

# Realstudie zur CO<sub>2</sub> Optimierung am Beispiel der Bestandsgebäude der Universität Kassel

---

2023



1010



1020



1030



1050



1100



1200



2010



2020



2060



3010



3020



3030



3055



3060



3070



3080



3165



3170



3190



3310



4400



4500



4600



4700



4980



5010



5020



5030



7030



7040



7050



7060





1060

1070

1080



2030

2040

2050



3035

3036

3050



3090

3110

3161



4100

4200

4300



4800

4960

4970



5040

6010

7020



7065

7070

7080

## Die Bestandsgebäude der Universität Kassel im Überblick

Ziegel und Stein, Glas und Beton, Putz und Metall, alt und neu, saniert und im Originalzustand, groß und klein, flach und hoch, Solitär und eingebunden, kleinteilig und großformatig – es ist ein Abbild unseres Alltags. Gebäude sind vielfältig und weisen unterschiedliche Eigenschaften auf. Die Universität Kassel bildet dabei keine Ausnahme. Und alle Gebäude sollen möglichst wenig Heizenergie verbrauchen.

Von den  
111 Gebäuden  
sind momentan  
**47 Gebäude**  
als priorisiert zu  
bewerten.





# Realstudie zur CO<sub>2</sub> Optimierung am Beispiel der Bestandsgebäude der Universität Kassel

---

2023

## Impressum

### Herausgeber:

Universität Kassel  
Abteilung Bau, Technik, Liegenschaften  
Mönchebergstraße 19  
34109 Kassel

### Redaktion:

Dipl.-Ing. Wiebke Kirchhof,  
Dipl.-Ing. Klaus Stach

### Satz und Layout:

formkonfekt konzept & gestaltung, Karen Marschinke, Kassel

### Fotos:

Dipl.-Ing. Klaus Stach

Auflage: 300 Exemplare

Druck: Hayn Druckwerkstatt, Kassel

Papier: EnviroTop U; Recyclingpapier aus 100 % Altpapier, ausgezeichnet mit dem blauen Umweltengel und EU Ecolabel, FSC® zertifiziert

Stand: September 2023





---

Gefördert durch:

HESSEN



Hessisches Ministerium  
für Wissenschaft  
und Kunst

# Inhalt

KAPITELNR.

**01**

Vorweg gesagt ..... 6

**02**

Einleitung ..... 8

**03**

Ausgangslage und Projekt-  
hintergrund ..... 10

**04**

Standorte und Besonder-  
heiten ..... 14

**05**

Liegenschaften und ener-  
getische Betrachtungen ..... 22



## 06

Einflussgrößen für energetische Bilanzierungen .....32

## 07

Auswahl der Bezugsgebäude .....37

## 08

Berechnungsweise .....46

## 09

Vorstellung zur Methodik einer Übertragbarkeit .....62

## 10

Anwendung auf den Gebäudebestand .....66

## 11

Diskurs Zukunft ..... 74

---

### I.

Literaturverzeichnis .....85

### II.

Parallel bearbeitete Projekte .....87



# 01

## Vorweg gesagt

Die Endlichkeit eines Großteils der zur Verfügung stehenden Ressourcen ist in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten stärker in das allgemeine Bewusstsein der Bevölkerung gerückt. Diese Entwicklung fand und findet kontinuierlich statt und wird durch einschneidende physische Ereignisse (z. B. Extremwetterlagen) sowie wirtschaftliche Bedingungen (z. B. Rohstoffverfügbarkeiten) verstärkt. Die Beheizung und Kühlung von Gebäuden sind stark mit diesen Themen verwoben, eine Veränderung der Bedingungen wirkt sich also auch immer direkt darauf aus.

Um eine einheitliche Größe für die Umweltauswirkung dieser Rohstoffverbräuche zu verwenden, wird im Regelfall das Kohlendioxid oder vielmehr dessen Ausstoß herangezogen. Kohlendioxid gilt als maßgeblicher Faktor für die Erderwärmung und den damit einhergehenden Klimawandel. Der Kohlendioxidausstoß, kurz CO<sub>2</sub>-Ausstoß wird damit als Bewertungsgröße genutzt, mit dem über unterschiedliche Bilanzbereiche eine Wertung stattfinden kann, quasi als Ver-

gleichsgröße. Einhergehend mit dem stärker werdenden Bewusstsein über die Endlichkeit von Ressourcen des Planeten setzte sich auch die Einstellung durch, CO<sub>2</sub> verstärkt einzusparen. Neben CO<sub>2</sub> gibt es weitere klimaschädliche Gase (z. B. Lachgas, Methan) die ebenfalls zur Erderwärmung beitragen. Um zu verdeutlichen, dass dieser Gegebenheit ebenfalls Beachtung geschenkt wurde, wird in wissenschaftlichen Kreisen daher meist von Kohlendioxid-Äquivalent (CO<sub>2eq</sub>) gesprochen. Im nachfolgenden Bericht wird zur besseren Lesbarkeit darauf verzichtet, da weitere Treibhausgase neben Kohlendioxid im Bereich der baulichen Hülle keine nennenswerte Relevanz besitzen.

Die Zielsetzung CO<sub>2</sub> einzusparen, zieht sich durch alle gesellschaftlichen Bereiche und durch alle Themengebiete. Die einheitliche Reduktion auf eine physikalische Einzelgröße lässt also auch eine übergreifende Bewertung zu. Es macht also Dinge vergleichbar, die nichts miteinander zu tun haben, ja teilweise gegensätzlich sind. So erlaubt etwa diese Reduktion





auf diese Einheit den Vergleich zwischen einem verzehrten Joghurt im Mensabetrieb und einer aufgetragenen Fassadendämmplatte. Hintergründe wie Transportwege, Zubereitung oder Saisonalität eines Lebensmittels führen zu einem spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der dann ins Verhältnis gesetzt werden kann. Und zwar nicht nur zu einem Joghurt oder einem anderweitigen Lebensmittel, sondern eben auch zu einer eingesparten Energieeinheit an einem Gebäude, die etwa durch das Aufbringen von Dämmsystemen bedingt ist. Dieses System schafft einerseits Vergleichbarkeit, die übersichtlich und messbar ist, kann jedoch auch zu einer zu starken Fokussierung führen.

So müssen immer die Randbedingungen betrachtet werden, auf die sich eine solche Kalkulation stützt. Darin befindet sich ein stetiger Wandel, da Prozessketten verschiedene Bewertungen zulassen und unterschiedlichen Interessen unterliegen. Ein kritischer Blick auf die Grundlage von Kenngrößen, die zu Ergebnissen führen, bleibt also weiterhin notwendig, um neben CO<sub>2</sub> das viel weitreichendere Thema der Nachhaltigkeit als Kernaufgabe zu begreifen.

CO<sub>2</sub>-Werte  
machen  
Ergebnisse  
vergleichbar,  
dürfen aber nie  
ohne Kontext  
bewertet  
werden.



# Einleitung

Eine Notwendigkeit der drastischen Reduktion von klimaschädlichen Treibhausgasen ist offensichtlich. Nur so besteht die Chance, unseren Planeten durch Menschen weiterhin bewohnbar zu belassen und klimatische Katastrophen zu reduzieren. Diese Ausgangslage gilt als wissenschaftlich belegt und muss daher nicht weitgreifender erläutert werden. Auch politisch und normativ hat dies zu Vorgaben und



Blick über den Campus Holländischer Platz



Lösungsvorschlägen geführt, Änderungen und Anpassungen auf die aktuellen Entwicklungen finden fortlaufend statt. Das nationale Klimaschutzgesetz (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2019) wurde im Mai 2021 durch die Bundesregierung verschärft. Darin wurde das deutschlandweite Ziel zur Klimaneutralität um 5 Jahre nach vorne verlegt (auf 2045). Auch auf hessischer Ebene sind klare Ziele definiert, die deutlich darüber hinausgehen und bereits 2030 die CO<sub>2</sub>-neutrale Landes-

verwaltung anstreben. Im Januar 2023 wurde das erste Hessische Klimagesetz (Hessisches Ministerium für Umwelt, 2023) beschlossen, welches verbindliche Rahmenbedingungen festlegt. Per Beschluss hat sich die Stadt Kassel ebenfalls das Ziel zur CO<sub>2</sub>-Neutralität bis zum Jahr 2030 gesetzt. In der „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022), welche im Januar 2022 vorgestellt wurde, wird auf die Dringlichkeit verwiesen. Dabei wird

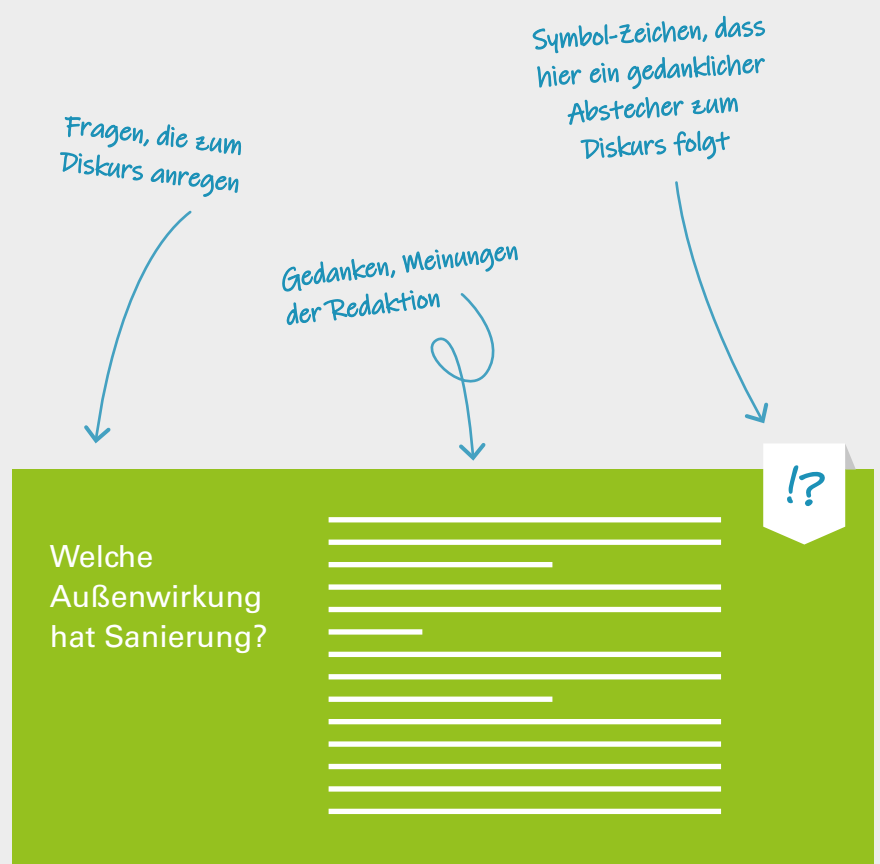
darauf gedrungen, dass die aktuelle Klimaschutz-Geschwindigkeit nahezu verdreifacht werden muss, auch der Gebäudesektor liegt dabei weit hinter den bisherigen Zielen zurück. Hier wird aufgezeigt, wie weit die Universität in ihren Einsparzielen kommen könnte. Solange Klimaschutz nicht oberste Entscheidungspriorität hat, verzögern sich mögliche Effekte ins Unendliche (Denkmalschutz und Wirtschaftlichkeit sind meist nicht kompatibel).

#### Anmerkung der Redaktion zu Randbemerkungen

Nach welchen Kriterien eine energetische Optimierung und deren Priorisierung erfolgt, ist vielschichtig und einem stetigen Wandel unterworfen. Das vorliegende Werk sollte daher nicht als statische Feststellung betrachtet werden, sondern vielmehr Platz für Veränderung ermöglichen.

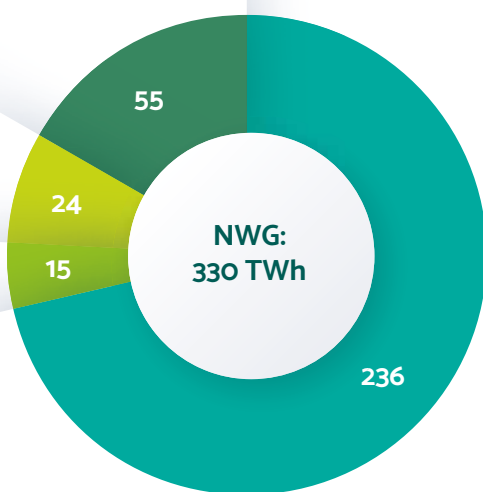
Neben aktuell festgesteckten Normen und Gesetzestexten gibt es aus Sicht der AutorInnen auch Tendenzen und Einflüsse, die ergänzend diskutiert und berücksichtigt werden sollten. Auch über eine grafische Zuordnung finden sich bei den jeweiligen Themen Einschübe, die zum Nachdenken anregen sollen und die jeweiligen Inhalte erweitern. Dies ist als Abgrenzung zu verstehen, um Raum für persönliche Ideen und Meinungen zu bieten, die sich auf Grundlage jahrelanger Praxiserfahrung ergeben haben.

Eine schematische Abbildung zeigt nebenstehend das Darstellungsprinzip dieser Veröffentlichung auf.



# Ausgangslage und Projekthintergrund

Gibt es eine Notwendigkeit der Gebäudesanierung?



■ Raumwärme ■ Warmwasser ■ Klimakälte ■ Beleuchtung

Die Notwendigkeit im Bereich auch von Nichtwohngebäuden eine Reduktion des Energieeinsatzes für Raumwärme zu erzielen, liegt auf der Hand.

Laut dena Gebäudereport 2023 (Marcinek, et al., 2022) liegt der Anteil Nichtwohngebäuden bei fast dreiviertel des Gesamtenergieverbrauchs (236 TWh), gefolgt von Beleuchtung (55 TWh) und Klimakälte (24 TWh) sowie Warmwasser (15 TWh), siehe Abbildung 1.

Im deutschen Klimaschutzgesetz (KSG) sind für die einzelnen Sektoren Zielpfade definiert. Für den Gebäudebereich ist dies einer Ausarbeitung des Umweltbundesamtes (siehe Abbildung 2) zu entnehmen. Darin sind sowohl die jeweiligen Emissionen der vergangenen Jahre als auch der Zielpfad, der eingeschlagen werden muss, aufgezeigt.

ABBILDUNG 1:

**Endenergieverbrauch von Nichtwohngebäuden in 2021,**  
Quelle der Daten BMWK 2022

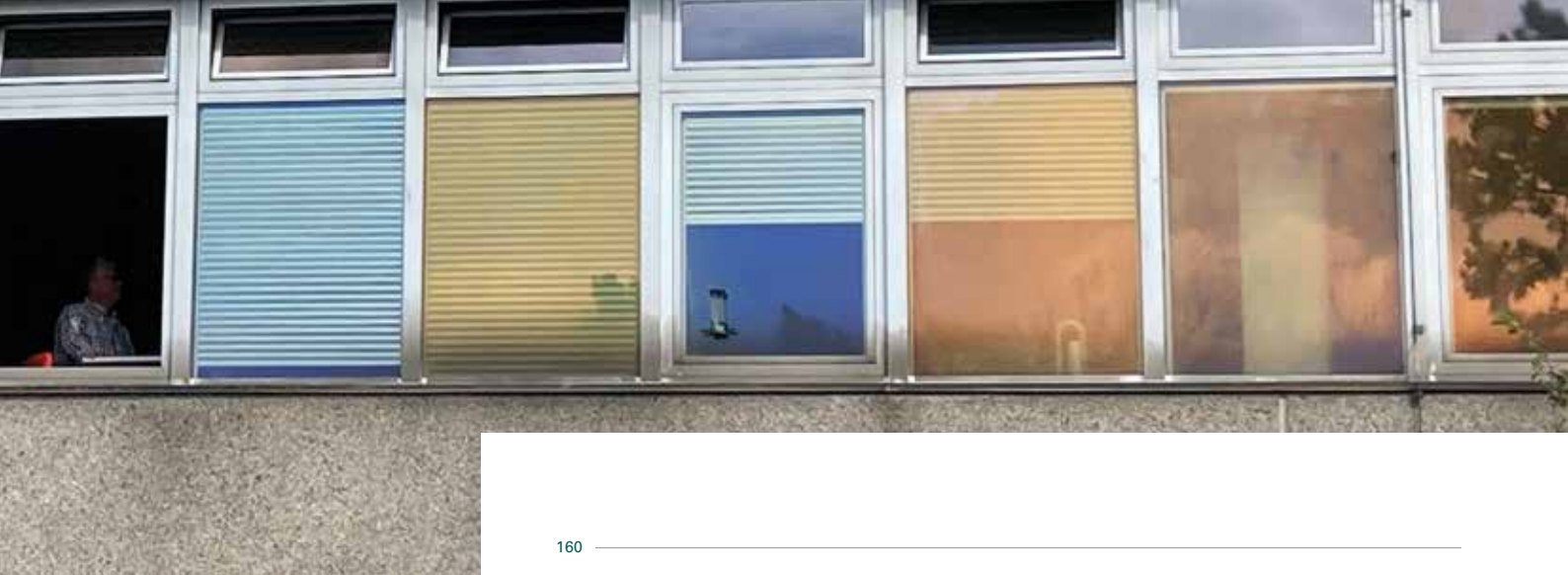
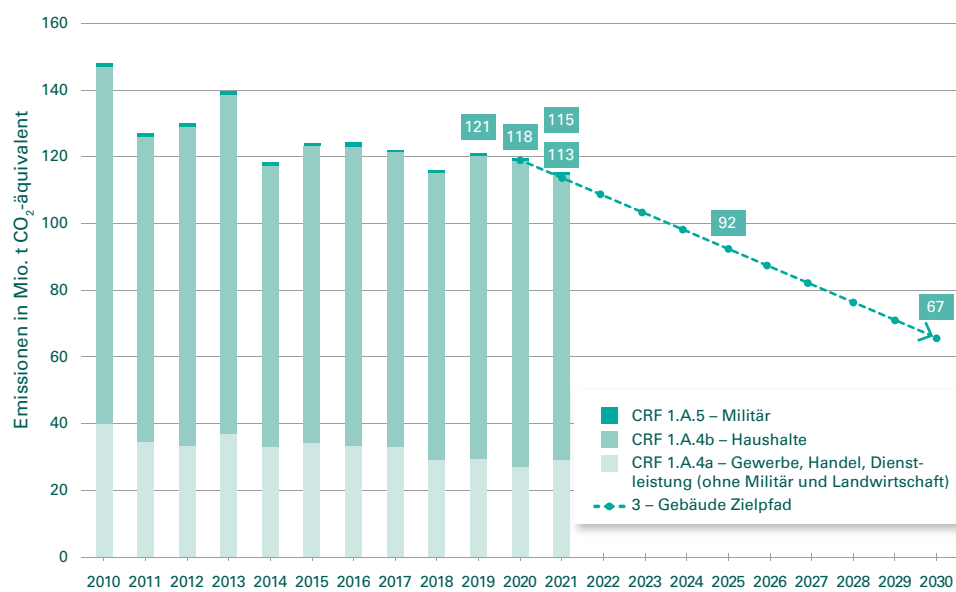


ABBILDUNG 2:  
Entwicklung und  
Zielerreichung der  
Treibhausgasemissionen  
in Deutschland im Sektor  
Gebäude des Klima-  
schutzgesetzes (KSG);  
Quelle: Umwelt-  
bundesamt



### 03.1 Selbstverständnis der Universität Kassel

Die Universität Kassel übernimmt durch ihre selbst gesteckten Ziele eine Vorbildfunktion und fokussiert damit einen zukunftsorientierten, nachhaltigen Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen. Konkret getroffene Ziele und damit verbundene Pläne wie bspw. ein Masterplan schaffen ein höheres Maß an Generationengerechtigkeit, worin sich die Universität Kassel als Bildungsträger verpflichtet sieht. Durch eine enge Verzahnung der verschiedenen Handlungsfelder, die sich gegenseitig bedingen, kann eine strukturierte Umsetzung erfol-

gen. Daher soll begleitend auch immer ein Abgleich zwischen den Themengebieten Gebäudebewirtschaftung, Mobilität, Nutzerverhalten sowie notwendigen Klimaanpassungsmaßnahmen erfolgen.

Die Ausrichtung auf die Einsparung von CO<sub>2</sub> als Zielvorgabe im gesamten Betrieb erfordert ein neues Verständnis. Bisherige Wertungen berücksichtigten dies zwar in einzelnen Fragestellungen, waren jedoch eher Beiwerk als Entscheidungskriterium. Bislang dienen andere Messgrößen wie Energie- oder Sanierungskosten als bestimmende Faktoren für Entscheidungen. Durch die Änderung dieses Blickwinkels rückt eine Größe in den Mittelpunkt, die sich nicht immer linear zu anderen Anfor-

derungsgrößen verhält, nun aber ein deutliches Gewicht bekommt. Insgesamt führte dies an der Universität zur thematischen Bündelung rund um das Thema Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, Ressourcenverbrauch.

Die Universität Kassel beschäftigt sich bereits seit vielen Jahren mit den Themen Ressourcenschutz und Nachhaltigkeit, wird dies verstärkt in den kommenden Dekaden in den Fokus setzen und dort auch Forschungsschwerpunkte setzen.

Mit der Schaffung eines „Green Office“ an der Universität, soll der Dringlichkeit nach Umsetzung im Handlungsfeld der Verwaltung Ausdruck verliehen werden. Durch neu geschaffene Stellen findet zukünftig eine fokussierte Bear-



beitung dieser Zukunftsthemen statt, dabei wird sowohl die Umsetzung baulicher Themen als auch eine intensive Kommunikationsstrategie zur Einbindung der Öffentlichkeit berücksichtigt. Der hier vorliegende Abschlussbericht stellt also gleichermaßen Grundlage und Start für diesen begonnenen Prozess dar.

Im Bereich der Umweltforschung sowie der Umweltlehre sind Nachhaltigkeitsthemen bereits historisch verankert. Über einen engen Austausch gelingt es nun auch, eine Verknüpfung zum Bereich der Verwaltung dauerhaft zu etablieren. Über die Sensibilisierung sowie Umsetzung in allen Handlungsfeldern wird eine zukunftsfähige, nachhaltige Entwicklung angestrebt. Kernziel ist das Erreichen der Klimaneutralität in sämtlichen Betriebsabläufen. Bislang geschaffene Grundlagen aus vorangegangenen Projekten werden dabei ebenso einfließen wie zukünftige Planungen.

## 03.2 Beschreibung des Förderprojektes

### Welche Aufgaben und Ziele gibt es?

Das Projekt CO<sub>2</sub>-optimierter Campus befindet sich seit Anfang April 2020 in der zweiten Förderphase, die an die bereits umgesetzte Förderphase eins anschließt.

Dabei unterscheiden sich die beiden Phasen grundsätzlich sowohl durch die personelle Besetzung als auch deren Inhaltsschwerpunkte. Phase eins wurde durch eine volle Personalstelle besetzt. Bedingt durch diverse Randbedingungen lag der Schwerpunkt der Gebäudepriorisierung auf Einzelobjekten, die in den jeweiligen Sanierungsvorschlägen im Rahmen des COME-Programms (energetische Sanierung von Hochschulgebäuden) mündeten. Fokus dabei waren Gebäude, die sowohl einen offensichtlichen Sanierungsbedarf aufwiesen als auch in die entsprechenden Rahmenbedingungen des Förderprogramms passten. Hierbei wurden 13 Projekte (Gebäudeanzahl) beantragt, 11 davon wurden zur Umsetzung bewilligt. Dabei wurden für die ausgewählten Liegenschaften Berechnungen mit sehr hoher Detailtiefe erstellt, Möglichkeiten zur Übertragbarkeit und vereinfachte Ansätze wurden nicht ermittelt.

Die Phase zwei wurde durch zwei halbe Personalstellen besetzt, deren

Arbeitsschwerpunkte sich sowohl auf die angewandte Baupraxis als auch den theoretisch rechnerischen Ansatz abdecken.

In dieser zweiten Projektförderphase wurde der Bearbeitungsansatz grundlegend verändert, bisherige Erfahrungen wurden überdacht und auf eine praxisorientierte Umsetzbarkeit hin angepasst.

Hauptziel des Gesamtprojektes wird dabei auf eine strategisch energetische Erfassung der vorhandenen Gebäudesubstanz der Universität Kassel gesetzt, die im weiteren Gebäudebetrieb einen möglichst wirkungsvollen Einsatz von Optimierungs- und Sanierungsmaßnahmen erlaubt. Auch die Differenzierung in zwei Teilprojekte in der zweiten Förderphase bleibt bestehen, die einerseits die energetische Detailanalyse des Gebäudebestandes (Teilprojekt 1) als auch den Ausbau und die technische Optimierung der Zählerstruktur für Wärmemengen (Teilprojekt 2) der Universität Kassel betreffen.

