielgruppenansprache zu unterstützen, wurden diverse Kommunikationstools entwickelt und eingesetzt,. In dieser Phase lag der Schwerpunkt auf der Mobilisierung, der aktiven Einbeziehung von externen Partnern aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Verwaltung und Politik in Verbundprozesse. Weiterhin wurde die Notwendigkeit der thematischen Schwerpunktsetzung erkannt und die Verknüpfung von Verbundergebnissen mit konkreten Anpassungsbeispielen vorangetrieben: Gemeinsam mit den Governance-

[1] S. zu dieser Kap. I: Roßnagel.
[2] S. Kap. V: Roßnagel, Steffens.

innovationen KAB, KAM und KAA suchten das Steuerungsteam und die Koordination von KLIMZUG-Nordhessen konkrete Anlässe und Gegenstände, um mit den Praxisakteuren einen ernsthaften, lösungsbezogenen und ergebnisorientierten Prozess eingehen zu können. Etwa zur Mitte der Projektlaufzeit erarbeitete KLIMZUG-Nordhessen systematisch eine Strategie, um solche Schwerpunktsetzung zur Umsetzung zu entwickeln und umzusetzen. Dabei sollten neben den bereits erfolgversprechenden wissenschaftlichen Erträgen die verbundübergreifenden Ziele erreicht und somit regionale Steuerungsinstrumente zur Klimaanpassung in Nordhessen entwickelt, etabliert, erprobt und bestmöglich befördert werden.

Ergebnis dieses Prozesses war die Konzentration auf die für eine Schwerpunktsetzung geeigneten Themen und Beispiele. Diese sollte zeigen, wie innovative, anpassungsspezifische Steuerungsinstrumente nachhaltig umgesetzt oder optimiert werden können. Die Schwerpunkte sollten regionalspezifische Anpassungsprobleme aufgreifen, auf themenspezifisch neuen Erkenntnissen aufbauen und zu integrierten Lösungen führen, die für eine praktische Umsetzung vor Ort unmittelbar tauglich sind. Um die ausgewählten Beispiele zu realisieren, sollten jeweils Partner der regionalen Praxis aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft, Verwaltung und Politik sowie die thematisch befassten Forschungsprojekte zusammenarbeiten. Die KAB sollten durch ihre Koordinationsfunktion die Berücksichtigung lokalspezifischer Belange gewährleisten sowie die Auswahl, Ansprache und Einbindung der lokalen Verwaltungsakteure übernehmen. Gleiches galt für die KAM bei sektoralen oder branchenbezogenen Besonderheiten.

Diese Herangehensweise ergänzte die bereits im Antrag vorgesehenen Umsetzungsprojekte. Die dort inzwischen gesammelten Erfahrungen konnten in den Strategiebildungsprozess des Gesamtverbundes einfließen.[3] Im Gegensatz zu diesen Umsetzungsprojekten, für die aus Vorarbeiten eine Kooperation bereits vor Antragstellung bestand, entwickelte KLIMZUG-Nordhessen bei den Umsetzungsverbünden während der Projektlaufzeit von den wissenschaftlichen Lösungsvorschlägen her die Umsetzungsidee, baute das notwendige Netzwerk auf und passte die Kooperationsform dem jeweilige Praxisproblem an. Diese neuen Kooperationen und Umsetzungen waren in dieser Art und in diesem Umfang nicht beantragt und damit auch nicht budgetiert.

In einem ersten Schritt wurden die wissenschaftlichen Ergebnisse identifiziert, die sich besonders für eine beispielhafte regionale oder lokale Umsetzung noch innerhalb der Projektlaufzeit von KLIMZUG-Nordhessen eigneten und die noch nicht

[3] S. dazu die Darstellungen in Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner zum Thema Hitzeprävention sowie zu Tourismus (s. Kap. III: Hahne et al.) und Nachbarschaftshilfe (s. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe).

Gegenstand eines der bereits beantragten und laufenden Umsetzungsprojekte des Verbundes waren. In enger Abstimmung mit den KAB, den KAM und der KAA sowie unter Beteiligung der gesellschaftswissenschaftlichen Teilprojekte wurde für jede umsetzungsfähige Lösungsoption geprüft, welche Expertise aus dem Verbund KLIMZUG-Nordhessen in einem Konsortium vertreten sein muss und welche lokalen oder regionalen Praxisakteure gewonnen und eingebunden werden müssen, um eine beispielhafte Realisierung der Umsetzungsmaßnahme zu gewährleisten. Die Zusammensetzung dieser Kooperationsgruppen folgte dabei dem Grundsatz der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit des Verbundes insgesamt. Neben der fachlichen Expertise des jeweiligen Lösungsprojektes flossen bezüglich der klimatologischen Hintergründe und der spezifischen Vulnerabilitäten Kompetenzen aus den Szenarienprojekten und hinsichtlich der fördernden und hemmenden Faktoren für eine Umsetzung Kompetenzen der gesellschaftswissenschaftlichen Teilprojekte ein. Diese „Umsetzungsverbünde“ bildeten somit den methodischen Ansatz der transdisziplinären, auf Umsetzung und Transfer gerichteten Forschung des Gesamtverbundes und der Fördermaßnahme ab. Mit Ihnen wurde nicht nur die Umsetzungsfähigkeit der jeweils betrachteten Anpassungsmaßnahme erprobt, die Umsetzungsverbünde stellen jeweils für sich bereits einen Ansatz für die kooperative Steuerung von Anpassungshandeln vor Ort dar.

Ergebnis der Entwicklungsarbeit in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit waren mehrere Umsetzungsverbünde, deren Aufgabe die beispielhafte Realisierung einer im Verbund entwickelten Anpassungsmaßnahme vor Ort war. Sie integrierten eine breite interdisziplinär ausgerichtete wissenschaftliche Expertise, bezogen die lokalen oder regionalen Praxisakteure frühzeitig in die konkrete Ausgestaltung der Maßnahme ein. Die KAB und KAM begleiteten die Verbundbildung koordinierend und unterstützten die vielfältigen Kooperationen zwischen den Akteuren. Dabei ergänzten die Umsetzungsverbünde die Umsetzungsaktivitäten der bereits bei der Antragstellung geplanten und seit Projektstart durchgeführten Umsetzungsprojekte. Sie erhöhten somit die Zahl und die Vielfalt der noch während der Projektlaufzeit praktisch realisierten Anpassungsmaßnahmen. Darüber hinaus haben einige der Umsetzungsverbünde zu regelmäßiger Kooperation zwischen Akteuren geführt, die bis dahin zu klimawandelbezogenen Fragestellungen noch nicht zusammen gearbeitet hatten. Vielfach kam es nicht nur zu einer anlassbezogenen Zusammenarbeit, um eine Einzelmaßnahme zu realisieren, vielmehr wurden auch neue Arbeitsstrukturen etabliert.

3 Die Umsetzungen im Überblick

Alle Umsetzungen wurden in verschiedensten Konstellationen transdisziplinär bearbeitet. Ausgehend von den zunächst sechs beantragten und damit finanzier-

ten Umsetzungsvorhaben wurden sukzessive elf weitere entwickelt. Auf diese Weise wurde ein Erfahrungsfeld für die transformative Forschung von bemerkenswerter Vielfalt geschaffen. Im kurzen thematischen Überblick bestanden die Umsetzungen aus den in Tabelle 1 dargestellten Maßnahmen. Gemäß der oben beschriebenen Konzeption der Umsetzungsverbünde als Instrument zur Gestaltung transdisziplinärer Kooperation kam der Gestaltung des gemeinsamen Arbeitsprozesses eine besondere Bedeutung bei. Das gilt vor allem dann, wenn der Gegenstand, das Ziel und die Zusammensetzung der Kooperation neu sind. Beispielsweise erforderte die Erarbeitung von geeigneten Maßnahmen zur Prävention von Hitze in der Kommune neue Akteurskonstellationen, den Diskurs zwischen Gesundheitsamt und Hochschule, den Austausch mit der organisierten Bürgerschaft, mit Einrichtungen des Gesundheitswesens und des Sozialen. Hingegen sind im Bereich des Hochwasserschutzes die Kooperationen weitgehend gefestigt, die Zusammenarbeit der Universität mit dem Regierungspräsidium und dem Wasser- und Schifffahrtsamt ist fundiert und erprobt. Im Folgenden wird vertiefend auf die Umsetzungsverbünde in den Themenbereichen eingegangen, die zu den erstgenannten Themen zu zählen sind und bei denen auf den Prozess, die Art und Weise der Kooperation, aus verschiedenen Gründen besonderes Augenmerk gelegt wurde.

	Umsetzung	Kernpartner
Solare Sorptionstrocknung	Errichtung des Prototyps einer solaren Heutrocknungsanlage mit einem neu entwickelten Absorptionssystem auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen.	Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhausen.
Raumklima in Schulen	Installation einer Lüftungsanlage in einem Klassenzimmer.	Universität Kassel, Elternbeirat, Bauamt Stadt Kassel, Oskar-von-Miller-Schule, Fa. Trox GmbH.
Vorausschauende Energiebereitstellung	Demonstrationsanlage für die dezentrale Energieversorgung.	Universität Kassel, Fa. Limón GmbH, deENet e.V.
Nachbarschaftshilfe	Planspiel für Nachbarschaftshilfekonzept in einer entlegenen Ortschaft.	Hochschule Fulda, Regionalmanagement Nordhessen, Landkreise Werra-Meißner und Waldeck-Frankenberg.
Mücken und Zecken	Errichtung eines bevölkerungsgetragenen Systems zum Moni-	Hochschule Fulda, Regionalmanagement Nordhes-

Monitoring	toring von vektorübertragenen Krankheiten.	sen, alle nordhessischen Landkreise, Stadt Kassel, diverse weitere Beteiligte.
Klimaangepasste ÖPNV-Haltestellen	Beispielhafte Ausstattung einer Bushaltestelle mit Elementen zur Steigerung des Komforts bei witterungsbedingten Belastungssituationen.	Universität Kassel, Landkreis Werra Meißner, NVV, Nahverkehr Werra-Meißner GmbH, Stadt Eschwege, Fa. ProtectES-Solar GmbH.
Umwelt- und klimabewusster Tourismus im Werratal	Kapazitätsentwicklung touristischer Leistungsträger hinsichtlich Klimawandel und –anpassung.	Universität Kassel, Landkreis Werra-Meißner, Regionalmanagement Nordhessen, Werratal Tourismus Marketing GmbH, Werratal Energie- und Umweltgesellschaft mbH.
Räumliche Planung	Konzepte zur Integration von Klimaanpassung bei der Fortschreibung des Regionalplans.	Regierungspräsidium Kassel, Universität Kassel, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Stadt und Landkreis Kassel, Landkreis Waldeck Frankenberg.
Strategien für klimafreundlichen Tourismus	Entwicklung eines Masterplans zur strategischen Anpassung der Destination Nordhessen.	Regionalmanagement Nordhessen, Universität Kassel sowie touristische Arbeitskreise und touristische Leistungsträger der Region.
Klimaangepasster Waldumbau	Diskussion von Klimaanpassungsempfehlungen, Problemanalyse und Konzeption eines integrativen Vorhabens zur Bewältigung zentraler Hemmnisse bei der Klimaanpassung im Forst.	Hessen Forst, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Universität Kassel.
Angepasster Energiepflanzenanbau	Demonstration von klimaangepassten Ackerbausystemen im Kontext Energiepflanzen.	Universität Kassel, Landkreise Waldeck-Frankenberg und Schwalm-Eder, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Ingenieurbüros, Maschinenringe.

Anpassung im Management von Hoch- und Niedrigwasser	Entwicklung einer Konzeption zur Steuerung des Abflusses der Eder Talsperre bei Trockenheit sowie Empfehlung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz.	Universität Kassel, Wasser- und Schifffahrtsamt Hann. Münden, Regierungspräsidium Kassel.
Qualitätssiegel Klimaangepasste Pflege	Implementierung des Qualitätssiegels in einem Pilotbetrieb, Prüfung der Marktfähigkeit des QS.	Universität Kassel, Hochschule Fulda, Diakonie Sozialstation Frankenberg.
Betriebsbezogener Verkehr	Einführung von geschlossenen Fahrgemeinschaftsportalen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (MobiCar) Teil des betrieblichen Mobilitätsmanagements.	MoWiN.net e.V., PGN – Planungsgruppe Nord, s.a.d Systemanalyse und -design GmbH Landeswohlfahrtverbandes Hessen; Amazon Logistik GmbH.
Hitzepräventionsnetzwerk	Etablierung des Telefonservice Sonnenschirm zur Information und Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefährdung.	Gesundheitsamt Region Kassel, Hochschule Fulda, Seniorenbeirat Stadt Kassel, Diakonissenmutterhaus.
City Logistik	Entwicklung eines Konzeptes und Ermittlung des Potenzials für eine City-Logistik zur Bündelung von Waren.	Universität Kassel, MoWiN.net e.V., Stadt Kassel.
Regionaler Klimaatlas	Bereitstellung eines interaktiven regionalen Klimaatlas (Klimafunktions-, Bioklima- und Risikokarten) im world wide web.	Universität Kassel, Zweckverband Raum Kassel.

Tabelle 1: Umsetzungsaktivitäten des Verbundvorhabens KLIMZUG-Nordhessen

4 Beispiele für Umsetzungsverbünde

Im Folgenden werden die Umsetzungsverbünde inhaltlich sowie hinsichtlich der Art der trans- und interdisziplinären Kooperation dargestellt.[4] Dabei werden zwei

[4] Insbesondere bei der Kommunikation des Konzeptes der Umsetzungsverbünde mit externen Akteuren hat sich gezeigt, dass die Trennung von neuen Umsetzungsverbünden und bereits im Antrag vorgesehenen, etablierten Umsetzungsprojekten schwer nachvollziehbar ist. Daher wurden die beantragten Umsetzungsprojekte des Verbundes KLIMZUG-Nordhessen ebenfalls als Umsetzungsverbünde bezeichnet, sofern die Art der Kooperation von Akteuren in diesen Projekten der oben entwickelten Definition entsprachen. Folgerichtig unterscheidet die Darstellung hier nicht zwischen beantragten und im Projektverlauf neu konzipierten Umsetzungskooperationen.

Umsetzungsverbünde vorangestellt, deren Konzeption prototypisch für die funktionale Managementstruktur zur Bewältigung der Herausforderungen transdisziplinärer Kooperationen steht. Der Umsetzungsverbund „Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefahren – Hitzetelefon Sonnenschirm" entstand auf Grundlage der bereits im Antrag definierten Kooperation zwischen der Hochschule Fulda und dem Gesundheitsamt Region Kassel. Die Arbeiten in diesem Umsetzungsverbund waren in mancherlei Hinsicht beispielgebend für die Konzeption der weiteren, im Projektverlauf gegründeten Umsetzungsverbünde. Auf die Darstellung dieses Umsetzungsverbundes folgt der Umsetzungsverbund „Angepasster Energiepflanzenanbau". Das Themenfeld Landwirtschaft war eines der Themenfelder, in denen seitens des Projektantrages des wissenschaftlichen Teilprojektes zwar Transferaktivitäten vorgesehen waren, nicht jedoch die Konzeption und Realisierung von Umsetzungsvorhaben oder -kooperationen. Da der Prozess der Konzeption und Entwicklung des Umsetzungsverbundes „Angepasster Energiepflanzenanbau" gemäß des oben beschriebenen Konsolidierungsprozesses zur Mitte der Projektlaufzeit der „Prototyp" für die Gründung weiterer Umsetzungsverbünde wurde, wird bei diesem auf den internen Entstehungsprozess besonderes Augenmerk gerichtet. Die Gründung der weiteren Verbünde folgte derselben Konzeption, verlief jedoch routinierter und entsprechend schlanker im Prozess.

4.1 Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefahren – Hitzetelefon Sonnenschirm

Die Diskrepanz zwischen gesundheitswissenschaftlichem Wissen und Laientheorien zum Thema Gesundheit ist groß.[5] Aus Sicht der Gesundheitswissenschaften ist inzwischen zweifelsfrei belegt, dass Hitzewellen, Hitzetage und Tropennächte die Gesundheit großer Bevölkerungsgruppen gefährden. Die Beweisführung dafür lieferte zuletzt die epidemiologische Aufbereitung der dramatischen Ereignisse um den „Jahrhundertsommer" 2003, in dessen Folge allein in Westeuropa zwischen 35 und 50 Tausend Menschen vorzeitig starben. Die in zahlreichen europäischen Staaten durchgeführten Studien zeigen im Ergebnis alle das gleiche Muster; Personen, die unter bestimmten Vorerkrankungen wie kardiovaskulären und zerebrovaskulären Erkrankungen, Erkrankungen des endokrinen Systems, der Nieren oder des Zentralnervensystems leiden, tragen ein signifikant erhöhtes Sterberisiko bei Hitze. Weil chronische Krankheit mit höherem Lebensalter korreliert, sind davon faktisch vor allem die über 65-Jährigen betroffen. Insbesondere die Stadt Kassel ist durch ihre Beckenlage von sommerlicher Erwärmung in hohem Maß betroffen und es ist zu erwarten, dass der klimawandelbedingte Erwärmungs-

[5] Die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Heckenhahn, Henschke 2012.

trend das Kasseler Stadtklima negativ beeinflussen und somit zu einer Verschärfung der Überwärmungsproblematik beitragen wird. Dies Entwicklung kann gerade hinsichtlich des demographischen Trends bedeutsam sein, wenn dieser zu einem anteiligen bzw. absoluten Anstieg der Gruppe der über 65-jährigen führen sollte.

Fragt man aber über 65-jährige Personen, wie hoch sie ihr eigenes Risiko hitzebedingter Morbidität einschätzen, stellt man fest, das viele die Gefahr verkennen („Was soll Hitze mir schon anhaben?“) und sich für kompetent halten („Ich mache schon alles was nötig ist!“). Nur ein geringer Teil der über 65-Jährigen interessiert sich für präventive Maßnahmen. Tatsächlich ist insgesamt von einer Bagatellisierung klimawandelbedingter Gesundheitsrisiken durch Hitzeextreme in der älteren Bevölkerung auszugehen. Mit dem Ziel des zielgruppensensiblen Transfers gesundheitswissenschaftlicher Erkenntnisse über das hitzebedingte Gesundheitsrisiko älterer Menschen und einer mit ihm verbundenen Initiierung von geeigneten krankheitspräventiven Maßnahmen gefährdeter Personen befasste sich der Umsetzungsverbund „Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefahren“.

Voraussetzung für den zielgruppengerechten Wissenstransfer war, dass es gelingt, Zugang zu Personen mit potentiell erhöhtem hitzebedingtem Gesundheitsrisiko zu bekommen, um sie a) rechtzeitig über drohende Hitzebelastungen zu informieren, b) ihr individuelles Gesundheitsrisiko bei Hitze valide einzuschätzen und c) sie persönlich über Schutzmaßnahmen beraten zu können. Hintergrund der Frage nach der Erreichbarkeit der Zielgruppe ist die Schwierigkeit jeder gesundheitlichen Präventionsarbeit, Angehörige bestimmter Zielgruppen in ausreichender Zahl zu erreichen und mit dem Präventionsangebot inhaltlich anzusprechen. Das „Zugangsproblem“ im Fall der Prävention von hitzebedingten Gesundheitsrisiken alter Menschen stellte sich in noch stärkerem Maße, da zum einen die Zielgruppe der über 65-jährigen Personen gegenüber Präventionsangeboten generell sehr zurückhaltend zu sein scheint und sie zum anderen – wie eingangs erwähnt – die eigene Vulnerabilität gegenüber hitzebedingten Risiken häufig unterschätzt.

Um herauszufinden, wo besonders viele hochaltrige Menschen in Überwärmungsgebieten leben und wo entsprechend prioritäres präventives Handeln erforderlich ist, wurden in Kooperation mit dem Teilprojekt Regionalklimatologie für die Stadt Kassel kleinräumige Klima- und demografische Daten mit der baulichen Substanz der Wohngebiete verschnitten. Um in den so ermittelten Risikogebieten exemplarisch Maßnahmen zur Anpassung an Hitzeextremereignisse zu entwickeln und zu erproben, wurde als geeignete Herangehensweise die Initiierung eines Netzwerks auf Stadtteilebene befunden. In diesem lokalen „Netzwerk Hitzeprävention“ arbeiteten ausgewählte Akteure interdisziplinär, sektorübergreifend zusammen.

Entstanden ist die Idee, das „Hitzetelefon Sonnenschirm“ zu entwickeln und anzubieten, im Rahmen einer 2010 von Partnern des Netzwerks Hitzeprävention initiierten und durchgeführten Stadtteilkonferenz. Rund 40 Personen aus der Gesundheitswirtschaft, der kommunalen Altenhilfe, dem Wohnungsbau, der öffentlichen Verwaltung, den Kirchen und dem Einzelhandel nahmen an ihr teil. Ziel war es, den Klimawandel in Nordhessen und seine gesundheitlichen Auswirkungen für die ältere Bevölkerung zu diskutieren und sinnvolle Handlungsansätze und Strategien zu entwickeln.