Eine langfristige Potenzialanalyse in Bezug auf eine CO<sub>2</sub>-Optimierung, die sowohl architektonische, ökonomische als auch ökologische Aspekte berücksichtigt, setzt eine klare strukturierte Vorgehensweise zur Priorisierung voraus. Die Dimension der zu berücksichtigenden Faktoren unterscheidet sich dabei stark. Dies sind einerseits sehr kleinteilige Eigenheiten eines Bau-





werks wie ein Konstruktionsaufbau, der sowohl in Stärke, Materialität als auch Zustand erfasst und bewertet werden muss. Andererseits spielen übergeordnete Faktoren eine Rolle, wie etwa die eingesetzten Energieträger und deren spezifische CO<sub>2</sub>-Kennwerte. Außerdem haben übergeordnete Faktoren einen erheblichen Einfluss, die z.B. sozial oder politisch motiviert sind. Daher kann eine energetische Sanie-

rungsstrategie nicht einen eindimensionalen Betrachtungspfad zulassen. Eine komplexe Priorisierung erforderte also bereits während der Projektlaufzeit eine stetige Anpassung und wird dies auch zukünftig notwendig machen. Im Folgenden werden diese unterschiedlichen Aspekte, die sich in Teilen sogar gegensätzlich zueinander verhalten, aufgeführt und daraus eine Priorisierungssystematik abgeleitet.



## Welche Außenwirkung hat Sanierung?

Oft gibt es Vorbehalte, die mit einer energetischen Gebäudesanierung in Verbindung gebracht werden. Durch ein direktes Erleben (z.B. Fenstertausch – es zieht nicht mehr) wird dies auch mit dem privaten Bereich verknüpft. Öffentliche Bauten bieten damit eine Vorbildfunktion und praktischen Erfahrungsraum zugleich. Sie wirken dadurch über die eigenen Grenzen (Campus) hinaus.



# Standorte und Besonderheiten

## Wie sind die Strukturen?

Die Universität Kassel besitzt mehrere Standorte, die sich stark durch ihre Größe, ihre Struktur sowie Nutzungsanforderungen voneinander unterscheiden. Darunter befinden sich auch Standorte außerhalb des Stadtgebietes von Kassel.

Hauptstandorte sind dabei der Campus Holländischer Platz, Campus Oberwehren, Campus Wilhelmshöher Allee, Campus Menzelstraße sowie der Standort in Witzenhausen, der wiederum auf zwei separate Bereiche aufgeteilt ist. Daneben gibt es weitere Einzelgebäude. Die Verteilung der Bruttogrundflächen auf die verschiedenen Standorte ist dabei Tabelle 1 zu entnehmen (Stand 2022).

TABELLE 1:

Standorte der Universität Kassel mit Flächenbezug

Standorte	Nettoraumfläche [m²]	Bruttogrundfläche [m²]
<b>Standort 1 – Naturwissenschaften und Mathematik</b> KASSEL; Heinrich-Plett-Straße 40	55.946	61.490
<b>Standort 2 – Kunsthochschule</b> KASSEL; Menzelstraße 13–15	24.437	27.575
<b>Standort 3 – Ökologische Agrarwissenschaften</b> WITZENHAUSEN	22.314	27.408
<b>Standort 4 – Elektrotechnik / Informatik</b> KASSEL; Wilhelmshöher Allee 71	37.185	46.008
<b>Standort 5 – Sporthalle Auepark</b> KASSEL; Damaschkestraße 23–25	4.893	5.681
<b>Standort 6 – Murhardsche Bibliothek</b> KASSEL; Brüder Grimm Platz 4a	4.705	5.871
<b>Standort 7 – Zentraler Campus</b> KASSEL; Holländischer Platz	189.295	230.822
<b>Standort 8 – Staatsdomäne Frankenhausen</b>	13.600	14.214
<b>Standort 9 – Metakus Halle</b>	1.692	2.800
<b>Gesamt</b>	<b>354.067</b>	<b>421.869</b>





Die Universität Kassel besitzt neun Standorte, die sich stark durch ihre Größe und ihre Struktur voneinander unterscheiden. Darunter sind auch Standorte außerhalb des Stadtgebietes von Kassel.

**9**

Standorte in und um Kassel

**111**

Gebäude, von denen fast die Hälfte ein erhebliches Energieeinsparpotenzial und eine reale Möglichkeit der Umsetzung bieten

**421.869 m<sup>2</sup>**

Der Zentrale Campus stellt dabei mit 230.822 m<sup>2</sup> die größte Bruttogrundfläche

111 Gebäude, 88 davon im Eigentum der Uni, 87 Gebäude sind beheizt bzw. in ihrer Beheizungsform vergleichbar. Eine Zuordnung der Anzahl der Gebäude nach Liegenschaftsnummern, sowie deren Beheizung und die Eigentumsverhältnisse sind in Abbildung 3 zu entnehmen.

## 04.1 Geografische Lage

### Gebäude der Universität Kassel:

**Gesamt / im Eigentum / regulär vergleichbare Beheizung (ohne Sonderbauten)**  
111 / 88 / 86

**Standort 1 hat 9/9/6**

*Naturwissenschaften und Mathematik,  
Heinrich-Plett-Straße 40, KASSEL*

**Standort 2 hat 6/6/5**

*Kunsthochschule,  
Menzelstraße 13–15, KASSEL*

**Standort 3 hat 16/12/8**

*Ökologische Agrarwissenschaften,  
WITZENHAUSEN*

**Standort 4 hat 10/10/9**

*Elektrotechnik/Informatik,  
Wilhelmshöher Allee 71, KASSEL*

**Standort 5 hat 4/1/3**

*Sporthalle Auepark,  
Damaschkestraße 23–25, KASSEL*

**Standort 6 hat 1/1/0**

*Murhardsche Bibliothek,  
Brüder Grimm Platz 4a, KASSEL*

**Standort 7 hat 63/48/53**

*Zentraler Campus,  
Holländischer Platz, KASSEL*

**Standort 8 hat 1/0/1**

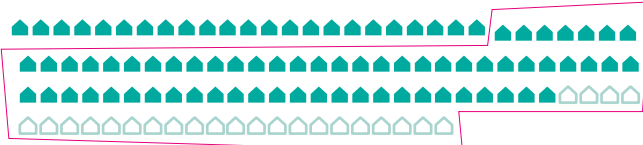
*Staatsdomäne FRANKENHAUSEN*

**Standort 9 hat 1/0/1**

*Metakus Halle, BAUNATAL*

**ABBILDUNG 3:**  
**Übersicht Anzahl der Gebäude**  
**je Standort in gesamt/im**  
**Eigentum/regulär vergleichbare**  
**Beheizung (ohne Sonderbauten)**

Gesamt = 111 Gebäude

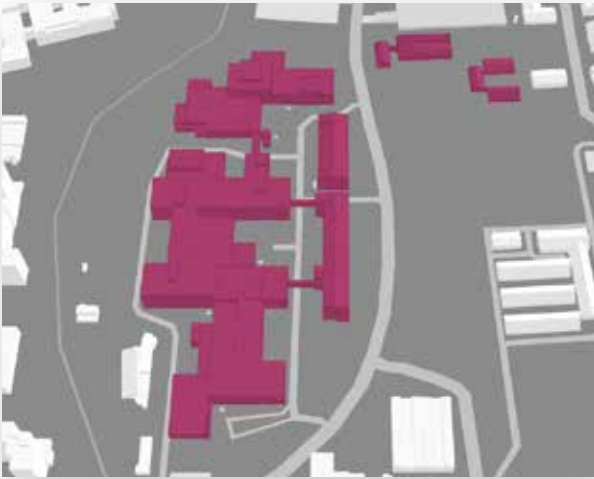


□ = 88 in Eigentum

▲ = 86 reguläre, vergleichbare  
Beheizung (ohne Sonderbauten)

◻ = 25 ohne reguläre,  
vergleichbare Beheizung





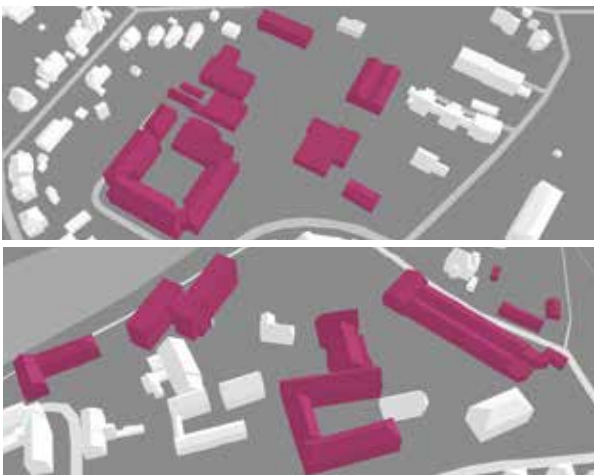
**Kasseler Stadtteil Oberzwehren**  
Heinrich-Plett-Straße, intern: AVZ

Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften. Institut für Arbeitswissenschaften, Institut für Berufsbildung, Zentrum für Nanostrukturwissenschaften sowie Uniwerkstätten (Elektronik, Mechanik, Glastechnik und Schreinerei).



**Kassel am Rande der Kasseler Karlsaue**  
Menzelstraße, intern: Kunst Uni – HBK

Studiengänge Bildende Kunst, Visuelle Kommunikation, Produkt-Design, Kunstpädagogik und Kunstwissenschaft



**Witzenhausen**  
Steinstraße und Nordbahnhofstraße

Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften. Ökologisch orientierte Forschung und Lehre. Forschungsgewächshaus für Pflanzenbau in tropischen und subtropischen Gebieten.



4

#### Kassel

Wilhelmshöher Allee,  
intern: Ing.-Schule

Fachbereiche Elektrotechnik und Informatik. Hochspannungs-, Mechatronik- und Mobilfunk-Labor. In unmittelbarer Nähe diverse Drittmittelgebäude.

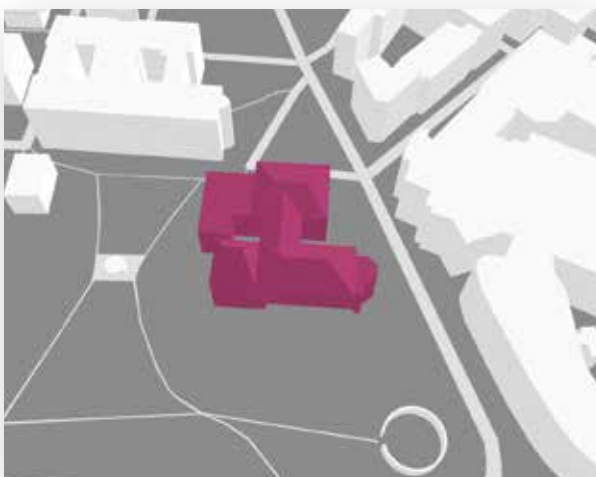


5

#### Kassel

Damaschkestraße, Aueparkhalle

Sport und Sportwissenschaften. In direkter Nähe an der Fulda befindet sich das Boots- und Seminarhaus des Instituts.



6

#### Kassel

Brüder-Grimm-Platz.  
Murhardsche Bibliothek

Universitäts- und Landesbibliothek Kassel. Bände zu Sprach- und Literaturwissenschaft, der deutschen, speziell der hessischen Geschichte, zu Philosophie, Musik, Recht und Medizin.



### Kassel

Holländischer Platz, zentraler Campus,  
intern: Hopla

Fachbereiche Humanwissenschaften, Geistes- und Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung, Wirtschaftswissenschaften, Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen und Maschinenbau. Internationales Studienzentrum, IT-Servicezentrum, Institut für Musik, Graduiertenzentren und -kollegs, Verwaltung der Universität Kassel, Zentrale der Universitätsbibliothek.



### Hofgeismar, Grebenstein

Staatsdomäne Frankenhausen

Landwirtschaftlicher Betrieb. Modellbetrieb für ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiges Wirtschaften.



### Baunatal

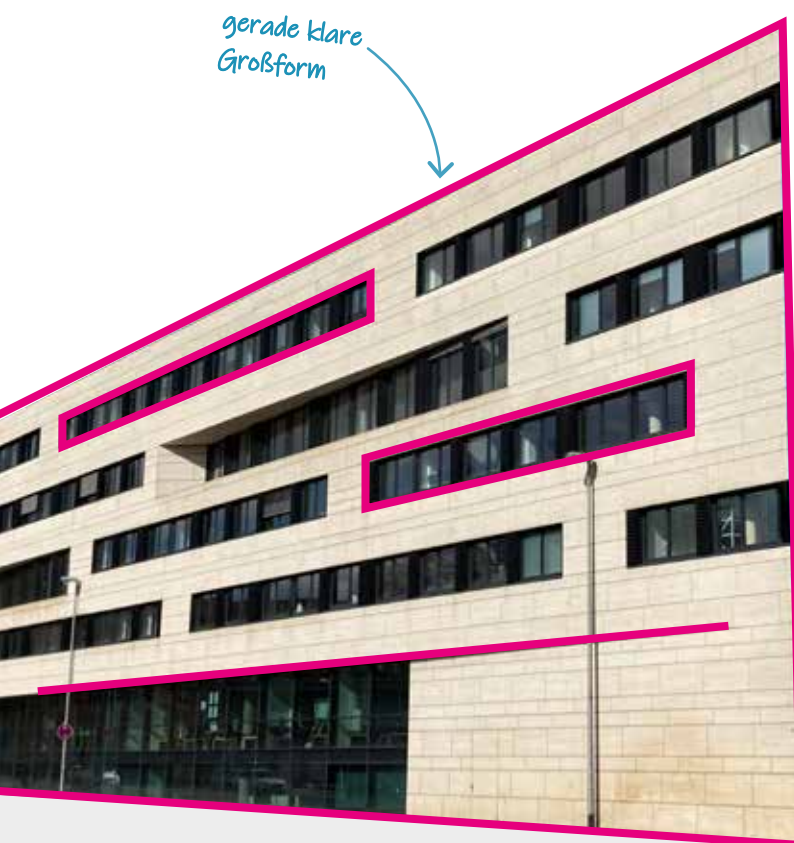
Fehrenberger Straße,  
intern: METAKUS

Industrielle Halle bei Kassel. Fachgebiet Gießereitechnik. Grundlagen-Forschung im Gussleichtbau.

## 04.2 Vielfalt der Immobilien

### Sind alle Häuser gleich?

Der Immobilienbestand der Universität zeigt eine große Vielfalt unterschiedlicher Gebäude auf, der ein breites Spektrum an Bauzeiten aufweist. Dabei geht die Spanne von historischen Bauwerken bis hin zu frisch fertig gestellten Neubauten, weitere große Bauprojekte sind in der aktuellen Planung und Umsetzung.



7710 Fachbereich Musik

vs.

Kleinteilige  
Backsteinfassade



7200 WISO A





7812 HansaHaus, Großgebäude

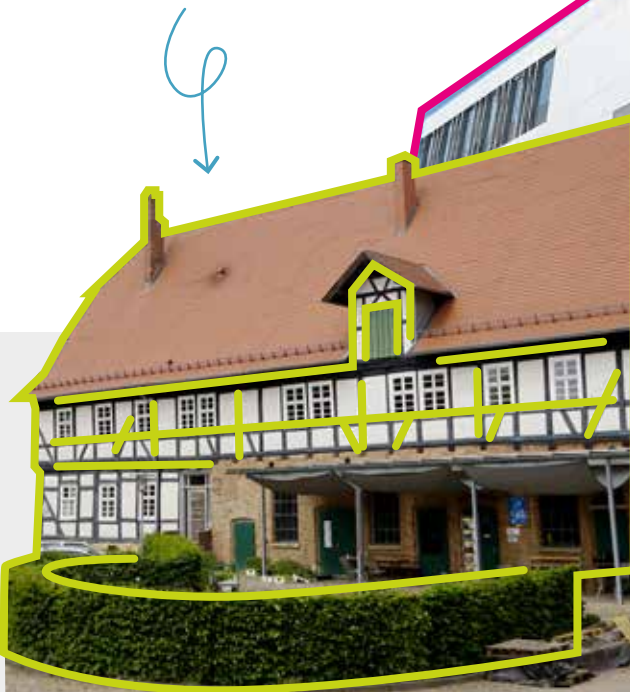
vs.



7151 Villa ASL

historisches  
Fachwerk

vs.



8030 Staatsdomäne Frankenhausen



7280 Campus Center

# Liegenschaften und energetische Betrachtungen

## Was hat das Haus mit Energie zu tun?

Die Immobilien der Universität Kassel bilden eine große Bandbreite ab, sowohl von der Nutzung, als auch von den baulichen Gegebenheiten. Beide Faktoren haben einen grundlegenden Einfluss auf den jeweiligen Energieverbrauch und damit verbunden auf den Ausstoß an CO<sub>2</sub>. Dabei handelt es sich jedoch mit wenigen Ausnahmen um Nichtwohngebäude, die sich wiederum untereinander stark durch ihr Spektrum der Nutzungsvielfalt unterscheiden, siehe z. B. Fotos rechts. Für die weitere Bearbeitung wird es nun notwendig, die Liegenschaften herauszufiltern, die sowohl ein Potenzial als auch eine reale Möglichkeit der Umsetzung bieten. Dies bietet den Vorteil, vom theoretischen Potenzial auf ein praktisch anwendbares Potenzial zu reduzieren und somit

den Fokus zu schärfen. Die festgelegten Priorisierungskriterien sind im Folgenden aufgeführt.



**7240 – Hörsaal links und  
1100 – Laboratorien rechts**

## 05.1 Differenzierung nach Umsetzungsmöglichkeiten

### Wo können wir überhaupt sanieren?

Im Regelfall stehen neben der Anforderung einer Reduktion des Energiebedarfs von einem Gebäude weitere Faktoren (z.B. Sanierung, Renovierung, Umnutzung) mit teilweise deutlich anderer Ausrichtung an. Dies führt dazu, dass man bei der Priorisierung bzw. beim Zuordnen von Gebäudeklassen vorab bestimmte Auswahlkriterien festlegen muss. Zudem sind die Gebäudestruktur und die Nutzungsanforderung der Universität Kassel so divers, dass hier ein besonderes Augenmerk liegen muss.

Ein großer Anteil der betrachteten Gebäude befindet sich sowohl im Eigentum als auch in der Nutzung der Universität. Jedoch gibt es auch weitere Konstellationen. So gibt es etwa durch die Universität

angemietete Objekte, für die der jeweilige Eigentümer die Entscheidung über energetische Sanierungen und folglich auch über den daraus resultierenden Energieverbrauch hat.

## 05.2 Differenzierung nach Notwendigkeiten

### Welche Dinge haben Einfluss auf eine Sanierung?

Neben dem Fokus auf den energetischen Bauzustand einer Liegenschaft spielen weitere Kriterien eine entscheidende Rolle, zu welchem Zeitpunkt eine Sanierung stattfindet. Wird dabei in anderem baulichen Kontext eine Sanierung / Umbaumaßnahme umgesetzt, so ist auch immer zu prüfen, ob sich eine energetische Sanierung dabei ergänzen lässt. Wenn etwa zeitlich bedingte Maßnahmen, die einem regelmäßigen Turnus unterliegen durchgeführt werden, so können energetische Aspekte berücksichtigt werden. Dies

kommt dann etwa in Frage, wenn die entstehenden Mehrkosten überschaubar bleiben, weil z.B. schon ein Baugerüst vorhanden ist. Hier muss von der vorgegebenen Reihenfolge abgewichen werden und evtl. Gebäude mit einer geringeren Priorität vorgezogen werden.

Je nachdem, welchen Baubereich man betrachtet, ist eine energetische Ertüchtigung im Rahmen einer Grundsanierung mittlerweile zum Standard geworden. Wo im privaten Bereich häufig energetische Sanierungen noch vernachlässigt werden, ist dies im professionellen Bereich gängige Praxis. So ist etwa zu vermerken, dass der größte Teil von Förderzuschüssen an Wohnungsbaugesellschaften fließt, da der private Bauherr dies eher in geringerem Maße nutzt. In der gelebten Baupraxis, die bei einem so großen Immobilienbereich wie der Universitären Bauverwaltung vorliegt, ist eine energetische Sanierung

!?

## Was ist möglich und was nötig?



### Kontroverse AVZ

Grundsätzlich stellt sich die Frage, auf welcher Zeitleiste Sanierungen und ihr Einsparpotenzial berücksichtigt werden. Der Standort AVZ in Oberzwehren soll, wie bereits vor 15 Jahren beschlossen, mittelfristig aufgegeben und an den holländischen Platz verlagert werden. Eine Sanierung steht daher aktuell nicht im Fokus. Dem gegenüber steht jedoch ein enormes Einsparpotenzial, welches alle anderen Immobilien der Universität übertrifft.

Daher muss hinterfragt werden, ob es sich tatsächlich nur um eine zeitliche Betrachtung der universitären Nutzung handelt oder nicht vielmehr ein langfristiger, gesellschaftlicher Nutzungsaspekt im Vordergrund stehen sollte. Ein enormes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial, verbunden mit immensen Heizkostenersparnissen und der deutlichen Steigerung des Nutzerkomforts wäre eindeutig gegeben.

auch immer ein Bestandteil, wenn Außenbauteile betroffen sind.

Grundlegend muss daher nicht mehr über ein „ob“, sondern vielmehr über ein „wie“ (energetisch baulicher Standard) diskutiert werden.

Auch bei Umstrukturierung der Gebäude, die häufig durch Änderungen in der Nutzung bedingt sind, sollte eine energetische Aufwertung immer berücksichtigt werden, da hier ein unkomplizierter Zugriff auf Gebäude und deren Räumlichkeiten besteht.

Dabei wird deutlich, dass eine langfristige energetische Sanierungsstrategie

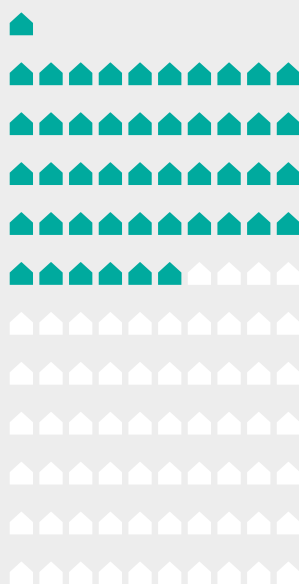
auch immer auf eine kontinuierliche Kommunikationsstrategie aufbauen muss, die dauerhaft die verschiedenen Interessen- und Handlungsstränge miteinander verknüpft.

Eine reine Betrachtung der energetischen Qualität, ohne den Blick auf die anderen Belange zu richten, würde

die energetische Sanierungsstrategie eher bremsen und gleichzeitig die Akzeptanz der jeweiligen Akteure sowie der großen Anzahl der Nutzer schwächen. Durch energetische Sanierung tritt im Regelfall auch immer eine Verbesserung des Komforts sowie der optischen Erscheinung ein.

## Energetische Sanierung muss immer im Gesamtzusammenhang geplant werden.

Von den  
111 Gebäuden  
sind momentan  
**47 Gebäude**  
als priorisiert zu  
bewerten.



**ABBILDUNG 4:**  
Prioritäten haben Gebäude, die  
- vor 2003 gebaut wurden,  
- im Eigentum der Uni sind,  
- regulär beheizt werden

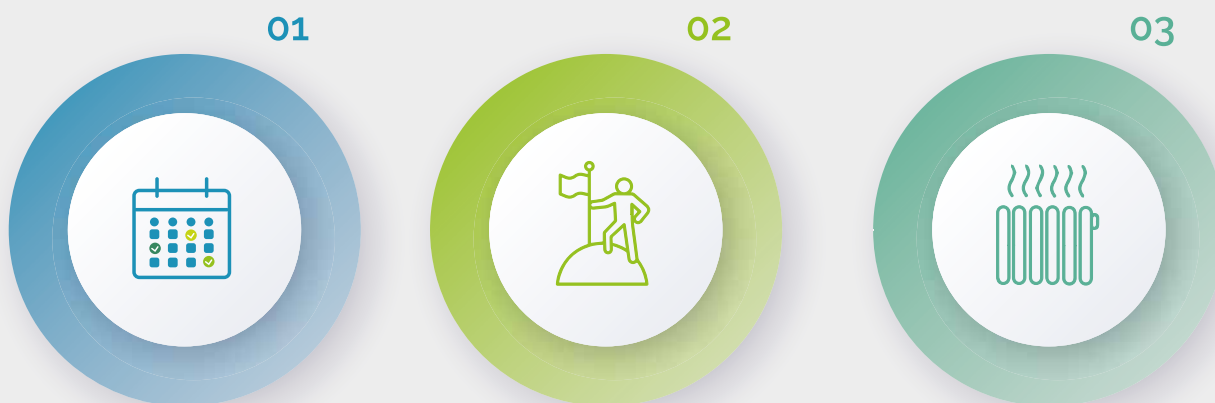


## 05.3 Priorisierung nach CO<sub>2</sub>-Einspar-Potenzial

### Wie gehen wir vor?

Durch die aufgeführten Bedingungen wird eine Priorisierung, die einheitliche Auswahl-Kriterien zugrunde legt, notwendig. Im Laufe der Projektbearbeitung wurden diese Kriterien festgelegt und in einer Excel-Liste zusammengefasst, siehe Abbildung 6. Dies bietet die Möglichkeit, Priorisierungen auch im Laufe der Zeit anzupassen, da die Bauplanung kein statischer Prozess ist und es absehbar ist, dass sich die

Auswahlkriterien verändern werden. Bei der Auswahl ist zu beachten, dass es sich ausschließlich um die energetische Sanierungsrelevanz eines Gebäudes handelt. Über gestaffelte „wenn – dann“-Funktionen wird eine rationale Auswahl an festgelegten Werten ermöglicht, da dies einem wiederkehrenden Automatismus unterliegt.



#### Kriterium 01: Baujahr

Alle Gebäude, die ab 2003 gebaut wurden, werden aktuell nicht als sanierungsrelevant bewertet, da der bauliche Anforderungswert normativ bereits recht hoch lag (EnEV 2002). Dies gilt ebenfalls für ältere Gebäude, wenn deren Bauteile vollständig nach 2003 saniert wurden.

#### Kriterium 02: Eigentum / Anmietung

Befindet sich das Gebäude im Eigentum der Universität Kassel, fällt es ebenfalls in die Priorisierung, da auf angemietete und gepachtete Objekte kein Einfluss auf bauliche Maßnahmen genommen werden kann.

#### Kriterium 03 Beheizung:

Wird ein Gebäude regulär beheizt, so fällt es in die Priorisierung. Sonderbauten, die ohnehin keinen regulären Heizenergiebedarf aufweisen entfallen. Dies gilt z. B. für Gewächshäuser, temporär genutzte Gebäude, Parkhäuser und vereinzelte Wohngebäude, da diese keine Vergleichbarkeit zu anderen Nichtwohngebäuden besitzen.

ABBILDUNG 5:  
Priorisierungskriterien zur energetischen Sanierung



Geb. Nr.	Name	Baujahr	Komplett- sanierung ab 2003	Sanierungs- relevant	Eigentum Uni	Nutzung Studieren- denwerk	Beheizung	aktuell priorisiert (Sanierung)
1010	AVZ I HPS 40	1974	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
1020	AVZ II HPS 40	1974	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
1030	AVZ III HPS 40	1977	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
1050	Gewächshaus HPS 40	1978	nein	ja	Eigentum Uni	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
1060	Waschhalle/Garagen	1973	nein	ja	Eigentum Uni	nein	nein	nein
1070	Tierhaus HPS 40	1985	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
1080	Parkdeck HPS 40	1977	nein	ja	Eigentum Uni	nein	nein	nein
1100	INA HPS 40	1997	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
1200	IBC HPS 40	1997	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
2010	Südbau MS 15	1965	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
2020	Atriumbau MS 15	1962	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
2030	Nordbau MS 13	1967	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
2040	Hörsaaltrakt MS 13	1967	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
2050	Ausstellungshalle	2021	nein	nein	Eigentum Uni	nein	ja	nein
2060	Dienstwohnungen MS 13	1967	nein	ja	Eigentum Uni	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3010	Tropengewächshaus	1965	nein	ja	gemietet/gepachtet	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3020	Ehem. Kloster	1291	nein	ja	gemietet/gepachtet	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3030	Hörsaal- u. Laborgebäude	1972	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
3035	Gewächsh.+ Lager	2010	nein	nein	Eigentum Uni	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3036	Lehrpavillion	2013	nein	nein	Eigentum Uni	nein	ja	nein
3050	Bibliotheksgebäude	1969	ja	nein	Eigentum Uni	nein	ja	nein
3055	Fahrzeughalle	2012	nein	nein	Eigentum Uni	nein	nein	nein
3060	Ehem. Schulgebäude	1969	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
3080	Forschungsgewächshaus	2000	nein	ja	Eigentum Uni	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3090	Kleines Gewächshaus	1969	nein	ja	Eigentum Uni	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3110	Grüne Schachtel	1986	nein	ja	Eigentum Uni	nein	ja	ja
3161	Hof Füllgrabe	1960	nein	ja	gemietet/gepachtet	nein	Sonderbau ohne Vergleich	nein
3165	Maschinenhalle Füllgrabe	2007	nein	nein	Eigentum Uni	nein	nein	nein

ABBILDUNG 6:

#### Ausschnitt aus dem Kriterienkatalog zur Priorisierung

Als ergänzende Übersicht nach Kriterium 1 kann man nun eine Unterteilung in Baualtersklassen vornehmen. Dies ergibt einen ersten Eindruck über den Gesamtbestand und eine Orientierung, um welche Art von Gebäuden es sich handelt und welche prozentuale Bedeutung diesen zufällt. Da in

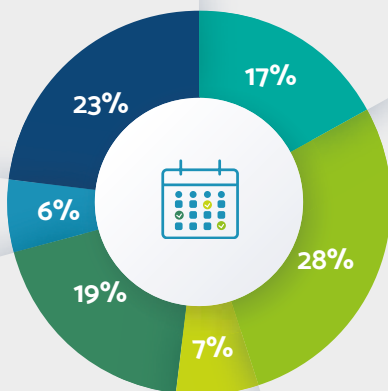
unterschiedlichen Bauphasen auch unterschiedliche regulatorische Anforderungen (Wärmeschutzverordnungen, Energieeinsparverordnungen) galten, orientiert sich die getroffene Einteilung daran, siehe Abbildung 7.



7680, Kopfbauten, Baujahr 1910

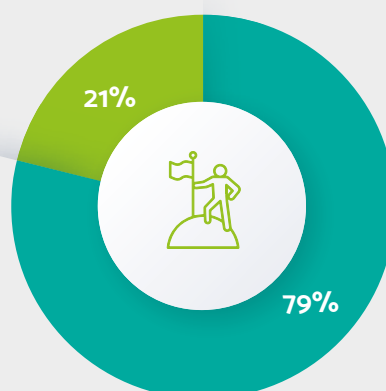


7670, Neubau ASL 1, Baujahr 2014



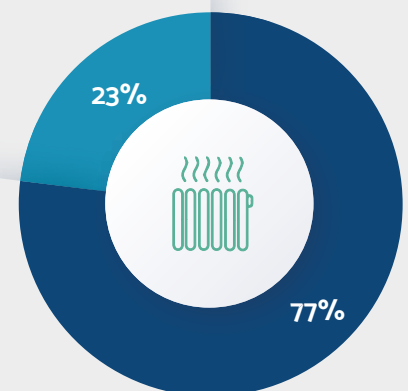
■ 1800 – 1948  
 ■ 1949 – 1977  
 ■ 1978 – 1984  
 ■ 1985 – 1995  
 ■ 1996 – 2002  
 ■ 2003 – heute

ABBILDUNG 7:  
 Verteilung Gebäudeanzahl  
 des Gebäudebestandes nach  
 Baualtersklassen



■ Eigentum  
 ■ gemietet / gepachtet

ABBILDUNG 8:  
 Verteilung der Gebäude auf die  
 Eigentumsverhältnisse



■ Sondersituation ohne Vergleich  
 ■ reguläre Beheizung

ABBILDUNG 9:  
 Beheizungssituation und Verhältnis  
 der Sonderbauten

Eine Übersicht der Verhältnismäßigkeiten für das Kriterium 2 ist in Abbildung 8 zu entnehmen. Daraus wird deutlich auf welchen Teil die Universität einen direkten Einfluss bezüglich Sanierungsmaßnahmen hat bzw. wo sie nicht aktiv eingreifen kann.

Das Kriterium 3 berücksichtigt die Beheizungssituation sowie Sonderbauten, die keine Vergleichsmöglichkeit mit Mittelwerten bieten und somit zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen würden. Die Verhältnismäßigkeit ist in Abbildung 9 zu entnehmen. Eine ähnliche Verhältnismäßigkeit wie beim Eigentumsverhältnis fällt dabei auf, ist jedoch Zufall, da die Gebäude nicht deckungsgleich sind.

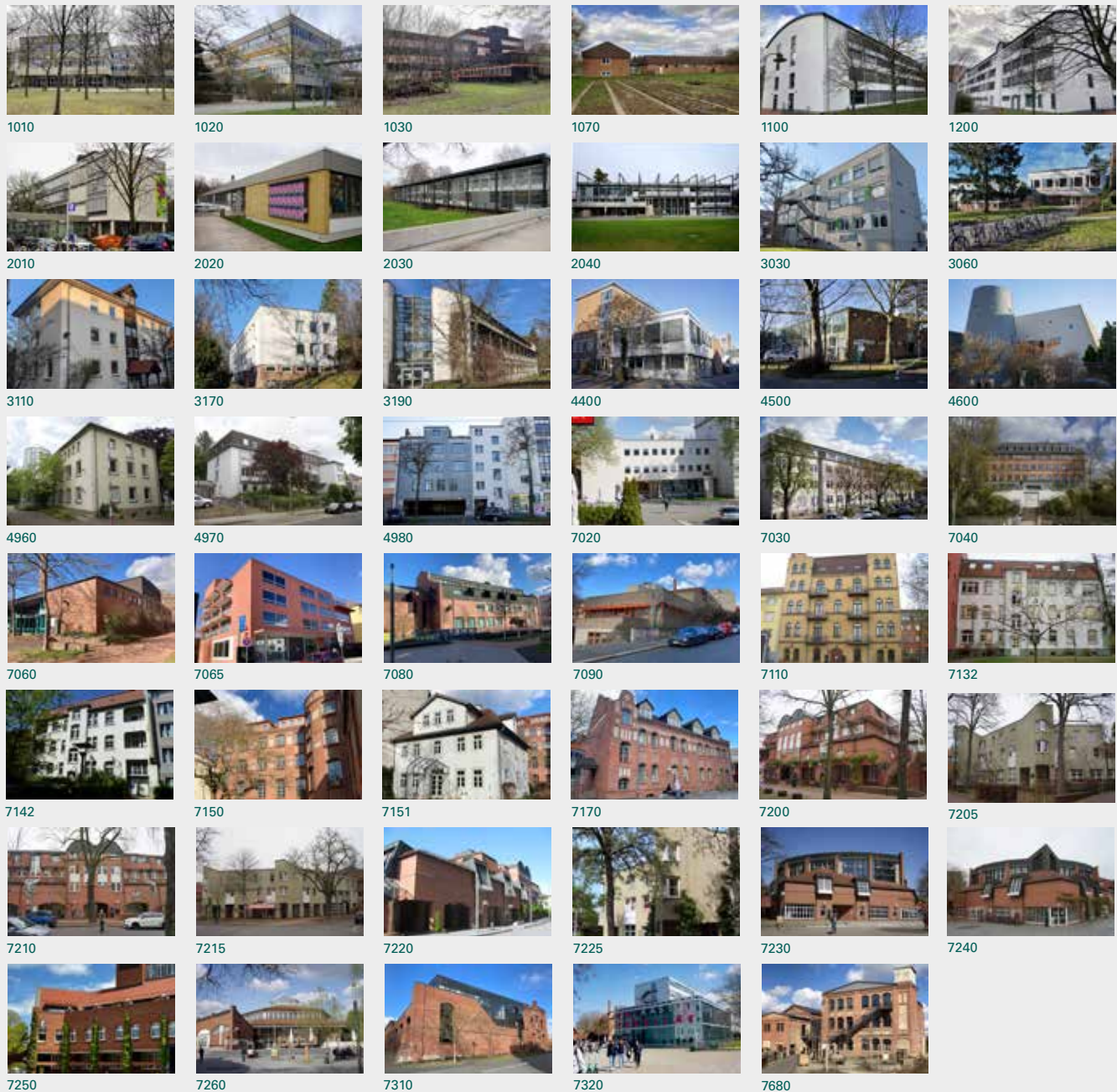


## 05.4 Fokus auf Liegenschaften

### Warum müssen wir flexibel bleiben?

Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich von den 111 Gebäuden insgesamt 47 Gebäuden, die als priorisiert zu bewerten sind.

Die Selektion erfolgte nach den bereits benannten Randbedingungen und stellt somit eine temporäre Auswahl dar. Diese ist jedoch nicht als statisch fixiertes Kriterium zu betrachten, sondern kann und muss voraussichtlich in den kommenden Jahren angepasst und aktualisiert werden.



Fotodokumentation der aktuell  
47 priorisierten Gebäude



Eine Notwendigkeit zur Überarbeitung kann sich dabei durch folgende Randbedingungen ergeben:

- Grundlegende Änderung der Nutzung
- Erwerb/Verkauf von Liegenschaften
- Anstehende bauliche Maßnahmen
- Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingung (aktuell z. B. GEG)
- Innovationen im Baubereich (z. B. Baustoffe)
- Wirtschaftliche Gründe (z. B. Schwerpunkte in Förderprogrammen)
- Alterungsprozess der Bausubstanz
- Änderungen sonstiger Zielvorgaben (CO<sub>2</sub>-Reduktion, selbstgesteckte Ziele)
- Sonstige grundlegende Änderungen

Alle diese Grundkriterien sowie die ergänzenden Kriterien sind im Regelfall nicht deckungsgleich, verändern sich schnell und teilweise stark und führen immer wieder zu abgewandelten Aussagen.

Daraus wird klar,  
dass es keine starre  
Priorisierung geben kann,  
die von oben startet und  
der Reihe nach abge-  
arbeitet werden kann.

## 05.5 Hoher Verbrauch – Hohes Potenzial

### Wann sparen wir am meisten?

Grundvoraussetzung, um bei einem Gebäude hohe Einsparpotenziale durch energetische Sanierung zu erzielen, ist sein Ausgangszustand. Je schlechter das Gebäude zu Beginn, um so höher sein mögliches Einsparpotenzial und damit höhere CO<sub>2</sub>-Einsparung, schnellere Amortisationszeiten usw.


Dämmt man ein ohnehin auf mittlerem energetischem Niveau befindliches Gebäude, so sind auch dessen zu erwartende Einsparziele im mittleren Bereich. Je weiter das Dämm-Niveau steigt, um so größer müssen die Anstrengungen werden, bei schwindender Effizienzsteigerung.



## Worst Performing Building

Eine Umsetzung dieser Erkenntnis findet etwa in den aktuellen Förderrichtlinien des Bundes zur energetischen Gebäudesanierung der KfW-Bank statt. Seit dem 22.09.2022 wurde eine neue Gebäudekategorie, das „Worst Performing Building“ kurz WPB eingeführt. Darin wird ein Gebäudestandard definiert, der die energetisch schlechtesten 25 % des Gebäudebestandes in Deutschland abbilden soll. Für energetische Sanierung eines solchen Gebäudes wird ein erhöhter finanzieller Zuschuss gewährt.

Dies wird nachfolgend an einer Grafik aufgezeigt, die sich auf das Verhältnis zwischen der Dämmstoffstärke und dem daraus resultierenden U-Wert bezieht.



Einblasdämmung mit Zellulose in einem bestehenden Hohlraum im Dach – wenig Aufwand, große Wirkung.

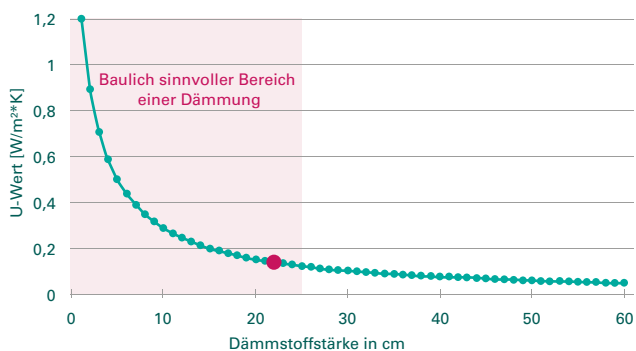


ABBILDUNG 10:

Im Bereich bis ca. 25 cm werden mit stärkeren Dämmstoffen deutliche Verbesserungen im U-Wert erzielt, danach flacht die Kurve so stark ab, dass der bauliche Einsatz von immer dickeren Dämmstoffen aktuell nicht sinnvoll ist.

Die Berechnung wird exemplarisch an einer Wand eines Bestandsgebäude der Universität Kassel durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine traditionell gemauerte Ziegelwand aus 1969 mit einer Wandstärke von 36,5 cm, beidseitig mit einem mineralischen Putz versehen. Der U-Wert der Bestandswand in aktuellem Zustand liegt bei 1,20 [W/m²·K]. Auf die Wand wird nun rechnerisch außenseitig eine zusätzliche Dämmschicht als Wärmedämmverbundsystem mit einer WLG 035 aufgebracht. Die Veränderung des U-Wertes ist in Abbildung 10 abgebildet.

Da sich mit steigender Dämmstoffstärke der U-Wert zwar weiter verbessert, jedoch nicht linear verhält, muss ein sinnvoller Punkt erreicht werden, an dem eine Maßnahme auch noch praktikabel bleibt. Im Rechenbeispiel wurde die Schichtdicke des Dämmstoffes erhöht, bis sich zwischen zwei Rechengängen der dritten Nachkommastelle keine Veränderung mehr ergibt. Die weiteren Verbesserungen sind also nur noch rechnerisch zu vermuten. Der Bereich des baulich Umsetzbaren

(verfügbare Dübellängen etc.) endet jedoch deutlich früher. Dazu kommt das Verhältnis des Kostenrahmens. Bei Verarbeitung von sehr hohen Dämmstoffstärken, steigen die Baukosten unverhältnismäßig, da etwa Sonderzulassungen für Dübellängen und Klebersorten erforderlich wären. Bei der vorgestellten Wand liegt der angestrebte U-Wert bei 0,15 W/m²·K

bei einer Dämmstoffdicke in angenommener Wärmeleitgruppe (035) von 21 cm. Da dies in der Umsetzung nicht den marktüblichen Plattenstärken entspricht, wird eine Platte von 22 cm angenommen. Deutlich wird die Wahl des vorgegebenen U-Wertes aus den Richtlinien der Universität Kassel (Schnurr, 2021).



Je schlechter das Haus, umso größer sein Einsparpotenzial. Sehr hohe Standards führen zu stetig kleiner werdenden „Stufen“, sind aber für ambitionierte Ziele unumgänglich.



# Einflussgrößen für energetische Bilanzierungen

## Was verlangt die Norm?

Um ein Gebäude und dessen Energieaufwendungen berechnen und prognostizieren zu können, bieten einheitliche Regelwerke und Normen die Grundlage. Damit wird die Möglichkeit zur Vergleichbarkeit geschaffen. Über gesetzlich definierte Maximal- oder Minimalanforderungen können energetische Qualitäten überprüft werden.

### 06.1 Bundesweite Anforderungen

#### Was gilt in Deutschland?

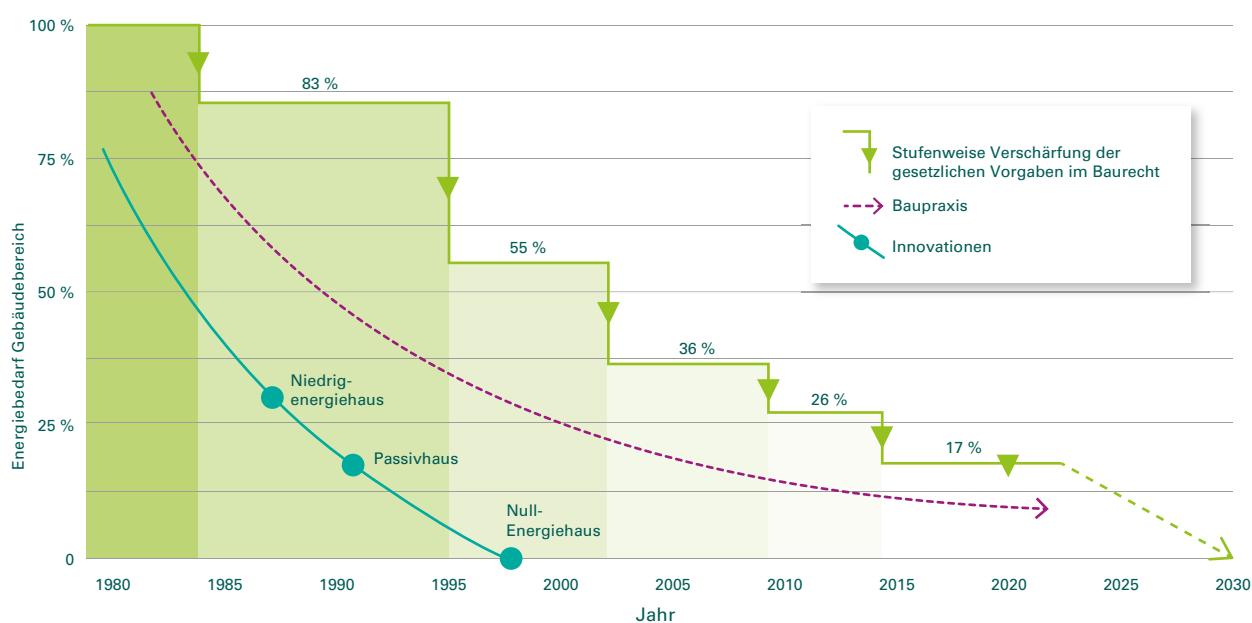
Energetische Bilanzierungen unterliegen in Deutschland aktuell den Maßgaben des GEG (Gebäudeenergiegesetz, 2020). Da sich auf gesetzlicher Ebene in den vergangenen Jahren viel verändert hat und auch zukünftig mit weiteren Änderungen zu rechnen ist, schwanken somit auch die Zielwerte für Gebäude. Auch während der Projektlaufzeit kam es zu Änderungen der bestehenden

Gesetzestexte (EnEV – Energieeinsparverordnung zu GEG – Gebäudeenergiegesetz), was zu rechnerischen Anpassungen führte.

Anforderungswerte für die energetische Qualität von Gebäuden wurden maßgeblich mit der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 geschaffen. Fortlaufend wurden über diverse Änderungen Anforderungen verschärft bzw.

genauer definiert. Der Mindestanforderungswert für einen Neubau sank dabei stetig, wenngleich Rechengrößen zwischenzeitlich verändert wurden. Dieser Mindeststandard definiert das absolute Minimum, unter dem kein Gebäude errichtet werden darf.

Außerhalb dieser Mindeststandards wurden aber auch ambitionierte Bauprojekte umgesetzt, die diese Werte



**ABBILDUNG 11:**  
Beispiel der Reduktion des  
Energiebedarfs von Gebäuden im  
Wandel baurechtlicher Vorgaben

stark unterschritten und damit auch eigenständige Qualitätsmaßstäbe festlegen. In Abbildung 11 wird die fortlaufend reduzierte Energiemenge eines Gebäudes aufgezeigt, die sich durch baurechtliche Vorgaben ergibt. Die Basis bildet dabei die erste Wärmeschutzverordnung, die als prozentualer Vergleich für nachfolgende Standards herangezogen wird. Je nach Spezifika eines Gebäudes kann die prozentuale Einteilung abweichen, die ungefähre Größenordnung bleibt jedoch bestehen. Auffällig wird, dass die letzten „Stufen“ flacher werden, die restliche

Laufzeit bis zur angestrebten Klimaneutralität nur wenig Jahre beinhaltet. Die Vorgaben des GEG stellen die unteren Anforderungswerte an Gebäude auf, die mindestens eingehalten werden müssen. Sie sind daher nicht geeignet, ambitionierte Zielsetzungen bezüglich Energieeffizienz zu formulieren. In einem aktuellen Bericht des Umweltbundesamtes zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (Ralph O. Harthan, 2020) wird darauf verwiesen, dass mit den bestehenden Anforderungen im Gebäudebereich die Ziele der Treibhausgasmin

bis 2030 nicht erreicht werden. In einer Grafik des Umweltbundesamtes (siehe Abbildung 12) wird dabei aufgezeigt, dass auch im Gebäudesektor noch deutlichere Einsparungen nötig sind, um dieser Zielsetzung gerecht zu werden. Die türkis farbigen Markierungen stehen dabei für den Gebäudebereich.