Das „Hitzetelefon Sonnenschirm“ wurde im Rahmen des Netzwerks Hitzeprävention unter maßgeblicher Beteiligung des Gesundheitsamtes Region Kassel, dem Kurhessischen Diakonissenmutterhaus Kassel, dem Seniorenbeirat der Stadt Kassel und der Hochschule Fulda initiiert. Eingehende Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Stadt Kassel werden in der Zeit vom 15. Juni bis 31. August eines Jahres umgehend, d.h. bis spätestens 10.00 Uhr des Folgetages, von einer diensthabenden Diakonisse oder einem Mitglied des Seniorenbeirates an die Nutzerinnen und Nutzer des Telefonservice weitergegeben. Während eines Telefongesprächs soll auch auf Hinweise für gesundheitliche Beeinträchtigungen geachtet werden. Eine individuelle telefonische Gesundheitsberatung durch die Anruferinnen und Anrufer erfolgt aufgrund haftungsrechtlicher Vorgaben nicht. Das Angebot ist kostenlos und kann seit 2011 von allen Bürgerinnen und Bürgern der Stadt Kassel in Anspruch genommen werden.

Durch die Kontaktvermittlung zwischen Teilnehmerinnen und Teilnehmern und dem Gesundheitsamt Region Kassel ist die Möglichkeit gegeben, gezielten Zugang zu Personen mit hitzebedingten Gesundheitsrisiken zu bekommen. Das telefonische Erstgespräch durch Mitarbeiter des Gesundheitsamtes hat zweierlei Zielsetzungen: Erstens sollen neu hinzugekommene Teilnehmerinnen und Teilnehmer vor dem ersten Anruf durch den Hitzetelefondienst über die Leistungen und Leistungsgrenzen des Hitzetelefons sowie über das genaue Vorgehen im Falle eingehender Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes informiert werden. Zweitens soll den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein individuelles Risikoassessment angeboten und wenn möglich im Rahmen des Erstgesprächs durchgeführt werden. Bei Vorliegen eines erhöhten hitzebedingten Gefährdungsrisikos werden den Betroffenen weitergehende Unterstützungsleistungen angeboten. Dazu gehört eine individuelle telefonische Gesundheitsberatung, eine individuelle Gesundheitsberatung im Haushalt der Betroffenen sowie eine ausführliche individuelle Risikoeinschätzung und -beratung im Rahmen eines präventiven Hausbesuchs.

Erstmals wurde das Hitzetelefon im Sommer 2010 angeboten, aufgrund der positiven Erfahrungen und der großen öffentlichen Resonanz konnte das Hitzetelefon

ab Sommer 2011 stadtweit angeboten werden. Den bisherigen Evaluationsergebnissen des gesundheitswissenschaftlichen Teilprojektes zufolge ist es mit dem „Hitzetelefon Sonnenschirm" gelungen ein Präventionsangebot zu schaffen, das von älteren Menschen angenommen wird und das die zielgruppengerechte Information und Beratung über gesundheitliche Hitzerisiken ermöglicht. Inzwischen hat sich Routine bei den handelnden Akteuren eingestellt und das „Hitzetelefon Sonnenschirm" als kostenloses Angebot wurde über die Laufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus verstetigt.

4.2 Angepasster Energiepflanzenanbau

Der Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen hat in den letzten Jahren stark und beständig zugenommen.[6] Für viele Landwirte ist ein neuer Betriebszweig entstanden. Dazu wird derzeit vor allem Mais angebaut, der sich als dominierende Energiepflanze etabliert hat. Diese Fixierung auf Mais wird zunehmend kritisch betrachtet. Im herkömmlichen Anbausystem spielen dabei unter anderem ökologische Aspekte, wie die Anfälligkeit für Bodenerosion und Nährstoffauswaschung, eine Rolle. Hinzu kommen die Folgen des Klimawandels, die sich voraussichtlich in einer Zunahme von Wetterextremen wie Starkregen, Hagel und vermehrten Trockenperioden äußern werden. Zum einen können durch Klimawandelfolgen bereits heute bestehende Belastungen von Wasser und Boden noch verstärkt werden. Zum anderen wurde in der jüngsten Vergangenheit bereits deutlich, dass die Fixierung des Energiepflanzenanbaus auf eine Kultur im Fall von wetterbedingten Ernteeinbußen (Hagel, lange Trockenperioden) bedeutende wirtschaftliche Einbußen für die Landwirte zur Folge haben kann. Energiepflanzenanbau in Nordhessen unter Berücksichtigung des Klimawandels muss daher bedeuten, Produktionsverfahren zu entwickeln, die negativen ökologischen Auswirkungen weitgehend vorbeugen, die robust gegenüber Trockenheit sind, die das Risiko von Ernteausfällen streuen und dem Landwirt eine wirtschaftlich überzeugende Alternative bieten. Als Antwort auf diese Herausforderungen wurde von KLIMZUG-Nordhessen das Zweikulturnutzungssystem als innovative Anbaumethode erforscht und auf Demonstrationsflächen in zwei Landkreisen exemplarisch umgesetzt.[7] Dabei wird der ökonomische Aspekt der Ertragssicherung mit der Erhöhung der Robustheit hinsichtlich Starkregen und Trockenheit verbunden und Aspekte der Biodiversität sowie des Schutzes von Wasser und Boden werden berücksichtigt.

---

[6] Die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Graß, Henschke, 2012.

[7] Siehe dazu die Darstellungen zum agrarwissenschaftlichen Forschungsvorhaben, Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.

Wissenschaftlich erarbeitete Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel müssen Einzug und Verbreitung in der landwirtschaftlichen Praxis finden. Ausgehend von diesem Grundsatz zielte das Umsetzungsvorhaben auf die Konzeption und Realisierung von regionalen Steuerungsinstrumenten, die die Verbreitung von landwirtschaftlichen Produktionsverfahren fördern und die gegenüber den Folgen des Klimawandels in der Region robust sind. Der erwartete Mehrwert liegt in der Verbreitung und Etablierung von Anbauverfahren im Bereich Energiepflanzen,

- die an lokale Anbaubedingungen angepasst sind und hinsichtlich der Gefährdungen durch die lokalen Folgen des globalen Klimawandels bestmöglich robust sind,
- die ökonomische und ökologische Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Energiepflanzen berücksichtigen und damit zu einer Verbesserung des Schutzes von Boden, Wasser und Umwelt beitragen und
- die von den Landwirten als überzeugende Alternative erkannt und aus diesem Grund in ihre landwirtschaftliche Praxis übernommen bzw. dort weiterentwickelt werden.

Zur Realisierung dieser Ziele wurden in zwei Umsetzungsverbünden in den Landkreisen Schwalm-Eder und Waldeck-Frankenberg durch enge Kooperation zwischen Wissenschaft und Praxis Demonstrationsvorhaben konzipiert und umgesetzt. Auf den Demonstrationsflächen werden Pflanzen vorgestellt, die von Landwirten in unterschiedlichen Variationen als Kombinationen oder Alternativen zur Energiepflanze Mais angebaut werden können. Die Führungen auf den Demonstrationsflächen werden in das Fortbildungs- und Beratungsprogramm des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen übernommen. Sie sind dezentral verortet und sollen Alternativen in der Bewirtschaftung unter lokalen Bedingungen verdeutlichen sowie den lokalen Fachdiskurs fördern.

Im Verbund KLIMZUG-Nordhessen befassten sich drei Teilprojekte wissenschaftlich mit Fragen der landwirtschaftlichen Klimaanpassung, die Agrarwissenschaften, die Rechtswissenschaften und die Politikwissenschaften.[8] Die Nachfrage aus den Landkreisen nach landwirtschaftlichen Lösungsansätzen wurde seitens der Klimaanpassungsbeauftragten an das Projekt herangetragen. Ein Umsetzungsprojekt im eigentlichen Sinne war im Handlungsfeld Landwirtschaft laut Antrag nicht vorgesehen. Um dennoch dem Anspruch gerecht zu werden, ein landwirtschaftliches Umsetzungsvorhaben exemplarisch zu realisieren, war es notwendig, die

[8] Siehe dazu in dieser Reihenfolge Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf; Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich; Kap. IV: Bauriedl, Görg, Baasch.

thematischen Schnittmengen der mit Landwirtschaft und Klimawandel erfassten KLIMZUG-Nordhessen-Teilprojekte zu identifizieren, die Umsetzungsaktivitäten, die in den jeweiligen Anträgen definiert sind, aufeinander abzustimmen und auf einen gemeinsamen Umsetzungsgegenstand auszurichten. Ferner mussten die regionale Verortung der Umsetzungsmaßnahmen konkretisiert sowie die Zuständigkeiten zwischen den wissenschaftlichen Projekten und den Klimaanpassungsbeauftragten festgelegt werden. Zu diesem Konsolidierungsprozess trafen sich die Leiter und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der wissenschaftlichen Teilprojekte, die Klimaanpassungsbeauftragten sowie die KLIMZUG-Nordhessen Koordination im Frühjahr 2011 mehrmals.

Als thematische Eingrenzung und Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen zur Konzeption eines Umsetzungsvorhabens wurde der oben skizzierte thematische Ausschnitt aus dem Themenspektrum des agrarwissenschaftlichen Forschungsprojektes definiert. Von zentraler Bedeutung für die Identifizierung des konkreten Umsetzungsvorhabens war die vom rechtswissenschaftlichen Teilprojekt vorgenommene Analyse von Steuerungsformen, die Gestaltungsspielräume für regionale Akteure bieten. Da im Bereich Landwirtschaft die bestehenden Regierungsformen weitestgehend auf der europäischen, auf der nationalen und zum Teil auf der Länderebene definiert werden, kamen für die regionale Steuerung maßgeblich „weiche“ Instrumente in Frage: Information, Bildung, Beratung, Befassung mit dem Landschaftsplan. Bei der Ausgestaltung der Bildung und Beratung haben die unteren Verwaltungsbehörden einen Spielraum hinsichtlich der Art und Weise, wie sie dem Auftrag nachkommen. So können sie neue Themen, wie beispielsweise die „klimaangepasste Landwirtschaft“, aufnehmen und durch Demonstrationsvorhaben, Bildungsangebote, Informationstools etc. weiterverbreiten. Die Steuerungsinstrumente Information, Bildung, Beratung waren auch von Akteuren der landwirtschaftlichen Praxis und der Verwaltung im Rahmen eines Workshops des politikwissenschaftlichen Teilprojekts als relevant und hinsichtlich der Klimaanpassung als verbesserungswürdig eingestuft worden. Trotz der benannten fachlichen Eingrenzung des Themas und der bereits vorgenommenen Sondierung der Möglichkeiten der regionalen Steuerung wurde eine weitergehende Festlegung auf ein ausgewähltes Steuerungsinstrument bzw. auf einen Umsetzungsgegenstand bewusst vermieden, um die Expertise und Einschätzung der Landkreisakteure aufnehmen zu können.

Zur regionalen Verortung der Umsetzungsvorhaben wurden die Landkreise Schwalm-Eder und Waldeck-Frankenberg ausgewählt. In beiden Landkreisen ist die Verwundbarkeit hinsichtlich der o.g. Thematik (Energiepflanzenanbau, Erosion) offensichtlich und das Interesse an einer Umsetzungskooperation war seitens der jeweiligen KAB übermittelt worden. Ein weiteres Ergebnis des Klärungspro-

zesses war die Festlegung der Teilprojekte, die von Seiten KLIMZUG-Nordhessen seither die weiteren Arbeiten und Prozesse zur Realisierung der Umsetzungsvorhaben gemeinsam begleiteten: Agrarwissenschaften, Rechtswissenschaften und die beiden Klimaanpassungsbeauftragten der Landkreise Schwalm-Eder und Waldeck-Frankenberg.

Zur Vorbereitung der Initiierungstreffen in den beiden Landkreisen fanden Abstimmungen mit den beiden Szenarienprojekten in zweierlei Absicht statt. Die seitens der Regionalklimatologen[9] erarbeiteten Klimafunktionskarten, die als Datengrundlage des Umsetzungsanliegens in den beiden Landkreisen in Frage kamen, wurden ausgewählt und aufbereitet. Mit dem Teilprojekt „Kommunikation Klimaprojektionen, Integrative Systemanalyse und Szenarien, Bilanzierung" fand ein Austausch darüber statt, welche Aussagen zu künftigen Folgen des Klimawandels in den beiden Landkreisen wissenschaftlich belastbar sind. Diesbezüglich war in anderen thematischen Kontexten wiederholt problematisiert worden, dass die Aussagen zu Folgen des Klimawandels in der Region zum einen nicht ausreichend verlässlich, zum anderen hinsichtlich der zeitlichen Dimension zu abstrakt wären, um Auseinandersetzung und verbindliches Handeln anzuregen.[10] Die vergleichsweise pauschale Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Konzept Robustheit wurde daraufhin spezifischeren Aussagen auf Grundlage von Modellrechnungen vorgezogen.

Entsprechend der Kriterien „fachlicher Bezug“ und „Zuständigkeit“ wurden zum ersten Treffen in den Landkreisen die Leiter der Fachbereiche Landwirtschaft, Wasser- und Bodenschutz sowie der Unteren Naturschutzbehörden von den Klimaanpassungsbeauftragten eingeladen. Ziel der Treffen war es, die Landkreisakteure für die Beteiligung an einem gemeinsamen Umsetzungsvorhaben zu gewinnen. Ferner sollte die Einigung auf ein konkretes Umsetzungsvorhaben gemeinsam erfolgen. In beiden Landkreisen wurde bereits in der Frühphase der beginnenden Kooperation Einigung hinsichtlich der Demonstrationsflächen als Gegenstand der Umsetzungsverbünde erzielt.

Nach der Initiierungsphase der Umsetzungsverbünde wurde im Landkreis Schwalm-Eder die Konzeption der Demonstrationsvorhaben durch den Leiter des Fachbereichs Landwirtschaft und der Unteren Naturschutzbehörde begleitet. Weitere Partner wurden gezielt hinzugezogen. Maßgeblich zu nennen sind hier Vertreter des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), mit denen die Beteiligung an der Realisierung der Demonstrationsflächen auf geeigneten landwirtschaftlichen Betrieben sowie die Einbindung in das Beratungsangebot des LLH vereinbart

[9] S. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.
[10] S. Kap. V: Henschke, Roßnagel.

wurde. Im Landkreis Waldeck-Frankenberg brachten sich neben dem Fachbereichsleiter Landwirtschaft (federführend) die Leiter der Unteren Naturschutzbehörde und des Fachbereichs Boden- und Wasserschutz, Vertreter des LLH, des Maschinenrings, des Bauernverbandes, der Stabsstelle ländlicher Raum und des Ingenieurbüros Schnittstelle Boden, das mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Landkreis betraut ist, ein. In beiden Landkreisen wurde auf Grundlage dieser transdisziplinären Kooperation die Zusammenstellung der Varianten entwickelt, die auf den Demonstrationsflächen angebaut werden. Ferner wurde die Realisierung der Demonstrationsvorhaben durch Landkreisakteure (Landwirte, LLH, Maschinenring) und die Einbindung des Vorhabens in Informations- und Beratungsangebote des LLH organisiert. Zur Finanzierung wurden in beiden Umsetzungsverbünden Landkreismittel zur Verfügung gestellt, im Landkreis Schwalm-Eder von der Landwirtschaftskommission und der Naturlandstiftung, im Landkreis Waldeck-Frankenberg vom Fachdienst Landwirtschaft.

Bis zum Ende der Laufzeit des Vorhabens wurden in beiden Landkreisen die Demonstrationsflächen angelegt und im Rahmen des Beratungs- und Bildungsangebotes des LLH Interessierten aus der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung präsentiert. Ferner wurden Sonderveranstaltungen für Vertreter von Politik, Landwirtschaft und Naturschutz veranstaltet. Aufgrund der positiven Erfahrungen in beiden Umsetzungsverbünden haben die Akteure beider Verbünde einen Förderantrag eingereicht, um die begonnenen Ansätze der transdisziplinären Kooperation zur Etablierung klimaangepasster, ökonomisch tragfähiger und ökologisch schonender Anbauverfahren nach dem Auslaufen der KLIMZUG-Förderung zu vertiefen und weitergehend zu etablieren. Unabhängig von dem Ausgang dieses Antrags deuten sich bereits heute positive Wirkungen aus dem Prozess der Antragstellung an. Dazu gehören die potentielle Ausweitung des Netzwerks um weitere, bisher nicht beteiligte Akteure und die durch den Folgeantrag dokumentierte Bereitschaft der Landkreisakteure, geeignete Kooperationsformen zu entwickeln und Maßnahmen zur regionalen Steuerung im Kontext Klimaanpassung und Landwirtschaft über die Laufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus in der Region zu etablieren.

4.3 Raumklima

Die Klimaszenarien für die Region Nordhessen sagen für die nächsten 30 Jahre signifikant mehr Sommertage mit deutlich gesteigerten Hochtemperaturlagen voraus.[11] Aufgrund mikroklimatischer Einflüsse wird sich die Hitzebelastung gene-

[11] Matovelle 2010; die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Schneider, Benz 2012.

rell in urbanen Siedlungsstrukturen und insbesondere im Kasseler Becken zusätzlich verstärken. Zu erwarten sind folglich zunehmend Stadtklimata, die sich negativ auf die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Menschen sowohl innerhalb, als auch außerhalb von Gebäuden auswirken. Um diesen drohenden Auswirkungen zu begegnen, wurden im Rahmen des Teilprojektes „Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die Behaglichkeit in Räumen“[12] technische und nichttechnische Maßnahmen entwickelt, die auch bei den zu erwartenden Klimaveränderungen einen ausreichenden Komfort innerhalb von Gebäuden ermöglichen.

Der Umsetzungsverbund „Raumklima“ verfolgte das Ziel, die erforschten Lösungen an einer Schule und in einem Altenwohnheim in Kassel in die Anwendung zu bringen. Im Mittelpunkt der Aktivitäten stand somit einerseits, technische Maßnahmen zu realisieren und andererseits das Nutzungsverhalten zu verändern, um während Hitzeperioden behagliche Innenraumverhältnisse zu gewährleisten.

An der Umsetzung der Maßnahmen waren neben dem Teilprojekt „Auswirkungen eines veränderten Klimas auf die Behaglichkeit in Räumen“ die Teilprojekte „Prävention hitzebedingter Gesundheitsrisiken“[13] und „Rechtsfragen der Klimaanpassung in Nordhessen“,[14] der Klimaanpassungsmanager Energie, die Klimaanpassungsbeauftragte der Stadt Kassel, Verwaltungsvertreter der Stadt Kassel, Verantwortliche der Oskar-von-Miller-Schule sowie Vertreter der Firma Trox GmbH (Herstellung und Vertrieb von Komponenten und Systemen zur Belüftung und Klimatisierung von Räumen) beteiligt.

Um die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen der Umsetzung von technischen und nichttechnischen Maßnahmen zu erörtern und zu diskutieren, fanden zunächst mehrere verbundinterne Arbeitstreffen statt. Dabei wurde das Ziel der beispielhaften Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse dahingehend konkretisiert, dass entsprechende Maßnahmen in der Oskar-von-Miller-Schule in Kassel realisiert werden sollen. Im weiteren Verlauf der Kooperation wurden die nachfolgend dargestellten Maßnahmen zur Verbesserung des Raumklimas an der Oskar-von-Miller Schule während Hitzeperioden geplant:

- Einbau einer Lüftungsanlage mit einem Außenluftvolumenstrom von 25 m^3/h pro Person und integriertem Phasen- Wechsel-Material (PCM)
- Installation einer automatisch betriebenen Sonnenschutzvorrichtung
- Installation einer präsenz- und tageslichtabhängigen dimmbaren Beleuchtung

12 S. Kap. III: Maas, Schneider.
13 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
14 S. Kap. IV: Hafner, Roßnagel, Weidlich.

- Integration der Ergebnisse in die Lehrinhalte durch die angestrebte Zusammenarbeit zwischen der Universität Kassel und der Schule.

Im Zuluftkanal der Lüftungsanlage soll ein Latentwärmespeicher in Form eines PCMs eingebaut werden, um in Zeiten eines Überangebots Wärme aufzunehmen und diese zu einem späteren Zeitpunkt wieder abzugeben. Latente Wärme ist die Wärme, welche einem Medium entzogen werden muss, um einen Phasen-Wechsel zu bewirken.

Trotz der umfangreichen Abstimmungsnotwendigkeiten für die beabsichtigten Maßnahmen sowie der anfangs offenen Frage der Finanzierung der Maßnahmen konnte bezüglich des Umsetzungsverbundes Raumklima ein Erfolg verzeichnet werden. Die Schulleitung, die Lehrer und Lehrerinnen sowie der Hausmeister sind an der Durchführung der vorgeschlagenen Maßnahmen sehr interessiert. Die Firma Trox GmbH hat zugesagt, für die Untersuchung vier Schoolair Lüftungsgeräte zur Verfügung zu stellen. Zwei dieser Lüftungsgeräte werden mit PCM ausgestattet, um vergleichende Untersuchungen in zwei Klassenräumen zur Wirksamkeit des PCMs durchführen zu können. Seitens des Hochbauamtes der Stadt wurde ebenfalls die Zustimmung zum Einbau und zur Kostenübernahme in Aussicht gestellt. Die Lüftungsanlagen werden somit nach abschließender Klärung der Finanzierung voraussichtlich noch im Laufe des Jahres 2013 eingebaut.

Auch über die Umsetzung der Maßnahme hinaus wird die Kooperation zwischen den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen an der Universität und denen an der Oskar-von-Miller-Schule weiter bestehen: Die Auswertung zur Effizienz des PCMs wird unter anderem auch durch Projektarbeiten von Schülern und Schülerinnen der Oskar-von-Miller-Schule erfolgen. Die Installation von Messgeräten, um den Einfluss des PCMs messtechnisch nachprüfen zu können, ist in Abstimmung zwischen der Mitarbeiterin der Universität, dem Abteilungsleiter für Anlagen- und Versorgungstechnik sowie zwei Schülern der Oskar-von-Miller-Schule bereits erfolgt. Sobald die Anlagen installiert sind, werden die Schüler und Schülerinnen auch die Messungen in den Klassenzimmern durchführen. Weiterhin wurden Schulungsunterlagen und eine PowerPoint-Präsentation erstellt, die über das Projekt hinaus sowohl in der Schule als auch an der Universität eingesetzt werden.

Resümierend kann festgehalten werden, dass der Umsetzungsverbund Raumklima sich als geeignete Organisationsform zur Realisierung konkreter umsetzungsrelevanter Maßnahmen zur Klimaanpassung im Gebäudebereich erwiesen hat. Die enge Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Akteuren sowie die Zuhilfenahme der Kontakte im Netzwerk trugen wesentlich zur Entwicklung der beispielhaften Umsetzung der konkreten Maßnahmen bei. Schließlich wird das Ergebnis aus der Untersuchung zur Wirksamkeit des PCM in Lüftungsanlagen Aufschluss über die

Nutzung des Materials als neue Technologie zur Anpassung an den Klimawandel geben.

4.4 Klimaanpassung in der räumlichen Planung

Das Thema Klimaschutz und Klimawandel gewinnt vor dem Hintergrund der Diskussion um Nachhaltigkeit für die planerische Sicherung und Entwicklung der regionalen Siedlungsstruktur, der Freiraumstruktur und der Infrastruktur zukünftig immer mehr an Bedeutung.[15] Vor dem sich abzeichnenden Klimawandel wird eine vorausschauende Sicherung von Raumstrukturen unerlässlich, die nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern auch robust sind gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels.

Laut Deutscher Anpassungsstrategie (DAS) steht die räumliche Planung „am Anfang der Risikovermeidungskette, da sie räumliche Vorsorgekonzepte entwickeln, die Planungsdokumente hohe Bestandsdauer und rechtliche Verbindlichkeit besitzen…". Als Querschnittsthema der DAS ist sie ein Handlungsfeld, das zum einen hohe Relevanz für andere Sektoren hat, und das zum anderen die Beteiligung unterschiedlichster Akteursgruppen zur erfolgreichen Integration von Klimaanpassungsbelangen erfordert. Dies bezieht sich sowohl auf die Einbindung vielfältiger fachlicher Expertise, da die räumliche Planung den Rahmen für Aktivitäten in der Flächennutzung wie Forst- und Landortschaft, für Siedlungsentwicklung aber letztlich auch für Investitionsentscheidungen setzt, als auch auf die Antizipation politischer Rahmenbedingungen, da es sich bei einem Raumordnungsplan gleich welcher planerischen Ebene zwar zuallererst um das Ergebnis planungsfachlicher Arbeit, im Ergebnis aber auch immer um ein politisch beschlossenes Dokument handelt.

Mit der Novellierung des Raumordnungsgesetzes (ROG) im Jahr 2008 wurde der Rahmen gesetzt, die Raumordnungspläne im Zuge ihrer jeweiligen Neuaufstellung schrittweise um den Aspekt der Vorsorge für die räumlichen Erfordernisse der Anpassung an den Klimawandel zu ergänzen: „Den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen." (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 7 ROG).

Während für den Bereich Klimaschutz zu treffende Maßnahmen aufgeführt werden (Ausbau erneuerbarer Energien, sparsame Energienutzung, Erhalt und Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe) enthält das neue ROG für den Bereich der Klimaanpassung keine Hinweise auf bestimmte Maßnahmen.

---

[15] Die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Burck 2013.

Voraussetzung für die Einleitung von Anpassungsmaßnahmen ist eine Analyse der Exposition der Planungsregion gegenüber möglichen Klimaänderungen sowie die Ermittlung ihrer Vulnerabilität. Obgleich für die Planungsregion Nordhessen bis dato keine belastbaren, detaillierten Projektionen vorliegen, sind Klimatrends erkennbar: Bis Ende des 21. Jahrhunderts ist für Hessen ein Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur um 3.2°C zu erwarten. Auch wenn die jährliche Niederschlagsmenge in etwa gleich bleibt, wird sich die Niederschlagsverteilung verschieben. Während im Winter mehr Niederschlag fallen wird, ist mit einer Zunahme von Trockenperioden im Sommer zu rechnen.[16]

Um das übergeordnete Ziel, zusätzlich zu den Aspekten des Klimaschutzes auch solche, die die Anpassung an den Klimawandel betreffen, im Regionalplan zu verankern, wurde im Rahmen der gemeinsamen Arbeiten von Angehörigen von Regierungspräsidium Kassel und Universität Kassel in KLIMZUG-Nordhessen der Umsetzungsverbund Klimaanpassung in der räumlichen Planung initiiert. An den Aktivitäten des Umsetzungsverbundes, die als Prozess zu sehen sind, in dem methodische Ansätze auf regionaler Ebene erprobt werden, sind neben dem Regierungspräsidium Kassel, insbesondere die Klimaanpassungsbeauftragte des Regierungspräsidiums Kassel, mehrere Fachgebiete der Universität Kassel, die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt sowie Fachleute aus den Verwaltungen der Landkreise beteiligt. Diese Kooperationsstruktur gewährleistet, dass sowohl die wissenschaftliche, die verwaltungstechnische und die regionale Perspektive, als auch neben der planerischen eine meteorologische und eine rechtswissenschaftliche Expertise sowie weitere Fachdisziplinen eingebunden werden.

Es wird der Ansatz verfolgt, auf Basis vorhandener Daten und Informationen und durch deren zielgerichtete Verknüpfung, Erkenntnisse zu gewinnen, aus denen sich Handlungsempfehlungen für die Planung ableiten lassen. Ziel dieses Vorgehens ist es, Argumente für die Notwendigkeit einer räumlichen Vorsorge gegenüber Klimarisiken zu sammeln, dabei die langfristigen Trends des Klimawandels zu berücksichtigen und dies zielgruppengerecht für die relevanten Entscheidungsträger aufzubereiten. Hierfür ist eine Formulierung von umsetzungs- und handlungsorientierten Empfehlungen für eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels beabsichtigt. Auf dieser Basis soll dann die Regionalversammlung Nordhessen mögliche raumbedeutsame Folgen des Klimawandels in Nordhessen bei der Erarbeitung und der Entscheidung über den neuen Regionalplan berücksichtigen können.

[16] www.regionaler-klimaatlas.de.

Die umsetzungs- und handlungsorientierten Empfehlungen basieren auf der Verschneidung von Daten, die im Rahmen des KLIMZUG-Nordhessen-Projektes entstanden sind, mit bereits vorhandenen Daten beispielsweise aus dem Regionalplan Nordhessen. So lässt sich etwa die standörtliche Sensitivität land- und forstwirtschaftlicher Flächen anhand der Verschneidung des Wasserspeichervermögens des Bodens mit der klimatischen Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung) bewerten. In der kartographischen Darstellung lassen sich somit die landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Flächen erfassen, die zukünftig mit einem angespannten Wasserhaushalt konfrontiert sein werden. Diese Methode ermöglicht nicht nur eine transparente Darstellung von Risikogebieten, in gleicher Weise lassen sich auch robuste Standorte ermitteln. Einschätzungen und Charakterisierungen von Fachleuten aus Verwaltung und Wissenschaft werden ebenfalls einbezogen.

Der Aspekt des Klimawandels wird vor dem Hintergrund der Diskussion um Nachhaltigkeit im Rahmen der planerischen Sicherung und Entwicklung der regionalen Siedlungsstruktur (Wohn-, Arbeits- und Freizeitstätten), der Freiraumstruktur (Forstwirtschaft, Landwirtschaft, etc.) und der Infrastruktur (Verkehr, Regenerative Energieerzeugung) in zunehmendem Maße an Bedeutung gewinnen. Daher ist es wichtig, basierend auf den projizierten klimatischen Veränderungen vulnerable räumliche Bereiche zu identifizieren. Dies gilt insbesondere für eine Temperaturerhöhung (Hitzebelastung), die Änderungen des Niederschlagregimes (sommerlicher Defizite im Wasserdargebot, Starkregenereignisse, Hochwasser) und der Stürme sowie den damit verbundenen zukünftigen Flächennutzungskonkurrenzen. Aus diesen handlungsbezogenen Informationen kann dann abgeleitet werden, wie in der Fläche über den Regionalplan darauf reagiert werden kann. Schließlich wird ein konkreter Vorschlag für die Politik erarbeitet (No-regret-Maßnahmen, vorsorgeprinzipbasierte Maßnahmen), der möglichst konkrete textliche Aussagen (Ziele, Grundsätze, Begründungen) und thematische Karten enthält. Durch dieses interdisziplinäre Vorgehen bei der Bearbeitung klimaanpassungsrelevanter Inhalte und deren frühzeitiger Diskussion mit Fachkolleginnen und -kollegen kann der Regionalversammlung als Gremium der regionalen Politik optimal zugearbeitet werden. Die Regionalversammlung beschließt den Regionalplan und ist aufgrund der in der Regionalplanung recht langen Fortschreibungszyklen auf eine möglichst frühzeitige fachlich fundierte Integration von klimawandelinduzierten Fragestellungen in den Plan angewiesen. Ferner können die Erkenntnisse in der Planumweltprüfung (Umweltbericht) Berücksichtigung finden.

4.5 Umwelt- und klimabewusster Tourismus

Eine zentrale Erkenntnis des touristischen Forschungs- und des Umsetzungsprozesses bereits zu Beginn des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen ist, das sich viele Tourismusakteure in der Region Nordhessen deutlich reserviert und abwartend im Hinblick auf die Notwendigkeit und die Chancen von Klimaanpassungsmaßnahmen zeigten.[17] Zwar wurden in den zu erwartenden langfristigen Änderungen der klimatischen Verhältnisse durchaus Chancen gesehen, so zum Beispiel eine möglicherweise gesteigerte Attraktivität deutscher Mittelgebirgsregionen gegenüber den teils heute schon unter Wärmeextremen leidenden Mittelmeerdestinationen, unmittelbare Risiken für die eigene Destination beziehungsweise für eigene touristische Angebote oder Infrastrukturen sahen die nordhessischen touristischen Leistungsträger hingegen kaum bis gar nicht. Der Begriff Klimaanpassung erschien für die touristische Praxis abstrakt und es bestand Bedarf an konkreten Aussagen zu regionalen Veränderungen und Empfehlungen zu ökonomisch sinnvollen Reaktionsmöglichkeiten.

Als Herausforderung zeigten sich insbesondere die unterschiedlichen zeitlichen Perspektiven von Klimaszenarien und touristischer Planung. Langfristige touristische Planungen beziehen sich selten auf eine längere Zeitspanne als fünf bis zehn Jahre. Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen ist den Akteuren der Branche dagegen nicht fremd, denn schnell wechselnde Trends erfordern eine ständige Anpassung der touristischen Angebote, um den Gästewünschen zu entsprechen.

Die Folgen des Klimawandels wirken in zweifacher Weise auf den regionalen Tourismus ein:

- Als direkte klimawandelinduzierte Wirkungen haben bezogen auf die regionalen Klimaveränderungen bis zum Jahr 2030 insbesondere eine Zunahme des Auftretens von Wetterextremen und eine zunehmende Klimavariabilität Auswirkungen auf den Tourismusbereich. Die Anfälligkeit von wetterabhängigen Freizeitaktivitäten sowie die steigende Planungsunsicherheit, die aus diesen Entwicklungen resultieren, definieren keine neuen Rahmenbedingungen für den Tourismus, verstärken aber bestehende Handlungserfordernisse.
- Eher indirekt haben gesellschaftliche Reaktionen auf den globalen Klimawandel Auswirkungen auf die nordhessische Destination. So definieren etwa veränderte Konsum- und Reisegewohnheiten der Zielgruppen neue

[17] Die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Hahne, Schulte 2013.

> Anforderungen an touristische Unternehmen und Destinationen. Steigende Kosten für Energie und Mobilität sowie ein zunehmendes Umweltbewusstsein in der Bevölkerung verstärken den Bedarf an ökologisch verantwortlichen Tourismusangeboten.

In der weiteren Zusammenarbeit haben die Tourismusteilprojekte des Verbundes KLIMZUG-Nordhessen aufgrund der schwierigen Sensibilisierungssituation der touristischen Leistungsträger gegenüber direkten Auswirkungen des Klimawandels in Nordhessen und vor der Hintergrund der heute schon spürbar veränderten Reise- und Konsumgewohnheiten der Touristen beschlossen, sich im Rahmen eines neuen Umsetzungsverbundes stärker mit den oben genannten indirekten Wirkungen zu befassen. Zudem stellte sich rasch heraus, dass sich die Tourismusdestination GrimmHeimat NordHessen längst mitten in einem Anpassungsprozess an diese Wirkungen befindet. Viele Anbieter der Region realisieren Energieeffizienzmaßnahmen und gehen auf die wachsenden Zielgruppen der naturbezogenen Erholungssuchenden (Wandern, Radwandern, etc.) ein, etliche sind in zielgruppenspezifischen, umweltorientierten Angebotsverbänden organisiert (Viabono, Biohotels etc.).

Ziel des Umsetzungsverbundes umwelt- in klimabewusster Toursimus war es, die regionalen Akteure zum Thema klimafreundlicher Tourismus zu informieren und zu sensibilisieren. Die Kombinationsmöglichkeiten mit Angeboten des Naturtourismus wurden dabei hervorgehoben. Insbesondere die Vermarktungschancen durch eine auf konkrete Zielgruppen abgestimmte Angebotsentwicklung wurden vermittelt. Die thematische Zusammenarbeit und Vernetzung (auch mit Akteuren außerhalb des bereits bestehenden touristischen Netzwerkes) wurde zudem angeregt werden, da sich die Tourismusdestination GrimmHeimat NordHessen nur durch ein gemeinsames Engagement als klimafreundlich profilieren kann. Über ein solches Engagement bzw. die damit verbundene Neuausrichtung der Angebote an die Gäste der Destination können schon frühzeitig mit dem klimawandel verbundene Chancen für die nordhessische Tourismuswirtschaft nutzbar gemacht werden und zugleich ein informatorischer Grundstock für längerfristig auch notwendig werdende Klimaanpassungsmaßnahmen bei den Kooperationspartnern gelegt werden.

Die genannten Ziele wurden durch die touristischen Teilprojekte gemäß ihrem Zuschnitt mit Blick auf die gesamte Tourismusdestination verfolgt. Allerdings konzentrierten sich die Aktivitäten im Rahmen des neuen Umsetzungsverbundes vor allem auf den Werra-Meißner-Kreis. Hierbei erfolgte eine enge Kooperation zwischen der Universität Kassel, dem Regionalmanagement Nordhessen, der Werratal Tourismus Marketing GmbH und der Werratal Energie- und Umweltgesellschaft mbH unter Einbeziehung zahlreicher touristischer Leistungsträger aus

der Region. Von Oktober 2012 bis April 2013 wurden die Gastgeber und Gastgeberinnen unter dem Motto Umwelt- und klimabewusster Tourismus im Werratal über verschiedene Bausteine und Gestaltungsmöglichkeiten eines klimafreundlichen Tourismusangebots informiert. Der Einstieg gelang über das Thema Energieeffizienz im Gastgewerbe.

Neben dem Versand eines Informationsflyers an 300 durch die örtlichen Tourist-Informationen benannte Gastgeber und Gastgeberinnen fand im November 2012 in Eschwege eine Informationsveranstaltung statt. Hierbei wurden regionale Praxisbeispiele von touristischen Unternehmen vorgestellt und unter anderem durch einen Energieberater Möglichkeiten zur Optimierung des betrieblichen Energiebedarfs aufgezeigt. Als Vorteile wurden die Möglichkeiten zur Kostenreduktion sowie die sich ergebenden Einsatzmöglichkeiten im Marketing herausgestellt.

Als Information für die Tourismuspartner entstand auf der Internetseite der Werratal Tourismus Marketing GmbH die Themenseite Energieeffizienz. Im Frühjahr 2013 erfolgte der Versand von Informationsflyern zu den Themen Mobilität, NaturErleben und Marketing. Den Abschluss der Initiative bildete eine Aktion am Nationalen Tag der Erneuerbaren Energien am 27. April 2013, bei der touristische Betriebe vor Ort über energieeffizientes Bauen und eine umweltbewusste Unternehmensphilosophie informiert.

Das Regionalmanagement Nordhessen führt seit Anfang 2012 weitere Workshops und Veranstaltungen durch, um die themenbezogene Zusammenarbeit und Vernetzung anzuregen. Gemeinsam mit dem Grone-Bildungszentrum Kassel wurde im Juni 2012 der Workshop „Sanfter Tourismus: Impulse setzen – Natur erleben“ durchgeführt, bei dem konkrete Möglichkeiten zur Gestaltung von Angeboten diskutiert wurden. Das Thema Naturtourismus wird in enger Zusammenarbeit mit Vertretern der regionalen Naturparke in verschiedenen Veranstaltungsformaten auch mit Bezug auf die Bedeutung von umweltbewussten Reiseangeboten weiterentwickelt.

Gemeinsam erarbeiten die Projektpartner von der Universität Kassel und dem Regionalmanagement Nordhessen eine Broschüre, die Anregungen zur Gestaltung eines umwelt- und klimabewussten Tourismusangebots bietet. Zielgruppe sind Kommunen und touristische Arbeitsgemeinschaften, die als Multiplikatoren die örtlichen Unternehmen bei der Entwicklung von klimafreundlichen touristischen Angeboten unterstützen. Auf der Internetseite www.grimmheimat.de wird die Themenseite „Klimafreundliche Destination“ entstehen, durch die sowohl Gäste als auch regionale Tourismusakteure auf die bestehenden klimafreundlichen Angebote aufmerksam gemacht werden.

Die aufgezeigten Aktivitäten sind ein Impuls für eine langfristige Entwicklung. Die entstandene Vernetzung und der Informationsaustausch bieten gute Voraussetzungen, um die Thematik langfristig in die Strategie der Tourismusdestination zu integrieren. Entscheidend für den Erfolg ist auch zukünftig das Interesse und Engagement der lokalen Tourismusunternehmen sowie die Unterstützung eines gemeinsamen Weges durch Politik und Verwaltung.

4.6 Öffentlicher Personennahverkehr

Bei ungünstigen und extremen Wetterlagen wie zum Beispiel Sturm, Starkregen oder Hitze entstehen bereits heute erhebliche Beeinträchtigungen des Verkehrs, die den gesamten Personenverkehr betreffen.[18] Die prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen aufgrund des Klimawandels deutet auf eine Verschärfung dieser Probleme hin. Vor diesem Hintergrund untersuchte das Teilprojekt „Anpassungsstrategien im Personenverkehr, besonders im Ausbildungs- und Berufsverkehr“[19] zum einen den Einfluss von (Extrem-)Wetterlagen auf das Verkehrsverhalten im Personenverkehr und zum anderen die Vulnerabilität der Verkehrsinfrastruktur in Nordhessen.

Die Untersuchungen des Teilprojektes führten zu folgenden wesentlichen Erkenntnissen:

- Ausbildungs- und Berufswege weisen im Vergleich zu Freizeitwegen eine geringere Wetterabhängigkeit auf.
- Besonders ältere Menschen sind durch Extremwetterereignisse in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität beeinträchtigt.
- Der Klimawandel begünstigt eine Stärkung des motorisierten Individualverkehrs.
- Der deutlichste Einfluss von Extremwetterereignissen liegt beim Fahrradverkehr vor.
- Es besteht insbesondere beim öffentlichen Nahverkehr Handlungsbedarf im Rahmen der Klimaanpassung.
- Windbruch und Windwurf sind die häufigste Ursache für Störungen und Netzausfälle, sowohl im Bereich der Straßen als auch im Eisenbahnverkehr.
- Überflutungen treten gelegentlich bei Landstraßen und Flussradwegen auf, selten im Schienennetz.
- Häufige Frost-Tau-Wechsel im Winter schädigen Straßenbelag erheblich.