Der Anforderungswert nach GEG stellt eine Mindestanforderung dar und führt nicht zum anvisierten Klimaschutzziel.

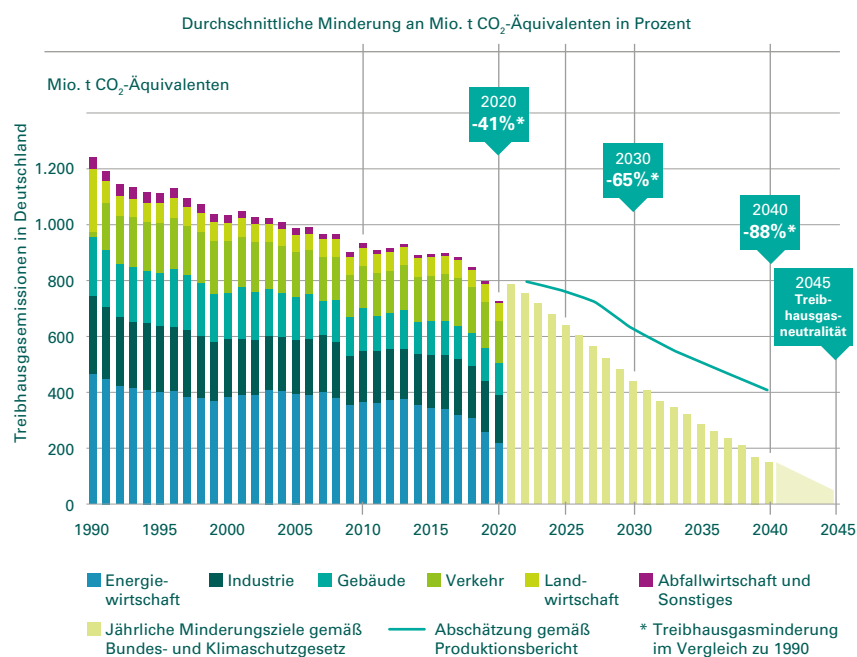


ABBILDUNG 12  
Treibhausgasemissionen und Entwicklungen  
Quelle: Umweltbundesamt, Bundes-Klimaschutzgesetz





## 06.2 Hessische und universitäre Anforderungen

### Was ist sonst noch zu beachten?

Als deutliche Verschärfung zu den Mindestanforderungen des GEG können die hessischen Richtlinien (Energieeffiziente Landesgebäude – Hessisches Modell, 2013) gewertet werden, die sowohl für Neu- als auch Bestandsbauten gelten. Die weiterhin bestehende Gültigkeit der Landesvorgaben nach Inkrafttreten des GEG wurde im Februar 2021 durch das Hessische Ministerium für Finanzen hervorgehoben. Darin wird ebenfalls auf eine künftige Aktualisierung der hessischen Richtlinien hingewiesen. Neben diesen beiden verbindlichen Vorgaben (Bund und Land) gibt es eine weitere Anforderungsstufe, die sich die Universität Kassel als selbst gestecktes Ziel gesetzt hat, um eine CO<sub>2</sub>-Neutralität erreichen zu können. Die entsprechenden Anforderungswerte sind dabei in einer Übersicht der Qualitäts- und Standardanforderung (Schnurr, 2021) zusammengefasst, die aktuelle Fassung befindet sich auf dem Stand von 2021. Ein kleiner Auszug sowie der gesetzliche Vergleichswert über die spezifischen Bauteilanforderungen sind in Tabelle 2 abgebildet.

## 06.3 Schnittmengen von Themenfeldern

### Wie ist was verknüpft?

Prognosen und Planungsabläufe sind immer vor dem umzusetzenden Baugeschehen terminiert. Sie versuchen somit, einen Blick in die Zukunft

TABELLE 2:

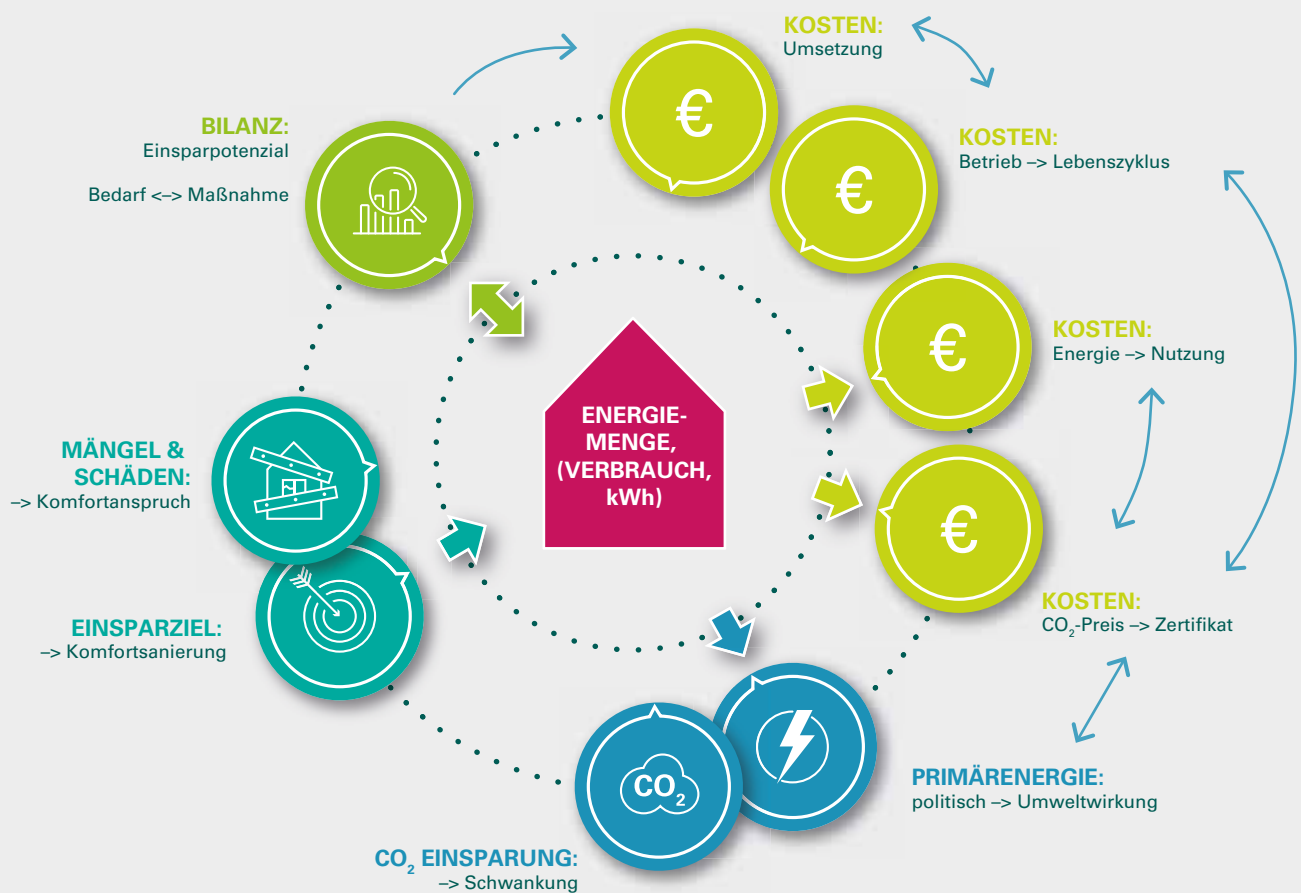
Übersicht universitäre Standards für Bauteile

Bauteil	max. U-Wert [W/m <sup>2</sup> *K]	max. U-Wert [W/m <sup>2</sup> *K]
	Uni-Standard	GEG 2020
Außenwand (Außendämmung)	0,15	0,24
Außenwand (Innendämmung)	0,24	-
Dach	0,13	0,20/0,24
Oberste Geschoßdecke	0,13	0,24
Boden / Kellerdecke	0,25	0,24
Fenster / Fenstertüren	0,80	1,30
Verglasungen	0,60	1,10
Rahmen	0,70	-
Oberlichter	1,00	1,40
Außentüren	1,00	1,80

zu wagen und sind damit zwangsläufig Veränderungen unterworfen. Überschneidungen und Abhängigkeiten von Einflussgrößen rund um das Thema energetische Gebäudesanierung sind daher niemals exakt zu benennen.

Dass sich zukünftig Prioritäten verschieben ist absehbar, das Ausmaß und die Geschwindigkeit sind jedoch nicht prognostizierbar. Einige Korrelationen und Bezüge sind dabei in Abbildung 13 dargestellt.

- Baukosten verändern sich über die Jahre hinweg,
- Bauschäden bestimmen das Sanierungsdatum,
- veränderte Nutzungsanforderungen erfordern Umbauten,
- technische Möglichkeiten wandeln sich.



**ABBILDUNG 13:**  
**Zusammenspiel von Themenfeldern**  
**rund um die energetische Sanierung**

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, möglichst viele Schnittmengen und Abhängigkeiten in eine Sanierungsplanung einzubeziehen. Eine rein fokussierte Betrachtung auf eine Kenngröße wie etwa den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bzw. dessen Reduktion führt daher meist zu keinem umsetzbaren Ergebnis, sondern bleibt eine theoretische Priorisierung.

*Nachhaltigkeit kann daher nicht allein betrachtet werden, sondern muss einen hohen Stellenwert als integrative Größe im Gesamtprozess erhalten.*

# Auswahl der Bezugsgebäude

Die Auswahl der detailliert berechneten Bezugsgebäude erfolgte aus den Gebäuden, die als sanierungsrelevant eingestuft wurden. Dabei handelt es sich um nachfolgend beschriebene Objekte, die sich untereinander von ihren gebäudespezifischen Eigenschaften unterscheiden.

Die Gebäude werden im Folgenden kurz vorgestellt sowie die rechnerisch getroffenen Sanierungsmaßnahmen, die nach Auswahl auf Durchführbarkeit festgelegt wurden.



1010



3060



3110



3170



7060



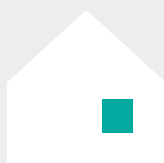
7205



7240

Übersicht der sieben  
Bezugsgebäude

## Sanierungs-Maßnahmen nach Bauteilkategorien:



Fensteraustausch



Fassadendämmung



Dämmung Flachdach

Dämmung  
DachschrägenDämmung Flachdach  
– Ausblasen des  
HohlraumesDämmung oberste  
Geschosßdecke





Eingangsbereich AVZ I  
Heinrich-Plett-Straße 40, KS



#### Der Sanierungsvorschlag beinhaltet folgende Maßnahmen:

1. Fensteraustausch
2. Austausch Fassadenelement Beton gegen Holztafelbauelemente



### 07.1 1010 – AVZI HPS 40

Baujahr 1974, Nutzung als Werkstätten, Bibliothek, Büro- und Seminarräume, Hörsaal, 3-geschossig (EG/1.OG/2.OG), teilweise unterkellert, Flachdach, Gebäude grenzt auf der Westseite an den Gebäudeabschnitt AVZ II, Stahlskelettbau mit Sichtbetonelementen, durchlaufende Fensterbänder mit außenliegender Verschattung, Massivdach mit erneuerter Flachdachdämmung.



1010





## 07.2 3060 – ehemaliges Schulgebäude

Baujahr 1969, Nutzung Büro- und Seminarräume sowie Hörsaal, massiv, 2-geschossig, Sockelgeschoß mit Klinker, 1. OG als Putzfassade, Flachdach als Kaltdach ausgeführt, Höhenversprünge im Gebäude durch Hanglage.



Ansicht ehemaliges Schulgebäude  
Nordbahnhofstraße 1a, WIZ



**Der Sanierungsvorschlag beinhaltet folgende Maßnahmen:**

1. Fensteraustausch (gilt nicht für bereits kürzlich ausgetauschte Fenster)
2. Fassadendämmung
3. Flachdachdämmung



3060





Ansicht Grüne Schachtel  
Nordbahnhofstraße 1a, WIZ

3

#### Der Sanierungsvorschlag beinhaltet folgende Maßnahmen:

1. Fensteraustausch
2. Fassadendämmung
3. Dämmung oberste Geschoßdecke



### 07.3 3110 – „Grüne Schachtel“

Baujahr 1986, rechteckiger Baukörper, ursprüngliches Baujahr nicht bekannt, evtl. 1960er, Gebäude in 1985 saniert, auf ehemaliges Flachdach wurde unbeheiztes Satteldach aufgesetzt,

voll unterkellert, Keller voll beheizt, EG, 1. OG, 2. OG als Vollgeschosse, Wände in 1985 flächig mit 5cm Wärmedämmputz versehen.

3110







**Der Sanierungsvorschlag beinhaltet folgende Maßnahmen:**

1. Fensteraustausch
2. Fassadendämmung
3. Dämmung Flachdach – Ausblasen des Hohlraumes



## 07.4 3170 – Ehemaliges Studentenwohnheim

Baujahr 1969, Nutzung im Erdgeschoß zu Teilen als Cafeteria, größtenteils Büronutzung, massiv, dreigeschossig, wobei das EG durch die Hanglage sich zum Teil im Erdreich befindet, nicht unterkellert, Sockelgeschoß mit Klinker, 1. + 2. OG als Putzfassade. Flachdach als Kaltdach ausgeführt



3170





Ansicht ehemaliges Schulgebäude  
Holländischer Platz, KS



#### Der Sanierungsvorschlag beinhaltet folgende Maßnahmen:

1. Fensteraustausch
2. Fassadendämmung (WDVS + Kerndämmung im Klinkerbereich)
3. Dämmung Flachdach



7060





## 07.6 7205 – Studentisches Wohnen A

Baujahr 1985, 3-geschossig, EG-Büro-nutzung, 1. + 2. OG Studentische Woh-nungen, massive Bauweise verputzt, Flachdach, in Teilen Schrägdächer.



Ansicht Studentisches Wohnen A  
Holländischer Platz, KS



**Der Sanierungsvorschlag bein-haltet folgende Maßnahmen:**

1. Fensteraustausch
2. Fassadendämmung
3. Dämmung Flachdach
4. Dämmung Dachschrägen



7205





## 07.7 7240 – Hörsaalzentrum II

Baujahr 1975, 1-2 geschossig, Hörsaalnutzung mit Nebenräumen, 2-schalige Backsteinfassade, Steildächer.



Ansicht Hörsaalzentrum II  
Holländischer Platz, KS



**Der Sanierungsvorschlag beinhaltet folgende Maßnahmen:**

1. Fensteraustausch
2. Fassadendämmung (Kerndämmung)
3. Dämmung Dachschrägen



7240





# Berechnungs- weise

## Was rechnen wir wie und warum?

Die Erfahrungen der ersten Förderphase zeigten, dass eine zu kleinteilige und raumweise Erfassung und Bilanzierung nicht zu gewünschten Ergebnissen führten. Dies orientierte sich zwar maßgeblich an den Anforderungen von Normen und Regelwerken, machte eine Übertragbarkeit auf andere Gebäude jedoch unrealistisch.

Eine energetische Gebäudebilanzierung ermöglicht es, eine Aussage spezifisch für ein Gebäude zu treffen. Dabei werden sowohl die Kubatur als auch bauliche Besonderheiten sowie die technischen Gegebenheiten erfasst und über ein normiertes Rechenverfahren ausgewertet. Um eine möglichst exakte Abbildung zu erzeugen,

lässt das Berechnungsschema eine Detailtiefe bis zum letzten Raum, der einzelnen Lampe oder auch der exakten Angabe zu Rohrleitungslängen zu. Hiermit können auch minimale Veränderungen nachvollzogen und dargestellt werden.

Da diese Vorgehensweise für die vorhandene Fragestellung nicht zielführend ist, wird an mehreren Stellen auf eine Pauschalisierung zurückgegriffen. Vom öffentlich-rechtlichen Berechnungsmuster, wie dieses etwa für die Erstellung von Energieausweisen oder GEG-Nachweisen vorgeschrieben ist, wird dabei bewusst abgewichen.

Da der Fokus auf der baulichen Hülle und deren Einsparpotenzial liegt, wird

hier der Schwerpunkt in die Erfassung gesetzt, alle anlagentechnischen Gewerke werden einheitlich vereinfacht dargestellt.

Grundlage des Rechenansatzes bildet die DIN-V 18599 (DIN V 18599-1, 2018) (Energetische Bewertung von Gebäuden) sowie die weiteren entsprechenden Normteile in der jeweils aktuellen Fassung. Die Berechnung erfolgt mit einer marktüblichen Software, ZUB Helena Ultra.

Um eine realistische Aussage treffen zu können, werden standortspezifische klimatische Eigenschaften berücksichtigt. Die Hüllflächenermittlung erfolgt vereinfacht, kleinere Vor- und Rücksprünge werden übermessen.





**ABBILDUNG 14:**  
Die grundlegenden Charakteristika  
eines Gebäudes werden erfasst.  
Kleinere Abweichungen werden  
vereinfacht bzw. übermessen.  
Rechenergebnisse werden nicht  
hinter dem Komma bewertet  
sondern ganzheitlich betrachtet.

## Temperaturen im Keller: Norm versus Realzustand

Gemäß den normativen Vorgaben werden Heizungskeller, die nicht direkt beheizt sind, als unbeheizt berücksichtigt. Bauteile zu diesen Bereichen werden demzufolge als Bauteile der wärmeübertragenden Hüllfläche zugeordnet. Es wird also ein relevanter Wärmeübergang von warm zu kalt angenommen, der zu einem höheren, rechnerischen Heizenergiebedarf führt. Auf normativer Bewertungsgrundlage ist dies korrekt, da es sich nicht um eine aktive Temperierung, etwa über einen Heizkörper handelt.



Aber bei fast allen untersuchten Gebäuden wurde ein sehr hohes Temperaturniveau in diesen Bereichen festgestellt, größtenteils auf regulärer Raumtemperatur. Dies entsteht durch die aktuell hohen Abwärmeverluste der jeweiligen Anlagentechnik.

Um dies realistisch abbilden zu können, werden die trennenden Bauteile (Kellergeschoßdecken, Trennwände etc.) demzufolge zwar erfasst, jedoch nicht als wärmeübertragendes Bauteil bewertet. Sollte sich das dortige Temperaturniveau künftig etwa durch Temperaturabsenkungen etc. ändern, so kann dies eine Anpassung erfordern.

Ein Schwerpunkt liegt auf der detaillierten Erfassung und Berechnung und Abbildung von vorhandenen Bauteilen und Baukonstruktionen. Grundlage dazu bilden Bestandspläne und Vor-Ortbegehungen mit den dazugehörigen Konstruktionsermittlungen. Diese bilden die Rechengrundlage, auf vereinfachte Typologie-Werte kann daher weitgehend verzichtet werden. Somit ergibt sich eine spezifische Bauteilerfassung für die universitären Liegenschaften.

Bei energetischen Sanierungsmaßnahmen bieten die erfassten Konstruktionen die Basis, etwa für ergänzende Dämmschichten.

Die Anlagentechnik wird in ihren wesentlichen Zügen erfasst. Die Beleuchtung wird nicht differenziert erfasst, dabei werden die Standardeinstellungen vom Programm übernommen.

Zur besseren Vergleichbarkeit werden die Objekte jeweils als Einzonen-Modelle erfasst. Der Warmwasserbedarf wird dabei nicht berücksichtigt.

Als Hauptgröße wird der Endenergiebedarf für die Beheizung eines Gebäudes herangezogen, da er am direktesten die Auswirkungen der Gebäudehülle und Änderungen daran widerspiegeln kann. Dieser wird je nach Bezug in Kilowattstunden pro Jahr (kWh/a) bei

einer Gesamtgebäudebilanz oder auch in kWh/m<sup>2</sup>\*a bei einem Flächenbezug verwendet.

**Unser Abweichen von Normen wird im Projekt gezielt genutzt, um der Aufgabenstellung gerecht zu werden. Normen bilden weiterhin das Grundgerüst.**



Umweltbezogene Bewertungsgrößen ändern sich stetig und sind nicht immer logisch.

So kann ein und dasselbe Gebäude vollständig unterschiedliche Rechenergebnisse produzieren, je nach dem in welchem Jahr die Berechnung stattfindet. Ein genauer Blick auf eine Bilanz ist immer erforderlich.

## 08.1 Kenngrößen und Bewertungen

### Wie beständig sind Zahlenwerte und Faktoren?

Um weitere Rückschlüsse auf die Umweltauswirkungen durch die eingesetzte Energie ziehen zu können, wird im Rahmen einer Bilanzierung meist der Primärenergiebedarf genutzt. Dieser soll die Prozessketten hinter einem Energieträger aufzeigen und seine Umweltverträglichkeit ausdrücken. So wird eine Kilowattstunde, die aus Holz erzeugt wurde, besser bewertet als eine aus Strom erzeugte. Dabei wird über einen Faktor gearbeitet, der

sich jedoch, je nach politischer Zielsetzung, schnell verändern kann. Die Größe der Primärenergie kann daher für eine Momentaufnahme zur Bewertung verschiedener Energiegrößen untereinander verwendet werden, ist jedoch langfristig nicht gleichbleibend. Beispielsweise wird durch eine Veränderung der bundesweiten Stromerzeugung der Primärenergiefaktor für Strom angepasst. So verbesserte sich dieser Faktor über die zurückliegenden Jahre kontinuierlich, bedingt durch den Ausbau erneuerbarer Energien, siehe Abb. 15. Ein Vergleich von primärenergetischen Werten, die aus unterschiedlichen Zeiträumen stammen, ist vor

diesem Hintergrund nicht sinnvoll. Da der Umsetzungsprozess an der Universität Kassel sich über mehrere Jahre erstrecken wird, wird diese Kenngröße nicht weiter ausgewiesen.

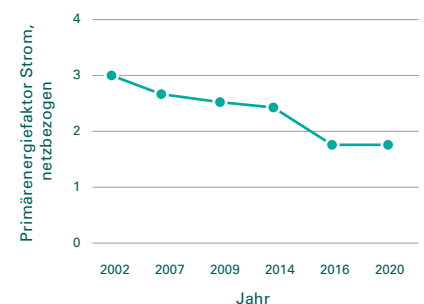


ABBILDUNG 15:  
Veränderter Primärenergiefaktor



Eine ähnliche Problematik ergibt sich bei der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung. Aktuell liegt der größte Teil der thermischen Energienutzung der Universität Kassel im Bereich der Fernwärme, die durch die Stadt Kassel bereitgestellt wird. Die daraus erzeugte Energie hat bereits eine sehr umweltschonende Bewertung, obwohl dort auch noch in Teilen Kohle als Energieträger genutzt wird. Zukünftig wird diese Kennzahl noch stärker aufgewertet werden, da im Oktober 2020 laut Beschluss des Aufsichtsrates (Versorgungs-GmbH, 2020) der Kohleausstieg für 2025 beschlossen wurde. Wie sich diese Kennzahl im Projektzeitraum verändert hat, wird in Kapitel 11.1 dargestellt. Ein Umstieg auf Klärschlamm und Altholz wird dabei vorgesehen, die als „klimaneutral“ bewertet werden. In die gleiche Bewertung der Klimaneutralität fällt die Müllverbren-

nung, die dort ebenfalls zur Energiegewinnung zum Einsatz kommt. Die Tatsache, Müll als kontinuierlich „nachwachsend“ einzuordnen und z. B. mit Wind gleichzusetzen, bietet ein hohes Diskussionspotenzial. Angaben zu CO<sub>2</sub>-Einsparungen müssen also immer im ausgewiesenen Kontext bewertet werden.

Durchgeführte Kostenschätzungen zu verschiedenen Sanierungsmaßnahmen dienen zur groben Orientierung, sind aber ebenfalls wenig belastbar, schon gar nicht dauerhaft. Im zeitlichen Rahmen der Projektbearbeitung kam es im gesamten Bausektor zu enormen Preissprüngen, die nicht vorhersehbar waren und zukünftig noch unkalkulierbarer werden. Daher ist auch hier der jeweilige Kontext und das dazugehörige Erstellungsdatum zu beachten.