---

[18] Die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Röhrig 2012.

[19] S. Kap. III: Holzapfel, Röhrig.

Ausgehend von den genannten Erkenntnissen wurde das Ziel formuliert erstens exemplarisch eine klimaangepasste Nachrüstung an zwei Haltestellenanlagen durchzuführen, zweitens die Forschungsergebnisse und die vielfältigen Umsetzungsmöglichkeiten zu verbreiten und drittens die geschaffenen Netzwerkstrukturen zu intensivieren, damit die Klimaanpassung im Personenverkehr in Nordhessen zukünftig eine weitere Berücksichtigung erfährt.

Bei der Befragung der Verkehrsteilnehmer in Nordhessen wurde deutlich, dass insbesondere die Informationsübermittlung, die Temperaturregulierung in den Fahrzeugen sowie der Wetterschutz an Haltestellenanlagen Schwerpunkte notwendiger Klimaanpassungsmaßnahmen im Öffentlichen Personenverkehr bilden müssen. Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, an zwei Haltestellen in der Stadt Eschwege an den mit Glas bedachten Wartepavillons einen Sonnenschutz zu installieren, um Kunden an zukünftig häufiger auftretenden, sehr heißen Tagen vor der direkten Sonneneinstrahlung zu schützen.

Die Konzeption und Umsetzung dieser exemplarischen Maßnahme erfolgte in Abstimmung und mit der Unterstützung des Nordhessischen Verkehrsverbundes NVV, der Nahverkehr Werra-Meißner GmbH, der Klimaanpassungsbeauftragten des Werra-Meißner-Kreises, der Stadt Eschwege sowie der Firma ProtectES-Solar. In Folge der Nachrüstung der Haltestellen in Eschwege wurden diese im Juli 2012 im Rahmen eines prominenten Pressetermins vorgestellt und über lokale Medien bekannt gemacht. Dies hat dazu beigetragen, dass im Laufe der Projektzeit weitere Haltestellen in Bad Wildungen sowie in der Stadt Kassel klimaangepasst (um-) gestaltet wurden.

Zur Verbreitung der Ergebnisse und Anpassungsmöglichkeiten des Teilprojektes „Öffentlicher Personenverkehr“ wurden diese beispielsweise im Verkehrsausschuss der Stadt Kassel, in einer Magistratssitzung der Stadt Bad Wildungen sowie bei diversen Kongressen vorgestellt und diskutiert.

Die Erweiterung und Verstetigung der regionalen Netzwerkstrukturen wurde durch die Überführung der Begleitgruppe in eine Arbeitsgruppe des Mobilitätsnetzwerkes mowin.net, sowie durch die Erweiterung dieser Gruppe um weitere Behördenvertreter und Behördenvertreterinnen umgesetzt. Die Arbeitsgruppe hat sich konstituiert und es ist vorgesehen, aus dieser heraus gemeinsame Anschlussvorhaben zu entwickeln und umzusetzen.

Schließlich wurden die Empfehlungen zum Wetterschutz und zur Ausstattung von Haltestellen in die neue Richtlinie zur Förderung von Haltestellen von Hessen Mobil aufgenommen, so dass die Folgen des Klimawandels zukünftig mehr Aufmerksamkeit bekommen werden.

4.7 Klimaangepasst: Versorgung von Pflegebedürftigen

Der Anteil alter Menschen an der Gesamtbevölkerung wird in den kommenden Jahrzehnten dramatisch wachsen, damit auch der Anteil pflegebedürftiger Personen. Für geografisch große Teile Nordhessens ist ein allgemeiner Bevölkerungsrückgang prognostiziert.[20] Zudem ist ein Rückgang an professioneller Pflegekapazität zu erwarten, aufgrund der Veränderung familialer Strukturen auch ein weiterer Rückgang der familialen Pflegekapazität. Diese Entwicklungen sind unter dem Aspekt des Klimawandels und der Dramatik, die einige der projizierten Klimawandelfolgen (Hitzewellen, Unwetter, Stürme, Überschwemmungen) für die Gesundheit und Gesundheitsversorgung empfindlicher und empfindsamer Bevölkerungsgruppen haben, eine große Herausforderung. Gerade ältere Personen mit gesundheitlich eingeschränkter Anpassungsfähigkeit (v.a. Pflegebedürftige) sind durch Wetterereignisse besonders gefährdet. Sie tragen das höchste Gesundheitsrisiko. Dies gilt in besonderem Maße dann, wenn notwendige Pflegeleistungen nicht im erforderlichen Zeitrahmen erbracht werden können. Die Anforderungen an Pflegedienste, Tätige im Gesundheitswesen sowie an Laien bzw. berufsfremde Helfer steigen: Auch bei – häufiger werdenden – (Un-)Wetterereignissen muss die Pflegeversorgung in ländlichen Regionen sichergestellt werden. Strategien von ambulanten Diensten im Umgang mit extremen Witterungsbedingungen sowie gegenwärtiger und künftiger Handlungsbedarf war bislang nicht systematisch erfasst. Das Handeln im Notfall erfolgte situativ. Es existierten keine Notfallpläne.

Allerdings verstehen die Leitungen sowie die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Pflegediensten Wetterereignisse und deren verändertes Auftreten in Folge des Klimawandels bisher nicht per se als relevantes Thema für ihren Arbeitsalltag. Die Relevanz der „Klimaanpassung" bzw. der Prävention von klimabedingten Gesundheitsgefährdungen wird folglich als gering eingestuft. Hinzu kommt, dass Pflegedienste als oftmals privatwirtschaftliche Unternehmen abwägen, in welche Vorhaben sie Geld und die Zeit ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter investieren. Die Erreichung der oben benannten Ziele setzte daher eine umfassende Sensibilisierung der Zielgruppen voraus. Zudem musste sichergestellt werden, dass die entwickelten Maßnahmen so attraktiv konzipiert sind, dass sie von Pflegediensten auch umgesetzt werden. Diesen Anforderungen entspricht das Konzept des Qualitätssiegels „Klimaangepasst", das vom Teilprojekt „Qualifizierung zur Anpassung im Gesundheitswesen" in Zusammenarbeit mit dem gesundheitswissenschaftlichen Teilprojekt der Hochschule Fulda und weiteren Kooperationspartnern entwickelt wurde. Es definiert Qualitätsstandards für die pflegerische Versorgung und

[20] Die folgende Darstellung beruht in wesentlichen Teilen auf Neuschäfer, Henschke 2012.

die Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ebenso wie Maßnahmen zur Optimierung arbeitsorganisatorischer Belange und bescheinigt deren Umsetzung mit einem Zertifikat. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Führung des Qualitätssiegels für Pflegedienste einen Wettbewerbsvorteil und damit einen Anreiz darstellt, die definierten Maßnahmen in die Arbeitspraxis zu implementieren.

Die Konzeption des Qualitätssiegels stellt gegenüber den im Antrag des Teilprojekts vorgesehenen Lehr- und Lernmodulen zur Klimaanpassung im Gesundheitswesen eine Weiterentwicklung dar. Diese entstand auf Grundlage der inter- und transdisziplinären Kooperation im KLIMZUG-Nordhessen-Verbund, wobei neben Ergebnissen der Gesundheitswissenschaftler und Gesundheitswissenschaftlerinnen Impulse der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Handlungsfeldern Verkehr (Expertise zur Mobilität im Fall von Unwettern und damit zur Erreichbarkeit von Pflegebedürftigen im Fall von eingeschränkter Nutzbarkeit des Straßennetzes) und Raumklima (Beratung zu Raumklima und Wohlbefinden) gezielt einbezogen wurden.

Auf dieser Grundlage wurden relevante Kompetenzstandards für das Qualitätssiegel, die in der Pflegeversorgung berücksichtigt werden müssen, formuliert. Durch die Kooperation mit der Klimaanpassungsbeauftragten des Landkreises Waldeck-Frankenberg wurde erreicht, dass die Integration von Klimaanpassungsaspekten im Aktionskonzept „Zukunftsregion Waldeck-Frankenberg – Klimawandel als Herausforderung und Chance“ Berücksichtigung findet. Der Landkreis Waldeck-Frankenberg führt in seinem Leitbild den Klimawandel explizit auf und möchte diesem begegnen, so dass eine Kooperation hinsichtlich des Qualitätssiegels begrüßt wurde. Mit diesem Ereignis wird das Anliegen des Umsetzungsverbundes im Landkreis Waldeck-Frankenberg von offizieller Seite auf die Tagesordnung gesetzt, was hinsichtlich der Etablierung der Auseinandersetzung (Pflegedienste, Verwaltungen, Politik) mit Klimawandelfolgen bei der pflegerischen Versorgung im speziellen und im Gesundheitssektor im Allgemeinen von Bedeutung ist. Ferner unterstützt und befördert die Benennung im Aktionskonzept die Aktivitäten zur Sensibilisierung der Bevölkerung (zu Pflegende, deren Angehörige, nichtqualifizierte Helfer) und der relevanten Professionen.

Von wesentlichem Nutzen für das Vorhaben waren die Kooperationen mit verbundexternen Partnern im Landkreis Waldeck-Frankenberg, in dem die pilothafte Umsetzung des Qualitätssiegels durchgeführt wurde. 2012 wurden die bestehen Kontakte zielgerichtet entwickelt. So wurde der Kontakt zu der Klimaanpassungsbeauftragten, dem Frauenbüro (Bildungsangebote für Frauen) sowie zu dem Dezernatsleiter, der für Katastrophenschutz und somit auch für Blockaden der Verkehrswege zuständig ist, vertieft. Ferner wurden die bestehenden Kontakte zu

diversen Vertreterinnen und Vertretern des Gesundheitssektors und der regionalen Verwaltung erfolgreich ausgebaut. Zudem waren die vielfältigen Arbeitsbeziehungen mit einschlägigen Sozial- und Seniorenvereinigungen hilfreich bei der Platzierung des Themas Klimawandel und Gesundheitsversorgung in der Öffentlichkeit. Von besonderer Bedeutung war der Kontakt zu der Diakonie Sozialstation, die als Pilot für die Implementierung des Qualitätssiegels fungierte. Die Implementierung des Qualitätssiegels lief im Frühjahr 2012 an und war im Herbst 2012 weitgehend abgeschlossen.

Parallel zum Implementationsprozess im Unternehmen wurden die Lehrinhalte für die Schulungen in Kooperation mit der Hochschule weiterentwickelt. Diese liegen zum Projektende vor und können neben dem originären Verwendungszweck in weiteren Bereichen der Gesundheitsbildung im thematischen Kontext genutzt werden. In dem im Frühjahr 2013 fertig gestellten Handbuch zur Implementierung des Qualitätssiegels sind die Qualitätskriterien beschrieben. Es steht – ebenso wie die Lehrbriefe – für Vergabestellen sowie für interessierte Pflegeversorger zur Verfügung. Für die Evaluation des Qualitätssiegels wurde ebenfalls ein partizipatorisches Verfahren gewählt, um Netzwerkpartner einzubinden und eine Nachhaltigkeitsstrategie zu entwickeln, die entsprechende Bedarfe und Restriktionen berücksichtigt.

4.8 Nachbarschaftshilfe zur Versorgung von Bedürftigen

Auch der Umsetzungsverbund Nachbarschaftshilfe hat seinen Ausgangspunkt an der Schnittstelle von Merkmalen des demographischen Wandels und des Klimawandels in einer dünn besiedelten Region.[21] Hier ist der Ausgangspunkt das Szenario einer längeren Unterbrechung der Versorgung einer Ortschaft. Leitend ist die Fragestellung: Wer versorgt zu Pflegende die daheim leben, wenn aufgrund von Extremwetterereignissen Verkehrswege blockiert sind und der Pflegedienst einen Kunden nicht erreichen kann? Welche Hilfsstrukturen können greifen, wenn zudem Unterstützung von Familienangehörigen nicht verfügbar ist und Hilfesysteme der Kommunen in Krisensituationen an Grenzen stoßen? Unterbrechungen der Versorgung von Pflegebedürftigen werden dann kritisch, wenn die Versorgung aus gesundheitlichen oder ethischen Gründen zeitgerecht erbracht werden muss. Entsprechend ist die Dringlichkeit, die unterbrochene Hilfeleistung zu substituieren. Bei ärztlichen Routineuntersuchungen ist dies weniger gegeben; bei der Unterbrechung von Nahrungsaufnahme oder der therapeutischen oder pflegerischen Versorgung (z.B. Dialyse, Lagern des Patienten) ist sie hoch relevant. Diesem

[21] Die folgende Darstellung des Umsetzungsverbundes beruht in wesentlichen Teilen auf Ungewickel, Henschke 2012.

Krisenszenario wird von den Beteiligten des Umsetzungsverbundes Nachbarschaftshilfe vorausschauend eine Versorgungsstruktur in der Kommune entgegengesetzt. Diese soll in der Lage sein, beim Ausbleiben professioneller Hilfe die Versorgung von Bedürftigen zu sichern, bis das eigentliche Hilfesystem wieder greift.

Um dieses Ziel zu erreichen und exemplarisch umzusetzen, wurde das Konzept Nachbarschaftshilfe von der Regionalmanagement Nordhessen GmbH auf Grundlage der Erkenntnisse des gesundheitswissenschaftlichen Teilprojektes zur Klimaanpassung in überalternden Regionen entwickelt. Dieses sieht vor, im Rahmen eines Fokusmeetings in ausgewählten Landkreisen die bestehenden Grenzen der Versorgung von Bedürftigen im Katastrophenfall durch staatliche Institutionen zu ermitteln. Ausgehend von der identifizierten Versorgungslücke und unter Berücksichtigung bereits bestehender Kompensationsansätze durch private Initiativen sind Bedarfe zu definieren. Diese fließen in die Konzeption eines nachbarschaftlichen Hilfesystems ein. Planübungen, die in Orten mit geringer Infrastruktur durchgeführt werden, bilden die Erfahrungs- und Kenntnisgrundlage für die Entwicklung und Erprobung eines Handbuchs, in dem das Nachbarschaftshilfekonzept dargestellt wird. Es zielt darauf ab, losgelöst vom Einzelfall auch in anderen betroffenen Kommunen geregelte Strukturen der Nachbarschaftshilfe zu schaffen.

Als Projektregion wurden gemeinsam mit dem gesundheitswissenschaftlichen Teilprojekt[22] und den Klimaanpassungsbeauftragten zwei Landkreise in Nordhessen ausgewählt, die in der Empirie-Phase als besonders betroffen identifiziert wurden. Beide, der Landkreis Werra-Meißner-Kreis und der Landkreis Waldeck-Frankenberg sind bereits heute vergleichsweise dünn besiedelt und demographischer Wandel und Wandel der Bevölkerungsstruktur sind erkannte und bearbeitete Problemfelder, auch im Kontext der Versorgung alter und pflegebedürftiger Menschen. Bei beiden liegen aus der Vergangenheit bereits Erfahrungen mit Wetterextremereignissen wie Stürmen und Starkregen vor und mit einer Zunahme solcher Ereignisse ist künftig zu rechnen.

Bei der Vorbereitung und Durchführung des ersten Fokusmeetings im Oktober 2012 im Werra-Meißner-Kreis unterstützte die ortsansässige Klimaanpassungsbeauftragte das Vorhaben bei der Auswahl und Ansprache der geeigneten Experten aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Das rechtswissenschaftliche Teilprojekt der Universität Kassel befasste sich in einem Gutachten neben den Rechtsgrundlagen für das Vorhaben mit Haftungsfragen privater Pflegeleistungen im Krisenfall und trug damit in einer Schlüsselfrage zur Lösung bei. Im Fokusmeeting wurde das Problemverständnis für nach Sach- und Fachverstand nicht geregelte Notfallvorsorge in Kri-

22 S. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.

sensituationen bezüglich pflege- und betreuungsbedürftiger Personen hergestellt und das Konzept Planübung diskutiert. Im Zentrum stand dabei die Frage nach den bestehenden Möglichkeiten und Grenzen der Versorgung von Bedürftigen im Katastrophenfall durch staatliche Institutionen. Ausgehend von der identifizierten Versorgungslücke und unter Berücksichtigung bereits bestehender Kompensationsansätze durch private Initiativen wurden gemeinsam Bedarfe ermittelt.

Die Auswahl eines Ortes mit geringer Infrastruktur für die Planübung wurde zusammen mit den Beteiligten des Fokusmeetings vorgenommen. Ein Ort mit rund 250 Einwohnern an der Grenze zu Thüringen entsprach den in vorangegangenen Strategiesitzungen mit Experten entwickelten Kriterien. Der Ort, der nur über zwei Straßen zu erreichen ist, die durch teilweise sehr steiles und bewaldetes Gebiet führen, wurde für die Planübung ausgewählt. Der nächste Ort der Gemeinde ist etwa 4 km, die nächstgelegene ärztliche Versorgung und Einkaufsmöglichkeiten sind rund 10 km entfernt. Das Teilprojekt organisierte im November 2012 in Absprache mit dem dortigen Bürgermeister, den ortsansässigen Vertretern von Behörden, der ambulanten Pflege, Vereine/Verbände, der evangelischen Kirche und den Katastrophenschutz-Experten die Planbesprechung/Planübung, bei der die Versorgungslücken bei wachsender Gefahr durch Wetterextreme mit ganzheitlichem Ansatz und Betrachtung der kritischen Infrastruktur analysiert wurden. Ferner wurden anhand des Risikoszenarios Lösungsmöglichkeiten diskutiert und Maßnahmen zur Entwicklung eines systematischen nachbarschaftlichen Hilfesystems entwickelt.

Insgesamt bestätigt die positive Resonanz der relevanten Akteure aus den Strategiesitzungen die Machbarkeit der gewählten Umsetzungsstrategie. Zum Transfer wurde ein Leitfaden als Basis für die Übertragbarkeit in andere Regionen entwickelt. Seitens der an dem Vorhaben beteiligten Experten aus der Verwaltung und der Politik wurde das Vorhaben ausdrücklich begrüßt und unterstützt. Die Relevanz und der Problemlösungsbeitrag werden als hoch eingeschätzt. Dies gilt insbesondere, da mit einer systematischen Nachbarschaftshilfe die Gefahrenabwehrbehörden unterstützt und die Bevölkerung und gesellschaftliche Gruppen hinsichtlich des heute und künftig wichtigen Themas informiert, sensibilisiert und befähigt werden. Ferner wird dem Vorhaben Leuchtturmcharakter zugesprochen - im Sinne einer umfassenden und vorausschauenden Fürsorge für besonders verletzliche Personengruppen. Die hohe Relevanz des Themas und die Berührung aktueller, drängender Fragen wurden durch das überregionale mediale Echo deutlich, das in Folge der Aktivitäten zur Nachbarschaftshilfe ausgelöst wurde. Klimaanpassung im Kontext Gesundheitsvorsorge in entlegenen Regionen in Zeiten des demographischen Wandels rührt an ein sensibles, zunehmend aktuelles und bislang unzureichend bearbeitetes Thema.

4.9 Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren

In Folge des Klimawandels ist mit einer weiteren Ausbreitung bakterieller Infektionskrankheiten zu rechnen, die durch Mücken und Zecken auf den Menschen übertragen werden könnten.[23] Zu diesen Krankheiten gehören die Borreliose und die Frühsommermeningoenzephalitis (FSME). In den letzten Jahrzehnten hat sich die Durchseuchungsrate der Zecken mit dem Borrelioseerreger erhöht und die Viruserkrankung FSME ist über Zecken von Süddeutschland weiter nach Norden getragen worden.

Mangelnde Erkenntnisse über die Verbreitung von Vektoren und ihre Erregerlast erschweren die Kalkulation der mit dem Klimawandel einhergehenden neuen Infektionsrisiken. Dieses Defizit ist durchaus von Bedeutung, da der Gesundheitssektor in Deutschland aufgrund der begrenzten Anpassungsmöglichkeiten als vulnerabel eingestuft wurde. Damit könnte eine adäquate Risikocharakterisierung, eine Risikokommunikation und eine zielgerichtete Vorbereitung der Bevölkerung auf notwendige Verhaltensänderungen im Zusammenhang mit zukünftigen Gefährdungen durch vektorassoziierte Infektionskrankheiten verzögert werden.

Das Projekt trägt dazu bei, Bürgerinnen und Bürger zu Wissensmultiplikatoren zu machen, die bei sich und im Familien- und Bekanntenkreis eine nachhaltige Verhaltensprävention bewirken können. Außerdem hilft MüZe, die Tier- und Erregerlast von definierten Arealen zu bestimmen und damit potentielle „Hochrisikogebiete" zu identifizieren, die durch einen hohen Prozentsatz von Virus-haltigen Zecken gekennzeichnet sind. Das Projekt MüZe ist ferner eine primärpräventiv ausgerichtete Studie, bei der die Bevölkerung in Feldforschung eingebunden ist, um ein Warnsystem für Borreliose- oder FSME-übertragende Zecken und die asiatische Tigermücke zu entwickeln.

Der zentrale Bestandteil des MüZe-Vorhabens ist die Implementierung eines nordhessischen Überwachungs- und Warnsystems, das auch in ein Netzwerk von Wissenschaftlern, Medizinern und öffentlichen Verwaltungen eingebettet ist. Die von den Bürgerinnen und Bürgern gesammelten Zecken und Mücken werden nach einer DNA-/RNA-Extraktion in assoziierten mikrobiologischen Laboren auf ausgewählte Erreger untersucht, wie Borrelia burgdorferi, den FSME-Virus oder Anaplasma phagocytophilum. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in die Sammelregion übermittelt und könnten Grundlage für die Initiierung von verhaltenspräventiven Maßnahmen oder die Auszeichnung von Risikogebieten sein. Aufgrund des Anspruchs, dieses neuartige Warnsystem bevölkerungsgetra-

[23] Die folgende Darstellung beruht in wesentlichen Teilen auf Schlott, Gebhardt, Henschke 2012; s. auch Schlott, Gebhardt, 2011. S. zudem Kap. III: Schlott et al.

gen und nach der Projektlaufzeit selbsttragend zu gestalten, kommt einer umfassenden Vernetzungsaktivität, gezielter Öffentlichkeitsarbeit und der strategischen Aufnahme und Entwicklung tragfähiger Kooperationen während der gesamten Projektlaufzeit eine besondere Bedeutung zu. Während in der frühen Projektphase die Entwicklung von Schulungen für Sammlerinnen und Sammler und deren Organisation, Bewerbung und Durchführung, die Identifikation von Sammelarealen, die Durchführung der Sammlungen mitsamt der Organisation und Durchführung der bakteriologischen Untersuchungen sowie schließlich die Ausdehnung der Sammelareale Gegenstände dieser Vernetzungsaktivitäten und Kooperationen waren, traten gegen Ende der Projektlaufzeit Kooperationen in den Vordergrund, die für die Etablierung des Überwachungssystems und die Vorbereitung seiner Verstetigung von Bedeutung waren.

Neben dem Teilprojekt MüZe sind aus dem Verbund KLIMZUG-Nordhessen maßgeblich die Klimaanpassungsbeauftragten der nordhessischen Landkreise sowie die Regionalmanagement Nordhessen GmbH in das Vorhaben eingebunden. Die Klimaanpassungsbeauftragten sind seit Projektbeginn wichtige Partner, die mit ihrer lokalen Expertise und mit gezielter Pressearbeit bei der Bewerbung der Schulungen und der Sammlungen sowie bei der Vernetzung mit weiteren einschlägigen Kooperationspartnern wesentlich zum Erfolg des Vorhabens beigetragen haben. Sie sind aufgrund ihrer dezentralen Verortung Anlaufstelle für die Kollegen des Projektes MüZe, der Bürgerinnen und Bürger sowie weiterer Netzwerkpartner vor Ort. Zur Verstetigung des Warnsystems über die Laufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus haben die Kolleginnen des Regionalmanagement Nordhessen in enger Zusammenarbeit mit den jeweils zuständigen Klimaanpassungsbeauftragten verschiedene Möglichkeiten sondiert, die potentielle Trägerschaft bei Institutionen und privatwirtschaftlichen Unternehmen in den Landkreisen geprüft und angebahnt. Zu diesem Zweck wurden mehrere Workshops zur Information und Sensibilisierung spezifischer Berufsgruppen durchgeführt (s.u.). Die während der gesamten Projektlaufzeit andauernde Kooperation dieser drei Teilprojekte wurde sachbezogen um verbundinterne Akteure erweitert. So wurde das Teilprojekt Regionalklimatologie bei der Auswahl der Sammelareale eingebunden, das rechtswissenschaftliche Teilprojekt zur Rechtsberatung bei Haftungsfragen im Kontext der Sammlungen und die Klimaanpassungsakademie bei der Konzeption, Durchführung und Evaluation von Schulungsveranstaltungen.

Neben den KLIMZUG-Nordhessen internen Kooperationen waren die Kooperationen mit externen Partnern für das Projekt von essentieller Bedeutung. Maßgeblich zu nennen ist hier die Zusammenarbeit mit den Sammlerinnen und Sammlern. Über die Jahre hinweg waren rund 70 Bürgerinnen und Bürger in der Projektregion an den Sammlungen beteiligt. Die Evaluationen von MüZe haben erge-

ben, dass ein häufiges Motiv für die Beteiligung ist, einen Beitrag zur Gesunderhaltung der nordhessischen Bevölkerung zu leisten und durch Prävention den Folgen beispielsweise einer akuten oder chronischen Borrelioseerkrankung vorzubeugen, ein weiteres das Interesse an biologischen Fragen, schließlich der Reiz des Unbekannten und „Heimtückischen". Hinzu kommen die Förster und Waldarbeiter, die sich in den 13 Revierförstereien des Forstamts Reinhardswald und in den Forstämtern Wehretal und Rotenburg an den Sammlungen beteiligen. Bei ihnen sind durch Zecken übertragene Krankheiten ein ernstzunehmendes Risiko. Seitens MüZe wurden diese Sammlerinnen und Sammler mit Hilfe von umfangreichem, während der Projektlaufzeit optimiertem Schulungsmaterial (von biologischen Grundlagen über Sammelmethodik bis hin zu Fragen der taxonomischen Bestimmung von Mücken) und diversen Seminaren auf ihre Tätigkeit vorbereitet. Das rund um die Sammelaktivitäten in der Stadt und dem Landkreis Kassel aufgebaute Netzwerk verdeutlicht exemplarisch für alle Sammelregionen die Vielseitigkeit der eingebundenen Akteure; beteiligt waren dort neben den Bürgerinnen und Bürgern die Obere Naturschutzbehörde am Regierungspräsidium, die Museumslandschaft Hessen Kassel, das Gesundheitsamt, Hessen Forst und die Selbsthilfegruppe Borreliose. In der Projektregion wurden über die Sammelperioden hinweg über 5.000 Zecken gesammelt.

Die Bindung der Sammlerinnen und Sammler und die Generierung von Aufmerksamkeit für das Thema und das Vorhaben wurden durch erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit und durch regelmäßige Veranstaltungen vor Ort gewährleistet. Allein 2010 wurde in der lokalen und regionalen Presse und im Fernsehen in über 30 Beiträgen über MüZe berichtet. Mit fortgeschrittener Projektlaufzeit wurde die Öffentlichkeitsarbeit der ersten Projektjahre, die eher breit orientiert war, durch gezielte PR-Arbeit in Zusammenarbeit mit dem Regionalmanagement intensiviert: Berichte über klimawandelbedingte Veränderungen der Durchseuchungsrate von Zecken mit Borrelia burgdorferi und FSME in Nordhessen und die Existenz von Stechmückenarten, die unter veränderten klimatischen Verhältnissen nichtendemische Krankheiten der Tropen übertragen können, sowie über die Möglichkeiten des bevölkerungsgetragenen Überwachungs- und Warnsystems für Zecken und Stechmücken wurden vor Beginn der Zeckensaison in Zeitungen und anderen Medien und in Knotenpunkten des nordhessischen Gesundheitssystems (Apotheken, Gesundheitsämtern, Kliniken, Praxen) gezielt platziert.

Bei der gegen Projektende eingegangenen Kooperation mit externen Partnern zur Vorbereitung der Verstetigung von MüZe in der Region wurde deutlich, dass die Fortführung des von der Bevölkerung getragenen Monitorings von Vektoren sowohl von einer umfassenden Anschlussfinanzierung zur Gewährleistung der mikrobiologischen Testung der Vektoren und der Einrichtung einer übergeordneten

Koordinationsstelle abhängig ist. Zur Verstetigung und Weiterentwicklung des MüZe-Ansatzes über die Laufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus ist vorgesehen, Bildungseinrichtungen der nordhessischen Landkreise in Folgeprojekten als strategische Partner noch stärker in die Sensibilisierung der Bevölkerung einzubinden.

5 Erkenntnisse und Erfahrungen

5.1 Umsetzungsverbünde als Instrument zur Bearbeitung transdisziplinärer Prozesse

Mit den Umsetzungsverbünden wurde der Ansatz verfolgt, regionalspezifische Lösungsansätze zu entwickeln, neue Erkenntnisse der Klimaanpassung zu berücksichtigen und integrierte Lösungen zu erarbeiten. An Beispielen sollte gezeigt werden, wie innovative Steuerungsinstrumente zur Anpassung an den Klimawandel nachhaltig umgesetzt und optimiert werden können. Zieht man nach über zwei Jahren Erfahrung mit dem Konzept der Umsetzungsverbünde Bilanz, sind mehrere Aspekte zu benennen, die das Instrument *Umsetzungsverbund* als gut geeignet für die Organisation der komplexen Abläufe in dem transdisziplinären Vorhaben KLIMZUG-Nordhessen erkennbar werden lassen.

Dabei sind zunächst Erträge bei der Organisation interner Prozesse der Zusammenarbeit zu benennen. Im Verbund KLIMZUG-Nordhessen wurde der Anspruch definiert, während der Projektlaufzeit Lösungen für die Reduktion von Verletzlichkeiten zu erarbeiten und noch während der Projektlaufzeit umzusetzen.[24] Dieses Ziel wurde von Projektbeginn an in den Umsetzungsprojekten verfolgt. In enger Kooperation zwischen wissenschaftlichem Teilprojekt und finanzierten Umsetzungsprojekten wurde der Erkenntnisprozess verschränkt und gemeinsam entwickelt. Ein Beispiel für dieses Vorgehen ist im Handlungsfeld Gesundheit die Kooperation zwischen der Hochschule Fulda und dem Gesundheitsamt Region Kassel,[25] ein weiteres die Kooperation zwischen der Universität Kassel und der Regionalmanagement GmbH im Handlungsfeld Tourismus.[26] Bei vielen anderen wissenschaftlichen Teilprojekten war eine Umsetzungsorientierung von vorneherein gegeben, die sich in diversen Beteiligungen an Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit und zur Information und Einbindung von regionalen Akteursgruppen äußerte. In vielen Forschungsdesigns war eine Verschränkung der Forschung und der Umsetzungskooperation jedoch nicht definiert. In diesen Fällen bildeten die Umsetzungsverbünde einen geeigneten Rahmen, um aufbauend auf

[24] S. Kap. I: Roßnagel.
[25] S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.
[26] S. Kap. III: Hahne et al.

den ersten wissenschaftlichen Ergebnissen Umsetzungen zu initiieren. Zum einen waren die wissenschaftlichen Arbeiten bereits relativ weit fortgeschritten und erste Erkenntnisse konnten in die Umsetzungsarbeit einfließen. Zudem war der Boden für die Initiierung der Umsetzungsverbünde aufgrund der zahlreichen Informationsveranstaltungen, Regionalforen, gezielter und umfassender Pressearbeit, durch die Unterstützung wichtiger Persönlichkeiten der regionalen Politik und Verwaltung und schließlich durch die diversen Initiativen der KAB zur Information der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Verwaltungen zu dem Thema Klimaanpassung bereits recht gut vorbereitet.

Es gehört zu den Merkmalen der Konstruktion von KLIMZUG-Nordhessen, dass die meisten der wissenschaftlichen Teilprojekte ihre teilprojektspezifischen Forschungsergebnisse auch ohne die Einbindung von Praxisakteuren und ohne die Umsetzung der Ergebnisse erfolgreich erzielen können. Wie bereits oben benannt erfolgte der Forschungsprozess der Lösungsprojekte vielfach ohne die konkrete Berücksichtigung späterer Umsetzungen, wenngleich auch die Umsetzbarkeit in allen Forschungsprojekten handlungsleitendes Kriterium war. Um die verbundübergreifenden Ziele wirksam zu verfolgen, war es daher notwendig, während der Projektlaufzeit die Erfordernisse und Möglichkeiten der regionalen Praxis mit dem Zuschnitt des wissenschaftlichen Forschungsgegenstandes so zusammenzuführen, dass eine fruchtbare Umsetzungskooperation gewährleistet war. Beispielsweise wurden die wissenschaftlich bearbeiteten Themen nur in Ausschnitten oder mit bestimmten Erweiterungen zum Ausgangspunkt der Befassung in den Umsetzungsverbünden. Konkret bedeutete dies in dem Beispiel des Umsetzungsverbundes „Angepasster Energiepflanzenanbau“,[27] das Thema auf ackerbauliche Fragestellungen im Kontext des Energiepflanzenanbaus zu reduzieren. Weitere, für Nordhessen auch relevante Ergebnisse der Forscher wurden für das Umsetzungsvorhaben bewusst ausgeblendet. Den Rahmen für diesen Abgleich bildeten vielfach die Kooperationen in den Umsetzungsverbünden.

Von allen Umsetzungsverbünden wurden Umsetzungsergebnisse erzielt und Umsetzungen realisiert, die dazu beitrugen, den Status Quo der Klimaanpassung im Handlungsfeld in der Region zu verbessern. Die Arbeiten und Umsetzungen in den gesundheitsbezogenen Themenfeldern vektorübertragene Krankheiten, Hitzeprävention und Nachbarschaftshilfe hatten sogar erheblichen Anklang in der überregionalen Presse.

Alle Umsetzungen, die im Verbund realisiert wurden, verfolgten nicht den Anspruch, die Herausforderungen der Klimaanpassung in den Handlungsfeldern er-

[27] S. dazu die obige Beschreibung des Umsetzungsverbundes sowie Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf.

schöpfend zu beantworten. Sie tragen jedoch dazu bei, den Status quo der Klimaanpassung zu verbessern. Sie stehen vor allem beispielhaft für die diversen weiteren Initiativen und Maßnahmen, die zur Klimaanpassung in der Region in den jeweiligen Handlungsfeldern noch erforderlich sind. Für diese weiterführende Auseinandersetzung mit Klimaanpassung über die Laufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus sind neben der Beispiel gebenden Art der bereits realisierten Umsetzungen der Anspruch und die Prozesse von wegweisender Symbolik, die zu diesen Umsetzungen geführt haben: Anspruch meint dabei, in der Region *Verantwortung* für Klimaanpassung zu übernehmen und dazu auf regionale Instrumente und Maßnahmen zurückzugreifen. Die Prozesse, die zu den Umsetzungen geführt haben, stehen beispielhaft für die Identifizierung und Auswahl der Maßnahmen im Kontext Klimaanpassung durch Akteure der Region, die Definition der verfolgten Ziele der Zusammenarbeit, die Art der Zusammensetzung der Partner und deren Kooperation.

Die Bearbeitung und Beantwortung der Fragen, wo regionale Verletzlichkeiten auftreten, wo sie heute bereits bestehen und in Zukunft Veränderungen anzunehmen sind, worin regionale Anpassung bestehen kann und wie die erforderlichen Kompetenzen und Kapazitäten gewonnen werden können, wie mit der Unsicherheit und Zukunftsbezogenheit der Klimaanpassung umzugehen ist, [28] sind in einem inter- und transdisziplinär besetzten Verbund gut aufgehoben. In der Darstellung der Umsetzungsverbünde[29] wurde deutlich, dass die Expertise, die erforderlich war, um die benannten Problemfelder im Umgang mit Klimaanpassung erfolgreich zu bearbeiten, über das im Verbund versammelte breite Fachspektrum und die zusätzlich einbezogenen Umsetzungspartner verfügbar war. Neben der Expertise zeigt sich die Art der Beziehung, die die Vertreterinnen und Vertreter der beteiligten Professionen und Disziplinen in den Umsetzungsverbünden eingegangen sind, von erheblichem Wert beim Umgang mit den Herausforderungen der Klimaanpassung in der Region.

Die inter- und transdisziplinäre Herangehensweise zur lösungs- und umsetzungsorientieren Bearbeitung komplexer gesellschaftlicher Fragestellungen ist sinnvoll. Gleichwohl ist die Praxis nicht ohne Tücken. Die in den Umsetzungsverbünden beteiligten Partner entstammen unterschiedlichen beruflichen und disziplinären Umgebungen und Herkünften. Bereits zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen kann sich in Folge der unterschiedlichen disziplinär definierten Fragestellungen und etablierten Sichtweisen die Perzeption des Problemfeldes unterscheiden: hinsichtlich des bearbeiteten Problemausschnittes, der Priorisierungen, der Skalen.

---

[28] S. zu den damit verbundenen Herausforderungen Kap. V: Henschke, Roßnagel.
[29] S. oben.

Weitere Unterscheidungen kommen im Zuge der transdisziplinären Kooperation hinzu. Das Konzept Umsetzungsverbund setzt darauf, dass diese Vielfalt an Expertise der Problemlösung zugute kommt, indem Lösungen entwickelt werden, die wissenschaftlich abgesichert, an regionale Spezifika angepasst sind und bei denen eine Realisierungschance besteht oder die Realisierung erreicht wird. Der Umsetzungsverbund kann somit als Arena verstanden werden, in der die gemeinsame Überwindung der bestehenden Unterschiede im Sinne der trans- und interdisziplinären Kooperation sich in gemeinsam erzielten Fortschritten und Erfolgen niederschlägt.

Neben solchen direkten Erträgen der Kooperation bietet der Umsetzungsverbund allen Beteiligten die Gelegenheit, die spezifischen disziplinären oder praktischen Sichtweisen kennen zu lernen, sie in den breiten thematischen Kontext einzuordnen und Zusammenhänge mitzudenken. So entsteht eine Form der Expertise durch vernetztes Wissen – bei Wissenschaftlern wie bei Praktikern.

Durch die intensiv geführte Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und regionalen Verantwortungsträgern wurden zentrale Aspekte der regionalen Klimaanpassung und des regionalen Klimaanpassungshandelns den direkt beteiligten Personen zunehmend geläufig. Darüber hinaus sind Wirkungen auf die Perzeption der Klimaanpassungsthematik weiterer, nicht direkt beteiligter Personengruppen festzustellen. Somit sind neben den konkreten Lösungsbeiträgen der Umsetzungsergebnisse und den Erfahrungen der beteiligten Personengruppen die positiven Symbolwirkungen des gemeinsamen Arbeitsprozesses für Dritte wichtiger Bestandteil der Bilanzierung der Arbeit in den Umsetzungsverbünden. Hinter den beispielhaften und ohne Budget möglichen Umsetzungen verbergen sich intensive Lernfelder auf Seiten der Wissenschaft und der Praxis. Eine abschließende Bewertung des Erfolgs der Umsetzungsverbünde lässt sich erst dann vornehmen, wenn deutlich geworden sein wird, welche Auswirkungen die Umsetzungsbeispiele sowie die Art, wie sie erarbeitet wurden, auf das weitere Klimaanpassungshandeln in der Region haben.

Es ist festzuhalten, dass das Konzept des Umsetzungsverbundes sich als ein erfolgreiches Instrumentarium für die inter- und transdisziplinäre Entwicklung von Anpassungslösungen herausgestellt hat. Durch die Umsetzungsverbünde ist es gelungen, zahlreiche Umsetzungsmaßnahmen unter aktiver Beteiligung von Forschungs- und Praxisakteuren zu initiieren und Umsetzungsprozesse ergebnisorientiert zu gestalten. Hierzu erarbeiteten die Akteure innerhalb der Umsetzungsverbünde jeweils eigene Ablaufpläne, die die Ziele der Zusammenarbeit fixierten, wesentliche Arbeitsschritte und Meilensteine benannten und die benötigten finanziellen und personellen Ressourcen identifizierten. Sie entwickelten daher nicht

nur beispielhaft neue Steuerungsformen in der Region, sondern stellten selbst ein neues Steuerungsinstrument für das Management von Inter- und Transdisziplinarität in großen anwendungs- und umsetzungsorientierten Verbundvorhaben dar. Die Umsetzungsverbünde bilden somit den methodischen Ansatz der transdisziplinären und transformativen, also auf Umsetzung und Transfer gerichteten Forschung des Gesamtverbundes und der Fördermaßnahme ab und erproben dadurch nicht nur die Umsetzungsfähigkeit der jeweils betrachteten Anpassungsmaßnahme. Darüber hinaus sind die Umsetzungsverbünde selbst als Ansatz für die kooperative Steuerung von Anpassungshandeln vor Ort zu sehen, die helfen, unterschiedliche Governanceformen in der Praxis zu testen und fortzuentwickeln.