## 08.2 Festlegung der Sanierungsmaßnahmen

### Können wir alles energetisch sanieren?

Betrachtet man ein bestehendes Gebäude auf Grundlage seiner bauphysikalisch-thermischen Eigenschaften, so entsprechen die einzelnen Bauteilwerte/Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) nicht mehr den aktuell gesetzlichen Mindestanforderungen, geschweige denn den höher gesteckten Anforderungswerten der Universität Kassel. Auf theoretischer Herangehensweise ließe sich nun ein rechnerisches Einsparpotenzial für Gebäude ermitteln. Die Differenz zwischen Bestand und theoretischem Ziel-Zustand führt somit zu einem Sanierungsvorschlag (z. B. eine zusätzliche Dämmstoffstärke



ABBILDUNG 16:  
Sollte man Müll als "nachwachsend" einordnen und so mit erneuerbaren Energien wie z. B. Windkraft gleichsetzen?

mit festgelegter Dicke und Eigenschaft). Würde man dies bei allen Bauteilen anwenden, käme man zu einem gebäudespezifischen Einsparpotenzial, welches das Gebäude theoretisch auf angestrebtes energetisches Niveau (Neubaustandard bzw. universitärer Standard) anhebt.

Da sich dies in der Praxis jedoch nicht oder nur mit enormem Aufwand und größten Schwierigkeiten in der Nutzerakzeptanz umsetzen ließe, wurde für die vorliegenden Berechnungen dieses Kriterium als entscheidender Maßstab berücksichtigt.

Um dies zu verdeutlichen kann man ein klassisches Beispiel heranziehen. Ist ein Gebäude nicht oder nur teilweise unterkellert, so liegt die thermisch zu berücksichtigende Hüllfläche in der Bodenplatte. Bei bestehenden Gebäuden z.B. aus den 1970er oder

80er Jahren handelt es sich dabei meist um eine massive Betonplatte, die im Regelfall nur eine geringe bzw. gar keine Dämmschicht aufweist. Der rechnerische U-Wert ist folglich dementsprechend schlecht, entspricht nicht mehr den heutigen Anforderungen und wäre damit sanierungsrelevant. Zudem weist diese Bodenplatte meist eine große Flächenausdehnung auf und bietet somit rein rechnerisch ein enormes Einsparpotenzial.

Eine Sanierung eines solchen Bauteils gestaltet sich jedoch mehr als schwierig. Da eine nachträgliche Dämmung nur oberseitig aufgebracht werden kann, ist die Durchführung im laufenden Betrieb fast unmöglich. Meist betrifft eine solche Maßnahme durch den Verbund der Treppenhäuser damit auch weitere Etagen.

Weiterhin ergeben sich bauliche Schwierigkeiten, die sich durch die ergänzende Aufbauhöhe ergeben, was wiederum zur Anpassung weiterer Gewerke führen würde. Beispielsweise Türhöhen, Fensterbrüstungen, Treppenläufe usw. aber auch Installationsleitungen, Elektroverteilungen, Beleuchtungen sowie Heizkörper müssten darauf neu ausgelegt werden.

Daher werden Bauteile, die zwar rechnerisch ein energetisches Einsparpotenzial bieten, jedoch technisch und wirtschaftlich kaum umsetzbaren wären, nicht berücksichtigt.

Für eine einfache Zuordnung der jeweils berechneten Sanierungsmaßnahmen am Gebäude werden folgende Symbole verwendet.

Eine weitere Ausnahme vom rechnerischen Potenzial bilden Bauteile, die sich erst in einem recht „jungen“ Baualter

### Symbolische Abbildung der Sanierungsmaßnahmen

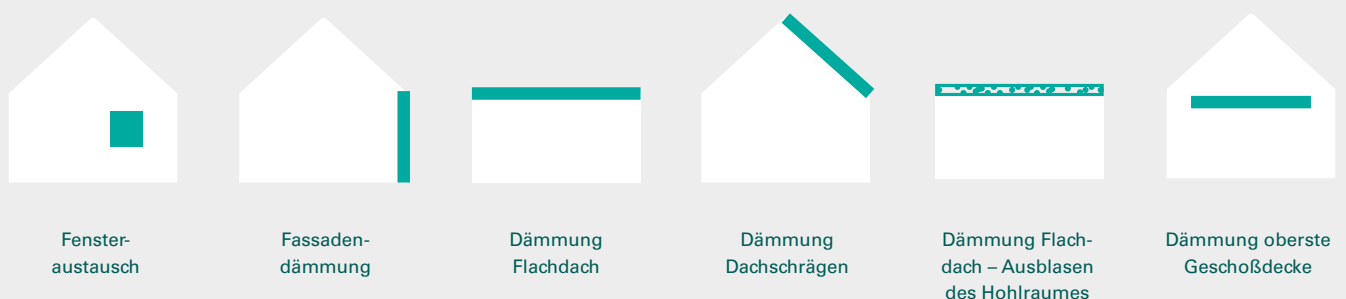


ABBILDUNG 17:

**Oben als Symbol dargestellte Bauteilkategorien fanden bei unseren Sanierungsvorschlägen Berücksichtigung.**



Denkmalschutz schließt eine Fassadendämmung meist aus.

befinden. Wurde etwa eine Fassade erst vor 10 Jahren mit einer nachträglichen Wärmedämmung versehen, so entspricht diese nicht mehr dem universitär angestrebten Standard, bietet somit ein rechnerisches Einsparpotenzial. Die Spanne zwischen der zu erzielenden Einsparung und dem vorgefundenen Zustand ist jedoch umso geringer, je hochwertiger die jeweilige Dämmstoffstärke bereits ist. Die Verhältnismäßigkeit ist dabei aus der detaillierten Betrachtung in Kapitel 5.5 übertragbar. Somit werden auch Bauteile, die nach den aktuellen Anforderungen ein theoretisches Potenzial hätten, jedoch aus baulicher Sicht völlig unbeschadet sind, nicht berücksichtigt.

Auf dieser Grundlage wird für die priorisierten Gebäude, siehe Kapitel 5.4, ein praxisorientiertes, mögliches Sanierungspotenzial berechnet, welches sowohl den spezifischen Umständen eines Gebäudes und dessen Nutzung als auch den rechnerischen Potenzialen gerecht wird. Damit wird ein Mittelweg zwischen gängiger Baustellen-Praxis

und theoretischer Potenzialanalyse beschritten. Hierdurch wird eine praxistaugliche Betrachtung und Zukunftsprognose der universitären Gebäude ermöglicht.

**Sanierungsmaßnahmen müssen immer praktisch umsetzbar sein, sonst bleibt auch das Potenzial nur theoretisch.**





## 08.3 Bezugsgebäude mit unterschiedlichen Anforderungswerten

### Was spart wie viel?

Zur Gegenüberstellung der in Kapitel 6.2 vorgestellten Anforderungswerte wurden exemplarisch zwei der Gebäude berechnet.

Zum einen wurde das Gebäude „**3170 – Ehemaliges Studentenwohnheim**“ am Standort Witzenhausen ausgewählt. Das Gebäude stammt aus 1969, weitgehend befindet es sich im unsanierten Original-Zustand. Es besitzt eine einfache Kubatur mit einer Lochfassade sowie ein Flachdach, siehe Abbildung 18 und hat eine NGF von 634m<sup>2</sup>.

Zum anderen wurde das Gebäude „**7205 – Studentisches Wohnen**“ auf dem Campus holländischer Platz gewählt. Es stammt aus dem Jahr 1985 und besitzt eine durchgehend kleinteilige Kubatur, siehe Abbildung 19 und hat eine NGF von 1.407 m<sup>2</sup>. Hier befinden sich ebenfalls alle Bauteile im Original-Zustand des Baualters.

Die Objekte wurden nach festgelegter Methodik sowie den bereits erläuterten Energie-Standards berechnet. Die definierte Bezugsgröße (Endenergiebedarf Wärme in kWh/a) zeigt den Ausgangszustand des unsanierten Gebäudes und



Nutzung: Büro und Cafeteria

Ansicht ehemaliges Studentenwohnheim  
Nordbahnhofstraße 1a, WIZ

3



Nutzung: Studentische Wohnungen und Seminarräume

Ansicht Studentisches Wohnen A  
Holländischer Platz, KS

7



Grundriss 1.OG ohne Maßstab 3170 –  
ehemaliges Studentenwohnheim



Grundriss EG ohne Maßstab 7205 –  
Studentisches Wohnen

ABBILDUNG 18:

**Gebäude 3170 – ehemaliges Studentenwohnheim**  
**Grundriss 1.OG ohne Maßstab**

ABBILDUNG 19:

**Gebäude 7205 – Studentisches Wohnen**  
**Grundriss EG ohne Maßstab**

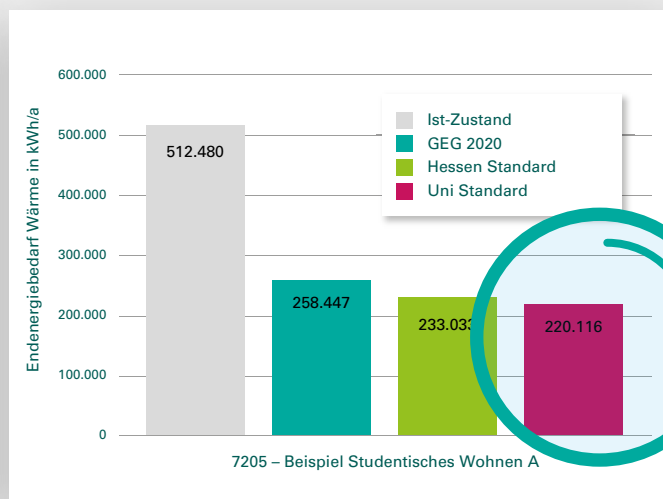
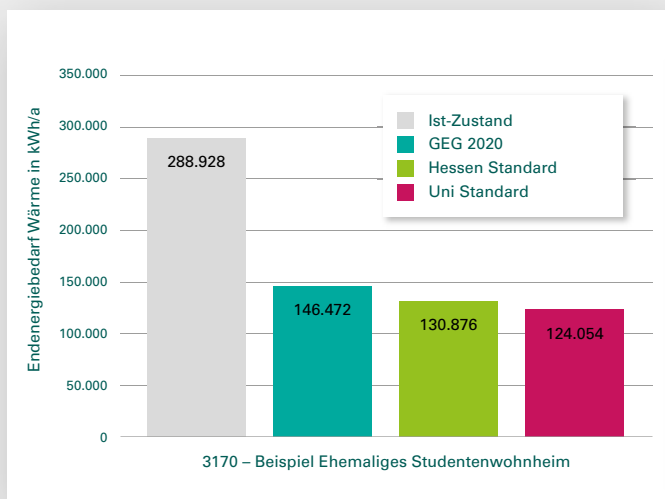


stellt diesem die sanierten Varianten gegenüber. Die Wahl der zu sanierenden Bauteile bleibt dabei bestehen, das jeweilige Ausführungsniveau wird den Standards entsprechend angehoben.

**Rechenergebnisse Beispiel 1: 3170** – Die Berechnungsergebnisse sind in Abbildung 20 zu entnehmen. Die größte Differenz tritt dabei zwangsläufig bei der Anwendung des Mindeststandards gemäß GEG gegenüber dem Ist-Zustand auf. Hier wird bereits eine Halbierung des Ausgangswertes erzielt. Dies verdeutlicht, wie gering der bisherige Wärmeschutz am Objekt ist. Außerdem wird aufgezeigt, dass zwischen dem Anforderungswert des GEG und dem universitätseigenen Standard ein weiterer, deutlicher Sprung stattfindet. Der hessische Anforderungswert liegt dabei zwischen diesen beiden Werten. Dabei wurden die grundlegend angewandten Maßnahmen beibehalten und lediglich die Dämmstoffstärken bzw. Fensterqualitäten angepasst.

**Rechenergebnisse Beispiel 2: 7205** – Das Berechnungsergebnis ist Abbildung 21 zu entnehmen. Die Anwendung erfolgte identisch zum Beispiel 1. Dabei wird deutlich, dass sich die Tendenz des Einsparpotenzials sowie die jeweilige Abstufung bei unterschiedlichen Anforderungsniveaus bei zwei sehr unterschiedlichen Gebäudetypen ähnlich verhalten.

Als Kernaussage ist dabei festzuhalten, dass sich zwei sehr unterschiedliche Gebäude in ihrer rechnerischen Ergebnislage stark ähneln. Die prozentuale Einsparung bezogen auf den Gesamtenergiebedarf der Wärmeenergie kann durch die ausgewählten Maßnahmen des UniStandards um fast 60% reduziert werden. Auch die jeweiligen Unterschiede zwischen den einzelnen Anforderungswerten sind miteinander vergleichbar.



Mit dem Uni Standard zur Dämmung können fast 60% Wärme eingespart werden.

**ABBILDUNG 20:**  
Gebäude 3170 – Endenergiebedarf Wärme mit unterschiedlichen Dämmstandards

**ABBILDUNG 21:**  
Gebäude 7205 – Endenergiebedarf Wärme mit unterschiedlichen Dämmstandards



## 08.4 Abgleich von Bedarfswerten mit gemessenen Verbrauchswerten

### Können Rechenergebnisse in der Praxis verwendet werden?

Die energetische Bilanzierung eines Gebäudes, wie sie durch Regelwerke und Normen festgelegt wird, soll zwar durch feste Randbedingungen und spezifische Gegebenheiten möglichst nah an der Realität liegen, ist jedoch im Einzelfall oft sehr weit davon entfernt.

Neben den verschiedenen Berechnungsmethoden ist eine klare Definition und Kommunikation der verwendeten Energiekennwerte notwendig.

Häufig werden dabei die Begriffe des Energiebedarfs und des Energieverbrauchs miteinander verwechselt oder vermischt. Dies führt jedoch oft zu falschen Zielvorstellungen über vorhandene Einsparpotenziale oder kann Ergebnisse unglaublich erscheinen lassen. Eine deutliche Trennung dieser Begrifflichkeiten und der damit verbundenen Ergebnisse ist daher zwingend erforderlich.

### Grundlegend ist dabei zu unterscheiden:



- 1. Energiebedarf:** rechnerisch theoretische Größe, die sich aus normativen Grundbedingungen ergibt und einer komplexen Berechnung unterliegt.



- 2. Energieverbrauch:** gemessene Größe, die durch den realen Energieaufwand entsteht und somit jährlichen, witterungstechnischen, nutzerspezifischen Schwankungen unterliegt und bei vorliegenden Verbrauchswerten mit geringem Zeitaufwand zu erfassen ist.

Eine bilanzielle Berechnung kann also im besten Fall eine Annäherung an die Realität darstellen, mit deren Hilfe es möglich wird, bestimmte Sanierungsmaßnahmen quantitativ einzuordnen. Sie bietet im Vergleich zur reinen Verbrauchsbetrachtung den Vorteil, einzelne Kenngrößen zu verändern, und deren Einfluss auf das Gebäude zu gewichten. So können unterschiedliche Maßnahmen untereinander bereits in der Planungsphase in Bezug gesetzt werden. Dadurch kann z. B. die prozentuale Einsparung einer Dachdämmung, der einer Fassadendämmung gegenübergestellt und verglichen werden. Eine Verbrauchsbetrachtung kann all dies nicht leisten, da sie ja erst nachträglich erfolgt, Potenziale also nicht aufzeigen kann.

Neben vereinfachten Kennwerteverfahren von Bauteilen, die nur die Veränderung über die Verbesserung eines U-Wertes mit einem Größenbezug verknüpft, ergibt die detaillierte Gebäudeberechnung ein genaueres Bild vom spezifischen Gebäude.

Trotzdem sollte der Verbrauch, wenn er denn bezifferbar ist, für eine Validierung der Rechenergebnisse herangezogen werden. Dies lässt eine bessere Abschätzung, wie weit der rechnerische Wert und das hierdurch ermittelte Potenzial vom aktuellen Realwert abweichen, zu.

Die prozentuale Zuordnung einzelner Einsparmaßnahmen kann dabei ins Verhältnis gesetzt werden, siehe Abb. 22. Sie sind als Zielgröße zu verstehen und bilden keinen exakten Wert ab, der auf die einzelne Kilowattstunde angewandt werden kann. Durch veränderte Nutzung kann der Verbrauchswert grundsätzlich stark beeinflusst werden. Die prozentuale Einsparmaßnahme und deren Anpassung auf möglichst aktuelle Werte kann dies erleichtern.

Auch normativ wurde auf diese häufig auftretende Gelegenheit reagiert. In einem eigenen Beiblatt der DIN V 18599 (18599-Bbl1, 2010) werden dazu Randbedingungen definiert und vorgegeben. Darin wird auch darauf verwiesen, dass dies den Zweck „realitätsnaher Bilanzen“ verfolgt, der jedoch für öffentlich-rechtliche Nachweise nicht zulässig ist.

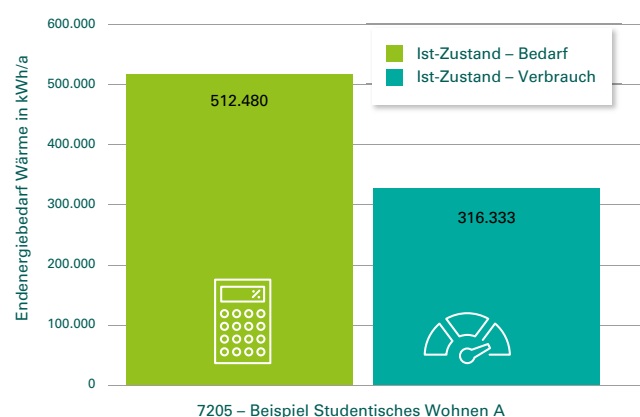


ABBILDUNG 22:

**Gegenüberstellung Endenergiebedarf (berechnet) zu Verbrauch (gemessen) – Wärme**  
**Beispiel 7205 – Studentisches Wohnen A**

Auch der Einfluss des lokalen Klimas spielt in der beschriebenen Anpassung keine Rolle, da dies normativ nicht vorgesehen ist, hier stößt das vorgeschriebene Verfahren an seine Grenzen. Daher wird mit Klimadatensätzen aus Würzburg gerechnet, die jedoch weder den klimatischen Bedingungen in Kassel noch denen in Witzenhausen entsprechen. Darin wird deutlich, dass das Beiblatt nur oberflächlich zu einem sinnvollen Abgleich der beiden Kenngrößen beiträgt. Bereits in einem weit zurückliegenden Fachartikel der Zeitschrift „GEB – Gebäudeenergieberater“ (Dorsch, 2010) wird auf die einzelnen Details näher eingegangen.

Eine Abweichung ist also bereits vorherzusehen und sollte somit Berücksichtigung finden.

Abweichungen können bei prognostizierten Einsparungen in unterschiedliche Richtungen auftreten. So kann sowohl der „Start-Punkt“ bei der man von einem Gebäude ausgeht falsch bestimmt werden, als auch der rechnerische „Ziel-Punkt“

der durch eine Sanierungsmaßnahme erreicht werden soll. Meist finden die Abweichungen zwischen Verbrauch zu Bedarf nach unten statt, das heißt, dass der Verbrauchswert unter dem errechneten Bedarfswert liegt. Wird diese Betrachtung als Grundlage verwendet, kann es leicht zu Überschätzungen der realistisch zu erwartenden Einsparpotenziale kommen. Beispiele dafür und die Streuung in einer Gruppe von Objekten sind dabei etwa im „Leitfaden zum Abgleich Energiebedarf – Energieverbrauch“ (Oschatz, 2009) aufgezeigt, die sich auf Nichtwohngebäude beziehen.

Betrachtet man dieses Phänomen etwa für das in Kapitel 8.3 vorgestellte **Gebäude „7205 – Studentisches Wohnen“** so stellt sich klassisch ein deutlich niedrigerer Verbrauch im Vergleich zum errechneten Bedarf dar, siehe Abbildung 22. Dieser beträgt in diesem Fall nur ca. 60% vom theoretischen Ausgangswert. Eine Einsparung durch Sanierung kann also nicht identisch mit dem errechneten Fall sein.

**Bedarf: gerechnet (theoretisch) – stabil**

**Verbrauch: gemessen (praktisch) – schwankend**

**Lösung: Betrachtung beider Bereiche**



**Bedarf vs. Verbrauch – am Gebäude-Beispiel 7205 ist der errechnete Energieverbrauch deutlich höher gegenüber dem tatsächlich gemessenen Endenergiebedarf. Eine Sanierung würde also nicht zu den vorher errechneten Einsparungen führen.**

## 08.5 Vergleichsrechnung und Abgleich im Programm

### Wie haben wir einen Realitätsbezug hergestellt?

Rechenprogramme zur energetischen Gebäudebilanzierung basieren grundsätzlich auf normativen Vorgaben. Diese bieten unterschiedliche Grundeinstellungen und führen somit meist auch zu verschiedenen Rechenergebnissen. Anhand einer Vergleichsrechnung wurde die angewandte Methodik überprüft.

Dies wird exemplarisch am Gebäude 3170 – ehemaliges Studentenwohnheim in Witzenhausen durchgeführt. Es bietet sich an, da das Einsparpotenzial relativ hoch eingeschätzt wird, es eine einfache Gebäudekubatur besitzt und keine besonders ungewöhnliche Nutzung (hauptsächlich Büroräume) aufweist.

Das Gebäude wurde mit der Bilanzierungssoftware ZUB Helena (Version 7.117) erfasst. In der ersten Förderphase des Projektes CO<sub>2</sub>-optimierter Campus wurden primär auf der Grundlage errechneter Bedarfe Potenziale ermittelt, was sich jedoch als nicht aussagekräftig herausstellte. Vorgaben der verwendeten Rechenansätze orientierten sich im Regelfall am Förderprogramm „COME“ (CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Energieeffizienzprogramm des Landes Hessen).

Wie gravierend die Abweichung zwischen Bedarf und Verbrauch ausfallen können, wird dabei an folgendem Beispiel verdeutlicht.

Dabei sollte der Realbezug des ermittelten Einsparpotenzials einer Maßnahme

und deren prozentuale Übertragbarkeit auf den Verbrauch überprüft werden. Für Wohngebäude erlaubt das Rechenprogramm eine Verbrauchsanpassung, um auch errechnete Einsparungen daran ausrichten zu können. Da dies für Nichtwohngebäude nicht vorgesehen ist, wird hier in einer Vergleichsrechnung geprüft, wie groß die Abweichungen sind.

Dabei gibt es für Wohngebäude die Möglichkeit, über die beiden Einflussgrößen Innentemperatur und Luftwechselrate die rechnerische Ausgangssituation anzupassen.

Um diese Einflussgrößen abzuschätzen, wird das beschriebene Bürogebäude exemplarisch auch als Wohngebäude betrachtet und dort der Verbrauchsab-



3170 – ehemaliges Studentenwohnheim  
Nordbahnhofstraße 1a, WIZ



### Beispielmaßnahme zur Überprüfung am Gebäude 3170

Dämmung aller verputzten Außenwände mit 20 cm Wärmedämmverbundsystem (Wärmeleitgruppe 035).

Das Gebäude wurde mit drei verschiedenen Randbedingungen bilanziert. Die Vergleiche zwischen dem Heizwärmebedarf, gesamt in kWh betrachtet, als auch die prozentuale Einsparung nach der Sanierungsmaßnahme ermittelt.

- 1. Berechnung als Wohngebäude mit Verbrauchsanpassung** (Verbrauch liegt als Mittel über mehrere Gebäude vor)
  - > **Heizwärmebedarf gesamt**  
105.997 kWh/a, sinkt um 20,4 %.
- 2. Berechnung als Nichtwohngebäude nach GEG-Randbedingungen**
  - > **Endenergiebedarf Heizung**  
211.074 kWh/a, sinkt um 21,4 %.
- 3. Berechnung als Nichtwohngebäude mit freien Randbedingungen – Standort Kassel**
  - > **Endenergiebedarf Heizung**  
271.035 kWh/a, sinkt um 18,9 %.



gleich durchgeführt. Bauteileeinstellungen etc. bleiben dabei identisch. Für die vorgenannte Gebäudehülle wird mit unterschiedlichen rechnerischen Randbedingungen die gleiche bauliche Sanierungsmaßnahme angesetzt und die daraus resultierenden Rechenergebnisse miteinander verglichen.

Um eine einheitliche Berechnung zu erhalten und auch keine weiteren Unstimmigkeiten durch das Nutzungsprofil „Wohnen“ zu erzeugen, werden die Gebäude als 1-Zoner mit Büronutzung betrachtet. Das Einsparpotenzial als Gesamtsumme darf nur als Orientierung genutzt werden, hier stellt sich eine rein theoretische Größe dar. Die übertragbare Größe, stellt die

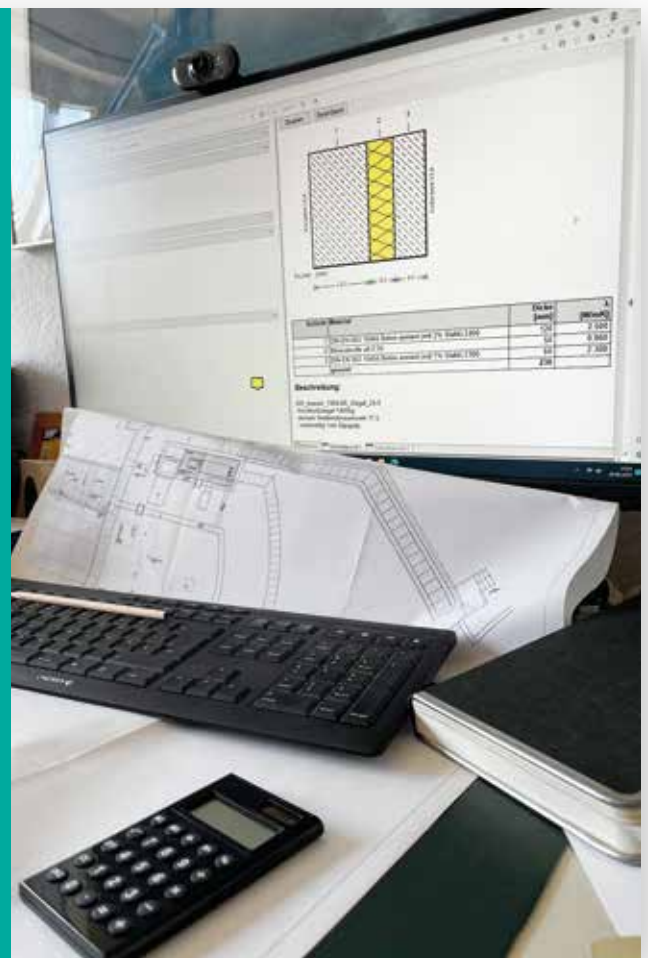
prozentuale Einsparung einer Maßnahme, bezogen auf den realen Verbrauch dar. Der prozentuale Wert dient nun weiterhin als Rechengröße für CO<sub>2</sub>-Reduktionen.

## Rechenergebnisse schwanken stark, je nach getroffener Annahme und Rechenvorschrift

**Daher wird für die weiteren Berechnungen folgende Schlussfolgerung gezogen:**

1. Alle Rechenansätze unterscheiden sich deutlich für den Bereich Heizung und schwanken um **250 %** je nach Zuordnung im Rechenprogramm. Dies erklärt sich jedoch durch die unterschiedlichen Randbedingungen und den Einfluss des Verbrauches in Fall 1.
2. Unabhängig von einer der genannten Zuordnungen ergibt sich eine vergleichbare prozentuale Einsparung des Heizenergiebedarfs durch die jeweils gleiche Sanierungsmaßnahme.

**Wir verwenden die Bilanzierungssoftware ZUB Helena (Version 7.117)**



## 08.6 Praxisbezug

### Wie groß sind die Abweichungen?

Als Beispiel lässt sich eine energetische Berechnung des Gebäudes 7220 – WISO C aufführen.

Im Rahmen einer COME-Berechnung wurde gemäß der klassischen Methodik ein Bedarf von 805.000 kWh/a bilanziert. Anhand des Ausgangszustandes wurde durch diverse Sanierungsvorschläge eine Prognose der Energieeinsparung von 26–48% ermittelt. Dies würde somit einer Einsparung von ca. 209.000–386.000 kWh/a entsprechen. Der gemessene Verbrauch des Gebäudes liegt jedoch bei ca. 385.000 kWh/a. Die maximal errechnete Einsparung liegt also über dem tatsächlichen Verbrauch, ist damit faktisch nicht möglich. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass besonders den prozentualen Einsparpotenzialen das größte Gewicht geschenkt werden muss. Daher sollte primär von der Aussage ausgegangen werden, dass bei diesem Objekt unter den genannten Bedingungen ein Einsparpotenzial über die Gebäudehülle je nach Variante von 26–48% vorliegt. Dabei sollte unbedingt vermieden werden sich auf kleinteilige Zahlen und Angaben hinter dem Komma zu beziehen, sondern die grobe Richtung muss beachtet werden.

Die Differenzen zwischen Bedarf und Verbrauch sind jedoch nicht einheitlich und schwanken je nach Gebäude. Eine individuelle Betrachtung und Einschätzung werden daher notwendig. Bezogen auf einen Teil der universitären Liegenschaften ist dabei in Abbildung 23 aufgezeigt. Dabei liegt die größte Differenz bei nur etwa einem Drittel des errechneten Bedarfs und liegt minimal bei nur ca. 5% Unterschied.

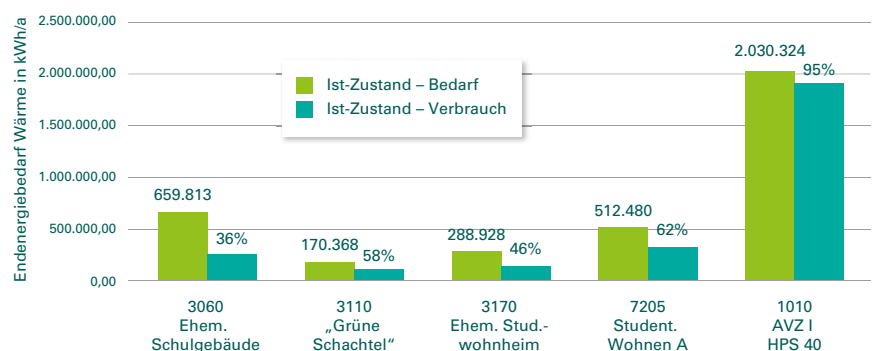
Die Übertragung und Relation bezogen auf eines der abgebildeten Gebäude, 3060 – ehemaliges Schulgebäude, führt

dabei zu nachfolgender Verhältnismäßigkeit, siehe Abbildung 24. Durch den deutlich geringeren Verbrauch im Vergleich zum berechneten Bedarf sinkt damit auch das Gesamt-Potenzial, welches durch energetische Sanierung zu erzielen ist.

Prozentual übertragen, macht es das Ergebnis aber weiter nutzbar und die Aussagekraft bleibt bestehen.



**ABBILDUNG 23:**  
**Verhältnis zwischen**  
**errechneten Bedarf und**  
**gemessenem Verbrauch**





Einsparungen werden im Verhältnis und prozentual betrachtet, niemals hinter dem Komma.

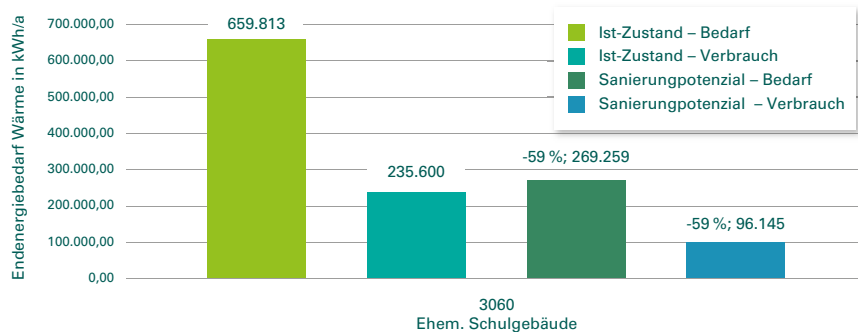


ABBILDUNG 24:  
Prozentuale Bewertung  
des Einsparpotenzials.  
Übertragung vom  
Bedarfspotenzial auf das  
Verbrauchspotenzial.



# Vorstellung zur Methodik einer Übertragbarkeit

Welche Rückschlüsse können wir ziehen?



Jedes Bauwerk ist individuell und benötigt zu einer detaillierten Aussage auch eine individuelle Betrachtung, um zu einem belastbaren Rechenergebnis zu führen. Viele Aspekte ähneln sich jedoch unter den jeweiligen Gebäuden und führen somit auch zu Ergebnissen, die vergleichbar sind. Weiterhin ist für eine Vergleichbarkeit der Betrachtungswinkel so zu wählen, dass Berechnungen nicht zu kleinteilig werden (nicht der einzelne Raum) aber auch nicht zu pauschal (mittlerer Gebäudebestand Deutschlands).

## 09.1 Rechenergebnisse der Bezugsgebäude

### Wie sind die Bezugswerte?

Durch die in Kapitel 7 festgelegten Sanierungsmaßnahmen der ausgewählten Bezugsgebäude ergeben sich im Mittel 58 % Einsparpotenzial, bezogen auf die Endenergie, die für eine Beheizung nötig wird, wie in Tabelle 3 zu entnehmen. Alle Zahlen sind gerundet.

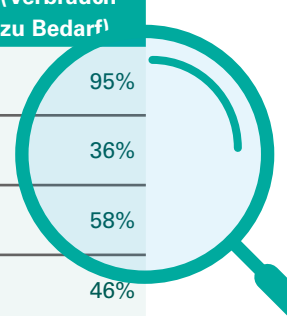


TABELLE 3:  
Übersicht errechnete  
Einsparpotenziale

Einsparpotenzial der Bezugsgebäude nach Bedarfsberechnung			
Gebäude	Endenergiebedarf Heizung vor Sanierung [kWh/a]	Endenergiebedarf Heizung nach Sanierung [kWh/a]	Prozentuale Einsparung nach Sanierung
1010 – AVZ I	2.030.000	682.000	66%
3060 – ehem. Schulgebäude	660.000	269.000	59%
3110 – Grüne Schachtel	170.000	72.000	58%
3170 – ehem. Studentenwohnheim	289.000	124.000	57%
7060 – IT-Service- zentrum	789.000	342.000	57%
7205 – Stud. Wohnen A	512.000	220.000	57%
7240 Hörsaalzentrum II	209.000	106.000	49%
<b>Mittelwert</b>			<b>58%</b>

TABELLE 4:  
Übersicht Differenz Bedarf zu  
Verbrauch

Verbrauch und prozentuale Abweichung zu Bedarf	
Verbrauch Heizung gesamt [kWh/a]	Prozentuale Abweichung (Verbrauch zu Bedarf)
1.923.000	95%
236.000	36%
99.000	58%
134.000	46%
286.000	36%
316.000	62%
94.000	45%
	<b>54%</b>



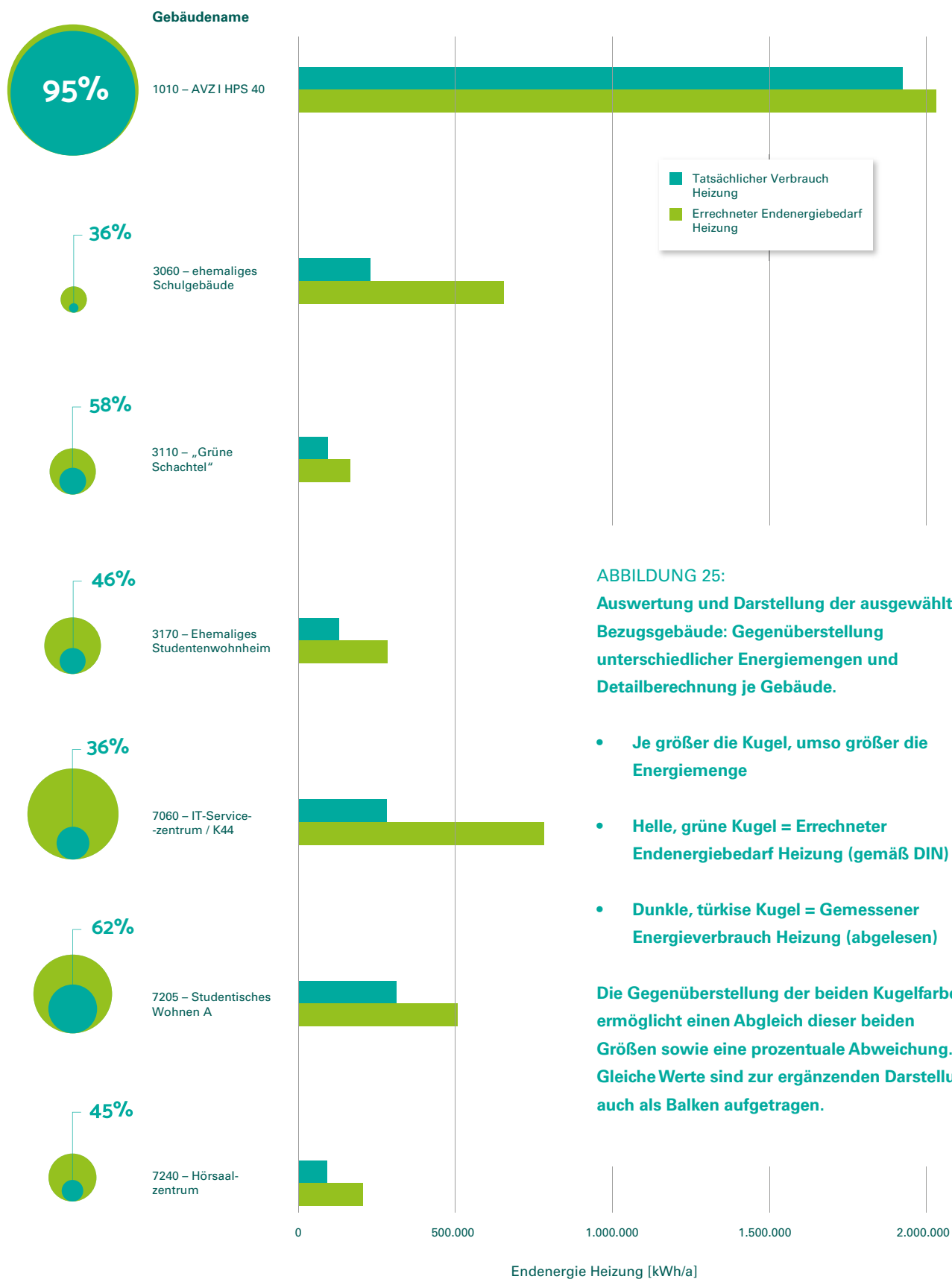
## 09.2 Verbrauchsdifferenz der Bezugsgebäude

Die Differenz der Bezugsgebäude zwischen Bedarf und Verbrauch bildet sich, wie in Tabelle 4 dargestellt, als Gegenüberstellung zur Bedarfsrechnung (Tabelle 3) ab. Dabei wird sichtbar, dass der gemessene Verbrauch bei allen untersuchten Gebäuden unter

dem errechneten Bedarf liegt. Nur bei einem Gebäude (1010 – AVZ I) sind Verbrauchs- und Bedarfswert nahezu deckungsgleich. Alle Zahlen sind gerundet.

Zur visuellen Verdeutlichung zeigen wir den Unterschied zwischen errechnetem Bedarf und tatsächlichem Verbrauch in prozentualer Darstellung der Abweichung der einzelnen Bezugsgebäude.

Alle  
untersuchten  
Gebäude weisen  
ein hohes  
Einsparpotenzial  
auf.





### 09.3 Anwendung für den Verbrauch

Die in Kapitel 8.5 beschriebene Unterscheidung zwischen den Bedarfs- und den Verbrauchswerten eines Gebäude muss für eine realistische Abschätzung der Zielgröße angewandt werden. Dazu wird das über konkrete Maßnahmen generierte prozentuale Einsparpotenzial auf die vorhandenen Verbrauchswerte übertragen. Bei dieser Betrachtung muss immer beachtet werden, dass alle verwendeten Verbrauchsdaten Ungenauigkeiten und Schwankungen unterliegen. Dies ergibt sich, wie bereits beschrieben, durch Nutzungsänderungen, objektübergreifende Erfassung etc. Eine Aussage zur Einsparung von Kilowattstunden ist also immer eine Momentaufnahme, die sich durch veränderte Randbedingungen verschieben kann. Über den Bezug der prozentualen Abschätzung ist dies jedoch künftig

einfacher zu korrigieren, sobald Verbrauchsdaten vorliegen die starke Abweichungen aufweisen. Alle Zahlen sind gerundet. Zur besseren Übersichtlichkeit der übertragenen Zahlenwerte werden die relevanten Spalten farblich hervorgehoben, siehe Tabelle 5.

TABELLE 5:  
Übertragung Einsparpotenzial auf Verbrauch

Übertragung des errechneten Einsparpotenzials auf den Verbrauch				
Gebäude	Verbrauch Heizung gesamt [kWh/a]	Prozentuale Einsparung <u>nach</u> Sanierung	Prognostizierte Einsparung bei gleichbleibendem Verbrauch [kWh]	Prognostizierter Verbrauch <u>nach</u> Sanierung [kWh]
1010 – AVZ I	1.923.000	66%	1.277.000	646.000
3060 – ehem. Schulgebäude	236.000	59%	139.000	96.000
3110 – Grüne Schachtel	99.000	58%	57.000	42.000
3170 – ehem. Studentenwohnheim	134.000	57%	76.000	57.000
7060 – IT-Servicezentrum	286.000	57%	162.000	124.000
7205 – Stud. Wohnen A	316.000	57%	180.000	136.000
7240 Hörsaalzentrum II	94.000	49%	46.000	47.000

### 09.4 Einsparpotenzial und Übertragungsmöglichkeit

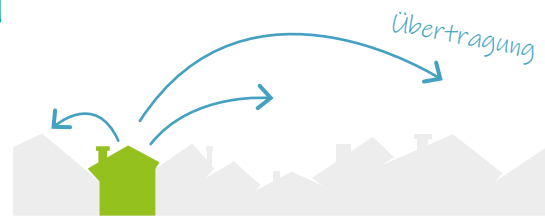
Die untersuchten Bezugsgebäude unterscheiden sich stark voneinander und weisen demzufolge auch unterschiedliche Gesamtverbräuche auf. Auffällig dabei ist jedoch ein eher gleichmäßiges Einsparpotenzial, wie es Tabelle 5 zu entnehmen ist. Der oberste Wert liegt dabei bei 66% Einsparpotenzial der unterste Wert bei 49% Einsparpotenzial. Daraus ergibt sich ein Mittelwert über alle untersuchten Gebäude von 58% Einsparpotenzial. Dies umfasst alle Abweichungen, die durch die verschiedenen bauli-

chen Gegebenheiten und die daraus resultierenden Sanierungsvorschläge zustande kommen. Da der prognostizierte Einsparbereich, wie in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt, von diversen Variablen bestimmt wird, sollte auf eine größere Genauigkeit verzichtet werden. Diese kann nicht definiert werden und bildet außer einem größeren Planungs- und Rechenaufwand keine verbesserte Zielgenauigkeit. Unter aktueller Betrachtung kann also das mittlere Einsparpotenzial von 58%

auf alle in Kapitel 5.4 festgelegten Gebäude übertragen werden, die nicht differenzierter beschrieben werden.

Die Bezugsgebäude weisen im Mittel ein Einsparpotenzial von 58% auf.

# Anwendung auf den Gebäude- bestand



## Welche Ergebnisse lassen sich übertragen?

Um die Ergebnisse der berechneten Bezugsgebäude auf den restlichen priorisierten Gebäudebestand zu übertragen, sind weitere Zwischenschritte erforderlich. Im folgenden Kapitel wird dies beschrieben und die jeweiligen Ergebnisse dargestellt.

### 10.1 Auflistung der priorisierten Gebäude

Nachfolgend werden in Tabelle 6 die nach Kapitel 5.3 priorisierten Gebäude aufgeführt, sowie deren Baujahr und die entsprechende Nettoraumfläche (NRF) in m<sup>2</sup>. Nach aktuell angewandten

Kriterien ergibt sich daraus eine Gebäudeauswahl von 47 Gebäuden. Farblich hervorgehoben sind darin die ausgewählten Bezugsgebäude, wie unter Kapitel 7 beschrieben.



TABELLE 6:  
Übersicht aktuell priorisierte Gebäude

Geb.-Nr.	Name	Baujahr	NRF [m²]
1010	AVZ I HPS 40	1974	10.870
1020	AVZ II HPS 40	1974	20.881
1030	AVZ III HPS 40	1977	11.330
1070	Tierhaus HPS 40	1985	974
1100	INA HPS 40	1997	3.732
1200	IBC HPS 40	1997	7.336
2010	Südbau MS 15	1965	4.042
2020	Atriumbau MS 15	1962	6.783
2030	Nordbau MS 13	1967	10.504
2040	Hörsaaltrakt MS 13	1967	2.080
3030	Hörsaal- u. Laborgebäude	1972	2.432
3060	Ehem. Schulgebäude	1969	1.551
3110	Grüne Schachtel	1986	664
3170	Ehe.Studentenwohnheim	1969	880
3190	Hörsaal u. Laborgebäude	1992	6.897
4400	Ehem.Ing.-Schule WA 73	1974	5.756
4500	Ehem.Ing.-Schule WA 73	1963	3.455
4600	Institutsgebäude E-Tech	1996	6.128
4960	Villa	1960	989
4970	Pfannkuchstraße	1995	2.511
4980	Arztnotrufzentale	1995	1.064
7020	K 33	1962	860
7030	K 10	1904	8.888
7040	Universitätsverwaltung	1922	5.359
7050	AStA Kulturzentrum K 19	1890	542
7060	IT-Servicezentrum / K 44	1978	4.709
7065	International House	2000	216

Geb.-Nr.	Name	Baujahr	NRF [m²]
7080	Betriebstechnik	1985	3.267
7090	Ingenieurwissenschaft III	1982	26.261
7110	Mönchebergstr. 17	1905	1.701
7132	Mönchebergstr. 19b	1950	974
7142	Drittmittelhaus 1	1950	815
7150	Kolben-Seeger	1903	2.444
7151	ASL 3 / Fachwerkhaus	1830	403
7170	ASL 8 / HaFeKa	1900	960
7200	WISO A	1985	3.972
7205	Studentisches Wohnen A	1985	2.438
7210	WISO B	1985	5.658
7215	Studentisches Wohnen B	1985	2.193
7220	WISO C	1985	5.148
7225	Studentisches Wohnen C	1985	1.352
7230	Hörsaalzentrum I	1985	2.159
7240	Hörsaalzentrum II	1985	1.617
7250	Universitätsbibliothek	1988	22.174
7260	Zentralmensa / K 11	1988	6.348
7310	Ingenieurwissenschaften II	1993	6.695
7320	Ingenieurwissenschaften I	1995	20.256
<b>Summe Fläche</b>			<b>249.281</b>



Die Gesamtzahl der priorisierten Gebäude (insgesamt 47 von 111 Gebäuden) machen mit ca. 42% weniger als die Hälfte der Liegenschaften aus, siehe Abbildung 26. Der akute Handlungsbedarf aus energetischer Sicht liegt daher aktuell nur auf einem Teil der Gesamtliegenschaften.

Betrachtet man jedoch die relevante Nettoraumfläche (NRF) die damit verknüpft ist, verändert sich dieses Verhältnis stark. Bei einer Gesamtfläche (NRF) von 354.067m<sup>2</sup> der universitären Gebäude (Stand 2022) weisen 249.281m<sup>2</sup> ein erhebliches Einspar-

potenzial auf. Dies entspricht 70% der Nettoraumfläche, siehe Abbildung 27. Dabei wird deutlich, dass es sich unter Bezug auf die Nettoraumfläche um einen relevanten Teil der beheizten Gebäudefläche handelt, die eine hohe Priorität zur Sanierung aufweist.

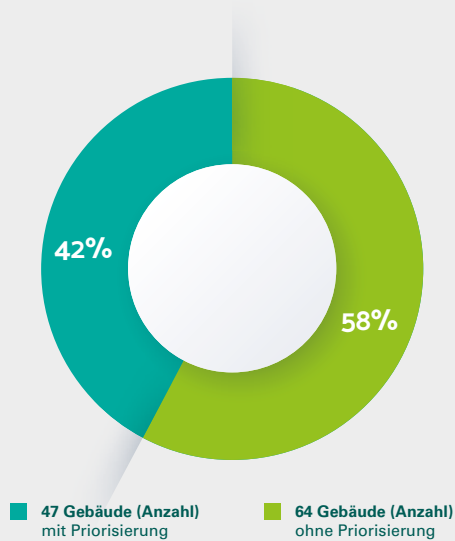


ABBILDUNG 26:  
Verteilung der Gebäudeanzahl nach aktueller Priorisierung

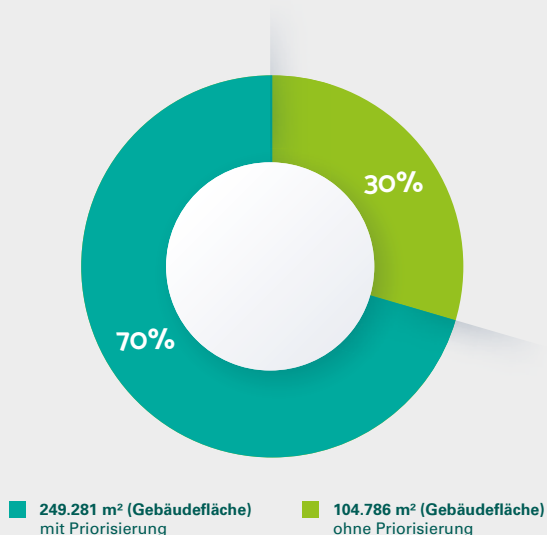


ABBILDUNG 27:  
Verteilung der Flächengröße NRF nach aktueller Priorisierung

70% der Gebäudeflächen weisen ein erhebliches Einsparpotenzial auf.



## 10.2 Zuteilung von Gebäudekategorien

Den detailliert berechneten Bezugsgebäuden werden nun Kategorien (A–E) zugewiesen, siehe Tabelle 7, die mit dem zu erwartenden Einsparpotenzial verknüpft sind. Die Bezeichnung der Kategorien erfolgt fortlaufend alphabetisch und hat keine Aussage über die Höhe des zu erwartenden Potenzials. Bei gleicher prozentualer Einsparung wird folglich die gleiche Kategorie angewandt. Dies betrifft auch Gebäude,

die sich von ihrem Typus unterscheiden, siehe Gebäude **3170**, **7060** und **7205**, da alle bei einer errechneten Einsparung von 57% liegen.

Ein großer Teil der Gebäude lässt sich eindeutig den berechneten Gebäudetypen zuordnen. Daneben gibt es jedoch Gebäude, bei denen dies nicht zutrifft. Für diese wird der errechnete Mittelwert vorgesehen, dieser bildet den Durchschnitt der zu erwartenden

Einzeleinsparungen ab und ist mit der Kategorie X gekennzeichnet.

Darin ergibt sich jedoch eine Ausnahme. Da das **Gebäude 1010 – AVZ I** bedingt durch die energetisch sehr schlechte Hülle ein deutlich höheres Einsparpotenzial besitzt, wird es nicht zur Mittelwertbildung herangezogen. Der Mittelwert X ergibt sich somit aus den Kategorien B–E.

TABELLE 7:  
Einteilung nach Kategorien

Einteilung der Bezugsgebäude in Kategorien			
Gebäude	Verbrauch Heizung gesamt [kWh/a]	Prozentuale Einsparung nach Sanierung	Bezeichnung Kategorie
1010 – AVZ I	1.923.000	66%	A
3060 – ehem. Schulgebäude	236.000	59%	B
3110 – Grüne Schachtel	99.000	58%	C
3170 – ehem. Studentenwohnheim	134.000	57%	D
7060 – IT-Servicezentrum	286.000	57%	D
7205 – Stud. Wohnen A	316.000	57%	D
7240 Hörsaalzentrum II	94.000	49%	E
Kategorie Mittelwert B-E	nicht relevant	56%	X

TABELLE 8:

## Zuordnung der priorisierten Gebäude in Kategorien

Geb.-Nr.	Name	Kategorie	Einsparung [%]
1010	AVZ I HPS 40	A	66
1020	AVZ II HPS 40	A	
1030	AVZ III HPS 40	A	
1070	Tierhaus HPS 40	D	
1100	INA HPS 40	C	
1200	IBC HPS 40	C	
2010	Südbau MS 15	A	
2020	Atriumbau MS 15	A	
2030	Nordbau MS 13	A	
2040	Hörsaaltrakt MS 13	A	
3030	Hörsaal- u. Laborgebäude	A	
3060	Ehem. Schulgebäude	B	59
3110	Grüne Schachtel	C	58
3170	Ehe.Studentenwohnheim	D	57
3190	Hörsaal u. Laborgebäude	X	
4400	Ehem.Ing.-Schule WA 73	B	
4500	Ehem.Ing.-Schule WA 73	B	
4600	Institutsgebäude E-Tech	X	
4960	Villa	X	
4970	Pfannkuchstraße	X	
4980	Arztnotrufzentale	X	
7020	K 33	D	
7030	K 10	D	
7040	Universitätsverwaltung	X	
7050	AStA Kulturzentrum K 19	X	
7060	IT-Servicezentrum / K 44	D	57
7065	International House	X	
7080	Betriebstechnik	D	
7090	Ingenieurwissenschaft III	X	
7110	Mönchebergstr. 17	X	
7132	Mönchebergstr. 19b	X	
7142	Drittmittelhaus 1	X	
7150	ASL 2 / Kolben-Seeger	X	
7151	ASL 3 / Fachwerkhaus	X	
7170	ASL 8 / HaFeKa	D	
7200	WISO A	D	
7205	Studentisches Wohnen A	D	57
7210	WISO B	D	
7215	Studentisches Wohnen B	D	
7220	WISO C	D	
7225	Studentisches Wohnen C	D	
7230	Hörsaalzentrum I	E	
7240	Hörsaalzentrum II	E	49
7250	Universitätsbibliothek	E	
7260	Zentralmensa / K 11	E	
7310	Ingenieurwissenschaften II	X	
7320	Ingenieurwissenschaften I	X	
	<b>Errechneter Mittelwert</b>	<b>X</b>	<b>56</b>



### 10.3 Hochrechnung bei Umsetzung aller Maßnahmen an allen priorisierten Gebäuden – Gesamtbilanz

Auf dieser Grundlage erfolgt im nächsten Schritt eine Übertragung der Einsparpotenziale anhand der zugewiesenen Kategorien. Um eine Relation zu den jeweiligen Gebäuden und deren Verbrauch herzustellen, wird neben dem Gesamtverbrauch auch ein Quadratmeterbezug notwendig.

Daher wird für folgende Hochrechnungen die Nettoraumfläche herangezogen (NRF), die jährlich auf den aktuellen Stand gebraucht wird. Es werden die aktuellen Zahlen auf dem Stand von 2022 verwendet, Berechnungsgrundlage bildet hierbei die DIN 277 (DIN 277, 2021, Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau).

Die Anwendung der Gebäudekategorien auf die priorisierten Gebäude ist Tabelle 9 zu entnehmen. Die Verbrauchswerte stellen dabei Mittelwerte dar und wurden vornehmlich aus der Erfassung der Energieausweise aus 2019 verwendet. Dabei ist von einer gewissen Schwankung sowie Möglichkeiten der Ungenauigkeit auszugehen, wie in Kapitel 9.3 bereits beschrieben. Dieser Zeitraum bietet sich an, da in dieser Zeit eine reguläre Beheizung erfolgte (ohne Corona-Einschränkungen) sowie Energiekrise 2022/23).



TABELLE 9:

## Verbrauch und erwartete Einsparung je Gebäude

Geb.-Nr.	Name	Kategorie	Verbrauch Beheizung [kWh/a]	Mögliche Einsparung [%]	Mögliche Einsparung [kWh/a]
1010	AVZ I HPS 40	A	1.924.029	66	1.269.859
1020	AVZ II HPS 40	A	3.695.938	66	2.439.319
1030	AVZ III HPS 40	A	2.005.455	66	1.323.601
1070	Tierhaus HPS 40	D	172.456	57	98.300
1100	INA HPS 40	C	660.614	58	383.156
1200	IBC HPS 40	C	1.298.535	58	753.150
2010	Südbau MS 15	A	436.550	56	244.468
2020	Atriumbau MS 15	A	732.615	56	410.265
2030	Nordbau MS 13	A	1.134.389	56	635.258
2040	Hörsaaltrakt MS 13	A	224.656	56	125.807
3030	Hörsaal- u. Laborgebäude	A	403.661	56	226.050
3060	Ehem. Schulgebäude	B	235.715	59	139.072
3110	Grüne Schachtel	C	100.947	58	58.549
3170	Ehe.Studentenwohnheim	D	133.815	57	76.274
3190	Hörsaal u. Laborgebäude	X	1.048.348	56	587.075
4400	Ehem.Ing.-Schule WA 73	B	362.602	59	213.935
4500	Ehem.Ing.-Schule WA 73	B	217.667	59	128.424
4600	Institutsgebäude E-Tech	X	386.037	56	216.181
4960	Villa	X	116	56	64.237
4970	Pfannkuchstraße	X	116	56	163.146
4980	Arztnotrufzentale	X	353	56	210.339
7020	K 33	D	94.571	57	53.905
7030	K 10	D	977.688	57	557.282
7040	Universitätsverwaltung	X	434.070	56	243.079
7050	AStA Kulturzentrum K 19	A	54.162	56	30.331
7060	IT-Servicezentrum / K 44	D	282.511	57	161.031
7065	International House	X	158.655	56	88.847
7080	Betriebstechnik	D	205.841	57	117.330
7090	Ingenieurwissenschaft III	X	1.812.034	56	1.014.739
7110	Mönchebergstr. 17	X	137.779	56	77.156
7132	Mönchebergstr. 19b	X	78.869	56	44.167
7142	Drittmittelhaus 1	X	75.828	56	42.464
7150	ASL 2 / Kolben-Seeger	X	117.332	56	65.706
7151	ASL 3 / Fachwerkhaus	X	19.338	56	10.829
7170	ASL 8 / HaFeKa	D	46.067	57	26.258
7200	WISO A	D	309.778	57	176.574
7205	Studentisches Wohnen A	D	333.943	57	190.347
7210	WISO B	D	514.857	57	293.468
7215	Studentisches Wohnen B	D	377.213	57	215.012
7220	WISO C	D	427.269	57	243.544
7225	Studentisches Wohnen C	D	174.427	57	99.423
7230	Hörsaalzentrum I	E	267.671	49	131.159
7240	Hörsaalzentrum II	E	93.770	49	45.947
7250	Universitätsbibliothek	E	2.017.856	49	988.749
7260	Zentralmensa / K 11	E	952.156	49	466.556
7310	Ingenieurwissenschaften II	X	964.037	56	539.861
7320	Ingenieurwissenschaften I	X	1.843.309	56	1.032.253
	<b>Errechneter Mittelwert B-E</b>	<b>X</b>	<b>611.207</b>	<b>56</b>	<b>355.797</b>
	<b>Summe</b>				<b>16.722.482</b>

Das zu erwartende Einsparpotenzial im Bereich der priorisierten Gebäude entspricht ca. 16,5 GWh/a (16.500 MWh/a). Der aktuelle Gesamtverbrauch an Wärme liegt über alle Liegenschaften bei ca. 39 GWh/a pro Jahr. Damit ergibt sich ein Ein-

sparpotenzial auf die gesamte Wärmemenge von ca. 42%. Bei einem Rechenansatz von 133 t CO<sub>2</sub>-Ausstoß je MWh würde man eine jährliche Einsparung von 2.194 t CO<sub>2</sub>/a erreichen.



## Wieviel ist das in Bäumen?

1 große Buche bindet 12,5 kg CO<sub>2</sub>/a.  
Auf einem Hektar (10.000m<sup>2</sup>) Nutzförst rechnet man mit durchschnittlich 1.000 Bäumen. Das Einsparpotenzial von 2.194 t CO<sub>2</sub>/a der möglichen Sanierungen an der Universität Kassel entspricht demnach 175 Hektar voll mit 175.520 Buchen. Die Fläche entspricht 1,6% des Stadtgebietes Kassel.

**Als Vergleich:** Die Gesamtfläche des Campus Kassel Holländischer Platz nutzt eine Gesamtfläche von nicht einmal 20 Hektar, d.h. 9 x Campusfläche ≈ 175 ha.



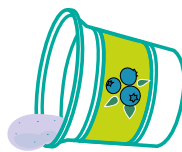


Die 47 Bezugsgebäude besitzen ein  
Einsparpotenzial von 16,5 Gigawattstunden  
pro Jahr bzw. 2.194 t CO<sub>2</sub>/a.

Das ist soviel wie:



**175.520** Buchen  
jährlich an CO<sub>2</sub> binden können



**7.565.517** Joghurtbecher  
(mit Frucht)



**21.940** Jahre  
Kühlschrank benutzen



**141.548** Bahnfahrten  
(Kassel nach Kiel)



**1.875** Jahre  
Auto fahren (15 km täglich)



**908** mal  
in die Karibik fliegen (nicht zurück)



# Diskurs Zukunft

## Wie gehen wir künftig damit um?

Normen, Berechnungen und Methoden unterliegen ständiger Aktualisierung und sind immer nur eine Momentaufnahme. Zukünftige Entwicklungen bedürfen immer einer Anpassung des Blickwinkels auf die Aussagekraft von Rechenergebnissen. Ein Ausblick auf mögliche Änderungen und Herausforderungen soll dabei ebenfalls Berücksichtigung finden, um Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen zu können.

### 11.1 Einflussgrößen auf Berechnungsergebnisse

Mittels einer energetischen Gebäudeberechnung, die sich an aktuellen Normen orientiert, erhält man immer Ergebnisse, die eher statisch sind und nicht flexibel auf ihr Umfeld reagieren bzw. mit den Umgebungsparametern übereinstimmen.

Neben der Wahl der Berechnungsmethodik ergeben sich weitere Kriterien, die die Ergebnisse stark beeinflussen und die Aussagekraft in verschiedene Richtungen lenken werden. Somit spielen etwa politische Zielsetzungen und Orientierungen eine entscheidende Rolle.

So hat der Primärenergiefaktor einen maßgebenden Einfluss auf die bilanzielle Aussage einer Gebäudebewertung. Betrachtet man exemplarisch den Faktor für den Energieträger Strom, so kam es hier in den letzten Jahren zu massiven Anpassungen. Dabei sank der Faktor stetig, was über den Aus-



bau der erneuerbaren Energien auf Bundesebene und die damit verbesserte Ökobilanz argumentiert wurde. Je nach Ausstellungsjahr einer Bilanz kann also ein unverändertes Gebäude einen abweichenden Kennwert aufweisen. Diese entscheidende Variable, die auch politisch beeinflusst wird, muss dabei berücksichtigt und angerechnet werden.

Auf der städtischen Ebene spielt im Fall des universitären Heizenergieverbrauchs und der damit verbundenen Ökobilanz die städtische Fernwärme die lenkende Rolle. Da aktuell im energieliefernden Heizkraftwerk ein Kohleanteil zum Einsatz kommt, wirkt sich dies über den negativen primärener-

getischen Faktor aus. Mit dem bevorstehenden Kohleausstieg wird sich mit dieser Umstellung auch die Umweltbilanz für die Universität schlagartig verbessern. Dies ist jedoch nur auf die Umstellung des Heizmediums, nicht auf die energetischen Gebäudequalitäten zurückzuführen. Aktuell wird Energie aus Müllheizkraftwerken als regenerativ, also erneuerbar vorgegeben. Ob Müll nun als stetig „nachwachsend“ definiert werden sollte und ob dies im Einklang der Bestrebung nach Umwelt- und Artenschutz steht, sollte dabei kritisch im Auge behalten werden.

Ob diese Meinung langfristig haltbar sein wird, ist in Frage zu stellen.



**Der Primärenergiefaktor für Strom sank in den letzten Jahren und beeinflusst die Ökobilanz.**

**TABELLE 10:**  
**Übersicht aktuell priorisierte Gebäude**

Zertifizierungszeitpunkt	Spezifischer Emissionsfaktor [kg/MWh]	Abweichung
14.02.2017	133,0	-
30.04.2021	96,0	-28%
17.05.2022	57,4	-57%

Wie variabel die äußeren Randbedingungen sind, zeigt sich am konkreten Beispiel: Die anzusetzenden Berechnungsgrößen der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Fernwärmenetz haben sich innerhalb von 5 Jahren gravierend geändert, siehe Tabelle 10, gemäß Zertifizierung der Städtischen Werke Energie + Wärme GmbH.

Bevor also eine Aussage zu einer besonders nachhaltigen, ökologischen oder zukunftsorientierten Lösung gegeben wird, muss immer berücksichtigt werden, welche maßgebenden Kriterien als Grundlage festgesetzt wurden. So ist unter veränderter Kenngröße, die rechnerisch günstigste CO<sub>2</sub>-Bilanz nicht zwangsläufig die nachhaltigste und Ressourcen schonendste. Über die diversen Herangehensweisen und Bilanzierungsrahmen gibt es bereits die unterschiedlichen Berechnungs- und Zertifizierungsmodelle (DGNB, leed, breem etc.). Diese weisen jedoch immer ein extrem hohes Maß an Komplexität auf und sind daher nicht pauschal anwendbar. Aus Gründen der Nachhaltigkeit sollte daher immer der Blick über den Tellerrand gewagt und tangierende Randeffekte berücksichtigt werden.

**3170, Ansicht**

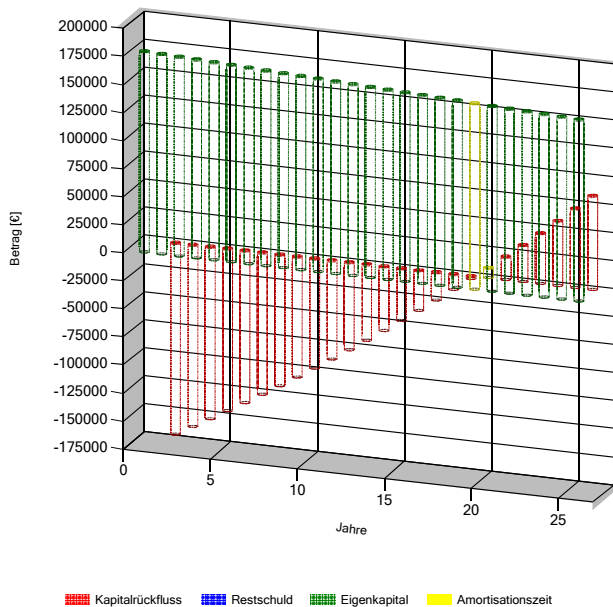
## 11.2 Grenzen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Ein oft verwendetes Entscheidungskriterium bei der Auswahl von Sanierungsmaßnahmen ist die Wirtschaftlichkeit. Die errechnete Energieeinsparung und die damit verbundenen Energiekosten werden meist herangezogen, um sich für ein bestimmtes Bauvorhaben (Dachdämmung, Fenster austausch etc.) oder auch die Ausführung eines Bauvorhabens zu entscheiden (Materialwahl, Dämmstoffstärke etc.). Dies war bereits in der Vergangenheit sehr störanfällig, da eine Vielzahl an Faktoren in eine solche Berechnung einfließt, die starken Schwankungen unterliegen können, was wiederum zu schwammigen Ergebnissen führt. Je weiter ein Betrachtungszeitraum angesetzt wird, umso ungenauer fällt die Prognose aus.

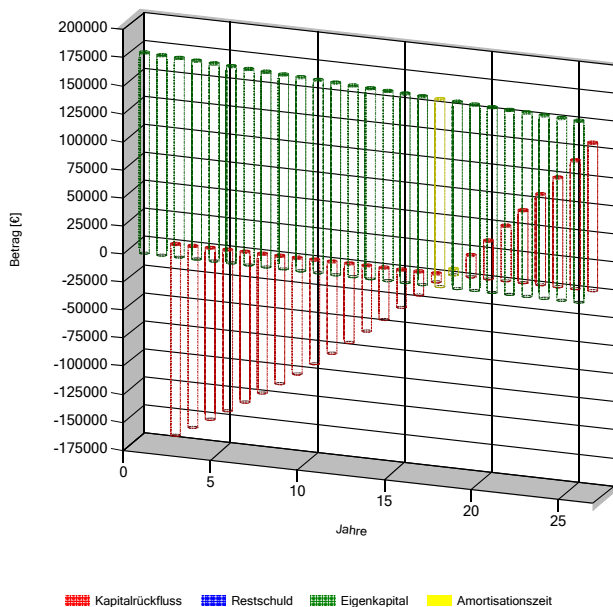
Um dies zu verdeutlichen wird eine Vergleichsberechnung an einem der bereits beschriebenen Bezugsgebäude durchgeführt. Dabei wird bei dem Gebäude 3170, ehemaliges Studentenwohnheim, ein Fensteraustausch auf universitärem Standard betrachtet. Das Gebäude hat wie bereits beschrieben eine einfache Kubatur, die Fenster sind in einem alten, sanierungswürdigen Zustand.







**ABBILDUNG 28:**  
**Amortisationszeit der Maßnahme**  
**Preissteigerung Energieträger 2,0%,**  
 Quelle: Eigene Berechnung



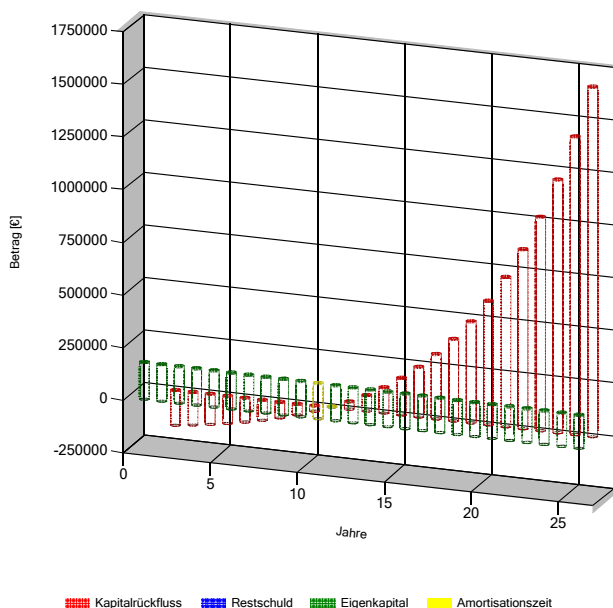
**ABBILDUNG 29:**  
**Amortisationszeit der Maßnahme**  
**Preissteigerung Energieträger 3,3%,**  
 Quelle: Eigene Berechnung

Auf der Betrachtungsgrundlage von 2022 wurde eine Kosten-schätzung von ca. 180.000€ zu Grunde gelegt, der Endener-giebedarf der Heizung reduziert sich durch die Maßnahme von 286.653 kWh/a auf 197.050 kWh/a.


Für die beschriebene Sanierung wurden Amortisationsbe-trachtungen nach annuitätischem Verfahren durchgeführt. Der Betrachtungszeitraum für die Maßnahme wurde auf 25 Jahre festgelegt.

Für die erste Berechnung der Maßnahme wurden die allge-meinen Berechnungsgrundlagen der Universität aus dem Jahr 2021 angesetzt (kalkulatorischer Zinssatz 0,7%, jährli-che Preissteigerung 1,1%, 0,835 €/kWh, jährliche Preisstei-gerung (inflationsbereinigt) des Energieträgers 2,0%). Eine Amortisation unter diesen Bedingungen tritt demnach nach 19 Jahren ein, siehe Abbildung 28.

Gemäß Angaben des Statistischen Bundesamtes lag beim Verbraucherpreisindize für Deutschland ohne den Bereich Energie für den Zeitraum Februar 2021 bis Februar 2022 eine Preissteigerung von 3,3% vor. Würde man bei ansonsten glei-chen Rechenbedingungen dies auf die jährliche Preisstei-gerung des Energieträgers (also von 2,0 auf 3,3%) heraufsetzen, so wäre die Amortisationszeit bereits bei 17 Jahren erreicht, siehe Abbildung 29. Wie extrem sich diese Kurve verändert, ist an einem Beispiel mit einer Preissteigerung des Energie-trägers um 15% gezeigt, siehe Abbildung 30.



**ABBILDUNG 30:**  
**Amortisationszeit der Maßnahme**  
**Preissteigerung Energieträger 15,0%,**  
 Quelle: Eigene Berechnung



# Eine reine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eignet sich nicht als Entscheidungsgrundlage für nachhaltige Planung.

Dies verdeutlicht sehr eingängig, welchen Schwankungen eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterliegt.

Darin sind jedoch wesentliche Faktoren noch gar nicht eingerechnet, wie Verfügbarkeiten von Materialien, Kosten einer CO<sub>2</sub>-Budgetierung und andere Randbedingungen. Die extreme Preissteigerung von Baumaterialien macht den rechnerischen Ansatz bereits bei der Erstellung einer Kostenschätzung angreifbar. Auch der Kostenansatz ist

meist flexibel. Dabei muss unterschieden werden, welche Kosten der energetischen Sanierung zufallen und welche Kosten anderen Anforderungen unterliegen (Sowieso-Kosten). Besonders die Abhängigkeiten und ein plötzlicher Wandel des gesamten Energiemarktes durch den Beginn des Ukraine-Krieges in 2022, haben grundlegende Näherungen der Wirtschaftlichkeit vollständig unbelastbar werden lassen. Auch liegt nahe, die Bepreisung von CO<sub>2</sub>-

Ausstoß künftig einfließen zu lassen. Damit bietet sich eine neue Variable in der Gesamtrechnung, die sich in den kommenden Jahren ebenfalls darin widerspiegeln kann und die Ergebnisse beeinflussen wird.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als Entscheidungskriterium für oder gegen eine energetische Sanierungsmaßnahme ist also nicht aussagekräftig, wenn nicht sogar irreführend.

## 11.3 Ausblick auf den Wandel klimatischer Verhältnisse

### Wie wollen wir zukünftig unsere Gebäude bewirtschaften?

Aktuell berücksichtigt die Bilanzierung der Energiebedarfe von Gebäuden sowohl den Sommer- als auch den Winterfall. Dabei wird jedoch ein Schwerpunkt auf den Heizfall im Winter gelegt. Außerdem wird auch nur die momentane thermische Konditionierung eines Gebäudes betrachtet. Unter Berücksichtigung des projizierten Klimawandels werden sich auch in unseren Breitengraden die Anforderungen, die an Gebäude und den thermischen Komfort gestellt werden, merklich ver-

ändern. Der sommerliche Hitzestress wird gravierend zunehmen und demzufolge wird auch die aktive Kühlung in Gebäuden ansteigen. Dies wird bereits in wissenschaftlichen Untersuchungen prognostiziert, ein Anstieg der verwendeten Kühlkälte im Gebäudebereich wird dabei z. B. in der „Heat Roadmap Germany“ der Universität Aalborg (Paardekooper, Lund, & Mathiesen, 2018) aufgezeigt. Für den Großteil der universitären Gebäude gibt es aktuell keine oder zumindest keine flächendeckende Versorgung mit Kühlkälte. Eine wirklich langfristige und zukunfts-

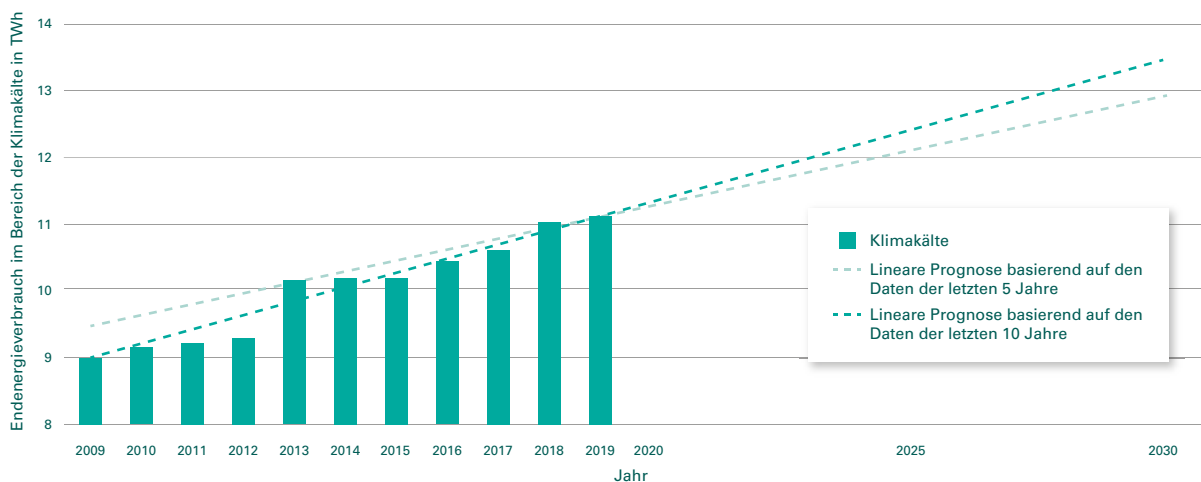
orientierte Planung sollte diesen Aspekt mitberücksichtigen und nicht nur den aktuellen klimatischen Zustand bewerten. Dass sich dieser Zustand teilweise dramatisch ändern wird, ist absehbar. Geht man bei einem Gebäude von einem Lebenszyklus von 50 Jahren aus, ist absehbar, dass für alle Gebäude massive Änderungen der Randbedingungen bevorstehen.

Somit werden Maßnahmen zur Klimaanpassung auch die universitären Standorte betreffen. Dabei gilt es, den noch nicht zwingend vorhandenen Bedarf mit Kühlkälte, der sich

## Rein monetäres Betrachten von CO<sub>2</sub>-Einsparung ist nicht zukunftsfähig und niemals nachhaltig.

jedoch perspektivisch vermehrt einstellen wird, abzumildern. Die Gestaltung im direkten Umfeld des Gebäudes hat einen erheblichen Einfluss auf dessen

klimatisches Verhalten im Innenraum. Dies ist bei einer langfristigen Planung frühzeitig zu berücksichtigen und zu integrieren, siehe Abbildung 31.



Auch in aktuellen Hochrechnungen und Bilanzen der Bundesregierung wird dabei wenig bis gar nicht auf diese Entwicklung eingegangen. Im Bericht „Klimaschutz in Zahlen“ (Bundesministerium für Umwelt, 2021) wird zwar auf den globalen Temperaturanstieg verwiesen, ein Rückschluss auf einen dadurch entstehenden Energiebedarf in unseren Breitengraden allerdings nicht gezogen. Der Bericht erklärt explizit, dass ein großer Teil der Einsparungen

von Heizenergie im Gebäudesektor der vergangenen Jahre auf die milderen Winter zurückzuführen ist. Dass der im Umkehrschluss geringe Anteil von Klimakälte, der momentan nur 4,7% ausmacht, künftig steigen wird, wird darin nicht weiter erwähnt. In anderen Studien wird dies jedoch bereits beziffert. Ein Rückblick sowie eine Zukunftsprognose des dena Gebäudereports 2021 (Bründlinger, Marcinek, Stahl, & Stolte, 2021) wird in Abbildung 32 ablesbar, in

**ABBILDUNG 31:**  
**Endenergieverbrauch im Bereich der Klimakälte in Deutschland in TWh,**  
Quelle: dena





**7065, Gästehaus mit Auskragung als Verschattung**

der ein deutlicher Trend der erforderlichen Kühllaste im Gebäudesektor aufgezeigt wird.

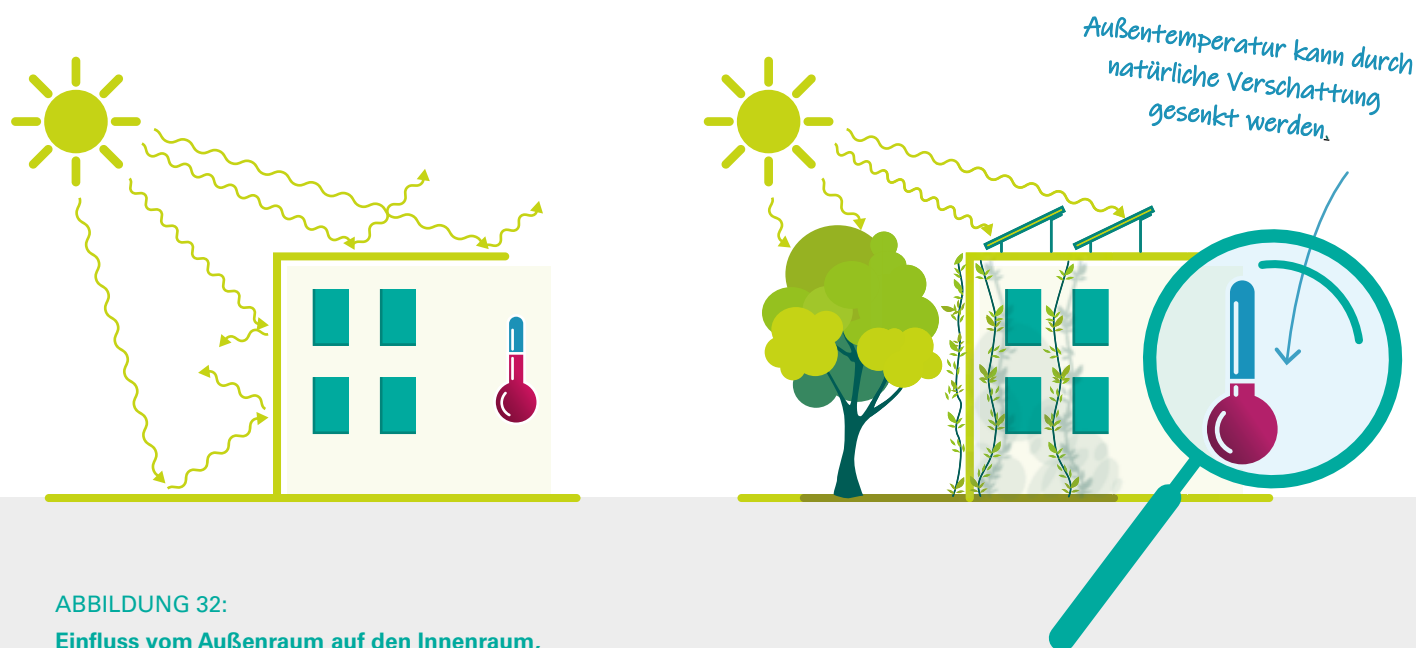
Was dies anteilig im Vergleich zur Raumwärme ausmacht und wie sich dazu das Verhältnis in den vergangenen Jahren verschoben hat, ist in Abbildung 33 (Marcinek, et al., 2022) abzulesen.

#### **Gezielte Verschattung = wachsender Komfort**

So hilft etwa eine bewusst gesetzte Verschattung, möglichst durch großkronige Bäume oder Fassadenbegrünung den Hitzestress im direkten Umfeld, aber auch in den jeweiligen Gebäuden zu reduzieren. Auch durch technische Systeme wie außenliegende Verschattungen, Sonnensegel etc. las-

sen sich moderatere Bedingungen in den Sommermonaten erzielen.

Oberstes Ziel sollte dabei immer die Energievermeidung bei größtmöglichem Komfort für den Nutzer sein.



**ABBILDUNG 32:**  
**Einfluss vom Außenraum auf den Innenraum,**  
Quelle: Eigene Darstellung



Verschattung:  
oben 7200, WISO A mit Begrünung,  
rechts 7090, Ing. I mit Metall-Lamellen

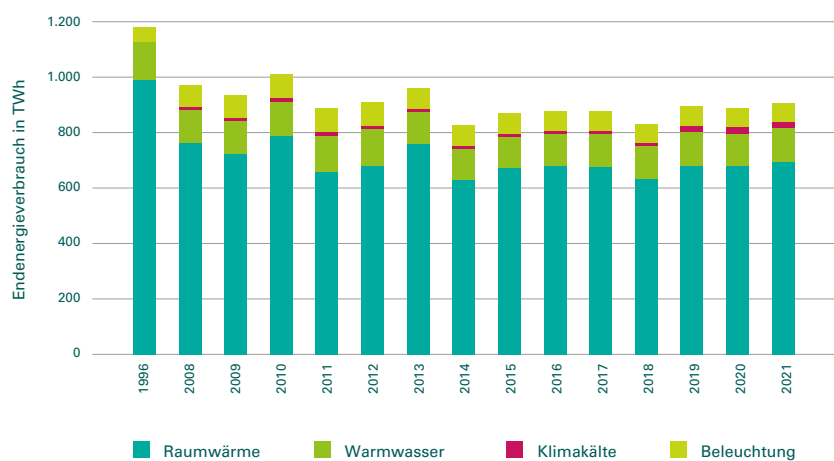


ABBILDUNG 33:  
Anteil des Energieverbrauchs nach  
Anwendung, Quelle: BMWK 2022





!?

## Nutzersensibilisierung und klare Kommunikation

U N I K A S S E L  
V E R S I T Ä T  
G R E E N O F F I C E

Sobald die persönlich beanspruchte Innentemperatur unabhängig der Jahreszeit und der damit verbundenen Temperaturschwankungen auf eine starre Größe fixiert wird (20–22°C) wird es kaum möglich sein, die angestrebten Einsparungen im Energiesektor zu erreichen. Die Akzeptanz der Nutzer von Schwankungen in diesem Bereich muss dafür eine Voraussetzung werden. Hier wird eine klare Kommunikation nötig.

Die Universität Kassel hat mit der Einrichtung eines „Green Office“ im Jahr 2022 dazu die entscheidenden Schritte begonnen. Eine Verstetigung ist daher unabdingbar, da dies eine fortwährende Zukunftsaufgabe darstellt.



**Green Office**

Ideen-Telefon! +49 561 804-3737  
[www.uni-kassel.de/go/greenoffice](http://www.uni-kassel.de/go/greenoffice)



## 11.4 Umgang mit den Begrifflichkeiten Nachhaltigkeit / Energieeffizienz und mögliche Zeithorizonte

Bei den vorgeschriebenen Berechnungsansätzen, die in Normen gefordert werden, finden nur direkte Auswirkungen auf den Energiebedarf Berücksichtigung.

Grundsätzlich muss bei einer Aussage über Energieeffizienz, Nachhaltigkeit oder CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der Bilanzrahmen berücksichtigt werden. Nur unter dieser Voraussetzung kann auch eine ganzheitliche Bewertung erfolgen.

So wird etwa ein Fenster, dessen Rahmen aus heimischen Hölzern in einem Handwerksbetrieb vor Ort gefertigt wird, in einer klassischen CO<sub>2</sub>-Bilanz nach GEG (Gebäudeenergiegesetz, 2020) gleichbehandelt wie ein Fenster mit Aluminiumrahmen aus Fernost. Dies sieht eine Bilanzgrenze, die

Wärmeverluste als Hauptkriterium berücksichtigt so vor und entspricht auch dieser Logik in vollem Maße.

Dass sich dahinter jedoch weitreichende Prozessketten verbergen, wird an diesem Beispiel schnell bewusst, zeigt aber auch auf, wie komplex der Bau- und Sanierungsprozess ist.

Dieses Problem wird bereits in verschiedenen Bereichen behandelt und beforscht, gesonderte Zertifizierungssysteme sind bereits auf dem Markt, wie etwa der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), die auch weitere Kriterien zu einer Bewertung heranzieht. Diese Kritik wird auch in einem Interview (Woeller, 2022) mit Hr. Sobek, Gründungsmitglied der DGNB deutlich, der die Kreislaufwirt-

schaft im Baubereich, als entscheidende Einflussgröße benennt. Dies ist jedoch aktuell noch kein regulärer Baustandard und gesetzlich nicht verpflichtend.

Neben der gezielten Auswahl von Baumaterialien, die deutlichen Einfluss auf den Energieeinsatz bereits im Herstellungsprozess haben, spielt jedoch auch die Dauer der Nutzung/Entsorgung eines Gebäudes eine entscheidende Rolle. Je länger ein Bauwerk erhalten wird und eine Funktion erfüllt, umso nachhaltiger ist seine CO<sub>2</sub>-Bilanz. Der Schwerpunkt von Massivbauten im Nichtwohngebäudebereich ist über die vergangenen Jahre fortwährend hoch, siehe dazu Abbildung 34.

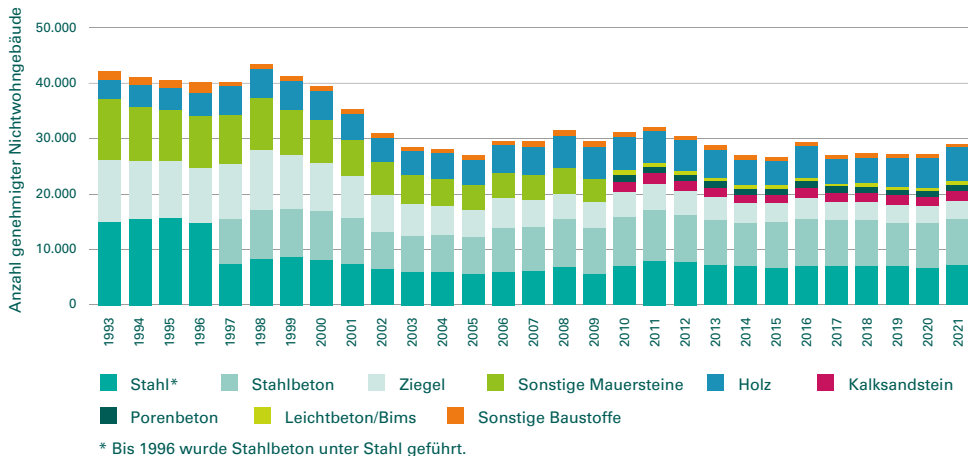


ABBILDUNG 34:  
**Hochbauten nach Baustoff**, Quelle: dena Gebäudereport 2023

Wird also anstatt eines Neubaus mit hochtechnischer Ausstattung ein bestehendes Gebäude energetisch ertüchtigt und zukunftsfähig saniert, so sollte dies immer die erste Wahl darstellen.

Diese Meinung und der Trend zeichnen sich bereits deutlich ab. So wird etwa vom Zusammenschluss „Architects for future“ in einem Interview des Deutschlandfunks (Wicke, 2022) auf die Wieder-

verwendung sowohl ganzer Objekte aber auch von Bauteilen verwiesen, um eine Reduktion der klimaschädlichen Treibhausgase zu erzielen.

Im Umkehrschluss bedeutet dies für die Universität Kassel, dass bei einem Bestreben nach einer CO<sub>2</sub>-Reduktion im eigenen Betrieb, Bestandgebäude vorrangig erhalten und behandelt werden sollten. Hierbei fällt der Blick wieder

auf den Standort 01 der Heinrich-Plett-Straße (siehe Kapitel 5.1), über den bei weiterhin wachsendem Platzbedarf neu diskutiert werden muss.



## Literaturverzeichnis

- 18599-Bbl1, D. V. (Januar 2010). Energetische Bewertung von Gebäuden – Bedarfs- und Verbrauchsabgleich. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- Baumanagement, H. (August 2013). Energieeffiziente Landesgebäude – Hessisches Modell. Leitfaden Projekt CO<sub>2</sub>-neutrale Landesverwaltung. Frankfurt am Main: Land Hessen.
- Bründlinger, T., Marcinek, H., Stahl, C., & Stolte, C. (2021). dena-Gebäudereport 2021 – Fokusthemen zum Klimaschutz im Gebäudebereich. Berlin: Deutsche Energie-Agentur.
- Bundesministerium für Umwelt, N. u. (2021). Klimaschutz in Zahlen – Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Berlin: BMU, Referat IK III 1.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (Januar 2022). Eröffnungsbilanz Klimaschutz.
- DIN 277. (August 2021). Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN V 18599-1. (September 2018). Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Dorsch, L. (Mai 2010). Bedarf versus Verbrauch. Gebäude Energieberater, S. 4.
- Gebäudeenergiegesetz. (08. August 2020). Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze. Berlin: Bundesanzeiger Verlag.
- Oschatz, B. (2009). Erarbeitung eines Leitfadens zum Abgleich Energiebedarf – Energieverbrauch. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Paardekooper, S., Lund, R. S., & Mathiesen, B. V. (2018). Heat Roadmap Germany. Aalborg: Aalborg University, Denmark.
- Ralph O. Harthan, J. R. (2020). Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Schnurr, D. (März 2021). Qualitäten und Standardanforderungen für die Gebäude der Universität Kassel. Kassel: Universität Kassel, Abteilung V - Bau, Technik und Liegenschaften.
- Versorgungs-GmbH, K. -u. (02. Oktober 2020). [www.kvvks.de](http://www.kvvks.de). Von <https://www.kvvks.de/services/presse/detail/klimaziel-fest-im-blick/> abgerufen
- Wicke, M. (29. 01 2022). Auf Nachhaltigkeit Bauen. Deutschlandfunk Kultur.
- Woeller, M. (27. 04 2022). [www.welt.de](https://www.welt.de/wirtschaft/nachhaltigkeit/article238139671/Bauingenieur-Werner-Sobek-Koennen-Haeuser-nicht-mehr-bauen-wie-wir-sie-in-den-vergangenen-Jahren-gebaut-haben.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE). Von [https://www.welt.de/wirtschaft/nachhaltigkeit/article238139671/Bauingenieur-Werner-Sobek-Koennen-Haeuser-nicht-mehr-bauen-wie-wir-sie-in-den-vergangenen-Jahren-gebaut-haben.html?utm\\_source=pocket-newtab-global-de-DE](https://www.welt.de/wirtschaft/nachhaltigkeit/article238139671/Bauingenieur-Werner-Sobek-Koennen-Haeuser-nicht-mehr-bauen-wie-wir-sie-in-den-vergangenen-Jahren-gebaut-haben.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE) abgerufen.





## II.

---

# Parallel bearbeitete Projekte

- Nachhaltigkeitsbericht der Uni Kassel
- Innovations- und Strukturentwicklungsprojekte der Universität
- Gründung Green Office
- Steuerkreis Nachhaltigkeit und Energieeffizienz
- Mitarbeit an den Universitätsstandards TAR
- Mitarbeit Forschungsprojekt Campus 2030
- Netzwerkaustausch mit diversen Nachhaltigkeitsprojekten im Raum der Universität
- Bauvorhaben im COME Programm des Landes Hessen
- Energetische Begleitung diverser aktueller Sanierungsarbeiten
- Nahwärmenetzerneuerung
- Technische Intracting Projekte
- Sanierung betriebstechnischer Anlagen
- Mitarbeit bei den Ideenwerkstätten des Greenoffice
- Energierundgänge für Mitarbeitende und Studierende
- Begleitung diverser Master- und Bachelorarbeiten





### Die Autoren

Das Projekt „CO<sub>2</sub>-optimierter Campus“ wurde durch das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK) gefördert und an der Universität Kassel in der in der Abteilung Bau, Technik, Liegenschaften umgesetzt.

Nach einer ersten Förderphase und anschließender Neubesetzung der Stelle wurde die Bearbeitung durch die beiden Autoren fortgesetzt und beendet. Diese stammen mit ihren Kernkompetenzen aus sehr gegensätzlichen Bereichen,

die sich dabei jedoch ergänzen und zu einer ganzheitlichen Betrachtungsweise führen. Die Ausarbeitung mündet nun im vorliegenden Bericht. Dabei führte die gegensätzliche Betrachtung des Kernthemas zu einer Ergänzung und zu einem praxisbezogenen Ergebnis. Wissenschaftliche Ansätze werden dabei mit jahrelangen Erfahrungen in der Baupraxis im Sanierungsbereich abgeglichen und auf Umsetzbarkeit geprüft.

AUTOREN:  
**Wiebke Kirchhof,**  
**Klaus Stach**



### Dipl.-Ing. Wiebke Kirchhof, Architektin:

Arbeitete über viele Jahre im wissenschaftlich universitären Bereich der Bauphysik. Neben jahrelanger Erfahrung in der Energieberatung für Wohn- und Nichtwohngebäude hat sie mehrjährige Erfahrungen als Referentin im Baubereich. Über die Tätigkeit als Klimaschutzmanagerin verfügt sie außerdem über eine Vertiefung im Bereich der Klimawandelfolgenanpassung. Über diverse Erfahrungen in der Öffentlichkeitsarbeit hat sie tiefgreifenden Einblick in die Bereiche aktueller Normungen und Regelwerke. Zu Ihren Qualifikationen gehören außerdem ein Abschluss als Gebäudeenergieberaterin sowie des DGNB-Consultants.

### Dipl.-Ing. Klaus Stach, Architekt:

Arbeitete über viele Jahre im Bereich der Projektleitung in Planungsbüros mit dem Schwerpunkt auf experimentellen Bauweisen sowie der energetischen Gebäudeoptimierung. Anschließend erfolgte eine selbstständige Tätigkeit im Bereich des energetischen Umbaus und der Sanierung, dabei waren Sonderbauten der Regelfall. Seine Kernkompetenz liegt in der ganzheitlichen Betrachtung der Bauaufgabe, die neben der bauphysikalischen Anforderung auch weitere Komponenten wie Zeitpläne und wirtschaftliche Bearbeitung berücksichtigt.



7081



7090



7091



7100



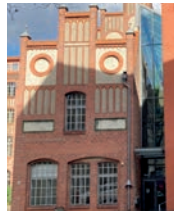
7143



7150



7151



7155



7205



7210



7215



7220



7241



7250



7260



7270



7510



7515



7520



7610



7650



7660



7670



7680



7760



7809



7810



7811



7830



7831



7840



8030





7110



7132



7142



7160



7170



7200



7225



7230



7240



7280



7310



7320



7620



7630



7640



7700



7710



7720



7812



7813



7820



9030



9040



Fotos

© Universität  
Kassel,  
Klaus Stach



U N I K A S S E L  
V E R S I T Ä T