5.2 Transfer und Verstetigung der Umsetzungen

Eine der Zielvorgaben des Verbundes war der Transfer der erzielten Umsetzungsergebnisse. Dabei wurde von einem Transferverständnis ausgegangen, das nicht lediglich die Information über Umsetzungsergebnisse, sondern die Nachahmung der erzielten Umsetzungsmaßnahmen an anderem Ort durch andere Akteure zum Gegenstand hat. Dieser wurde verschiedentlich angestrebt. Zum einen wurde ein Transfer in die österreichische Partnerregion Waldviertel von Projektbeginn an verfolgt und im Rahmen von jährlich stattfindenden Kooperationsveranstaltungen vorbereitet. Hier zeigte sich jedoch, dass aufgrund der räumlichen Distanz die für erfolgreichen Transfer erforderliche Intensität der Zusammenarbeit zwischen Nordhessen und Waldviertel nicht erreicht werden konnte. Zwar waren die Voraussetzungen (Verletzlichkeiten, gegenseitiges Interesse an Kooperation und Bereitschaft zum Austausch) in zahlreichen Handlungsfeldern grundsätzlich gegeben. Die intensive Befassung mit den Klimawandelfolgen und den Anpassungsmöglichkeiten, die in Nordhessen über die Jahre der Projektlaufzeit erreicht wurde und die sich in den Umsetzungsverbünden ausdrückte, konnte auf die Distanz jedoch nicht reproduziert werden. Eine Übertragung beispielhafter Umsetzungsmaßnahmen in das Waldviertel konnte daher zunächst nicht erfolgen. Um die Anpassungsmaßnahmen, wie zum Beispiel das Demonstrationsvorhaben zum klimaangepassten Ackerbau oder das Qualitätssiegel zur klimaangepassten Organisation und Ausstattung von Pflegediensten im Waldviertel unmittelbar in die Anwendung zu bringen, wäre es erforderlich gewesen, nicht nur die Umsetzungen anzubieten, sondern den Transfer intensiv vorzubereiten. Dabei wäre der Aufbau einer zu dem Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen vergleichbaren Projekt- und Netzwerkstruktur in Österreich hilfreich gewesen, um die Ansprache und Einbindung der relevanten Akteure sicherzustellen und den Stellenwert von Klimaanpassung in den lokalen Fachdiskursen zu erhöhen.

Der nationale Transfer, die Übertragung der Umsetzungsergebnisse an anderem Ort durch andere Personengruppen, hat – unter dem Vorbehalt noch ausstehender Ergebnisse, zum Beispiel zum „Qualitätssiegel klimaangepasste Pflege", bei dem eine Übernahme durch einen Träger der freien Wirtschaft beispielhaften Transfer bedeuten würde – noch nicht stattgefunden. Dies liegt zum einen daran, dass für den nationalen Transfer ähnliche Schwierigkeiten für die Übertragung von Anpassungsmaßnahmen bestanden wie für den internationalen Transfer. Zum anderen wurde der nationale Transfer über eine allgemeine Kommunikation der Anpassungslösungen hinaus nicht systematisch in Angriff genommen, da die Kapazitäten in die erfolgreiche Realisierung der regionalen und lokalen Umsetzungsaktivitäten investiert wurden. Bemerkenswert sind in diesem Kontext allerdings Entwicklungen, die durchaus auch unter dem Schlagwort Transfer zu subsumieren sind: Teilweise besteht bei Akteuren oder auch Nutzern in der Region ein großes Interesse an den entwickelten Maßnahmen. So wurde das Interesse weiterer Schulen an der Installation von Klimatisierungsanlagen der Klassenzimmer deutlich. Aus den Landkreisen wird Interesse an den landwirtschaftlichen Demonstrationsvorhaben geäußert. In manchen Fällen konnte auf diese Nachfrage mit einer Ausdehnung des Angebotes reagiert werden. So wurde das Angebot des Hitzetelefons im Lauf der Jahre auf die gesamte Stadt Kassel ausgedehnt. Im Teilprojekt Mücken- und Zeckenmonitoring wurde auf die Nachfrage aus den Landkreisen mit einer Ausdehnung der Sammelaktivitäten auf alle Landkreise reagiert. Weiterhin hat auch die klimaangepasste Nachrüstung von Haltestellen in der Stadt Eschwege bereits Nachahmung in Nordhessen gefunden. Da die von dem wissenschaftlichen Teilprojekt entwickelten Anforderungen an Haltestellen in die Richtlinie zur Förderung von Haltestellen von Hessen Mobil aufgenommen wurden, ist davon auszugehen, dass diesbezüglich auch in Zukunft ein weitergehender Transfer stattfinden wird. Nationaler Transfer konnte somit dann erfolgreich realisiert werden, wenn Transfer im Sinne zunehmender Ausbreitung und zunehmenden Deckungsgrades von einst in kleinerem Maßstab konzipierten und realisierten Umsetzungen verstanden wird.

Schließlich sind unter dem Schlagwort des nationalen Transfers die Entwicklungen zu nennen, die ausgehend von den Umsetzungsbeispielen eine Multiplikation und Weiterführung der in Nordhessen umgesetzten Beispiele bedeuten. Dazu gehört die Gründung des Arbeitskreises „nachhaltiger Energiepflanzenanbau" durch den Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, die durch die Aktivitäten im Umsetzungsverbund Landwirtschaft inspiriert wurde.

Als eine hinsichtlich der Intensität der Befassung und der beigemessenen Relevanz besonders überzeugende Form der Verstetigung können die Umsetzungsverbünde benannt werden, deren Umsetzungsvorhaben oder deren Kooperati-

onsbeziehung selbst für die Zeit nach KLIMZUG-Nordhessen in die bestehenden Strukturen und Abläufe der beteiligten Partner integriert wurde. Zu solchen Beispielen für die Verstetigung der Projektarbeit und der Projektergebnisse in Institutionen und Akteursgruppen der Region zählen das Hitzetelefon und dessen Weiterführung, die Weiterführung der landwirtschaftlichen Demonstrationsvorhaben in Kooperation zwischen Universität Kassel und dem Landkreis Waldeck-Frankenberg, die Weiterführung des transdisziplinären Arbeitskreises im Handlungsfeld Verkehr sowie die Weiterführung der transdisziplinären Kooperation in der räumlichen Planung. Diese Verstetigungen sind aussagekräftige Belege dafür, dass die umsetzungsorientierte transdisziplinäre Kooperation in den Umsetzungsverbünden fruchtbar und nachhaltig war. Es lohnt sich folglich, diese Art der gemeinsamen Umsetzung von Forschungsergebnissen als Konzept weiterzuentwickeln.

Trotz der erfreulichen Ergebnisse bei der Umsetzung der wissenschaftlichen Anpassungsmaßnahmen und dem Erfolg, dass einige der umgesetzten Lösungen innerhalb der Region Verbreitung gefunden haben und diese über die Projektlaufzeit von KLIMZUG-Nordhessen hinaus Fortbestand haben, steht die Anpassung der Region Nordhessen an die Folgen des Klimawandels auch nach den intensiven Auseinandersetzungen und umfassenden Prozessen, wie sie im Verbundvorhaben KLIMZUG-Nordhessen geführt wurden, noch am Anfang. Allerdings wurden mit den wissenschaftlichen und praktischen Ergebnissen und dabei insbesondere auch mit den Erfahrungen bezüglich der Herausforderungen und Herangehensweisen für die Klimaanpassung in Nordhessen entscheidende Grundlagen geschaffen, die die Anpassungskapazität der Region deutlich erhöhen. Um die Region weiter zu einer klimaangepassten Modellregion zu entwickeln, sind über das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen hinaus weitergehende Initiativen notwendig. Hierfür wird es von zentraler Bedeutung sein, dass es gelingt, die im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen gewonnenen Erkenntnisse sowie die aufgebauten Netzwerke zu erhalten und weiterzuentwickeln.

Literatur

Burck, Marianne: Klimaanpassung in der räumlichen Planung – Factsheet, Mai 2013.

Graß, Rüdiger und Henschke, Christian: Angepasster Energiepflanzenanbau – Factsheet, November 2012.

Hahne, Ulf und Schulte, Ute: Umwelt- und klimabewusster Tourismus in der GrimmHeimat NordHessen – Factsheet, April 2013.

Heckenhahn, Markus und Henschke, Christian: Prävention hitzebedingter Gesundheitsgefahren - das Hitzetelefon Sonnenschirm – Factsheet, November 2012.

Matovelle, Alejandra: Regionale Klimaprojektionen für Nordhessen – Factsheet 01/1, September 2010.

Neuschäfer, Daniela und Henschke, Christian: Qualitätssiegel „Klimaangepasste Pflege“ – Factsheet, November 2012.

Röhrig, Carolin: Öffentlicher Personennahverkehr – Factsheet, November 2012.

Schlott, Thilo und Gebhardt, Melanie 2011: Aufbau eines bevölkerungsgestützten Monitorings von potentiell infektiösen Vektoren. Projekt MüZe – ein Erfahrungsbericht. In: Präven*t*ion und Gesundheitsförderung 6/2011. Springer.

Schlott, Thilo; Gebhardt, Melanie und Henschke, Christian: Monitoring von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen – Factsheet, März 2012.

Schneider, Andrea und Benz, Steffen: Raumklima – Factsheet, November 2012.

Ungewickel, Daniela und Henschke, Christian: Nachbarschaftshilfe zur Aufrechterhaltung der Versorgung von Pflegebedürftigen – Factsheet, November 2012.

AUF DEM WEG ZU EINER KLIMAANGEPASSTEN REGION

Alexander Roßnagel, Karl-Heinz Simon

ÜBERSICHT

1 BEWÄLTIGUNG DER BESONDEREN HERAUSFORDERUNGEN 764
2 ENTWICKLUNGEN IN DEN HANDLUNGSFELDERN 768
3 ANPASSUNG VON STRUKTUREN UND VERFAHREN 775
4 AUSBLICK AUF VIELE KLIMAANGEPASSTE REGIONEN 778
LITERATUR 780

Veränderungen im individuellen und kollektiven Verhalten benötigen Zielsetzungen und Leitbilder. Dies gilt auch für die Anpassung einer Region an die Folgen des Klimawandels. Daher soll am Ende der Berichterstattung über das Verbundprojekt „Klimaanpassungsnetzwerk in der Modellregion Nordhessen" eine Beschreibung stehen, wie Klimaanpassung in Nordhessen aussehen könnte, wenn der Anspruch des Projekts auf Transformation der Verhältnisse erfüllt würde. Was würde sich in Nordhessen ändern, wenn die Vorschläge und Empfehlungen umgesetzt und die aufgezeigten Optionen genutzt würden? Welche weiteren Maßnahmen zur Klimaanpassung könnten die Umsetzungsbeispiele nach sich ziehen, wenn sie tatsächlich als Vorbilder wirken könnten? Welche Wirkungen könnten die Initiativen und Netzwerke entfalten, die durch und im Kontext von KLIMZUG-Nordhessen entstanden sind? Wie könnte sich das Vorgehen, Anpassungslösungen zu entwickeln und umzusetzen, verändern, wenn die gewählten, erprobten oder auch nur propagierten Verfahrensweisen sich durchsetzen würden? KLIMZUG-Nordhessen konnte nur Anstöße geben. Im Folgenden wird in einem Gedankenexperiment angedacht, was diese Anstöße zum „Rollen" bringen könnten.

Dieses Zukunftsbild ist eine positive Projektion.[1] Sie kann angesichts der immanenten Unsicherheiten über die zukünftigen Entwicklungen in der Region keine Zukunftsprognose sein. Die künftigen Entwicklungsschritte werden durch ein hochkompliziertes Zusammenspiel der Veränderungen in Wirtschaft, Gesellschaft und Kultur, Politik, Bevölkerungsstruktur und auch des regionalen Klimas bestimmt. Sie werden aber auch durch Ereignisse und den Wandel von Strukturen

[1] S. zu einem Positivszenario für die Klimaanpassung in Deutschland im Jahr 2040 Sommer/Wessels 2013.

auf übergeordneten politischen Ebenen beeinflusst. Daher ist eine langfristige Zukunftsprojektion zu schwierig. Bereits mittelfristige Aussagen über Entwicklungen in den nächsten 20 bis 30 Jahren erscheinen gewagt. Jedenfalls müssen sich die folgenden Erwägungen zu einer positiven Entwicklung der Klimaanpassung in Nordhessen auf diese Perspektive beschränken.

Das Zukunftsbild ist insofern positiv, als es unterstellt, dass die in KLIMZUG-Nordhessen erarbeiteten Lösungsbeiträge umgesetzt und die mittelbaren und unmittelbaren Anregungen zur Suche und zur Realisierung von Lösungen angenommen worden sind. Unter dieser Annahme werden mittelfristig dominierende Konturen der Region Nordhessen skizziert, die Elemente einer klimaangepassten Region darstellen. Dass auch sehr viel radikalere Entwicklungen möglich sind, etwa im Bereich technischer Innovationen, aber auch aufgrund tiefer gehender Reformen in den Verwaltungen oder in der Entwicklung der Lebensstile und der sozialen Systeme, sei zugestanden. Die vielen auch möglichen anderen Zukunftsentwicklungen machen deutlich, wie wichtig es ist, Optionen offenzuhalten und flexible Reaktionsmöglichkeiten vorzuhalten.

Der Beitrag beschreibt, wie in Nordhessen mit den fünf spezifischen Herausforderungen der Klimaanpassung[2] umgegangen werden könnte, wenn ausreichende Informationen und guter Wille vorhanden sind (1). In dem dadurch geschaffenen kulturellen und politischen Klima erscheinen dann geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern möglich (2). Sie werden unterstützt durch angepasste Veränderungen in den Institutionen und den Verfahren der Koordination und der Kooperation (3). Zusammengenommen zeigen diese Zukunftsentwicklungen den Weg zu klimaangepassten Regionen auf (4).

1 Bewältigung der besonderen Herausforderungen

Auf allen politischen Ebenen ist die Klimaanpassung als Aufgabenfeld akzeptiert und hat viele Untersuchungen und Diskussionen, Beschlüsse und Aktionen hervorgerufen. In der Europäischen Union, im Bund und in den Ländern wurden Aktionsprogramme beschlossen, die konkrete Maßnahmen für die vom Klimawandel betroffenen Handlungsfelder vorsehen. Auf allen drei Ebenen wurden auch verstärkte Informationsprogramme über Folgen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen umgesetzt. Durch die Förderung im Rahmen dieser Programme konnte die Universität Kassel immer wieder neue Lösungsvorschläge erarbeiten und zusammen mit der Klimaakademie Nordhessen umfangreiche Informationsprodukte anbieten. Diese orientierten sich an der regionalen Betroffenheit und

[2] S. Kap. V: Henschke, Roßnagel.

waren auf die jeweilige Akteursgruppe angepasst. Sie wurden in unterschiedlichen Formaten und Medien über vielfältige Kanäle verbreitet. Dabei setzten sie den Schwerpunkt auf akteursspezifische Informationen über die eigene *Betroffenheit*, den Kapazitätsaufbau sowie die Bereitschaft und die Befähigung zu selbständigen Anpassungshandeln.

Die Glaubwürdigkeit der Informationen über künftige Entwicklungen wird unterstützt durch zunehmende Erfahrungen mit Veränderungen der Jahreszeiten und immer wieder durch Extremwetterereignisse, die bisweilen verheerende Schäden anrichteten. Die Informationsangebote erfreuen sich einer regen Nachfrage. Insbesondere Online-Kurse und sie begleitende Fortbildungsveranstaltungen stoßen auf Interesse. Die Informationen über konkrete Klimawandelfolgen und über Möglichkeiten, mit ihnen umzugehen, werden in den Netzwerken der jeweiligen Handlungsfelder aufgegriffen und diskutiert. Sie provozieren Rückfragen und Gegenvorschläge, so dass eine rege Kommunikation zwischen Praxisakteuren und Wissenschaftlern entstand.

Die dem Informationsbedarf der Adressaten angepassten Informationen führten zu einer ausreichenden Erkenntnis der jeweils spezifischen eigenen Betroffenheit. Auch in der Region ist breit erkannt und anerkannt, dass der Klimawandel Risiken für eigene Interessen bewirkt und dass Klimaanpassung auch Chancen für neue Handlungs- und Erwerbsfelder und für Verbesserungen der eigenen Lebensumstände bietet. Die Informations- und Überzeugungsarbeit hat in Bezug auf eine breite Information und Bindung wichtiger Akteursgruppen und auch der Öffentlichkeit an das Thema Klimaanpassung sichtbare Erfolge vorzuweisen: Das Interesse an diesem Thema ist stetig gewachsen, ebenso die Handlungsbereitschaft, sich für die Gestaltung der eigenen Lebensumstände einzusetzen. Es gilt als Allgemeinkenntnis, dass der Klimawandel die Bedingungen im Wettbewerb der Regionen nachhaltig verändert. Die Chancen, die Position der eigenen Region zu verbessern, hängen davon ab, ob sich Nordhessen früher als andere Regionen an die Veränderungen dieser Bedingungen anzupassen vermag.

Die Vorstellung, kurzfristig mit spontanen Aktionen auf Klimaänderungen reagieren zu können, ist verschwunden. Die Größe der Aufgabe der Klimaanpassung ist zumindest insoweit erkannt, als akzeptiert ist, dass die Anpassungen auch struktureller und institutioneller Natur sein müssen. Diese erfordern einen längeren *Zeithorizont* für Projektionen und Planungen. Notwendig ist auch der Einsatz nicht unbeträchtlicher Ressourcen, der sorgfältig und zumindest mittelfristig geplant werden muss. Dies hat dazu geführt, dass das Interesse an mittel- bis langfristigen Projektionen erheblich gestiegen ist – sogar in den Handlungsfeldern Tourismus,

Produktion, Energienutzung, Gebäudegestaltung, Niedrigwassermanagement, Landwirtschaft, Gesundheitsvorsorge und Verkehr.

Die Notwendigkeit und die Natur von Zukunftsprojektionen werden inzwischen besser verstanden. Sie werden nicht mehr als Voraussagen der Zukunft angesehen, sondern als Instrumente genutzt, den Möglichkeitsraum zukünftiger Entwicklungen zu vermessen und nach Wahrscheinlichkeiten zu bewerten. Die unvermeidbare *Unsicherheit* von Zukunftsbildern ist ebenso akzeptiert wie der nie abgeschlossene Fortschritt wissenschaftlichen Wissenserwerbs. Die Modelle und Simulationsverfahren für die Projektionen der weiteren Entwicklung des Klimawandels und seiner Folgen wurden – gerade auch für die regionalen Auswirkungen – erheblich verbessert. Sie sind nun viel präziser und auch verlässlicher.

In der Region herrscht weitgehend Konsens, dass das Warten auf weitere wissenschaftlich fundierte Projektionen und damit auf zukunftsgerichtete Aussagen zu kommenden Veränderungen im Auftreten von Wetterereignissen und deren Wirkungen keine ausschlaggebende Bedeutung mehr für das regionale Handeln hat. Als ertragreicher gilt es, das Bewusstsein und die bestehenden Instrumente zum Handeln unter Unsicherheit weiter zu entwickeln. Das Ziel besteht insoweit darin, Vorsorgehandeln auszubauen und nach Lösungen zu suchen, die ohnehin – auch zur Bewältigung anderer Probleme – vorteilhaft sind, die wieder rückgängig gemacht werden können oder die auch dann sinnvoll sind, wenn die künftige Klimawandelfolge nicht so eintritt, wie sie projiziert wurde. Für die Bewertung solcher Maßnahmen erwies es sich als hilfreich, Akteure aus der Praxis mit ihrem spezifischen Anpassungswissen breit einzubinden. Allen Beteiligten ist klar, dass die gewählten Maßnahmen hinsichtlich einer nur ansatzweise bekannten Zukunft Versuchscharakter haben, dauernd beobachtet und bewertet werden müssen und Gegenstand von themen- und handlungsfeldspezifischen Lernprozessen in der Region sind.

Klimaanpassung ist inzwischen nicht mehr nur ein Thema für wenige Modellregionen, sondern als *Querschnittsaufgabe* in der Politik breit angekommen. Auch auf den Ebenen der Europäischen Union, des Bundes und des Landes Hessen wurde nicht nur postuliert, dass Klimaanpassung jeweils angepasst an die naturräumlichen, die sozio-kulturellen und die wirtschaftlich-strukturellen Bedingungen vor allem in den Regionen und durch Regionen erfolgen muss. Vielmehr wurde erkannt, dass die regionale Klimaanpassung dadurch unterstützt werden muss, dass die Regionen von ihrer Ausstattung mit rechtlichen, administrativen, wissenschaftlichen und finanziellen Ressourcen her in die Lage versetzt werden mussten, diese Querschnittsaufgabe zu erfüllen.

In der Region ist anerkannt, dass die Betroffenheit von Klimawandelfolgen selten singulär ist. Sie verändert bestehende Problemlagen und hat meist Auswirkungen auch auf andere Handlungsfelder. Die Wahl geeigneter Anpassungsmaßnahmen erfordert die Bewertung vielschichtig betroffener Interessen und ist von – eventuell kontroversen – Einschätzungen durch Personen und Akteursgruppen abhängig. Klimaanpassung erfolgt daher integrativ – nicht nur um sich überlagernde Problemlagen zu bewältigen, sondern auch um unterschiedliche, am Gegenstand interessierte oder von der Fragestellung betroffene Personen und Akteursgruppen einzubinden.

Klimaanpassung ist ein eigenes Politikfeld nur insoweit, als es um die geeigneten Rahmenbedingungen für das Handeln der Regionen geht. Hier besteht aber über alle Ebenen der *Klimaanpassungs-Governance* hinweg ein Konsens, dass die regionale Ebene als die geeignete Handlungsebene für konkrete Anpassungslösungen zu unterstützen ist. Dagegen spielt in der Region und erst recht im jeweiligen Handlungsfeld Klimaanpassung als eigenes Politik- oder Verwaltungsthema keine Rolle. Vielmehr werden alle Probleme selbstverständlich auch unter dem Klimaaspekt gesehen. So wird immer auch danach gefragt, wie ein Problem durch den Klimawandel verändert oder verstärkt wird oder wie sich Chancen oder Zielsetzungen durch den Klimawandel verändern können. Für die Lösungssuche wird selbstverständlich der Klimaaspekt berücksichtigt. Alle vorgeschlagenen Lösungen werden danach überprüft, ob sie die Folgen des Klimawandels ausreichend berücksichtigt haben und ob sie einen Beitrag zum Klimaschutz darstellen. Synergien zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz werden intensiv gesucht.

Dies hat das Interesse an Klimaanpassung und die Handlungsbereitschaft in den Regionen erheblich erhöht. Die Netzwerke, die sich mit Klimaanpassung befassen, wurden in den betroffenen Handlungsfeldern erheblich erweitert und vertieft. Ehrenamtliches Engagement, zivilgesellschaftliche Initiative und freiwillige Kooperationen sind vielfach weiterhin die Grundlage für die klimaangepasste Gestaltung der Lebensbedingungen in den meisten Handlungsfeldern. Die Akteure agieren im Rahmen informeller Verfahren und unter Verwendung „weicher“ Instrumente der Organisation und Koordination. Die dadurch bewirkten Vernetzungen der relevanten Akteure ermöglichen, deren Problemlösungswissen und Handlungskompetenz zu nutzen.

Ergänzend zu dieser eigeninitiativen und freiwilligen Klimaanpassungsarbeit sind inzwischen aber auch die regionalen Entscheidungsträger und Akteure im Bereich formeller Verfahren und Instrumente mit den erforderlichen Kapazitäten ausgestattet. Sie verfügen weitgehend über die notwendigen Entscheidungsbefugnisse im Bereich der Regelsetzung und Regelanwendung, besitzen die erforderlichen

Zuständigkeiten im administrativen Vollzug und können auf die benötigten Ressourcen zurückgreifen, sei es hinsichtlich des Know How, hinsichtlich der Personalausstattung und letztlich der finanziellen Mittel. Auf zunehmenden Druck der regionalen Ebene hin wurden in den Rechtsordnungen und in den Haushalten der Länder, des Bundes und der Europäischen Union die notwendigen Konsequenzen gezogen und die erforderlichen Regelungen und Zuweisungen beschlossen. Wo die Regionen auf politische Unterstützung der höheren Ebenen angewiesen sind, wird diese in der Regel in einem abgestimmten Zusammenspiel des politischen und administrativen Mehrebenensystems geboten.

Diese Ausdehnung der regionalen Mitgestaltungsmöglichkeiten hatte positive Rückwirkungen auf das zivilgesellschaftliche Engagement und war eine wichtige Grundlage, um die Bereitschaft und die Fähigkeit zur Verantwortungsübernahme zu befördern. Die regionale Verwaltung, mit ihren formellen Kompetenzen und Befugnissen, suchte die intensive Kooperation mit den von den Folgen des Klimawandels Betroffenen und mit den interessierten gesellschaftlichen Akteuren. Diese Veränderungen unterstützten damit letztlich auch ein regional klimaangepasstes Handeln erheblich.

2 Entwicklungen in den Handlungsfeldern

Die Veränderungen in der Problemwahrnehmung und der Handlungsbereitschaft vieler Akteure in der Region haben Fortschritte in der Klimaanpassung in den einzelnen Handlungsfeldern erlaubt. Viele der im Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen und in späteren Klimaanpassungsprojekten erarbeiteten Vorschläge und Empfehlungen wurden in Nordhessen umgesetzt.

Im *Gebäudebestand* wurden die Renovierungszyklen, aber auch veränderte Ansprüche der Gebäudenutzer und -nutzerinnen dazu verwendet, eine Vielzahl an Gebäuden auf Temperaturschwankungen einzustellen. Sie hatten vor allem das Ziel, die thermische Belastung zu reduzieren und eine Kühlwirkung zu entfalten. Ausgehend von den Aufenthaltsorten besonders gefährdeter Bevölkerungsgruppen wie Pflege- und Seniorenheimen und Krankenhäusern, für die frühzeitig Maßnahmen ergriffen wurden, konnten massiv Veränderungen der Gebäudequalität durchgesetzt werden. Hier wirkte die erste Maßnahme dieser Art, die Sanierung eines Klassenzimmers in der Oskar-von-Miller-Schule in Kassel, beispielgebend. Dort wurden zum Schutz vor Hitzebelastungen eine automatisch betriebene Sonnenschutzvorrichtung, eine präsenz- und tageslichtabhängige Beleuchtung und eine Lüftungsanlage mit Phasen-Wechsel-Material installiert.[3] Diese Quali-

[3] S. Kap. III: Maas, Schneider.

tätsverbesserungen wurde durch Informationsangebote, gezielte Fördermaßnahmen und unterstützt durch den Vorbildcharakter der öffentlichen Hand großflächig umgesetzt. Ähnlich wie in den früheren Programmen zur Einsparung von Energie im Gebäudebestand und einer damit verbundenen Reduzierung von Treibhausgasemissionen konnte damit ganz allgemein die Aufenthaltsqualität in Gebäuden gesteigert werden.

Konflikte um *Flächennutzungen* sind nicht zu vermeiden, werden aber seit Jahren unter dem Gesichtspunkt einer Abwägung auch ökologischer und klimatologischer Argumente bearbeitet. Planungsunterlagen wie die Klimafunktionskarte[4] bereiteten eine rationale Auseinandersetzung über diese Aspekte vor und halfen dabei, zufriedenstellende Lösungen und Kompromisse zu finden. Sie ermöglichten sogar – trotz eines angespannten Wohnungsmarkts – in hochverdichteten Bereichen zusätzliche Grünflächen auszuweisen, um die Kaltluftzuführung und damit das Stadtklima zu verbessern. Neuere Planungsinstrumente verknüpften wie selbstverständlich Informationen aus unterschiedlichen Themenbereichen in leistungsfähigen Informationstechniksystemen und erlaubten eine schnelle Auswertung der Konsequenzen von Flächenänderungen für Ökosystemleistungen und die Lebensqualität der Bevölkerung.

Auch in der *Regionalplanung* ist Klimaanpassung seit langem ein wichtiger Planungsbelang. Der Regionalplan berücksichtigt sowohl die unterschiedliche Betroffenheit bestimmter Gebiete in Nordhessen hinsichtlich der Risiken von Extremwetterereignissen als auch die klimatischen Funktionen bestimmter Gebiete etwa für die Entstehung und Verbreitung von Kaltluft.[5] Soweit Flächen für Anpassungsmaßnahmen benötigt werden, geht dieser Bedarf mit hoher Priorität in die Abwägung konkurrierender Flächennutzungen ein. In vielen Fällen werden solche Flächen im Regionalplan für den Zweck der Klimaanpassung ausgewiesen. Derzeit werden mit Bezug auf die nächste Feststellung des Regionalplans die Wechselwirkungen zwischen Klimaanpassung und Natur- und Landschaftsschutz untersucht. Hierfür werden Vorschläge erarbeitet, wie in Nordhessen die Robustheit der für Erholung und Tourismus wichtigen Landschaftsbestandteile gegenüber den Folgen von Extremwetterereignissen erhöht und wie Flächen hinsichtlich ihrer Biodiversität gestärkt werden können.

Im Bereich der *Wasserwirtschaft* waren über die Jahre Anpassungsmaßnahmen bedarfsgerecht umgesetzt worden. Als ein wichtiges Ergebnis der Verbundstudie KLIMZUG-Nordhessen war für den Hochwasserschutz festgehalten worden, dass einerseits die Abhängigkeiten des Wasserabflusses von Landnutzungsregimes im

[4] S. Kap. II: Katzschner, Kupski, Campe.
[5] S. Kap. V: Henschke et al.

Auge behalten und stabilisierende Maßnahmen, wo dies möglich ist, ergriffen werden sollten. Andererseits – mit Vorliegen verlässlicherer Informationen über die Auswirkungen des Klimawandels – sollte sukzessiv mit baulichen Maßnahmen reagiert werden.[6] Gleichzeitig war die Bevölkerung für den Umgang mit veränderten Abflussgegebenheiten sensibilisiert worden. So vorbereitet und mit den vorhandenen Infrastrukturfördermitteln ausgestattet konnte das Auftreten größerer Hochwasserschäden bisher vermieden werden.

Hinsichtlich des Umgangs mit Niedrigwasser in trockenen Jahren erwies sich das unter Beteiligung von KLIMZUG-Nordhessen durchgeführte Pilotprojekt des Wasser- und Schifffahrtsamts Hannoversch Münden zur Bewirtschaftung der Edertalsperre als Vorbild. Seitdem wird das vereinbarte Konzept zur Steuerung der Talsperren in Trockenperioden in regelmäßigen Abständen mit allen beteiligten – teilweise konkurrierenden – Nutzungsinteressierten überprüft. Ändern sich die Nutzungsinteressen oder deren Gewicht oder verändert sich das Abflussverhalten der Eder, werden neue Kompromisse für die Änderung der Abflusssteuerung auf der Grundlage aktueller Abflusssimulationen vereinbart. Dieses konsensuale, auf die Berücksichtigung aller Interessen zielende, wissenschaftlich gestützte Vorgehen[7] wurde für andere Flussregime mit Erfolg übernommen. Es stößt bei allen Beteiligten und Betroffenen auf hohe Akzeptanz.

Das Handlungsfeld *Landwirtschaft* hat in der Region – insbesondere durch ihre Beiträge zur Energieversorgung – an Bedeutung gewonnen. Für die Landwirte hat der Klimawandel neue Chancen und Risiken gebracht. Chancen eröffnet die Verlängerung der Vegetationsperioden, Risiken entstanden durch mögliche Ernteausfälle aufgrund Trockenheit oder Starkregen und Hagel. Mittelfristige Risiken zeigten sich durch Qualitätsverschlechterungen der Böden, wenn Nährstoffe in Gewässer ausgewaschen und Boden von den Flächen abgetragen wurden. Chancen wie Risiken waren vom KLIMZUG-Umsetzungsverbund „Zweikulturnutzungssystem zum Energiepflanzenanbau" aufgegriffen worden. Indem eine ganzjährige Bodenbedeckung sowie zwei Ernten mit Energiepflanzen im Jahr ermöglicht wurden, konnte Erosion vermieden, die Qualität der Böden erhalten, das Risiko des Ernteausfalls verringert, die Erträge erhöht und die Energieversorgung unterstützt werden.[8] In dem Umfang, in dem den Landwirten die Chancen und Risiken des Klimawandels auch für ihren Betrieb bewusst wurden, übernahmen immer mehr Landwirte diese neue Form des Ackerbaus. Sie wurde in weiteren Feldversuchen zunehmend verbessert und an unterschiedliche naturräumliche Bedingungen und

6 S. Kap. III: Theobald et al.
7 S. ausführlicher Kap. III: Theobald et al. sowie Kap. V: Henschke et al.
8 S. näher Kap. III: Graß, Thies, Wachendorf und Kap. V: Henschke et al.

Fruchtfolgen angepasst. Der Landesbetrieb Landwirtschaft bietet seit geraumer Zeit Schulungen zur Umstellung auf diese Form des Ackerbaus an.

Unterstützt wurde die Stabilisierung von Ernteerträgen auch durch technische Hilfsmittel wie solare *Sorptionstrocknungsanlagen*.[9] Durch diese kann feuchtes Erntegut in einer umweltschonenden und klimaschützenden Weise nach dem Einbringen getrocknet werden. Diese Technik war in KLIMZUG-Nordhessen entwickelt und auf der Staatsdomäne Frankenhausen in einer Pilotanlage mit 20 Trocknungsplätzen erprobt worden. Diese Produktidee ist von mehreren Herstellern aufgegriffen worden und gehört inzwischen zur Standardausrüstung größerer Landwirtschaftsbetriebe.

In der *Forstwirtschaft* wurde frühzeitig begonnen, den Waldumbau unter Klimagesichtspunkten voran zu bringen. Die Flächenanteile konnten in der Region erhalten werden und mit der Abkehr von Monokulturen und der Diversifizierung von Baumarten konnte sichergestellt werden, dass die verschiedenen Funktionen, die Wälder erbringen sollen, erhalten blieben. Die Maßnahmen zielten auf eine größere Vielfalt an Baumarten und Strukturelementen und die Einmischung klimarobuster Arten.[10] Dadurch wurden die Waldbestände robuster sowohl gegenüber Trockenstress und Schädlingsbefall als auch gegenüber Stürmen. Der ökonomische Wert der Wälder konnte erhalten und in Form der Holzwirtschaft genutzt werden – auch indem der Beitrag zur Energieversorgung anstieg. Ebenso konnten die ökologischen Funktionen und die positive Einflussnahme auf die Abflussregimes sowie die Beiträge zu Erholung und Tourismus gleichermaßen erbracht werden.

Im Handlungsfeld *Verkehr* war insbesondere die Anpassung gegenüber zunehmenden Extremwetterereignissen das Thema. In Vorsorge gegenüber Hitzeperioden wurden die Fahrzeuge des Öffentlichen Personennahverkehrs umgerüstet und bieten seitdem eine ausgeglichene Klimatisierung. Auch die Haltestellen wurden so umgebaut, dass sie ausreichende Verschattung bieten. Dadurch konnte ein massiver Umstieg auf den motorisierten Individualverkehr auch in Hitzeperioden vermieden werden. Starkregenereignisse, Hagel und Stürme behindern den Verkehr dadurch, dass sie immer wieder Blockaden von Straßen und Schienen bewirken, Verkehrsstaus verursachen und abgelegene Ortschaften von Versorgung oder Hilfe abschneiden. Diese Risiken wurden in der Verkehrswege- und Bauleitplanung berücksichtigt. Sie wurden erheblich durch eine Nutzungsdurchmischung in bisher einfunktionalen Baugebieten reduziert. Dadurch konnte in Wohngebieten die Abhängigkeiten von Belieferungen im Krisenfall erheblich ver-

[9] S. Kap. III: Jordan.
[10] S. Kap. III: Fiebiger et al.

ringert werden. Soweit dies möglich ist, wurden entlegene Siedlungsgebiete durch zwei Verkehrswege erschlossen. Für die Aufrechterhaltung und die Flüssigkeit des Verkehrs kommt der Leit- und Betriebstechnik eine hohe Bedeutung zu, wie überhaupt auch im Verkehrssektor die Informationstechnik eine wichtige Rolle beim Reagieren auf Problemsituation spielt. Informationen über Problemstellen sowie Vorschläge für die Erreichbarkeit stehen sowohl privaten wie gewerblichen Mobilitätskunden zeitnah zur Verfügung.[11]

Vorsorge gegen erhöhte Temperaturen und Niederschläge war im Verkehrssektor insbesondere wegen der Schadstoffbelastung durch den motorisierten Verkehr vor allem in den Innenstädten notwendig. Um diese zu reduzieren, wurden in mehreren Städten Nordhessens Konzepte zur Citylogistik umgesetzt, wie sie in KLIMZUG-Nordhessen entwickelt worden waren. Am Rand der Städte werden die Güter des Wirtschaftsverkehrs für die Belieferung bestimmter Stadteile gebündelt und mit Elektro-Lastkraftwagen an ihren Bestimmungsort gebracht.[12] Eine Entlastung bieten in allen Städten Nordhessens auch Fahrradkurierdienste und Fahrradtransporte, soweit die Transportaufgaben für diese geeignet sind.[13] Schließlich wurde in vielen größeren Unternehmen eine in KLIMZUG-Nordhessen entwickelte internetgestützte Mitfahrbörse installiert und genutzt. Alle drei Konzepte werden durch die betroffenen Städte unterstützt und beworben. Anlaufschwierigkeiten wurden durch Fördermittel der Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland überwunden.

Die *Energieversorgung* ist geprägt vom Zusammenspiel zentraler und dezentraler Technologien der Energiebereitstellung. Versorgungssicherheit beruht zum Teil auf den Effizienzsteigerungen bei der Energienutzung und der Bereitstellung dezentraler Energieerzeugungs- und Speicheroptionen. Insbesondere Produktionslagen, die auf optimale Produktionsbedingungen auch bei Hitze oder starken Temperaturschwankungen angewiesen sind, benötigen eine angepasste Bereitstellung von Energie für Strom, Wärme, Kälte und Druckluft. Mehrere Hersteller haben die in KLIMZUG-Nordhessen entwickelte Produktidee einer „intelligenten" Steuerungseinheit übernommen, umgesetzt und weiterentwickelt. Sie ermöglicht in einem neuronalen Netz Wettervorhersagen mit dem Energiebedarf eine Produktionsanlage zu koppeln, um mit Hilfe einer dezentralen Energieversorgungseinheit die benötigte Energieform vorausschauend bereitzustellen.[14] Erhebliche Beiträge leisten auch die mittlerweile zum Standard gehörende informationstechnikgestützten Vernetzungen der Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchseinheiten.

---

11 S. Kap. III: Holzapfel, Röhrig.
12 S. Kap. III: Sommer et al.
13 S. Kap. III: Sommer et al.
14 S. Kap. III: Lang et al.

Für alle Klimaanpassungsmaßnahmen gilt, dass für sie Klimaneutralität ein entscheidendes Kriterium war. Nach der Implementierungsphase, in der in der Regel zusätzliche Material- und Energieaufwendungen nötig waren – führten die meisten der umgesetzten Maßnahmen im Betrieb nicht selbst zu einer Steigerung der Treibhausgasemissionen. Soweit ein erhöhter Energieeinsatz unvermeidlich war, wurde darauf geachtet, dass der eingesetzte Energiemix so angelegt war, dass gegenüber der Ausgangsituation nicht zusätzlich zum Klimaproblem beigetragen wurde. Um hierfür ausreichende Transparenz zu gewährleisten, wurden alle Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Klimaschutzfolgen analysiert.

Der *Tourismus* in Nordhessen ist ein Gewinner des Klimawandels. Zwar ist der Wintersport aufgrund der gestiegenen Temperaturen und Niederschläge im Winter zum Erliegen gekommen. Die zur Urlaubszeit in Südeuropa unerträglichen Temperaturen haben jedoch zu einer Umleitung von Touristenströmen unter anderem nach Nordhessen geführt. Dies wird gefördert durch die trotz der Auswirkungen des Klimawandels immer noch sehr moderaten Umweltbedingungen im nordhessischen Bergland. Zu allen Jahreszeiten üben die Schonklimate sowie die Kultur- und Naturattraktionen in Nordhessen einen zunehmenden Reiz auf Touristen aus. Die touristischen Angebote zeichnen sich durch eine hohe Vielfalt an Nutzungsmöglichkeiten aus. Durch vielfältige koordinierte Aktionen aller relevanten Akteure, die nach einem Masterplan abgestimmt waren, wurde auf den Klimawandel zeitnah mit dem Ausbau von Ganzjahresangeboten und eine engere Verkopplung mit Wellness- und Gesundheitsangeboten reagiert. Auch naturnahe Sport- und Erlebnisaktivitäten erfreuen sich einer steigenden Beliebtheit.[15]

Schließlich konnte in den letzten zwei Jahrzehnten die *Gesundheitsvorsorge* gegen spezifische klimawandelbedingte Risiken erheblich verbessert werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund des demographischen Wandels immer mehr ältere und kranke Menschen zu Hause versorgt werden mussten, die aktuellen Familienstrukturen es aber verhindern, dies als Aufgabe der Familienangehörigen zu definieren. Dementsprechend wurde das politische Gewicht dieses Themas immer schwerer und führte zu einer starken Unterstützung durch die Bundes- und die Landesebene.

Die ambulante Versorgung von Pflegebedürftigen, die zu Hause leben, ist inzwischen flächendeckend und unterbrechungsfrei sichergestellt. Die Pflegedienste haben sich auf die besonderen Herausforderungen der ambulanten Pflege unter den Bedingungen des Klimawandels eingestellt. Sie sind nur noch konkurrenzfähig, wenn sie die Anforderungen des „Qualitätssiegels Klimaangepasste Pflege“

[15] S. Kap. III: Hahne et al.

erfüllen.[16] Zu diesen gehören zum einen Pflegekonzepte für extreme Hitzeperioden, zum anderen aber auch Konzepte, wie die Versorgung, insbesondere in dünn besiedelten Regionen, im Fall von Extremwetterereignissen aufrecht erhalten wird. Die Pflegedienste müssen nachweisen, wie sie bei der Blockade eines Verkehrswegs durch Unwetter, Stürme oder Überschwemmungen dennoch die Pflegebedürftigen erreichen oder eine Grund- oder Notpflege durch Nachbarschaftshilfe gewährleisten.[17] Da in den letzten Jahrzehnten die Zahl der Pflegebedürftigen gestiegen ist und die professionelle Pflegekapazität dagegen abgenommen hat, sind die Pflegedienste ohnehin dazu übergegangen, Nachbarschaftshilfen zu organisieren. Sie schulen, prüfen, versichern und entlohnen die Nachbarn, die sich verpflichten, einen Grundlevel an Pflege zu übernehmen. Dadurch konnten Konzepte der Arbeitsteilung zwischen professionellen Pflegekräften und hilfsbereiten Nachbarn umgesetzt werden, die dazu führen, dass die Frequenz der Pflegebesuche durch die professionellen Pflegekräfte verringert werden konnte. Diese Nachbarn sind auch für den Fall geschult, dass ein Besuch der professionellen Pflegekraft aus Witterungsgründen ausfällt.

In den Städten stellen vor allem andauende Hitzeperioden eine gesundheitliche Gefährdung für ältere oder kranke Menschen dar. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn diese allein leben.[18] Die noch von KLIMZUG-Nordhessen initiierten Hitzepräventionsnetzwerke bestehen inzwischen in allen Städten Nordhessens. Sie vertreten nachdrücklich die Interessen der besonders gefährdeten Menschen in allen Fragen, die Auswirkungen auf das Stadtklima haben, insbesondere im Rahmen der Städteplanung oder des Neubaus oder der Sanierung von Gebäuden. Wichtiger noch ist jedoch die von ihnen organisierte Nachbarschaftshilfe in Hitzeperioden. Diese wird durch die Gesundheitsämter durch Schulungen, Beratung und Versicherungen unterstützt. Sie erheben auch die notwendigen Daten über die besonders gefährdeten Menschen und stellen sie den jeweiligen Nachbarschaftshilfen zur Verfügung. Die Hitzepräventionsnetzwerke stellen mit Hilfe moderner Informationstechnik Informationen zur Verfügung, kommunizieren Warnungen und lösen Notfallhilfe aus. In jeder nordhessischen Stadt ist auch ein Service zur telekommunikativen Warnung und Beratung der Betroffenen eingerichtet worden, der sich an dem Beispiel des im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen eingerichteten Hitzetelefons „Sonnenschirm“ orientiert.[19]

---

16 Zum „Qualitätssiegel klimaangepasste Pflege“ s. Kap. III: Neuschäfer.

17 Zur Nachbarschaftshilfe s. Kap. III: Blättner, Georgy, Grewe.

18 Zu Gefährdung älterer Personen bei Hitzeperioden in Städten s. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.

19 S. Kap. III: Grewe, Heckenhahn, Blättner.

Infektionskrankheiten, die durch Mücken und Zecken übertragen werden, haben sich leicht vermehrt. Die Erkrankungen mit Borreliose und Frühsommermeningoenzephalitis (FSME) wären noch erheblich höher, wenn nicht das flächendeckende Monitoring der Verbreitung von Zecken- und Mückenvektoren in Nordhessen ermöglicht hätte, neue Infektionsrisiken frühzeitig zu erkennen und ihnen durch zielgerichtete Konzeptionen und präventive Maßnahmen zu begegnen. Hierfür wurde das im Rahmen von KLIMZUG-Nordhessen konzipierte und eingeführte Monitoring fortgeführt.[20] Es wird weiterhin in den Landkreisen von jeweils einem Netzwerk von örtlichen Gesundheitsbehörden, Ärzten, Apothekern und kommunalen Behörden getragen und beruht auf den freiwilligen Sammlungen von Mücken und Zecken durch Bürgerinnen und Bürger. Diese Netzwerke schulen die Sammler, organisieren die Laboruntersuchungen und führen die dezentralen Auswertungen zu geeigneten Lagebildern zusammen. Sie identifizieren „High-risk-Gebiete", verbreiten im gegebenen Fall Warnungen, geben Verhaltenshinweise an die Öffentlichkeit und konzipieren weitere Präventionsmaßnahmen. Die Netzwerke werden durch das Land Hessen durch Beratung und Fördermittel unterstützt.

3 Anpassung von Strukturen und Verfahren

Die beispielhaft genannten Anpassungsmaßnahmen in den betroffenen Handlungsfeldern sind eingebettet in leistungsfähige administrative und zivilgesellschaftliche Strukturen. In den Kreisverwaltungen, der Verwaltung der Stadt Kassel und im Regierungspräsidium Kassel sind früher getrennte Themen, wie Klimaschutz und Klimaanpassung, Energieplanung, Ressourcen- und Flächenschutz, längst in Bezug auf Verwaltungszuständigkeiten und Verwaltungsverfahren verknüpft, um mögliche Konflikte zwischen den verschiedenen Bereichen möglichst früh zu erkennen und politische Lösungen zu moderieren. Die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung werden auf allen Ebenen und in allen Verfahrensstufen der Fach-, Raum- und Bauleitplanung berücksichtigt.

Die von KLIMZUG-Nordhessen eingeführten und erprobten Governanceinnovationen wurden entsprechend den dokumentierten Erfahrungen[21] weiterentwickelt. Die Funktionen der *Klimaanpassungsbeauftragten* wurden in Stabstellen der jeweiligen Verwaltungseinheiten überführt, die in enger Zusammenarbeit mit den lokalen und regionalen Entscheidungsträgern die Belange der Energieeffizienz, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung vertreten. Sie prüfen bei allen potentiell klimarelevanten Planungen, Projekten und Vorhaben, ob Aspekte des Klima-

[20] S. Kap. III: Schlott et al.
[21] S. Kap. V: Bauriedl et al.

schutzes oder der Klimaanpassung berührt und ausreichend berücksichtigt sind. Noch wichtiger ist ihre Funktion, bei erkannten Anpassungsbedarfen initiativ zu werden. Sie kontaktieren die Betroffenen, die zu involvierenden Akteure, suchen nach Lösungs- und Finanzierungsmöglichkeiten und moderieren eine lösungsbezogene Netzwerkbildung. Sie arbeiten für diese Aufgaben eng mit dem Kompetenzzentrum für Klimaschutz und Klimaanpassung (CliMA) der Universität Kassel und dessen einschlägigen Forschungsgruppen zusammen.

Die Einbindung der *Klimaanpassungsmanager* in die Betreuung der Wirtschaftscluster durch das Regionalmanagement hat sich grundsätzlich bewährt.[22] Die Betreuer der Wirtschaftscluster nehmen weiterhin diese Funktion wahr. Die Belange der Klimaanpassung in den Projekten des Regionalmanagements zu berücksichtigen, ist inzwischen so selbstverständlich geworden, die die Betonung ihrer Aufgaben als Klimaanpassungsmanager entbehrlich ist. Auch hier wurde diese Aufgabe mit der des Klimaschutzes und weiteren Aufgaben zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit von Wirtschaftstätigkeiten zusammengefasst.

Auch die Aufgaben der *Klimaanpassungsakademie* wurden im Rahmen der vhs Region Kassel fortgeführt. Sie bietet Fortbildungen, Veranstaltungen und Informationsprodukte in allen Formaten und Medien zu Themen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung an und firmiert daher seit langem bereits als „Klimaakademie Nordhessen“. Im Rahmen einer institutionellen Förderung des Landes und des Bundes entwickelt sie immer wieder neue Angebote, die an der spezifischen regionalen Betroffenheit einzelner Handlungsfelder ansetzen und auf die Bereitschaft und die Befähigung zu selbständigem Anpassungshandeln der relevanten Akteure zielen. Dabei arbeitet sie eng mit den Stabsstellen für Klimaschutz und Klimaanpassung in den Verwaltungen und der Universität Kassel zusammen.

Die *Universität Kassel* und ihre Forschungspartner konnten ihre Kompetenzen im Bereich Klimaanpassung erhalten und weiter ausbauen. Entscheidend dafür waren weitere transdisziplinäre und transformative Folgeprojekte mit regionalem Bezug zu den Themen Klimaschutz und Klimaanpassung. Die in KLIMZUG-Nordhessen bewährte Zusammenarbeit mit den Praxisakteuren der Region wurde intensiviert. Viele Umsetzungsideen zur Klimaanpassung konnten in Folgeprojekten umgesetzt oder ausgeweitet werden. Da in der Folgezeit sowohl die Europäische Union als auch die Bundesrepublik Deutschland langfristige Förderprogramme zur Erforschung und Umsetzung von angepassten Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung aufgelegt hatten, konnten die Forschungsaktivitäten des Kompetenzzentrums für Klimaschutz und Klimaanpassung (CliMA)

[22] S. Kap. V: Bauriedl et al.

verstetigt werden. Im Rahmen dieser Programme konnte die Wissenschaft immer wieder neue Lösungsvorschläge erarbeiten und in Kooperation mit den Praxispartnern Umsetzungen in der Region initiieren.

Die Eigeninitiative und das Engagement der *Bürgerinnen und Bürger* waren und sind ein wichtiges Fundament geglückter Anpassungsleistungen. Dies gilt nicht nur für die intensive Beteiligung an allen Fach-, Raum- und Bauleitplanungen und an allen Zulassungsverfahren für Vorhaben, die Fragen der Klimaanpassung betreffen. Bürgerschaftliches Engagement ist auch erforderlich beim Neubau oder der Sanierung von Gebäuden. Initiative und Beteiligung von Bürgern sind zum Beispiel entscheidend für das Monitoring von Insekten, die Krankheiten übertragen und auslösen können, oder für den Aufbau und den Erhalt von Hitzepräventionsnetzwerken und ihren Serviceangeboten. Funktionierende Nachbarschaftshilfe ist unabdingbar für die Gesundheitsvorsorge für allein lebende Pflegebedürftige – insbesondere bei Extremwetterereignissen – oder für ältere Menschen bei Hitzeperioden. In vielen Handlungsfeldern – insbesondere im Bereich des Verkehrs, des Tourismus und der Energienutzung - ist der Erfolg der Anpassungsmaßnahmen davon abhängig, dass diese von der Bevölkerung akzeptiert und angenommen werden. Nur wenn diese die intendierten Verhaltensänderungen in ihr Alltagshandeln integrieren, kann Klimaanpassung gelingen.

Für ehrenamtliches Engagement, zivilgesellschaftliche Initiative und freiwillige Kooperationen bieten Verwaltung und Politik die erforderlichen Rahmenbedingungen. Sie sorgen unter anderem dafür, dass die engagierten Bürgerinnen und Bürger für die jeweilige Aufgabe ausreichend geschult werden, dass sie in ihrem freiwilligen Engagement ausreichend versichert sind und dass sie die notwendige fachliche und finanzielle Unterstützung erfahren – zum Beispiel für die notwendige Informationstechnik, für die unabdingbaren Datengrundlagen, für die Erstellung von Informationsmaterial oder für Laboruntersuchungen.

Um Projekte zur Klimaanpassung umzusetzen hat sich das in KLIMZUG-Nordhessen entwickelte und erprobte Vorgehen, *Umsetzungsverbünde* zu etablieren, als sinnvoll erwiesen.[23] Auch wenn die projektbezogenen Netzwerke, die zur Umsetzung spezifischer Anpassungsmaßnahmen gegründet werden, nicht mehr so genannt werden, hat sich dieses Vorgehen als methodisches Verfahren, um Projekte zu entwickeln, bewährt. Sie werden aus den jeweils einschlägigen fachlich kompetenten Vertretern und Vertreterinnen von Verwaltung, Politik, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft gebildet. Dadurch können für die Bearbeitung auch komplexer Problemlagen die Akteure aktiviert werden, die aus unterschiedlichen

[23] S. zu diesen ausführlich Kap. I: Roßnagel; Kap. V: Henschke, Roßnagel; Kap. V: Henschke et al.

Perspektiven das geeignete Fach- und Praxiswissen in die Entscheidungsprozesse einbringen. Vielfach ging die Initiative für solche Projektnetzwerke von den Inhabern der fachlich zuständigen Stabsstellen der Verwaltungen oder den Clustermanagern im Regionalmanagement aus.

4 Ausblick auf viele klimaangepasste Regionen

So oder so ähnlich könnte sich Klimaanpassung im positiven Fall in Nordhessen in 20 oder 30 Jahren darstellen. Sie könnte sich natürlich auch deutlich schlechter entwickeln. Wenn Klimaanpassung künftig den geschilderten Stand erreicht, war dies – im Rückblick – kein Selbstläufer, sondern das Ergebnis harter, koordinierter Anstrengungen vieler Akteure der Region. Ob die geschilderten Ergebnisse erzielt werden können, ist derzeit noch offen. Für Nordhessen wurden mit dem Projekt „Klimaanpassungsnetzwerk für die Modellregion Nordhessen" jedenfalls geeignete Grundlagen gelegt.

Viele der Erkenntnisse, Ergebnisse und Erfahrungen aus KLIMZUG-Nordhessen können auch auf andere Regionen übertragen werden. Sie wurden in diesem Buch umfassend und detailliert dargestellt. Die Übertragung ist umso leichter möglich, je ähnlicher die Vergleichsregion den in Nordhessen herrschenden naturräumlichen (Mittelgebirgsregion) sowie wirtschaftlichen und sozialen Bedingungen (Land- und Forstwirtschaft, Logistik, Tourismus und städtisches Zentrum mit Industrie und Dienstleistungen) ist. Wenn zusammenfassend die wichtigsten Erfahrungen, die in vielen Handlungsfeldern der Klimaanpassung in intensiven Kooperationen gewonnen wurden, in ihrer Relevanz für andere Regionen genannt werden sollen, können in aller Kürze die folgenden Hinweise gegeben werden.

Notwendig ist ein ausreichender Handlungsrahmen für die Region. Klimaanpassung durch Regionen setzt voraus, dass diese die Möglichkeiten zur Mitgestaltung haben, die notwendig sind, um regional angepasstes Handeln zu befördern. Diese regionalen Handlungsmöglichkeiten müssen in den Rechtsordnungen und in den Haushalten des Landes, des Bundes und der Europäischen Union vorgesehen werden. Ohne die notwendigen Zuständigkeiten, Befugnisse und Ressourcen, die derzeit noch vielfach auf den höheren Ebenen angesiedelt sind und den regionalen Akteuren fehlen, bleiben oft nur Handlungsmöglichkeiten, die auf zivilgesellschaftliches Engagement, freiwillige Koordination, informelle Verfahren und informationelle Instrumente angewiesen sind.

Aber auch wenn diese Rahmenbedingungen noch fehlen, muss dies nicht und darf dies auch nicht der Grund dafür sein, in der Region mit Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu warten. Im Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen ist es im Rahmen der exemplarisch bearbeiteten Umsetzungsthemen

auch unter den gegebenen Bedingungen in bemerkenswerter Weise gelungen, regionales Handeln zu inspirieren, auszurichten und teilweise verbindlich zu etablieren. Dies zeigt, dass die in der Region verfügbaren, vorwiegend informellen Strukturen, Verfahren und Instrumente bei einem hohen Engagement und einer engen Vernetzung der relevanten Akteure ausreichen, um das Thema der Klimaanpassung zu etablieren und hinsichtlich Klimaanpassungshandelns initiativ zu werden. Notwendig ist allerdings eine Stelle oder eine Gruppe, die – wie das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen – die Klimaanpassung zu ihrem Thema macht, die benötigten Informationen zur Verfügung stellt und als „Motor" für die notwendigen Initiativen wirkt.

Regionale Klimaanpassung ist nur möglich, wenn es gelingt, in der Region ein Klima des Verständnisses, des Vertrauens und der Unterstützung zu erreichen und in den Handlungsfeldern die jeweils relevanten Akteure aus fachlich kompetenten Vertretern und Vertreterinnen von Verwaltung, Politik, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft zu aktivieren. Für eine klimaangepasste Gestaltung der eigenen Lebensbedingungen sind bürgerschaftliches Engagement und zivilgesellschaftliche Initiative unabdingbar.

Um diese zu wecken, müssen regionale Anpassungsstrategien die je nach Handlungsfeld unterschiedliche Betroffenheit der beteiligten Interessen erkennen und sich auf diese einstellen. Hierfür ist es notwendig, die Akteursgruppen die für eine erfolgreiche Klimaanpassung relevant sind, zu identifizieren, zu informieren und zu motivieren. Da die Wissensbedarfe der verschiedenen Akteursgruppen unterschiedlich sind, muss der Kapazitätsaufbau zielgruppenspezifisch erfolgen. Neben spezifischen Kenntnissen zum Klimawandel mitsamt seinen regionalen Folgen sind vor allem Informationen zur Erfassung der spezifischen Problemlage, zur Einschätzung ihrer Relevanz und zur Entwicklung von Lösungsansätzen und Handlungsmöglichkeiten erforderlich. Die Erfahrungen in KLIMZUG-Nordhessen zeigen, dass Handlungsbereitschaft und Engagement dann entwickelt werden, wenn die eigene Betroffenheit erkannt und angenommen wird.

In vielen Fällen genügt dafür bereits heute schon die Erkenntnis, dass Extremwetterereignisse zunehmen könnten und jeweils mit großen Schadenspotentialen verbunden sind. Plausibel wird diese Annahme durch häufig auftretende Extremwetterereignisse in der Region. Sie sind Anschauungsbeispiele für bereits heute nicht zureichende Robustheit in den Handlungsfeldern, die für die Region relevant sind. Angesichts der heute schon vorhandenen und erfahrbaren Verwundbarkeit nimmt die Bedeutung der künftigen Klimaveränderungen und ihrer Folgen sowie der Verlässlichkeit dieser Annahmen im Akteursdiskurs deutlich ab. Von hoher Relevanz erweist sich dagegen die Erfahrung, dass auch aus der Region heraus

durch exemplarisches Handeln gezeigt werden kann, wie und mit welchem Erfolg Klimaanpassungsmaßnahmen möglich sind. Durch diese Vorbilder verbreitet sich die Bereitschaft und die Befähigung zu selbständigem Anpassungshandeln.

Letztlich hängt jedoch ein nachhaltiger Erfolg der Klimaanpassung in Regionen von einem doppelten Vorgehen ab – von den notwendigen Rahmenbedingungen, für die übergeordnete Ebenen zuständig sind, und von der Initiative in der jeweiligen Region, die auf der Vernetzung der relevanten Akteure und Akteursgruppen, der Kooperation von fachlich kompetenten Vertretern und Vertreterinnen von Verwaltung, Politik, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft und der Mobilisierung bürgerschaftlichen Engagements aufbaut.

Literatur

Sommer, B./Wessels, S. (2013): Deutschland 2040: Zwei Varianten der Zukunft, in: Gerstengarbe, F.-W./Welzer, H. (Hg.): Zwei Grad mehr in Deutschland, Frankfurt am Main.

ISBN 978-3-86219-660-9

Anpassungen an die Folgen des Klimawandels müssen regional erfolgen. Sie stellen eine Querschnittsaufgabe dar, die nur durch die Kooperation von Wissenschaft und Praxis, Wirtschaft und Verwaltung, Politik und gesellschaftlichen Akteuren in der Region bewältigt werden kann. Das Ziel des Verbundvorhabens „Klimaanpassungsnetzwerk Nordhessen“ war es, übertragbare Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Nordhessen zu erarbeiten, modellhaft zu erproben und die erforderlichen Instrumente zur regionalen Steuerung zu entwickeln.

In transdisziplinärer Kooperation von Wissenschaft und Akteuren der Region wurden für die Handlungsfelder Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Energie, Verkehr, Gesellschaft, Tourismus und Gesundheit regionale Anpassungsbedarfe identifiziert, Lösungsvorschläge entwickelt und umgesetzt. Mit den Klimaanpassungsbeauftragten, den Klimaanpassungsmanagern und der Klimaanpassungsakademie sowie den „Umsetzungsverbünden“ wurden neuartige Instrumente für das Management von transformativen Prozessen entwickelt und eingesetzt.

Im vorliegenden Sammelband werden die Konzeption, die Herangehensweise und die Ergebnisse aus fünf Jahren Projektarbeit vorgestellt. Dabei liegt neben den disziplinären Erträgen der wissenschaftlichen und umsetzungsorientierten Teilprojekte das Augenmerk auf dem Ziel des Gesamtverbundes: der Entwicklung der regionalen Steuerung in Nordhessen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels.