

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

CESR



WAERMER

Waermewende im urbanen Gebäudebestand mit Hilfe interaktiver Entscheidungsraumanalyse

Ergebnisworkshop

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE)
unter den Förderkennzeichen 03EI5235 A-C.

Gefördert durch:



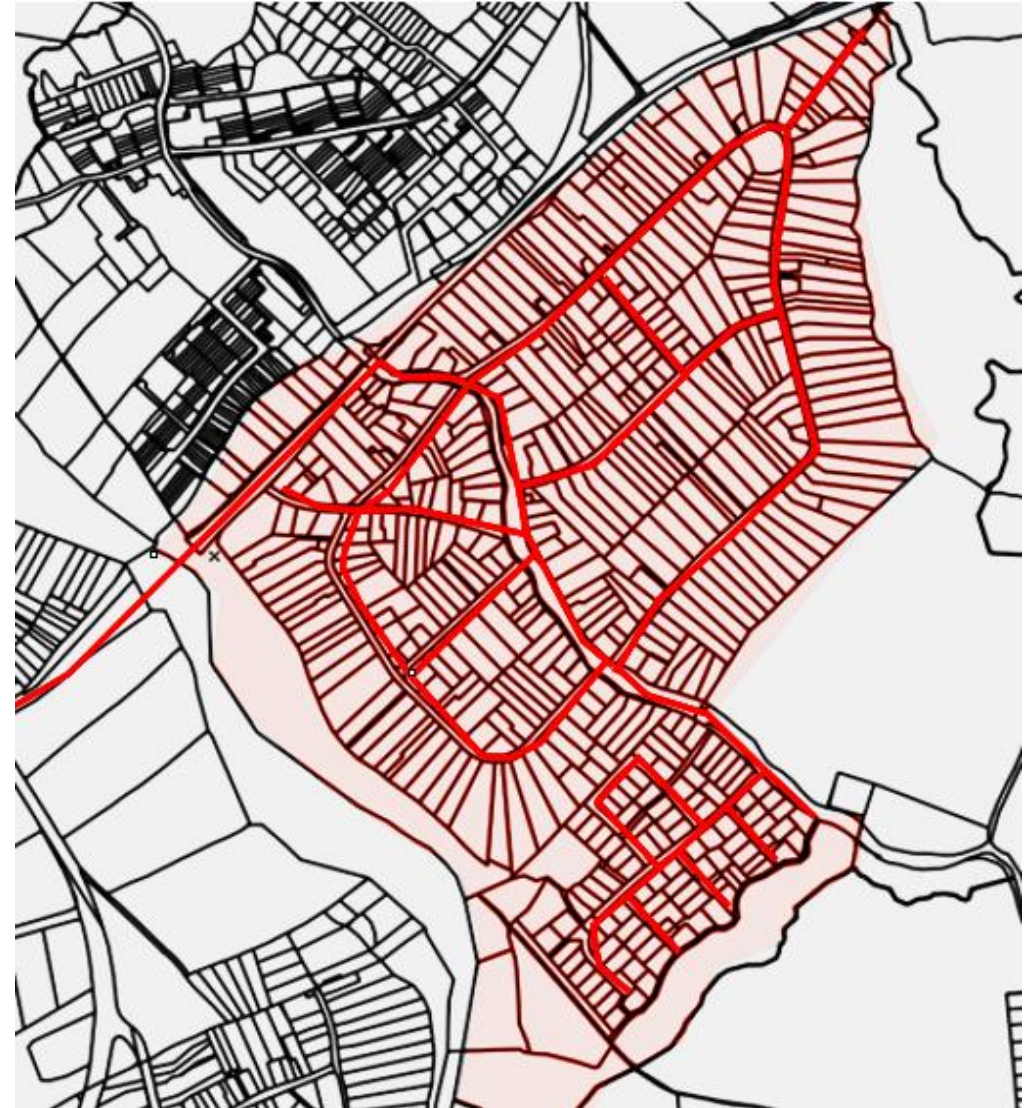
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

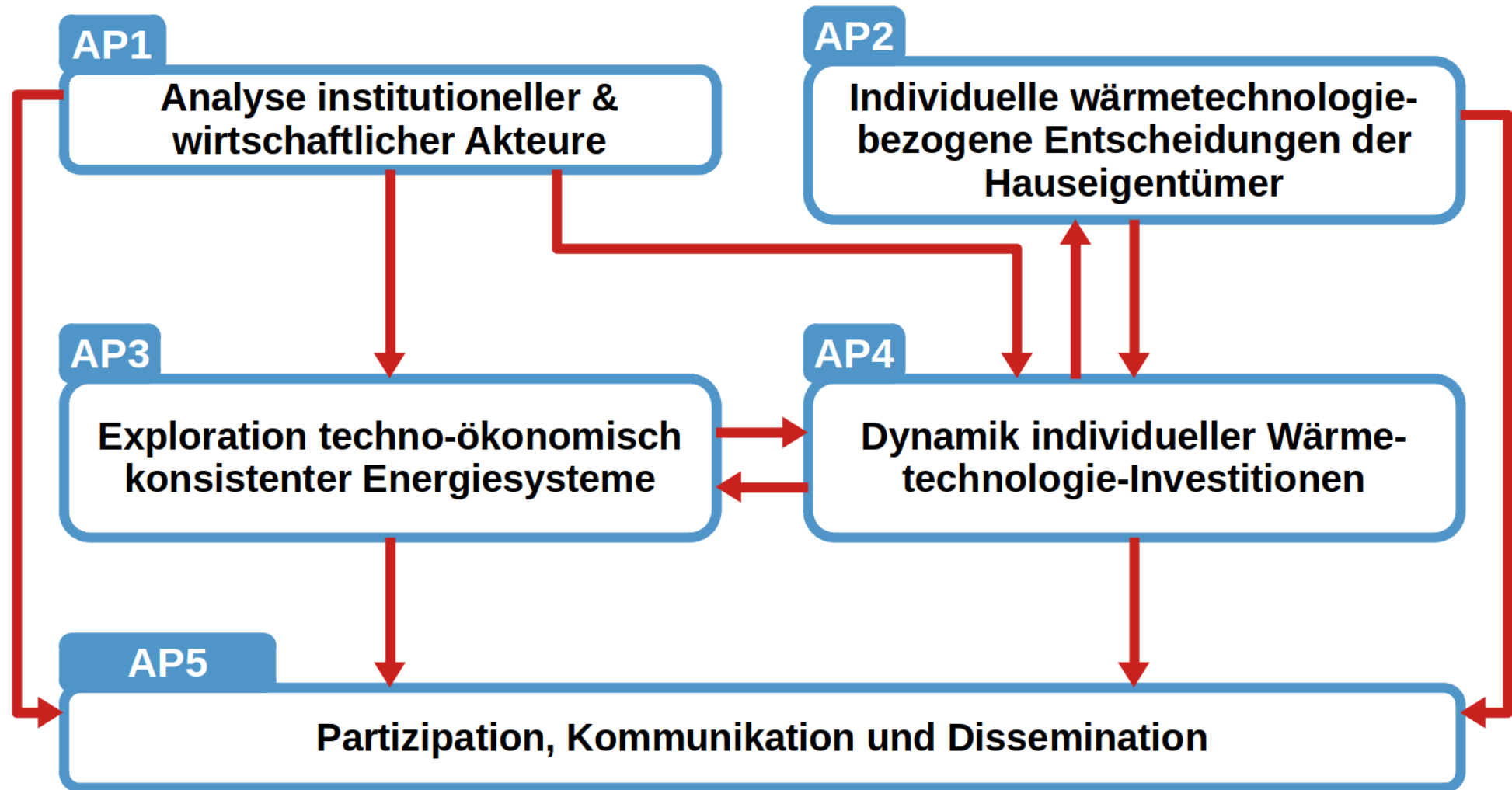
Ablauf

12:00	Eintreffen, Begrüßung und Vorstellungsrunde
12:45	Vorstellung der zentralen Projektergebnisse
13:45	Dialog-/Transferphase in drei parallelen Arbeitsgruppen
14:45	Ergebnisvorstellung der Gruppenarbeit & Diskussion im Plenum
15:15	Ausblick & Abschluss
15:30	Ausklang

WAERMER – Motivation & Ziel

- **WAERMER** - Wärmewende im urbanen Gebäudebestand mit Hilfe interaktiver Entscheidungsraumanalyse
- **Übergeordnete Fragestellung:** Wie können dezentrale, private Investitionen und zentrale Infrastrukturmaßnahmen zielgerichtet synchronisiert werden?
- **Gesamtziel:** Beschreibung und Erprobung eines Open-Source-Tool-basierten, partizipativen Entscheidungsunterstützungsprozesses für die lokale Wärmewende am Beispiel der Partnerkommune Kiel





Projektergebnis

- Partizipationsformat für den Bereich der Umsetzung der KWP im Quartier
 - **moderierter Workshop**, Einbringung zentraler Stakeholderperspektiven
 - vorberechnete, **alternative Szenarien der Wärmeversorgung**
 - interaktive, **multikriterielle Evaluierung der Szenarien** unter Beachtung der Präferenzen der Workshopteilnehmenden
 - Diskussion und **Entwicklung eines für die Stakeholder akzeptablen Zielbildes** der Wärmeversorgung
 - gemeinsame **Entwicklung von Maßnahmen** zur Erreichung des Zielbildes

- Kernelement: **Informationsbereitstellung und Interaktionsermöglichung** durch verschiedene Tools und Formate

Projekthighlights

1. Decision Workshop-Methode und Partizipation

- Erklärung des Decision Workshop-Konzepts, Bewertungskriterien, Erfahrungsüberblick aus Kiel, Transferpotenziale und Anwendungsszenarien.

2. Dialog- und Wirtschaftlichkeitstool

- Präsentation der im Projekt entstandenen Software-Tools und Visualisierungsansätze (Wirtschaftlichkeitstool, Dialogtool).

3. Haushaltsbefragung und agentenbasierte Simulation

- Vorstellung der methodischen Zugänge und zentraler Ergebnisse aus Befragung bzw. Simulation.

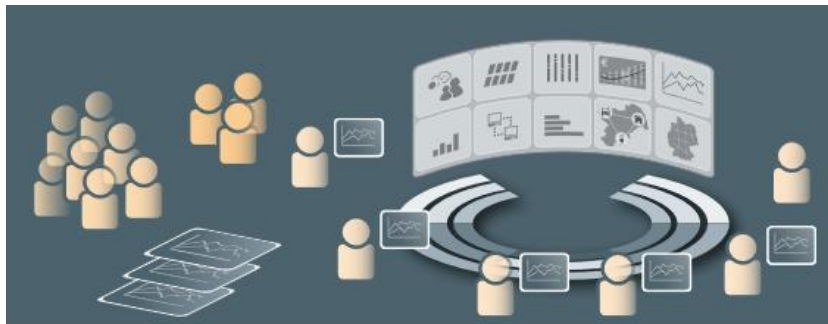
Entscheidungsworkshops

Was ist die Decision Theater Methodik?

Decision Theater Methodik nach Arizona State University Vorbild

In einem Decision Theater werden **ExpertInnen und Interessensgruppen** durch einen **moderierten Diskussionsprozess** geführt, um zu **tragfähigen gemeinsamen Entscheidungen** zu gelangen.

Die Diskussion wird live durch **Entscheidungshilfen und Visualisierungen** angereichert, die das **Durchspielen verschiedener Varianten** mit aktuellen Daten, Algorithmen und wissenschaftlichen Erkenntnissen in Echtzeit ermöglichen



Decision Workshop Method und Partizipation

Was ist die Decision Theater Methodik?

Simulierte Umgebung

Ein Decision Theater stellt **komplexe Szenarien** interaktiv dar. Visualisierungen zeigen **verschiedene Entwicklungen und Entscheidungsmöglichkeiten** mit ihren Konsequenzen, für tiefes Verständnis vor Entscheidungen.

Decision Workshop Method und Partizipation

Was ist die Decision Theater Methodik?

Simulierte Umgebung

Ein Decision Theater stellt **komplexe Szenarien** interaktiv dar. Visualisierungen zeigen **verschiedene Entwicklungen und Entscheidungsmöglichkeiten** mit ihren Konsequenzen, für tiefes Verständnis vor Entscheidungen.

Kollaborativer Raum

Zusammenarbeit steht im Decision Theater im Mittelpunkt. **Experten verschiedener Disziplinen** arbeiten gemeinsam, tauschen Informationen aus, schaffen breites Verständnis und erzielen Konsens. Visuelle Darstellungen unterstützen die gemeinsame Entscheidungsfindung.

Decision Workshop Method und Partizipation

Was ist die Decision Theater Methodik?

Simulierte Umgebung

Ein Decision Theater stellt **komplexe Szenarien** interaktiv dar. Visualisierungen zeigen **verschiedene Entwicklungen und Entscheidungsmöglichkeiten** mit ihren Konsequenzen, für tiefes Verständnis vor Entscheidungen.

Kollaborativer Raum

Zusammenarbeit steht im Decision Theater im Mittelpunkt. **Experten verschiedener Disziplinen** arbeiten gemeinsam, tauschen Informationen aus, schaffen breites Verständnis und erzielen Konsens. Visuelle Darstellungen unterstützen die gemeinsame Entscheidungsfindung.

Visuelle Darstellung

Visuelle Darstellung ist zentral. **Komplexe Daten werden in verständlichen Grafiken** präsentiert, für klare Übersicht und Transparenz. **Alle Beteiligten verstehen den Prozess**, die Entscheidungsfindung ist nachvollziehbar.

Wärmeplanung für Oppendorf in Kiel



Kick-Off

- Status Quo der Wärme- und Gebäudeversorgung
- Projektvorstellung

09/2022



Zielkriterien- Maßnahmen- Workshop

- Auswahl geeigneter Zielkriterien
- Brainstorming zu Ausbaumöglichkeiten

06/2023



1. Entscheidungsworkshop Bewertung von Ausbauszenarien

2. Entscheidungsworkshop - Maßnahmen für Ausbauszenarien

- Vorstellung, Bewertung und Diskussion verschiedener Ausbauszenarien

04/2024



- Diskussion von Maßnahmen für Ausbauszenarien
- Bewertung der Umsetzbarkeit und Akzeptanz

04/2025

Bewertungskriterien

Quantitative Kriterien

CO₂-Emissionen

Menge an Treibhausgasen in CO₂-Äquivalenten [t CO₂/a], die zur Deckung des Endenergiebedarfs der Versorgungsvariante in die Umwelt emittiert werden.

Annuitäten Infrastruktur

Investitionskosten der Versorgungslösungen, inkl. der kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten nach VDI 2067

Jahreswärmekosten für Gebäude

Wärmeerzeugungskosten für Haushalte, einschließlich Anfangsinvestitionen, Betriebskosten und Restwert

Zielerreichung Gebäude

Bereitschaft von Gebäudeeigentümern, in Heiztechnik zu investieren, geschätzt mit einem agentenbasierten Modell

Anteil EE

Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtbedarf für die Versorgungsvariante

Qualitative Kriterien

Komfort im Betrieb

Einfachheit der Handhabung und Wartungsarmut des Betriebes der installierten Anlagentechnik

Autonomie des Gebäudebesitzers

Wahlfreiheit, Unabhängigkeit der Haushalte von Dritten (z.B. Stromversorger, Wärmeversorger,...)

Zukunftssicherheit für Gebäudebesitzer

Vorhersehbare Kosten, Stabilität gegen Preissteigerungen, Ausfallrisiken u. Lock-In-Effekte

Installationsaufwand im Gebäude

Aufwand für die Installation des Systems und für bauliche Veränderungen

1. Entscheidungsworkshop in Kiel



Stakeholder-Feedback

- **Sehr hohe Zufriedenheit** mit Format und Ablauf
- **Hohe Beteiligung und Identifikation** durch frühe Einbindung und persönliche Ansprache
- **Offene, ehrliche und konstruktive Kommunikationskultur** zwischen allen Akteuren
- **Echter Perspektivwechsel:** gemeinsames Verständnis für unterschiedliche Stakeholder-Sichtweisen
- Hohe Lernkurve: Austausch der Perspektiven klärt Zusammenhänge und Zielkonflikte
- **Konkrete Wirkungen auf Einstellungen:** einzelne Bewohner änderten ihre Präferenzen
- **Starker Praxisnutzen** für Entscheidungen durch Klarheit zu Kosten, Risiken und Optionen



Erfahrungen der Landeshauptstadt Kiel

Welche Erkenntnisse konnten gezogen werden und wie wird das Entwickelte weiter genutzt?

Hintergrund:

- Kommunale Wärmeplanung
- strategische Planungen zum Aus- und Aufbau von Wärmenetzen
- Anfragen aus der Bürgerschaft und Politik
- Beratung und Unterstützung zur Findung der geeignetsten Wärmeversorgung

Vorgehen beim Vergleich verschiedener Wärmeversorgungen

Berechnung von
Varianten zur
Wärmeversorgung inkl.
Kosten

Vorstellung von
technischen und
wirtschaftlichen
Ergebnissen bei
Öffentlichkeitsterminen/
Austauschveranstaltungen

Entscheidungsfindung/
weiteres Vorgehen

Austausch mit und Beteiligung
relevanter Akteure

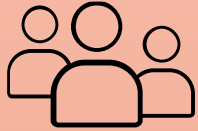
Forschungsziel: Dialogtool

Zielbild

- Gestaltung eines **Entscheidungsgrundlage**, die transparent, verständlich und gut nachvollziehbar ist
- Entwicklung eines **Prototyps** für ein interaktives Dialogtool
- Entwicklung eines **Visualisierungskonzepts**
- Methodik zur **Echtzeit-Erfassung** und -Integration von Stakeholder-Gewichtungen in die Szenarienbewertung



Überblick der Methodik



1

1. Integration verschiedener Stakeholder-Gruppen

Vier Hauptgruppen: Bürger, Stadt Kiel, Wärmeversorger, Installateure



2

2. Multikriterielle Analyse

Gewichtete Bewertung der Versorgungsvarianten unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien wie THG-Emissionen, Wärmegestehungskosten, Betriebskomfort, etc.



3

3. Gewichtungsabfrage

Smartphone-basierte Gewichtung anhand einer Likert-Skala → Echtzeit-Integration der Abfrage → Visualisierung



4

4. Interaktive Visualisierung

Gestapelte Balkendiagramme, Boxplots → Variantenvergleiche unter professioneller Moderation

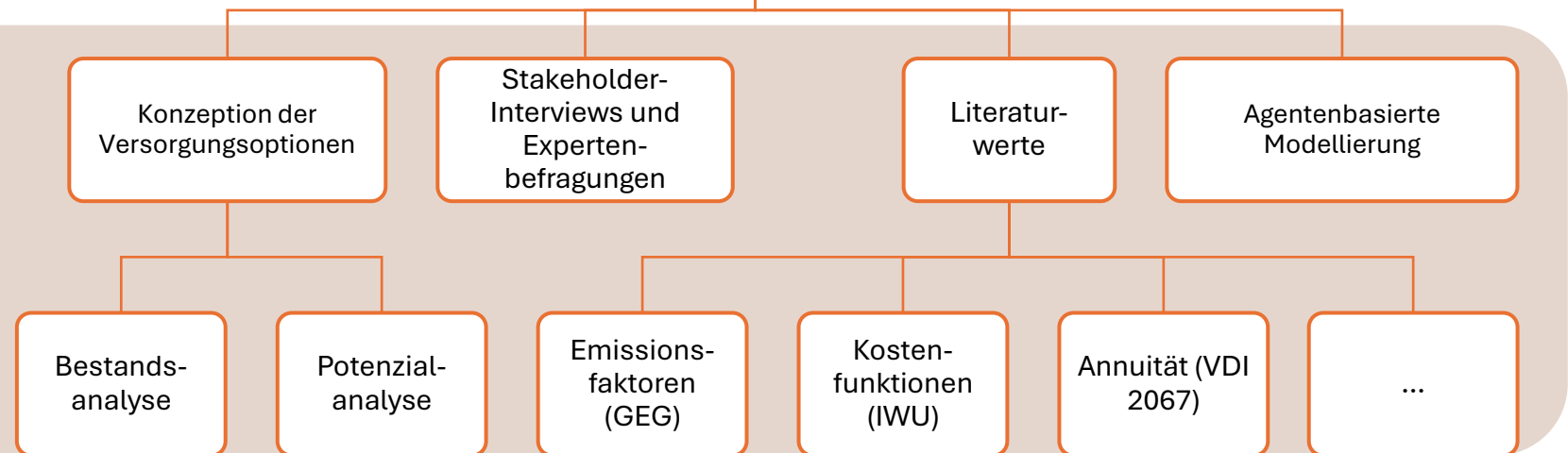
Multikriterielle Analyse – Überblick und Datengrundlage

Workshops:

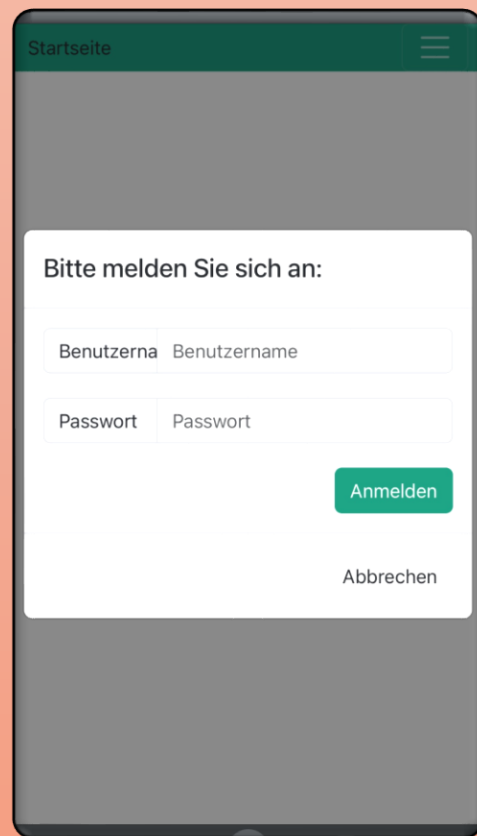


MKA

Daten- grundlage



Smartphone-Ansicht: Anmeldung und Fragebogen



Startseite

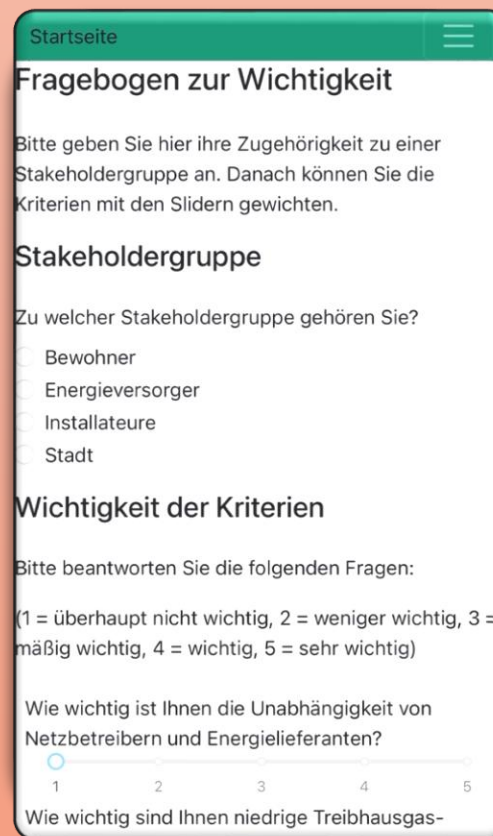
Bitte melden Sie sich an:

Benutzerna Benutzernamen

Passwort Passwort

Anmelden

Abbrechen



Startseite

Fragebogen zur Wichtigkeit

Bitte geben Sie hier ihre Zugehörigkeit zu einer Stakeholdergruppe an. Danach können Sie die Kriterien mit den Slidern gewichten.

Stakeholdergruppe

Zu welcher Stakeholdergruppe gehören Sie?

Bewohner

Energieversorger

Installateure

Stadt

Wichtigkeit der Kriterien

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen:

(1 = überhaupt nicht wichtig, 2 = weniger wichtig, 3 = mäßig wichtig, 4 = wichtig, 5 = sehr wichtig)

Wie wichtig ist Ihnen die Unabhängigkeit von Netzbetreibern und Energielieferanten?

1 2 3 4 5

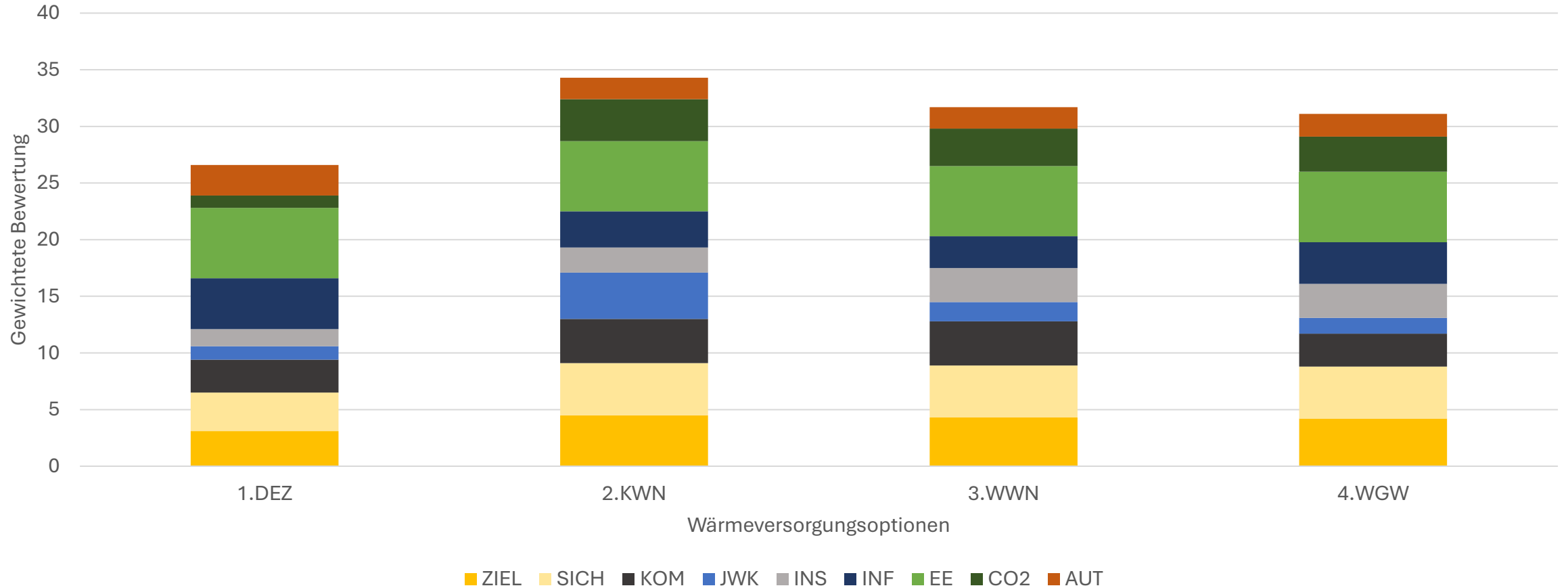
Wie wichtig sind Ihnen niedrige Treibhausgas-

Features

- Smartphone-Oberfläche zur Eingabe individueller Gewichtungen
- Echtzeit-Aggregation der Gewichtungen in einer zentralen Datenbank

Ergebnis der gewichteten Bewertung

Gewichtete Bewertung der vier Versorgungsoptionen




Learning: Dialogtool

- eine **gemeinsame Entscheidungsbasis und Interpretation der Varianten und Kriterien**
→ **Diskussionen strukturierter**
- über rein **technische und ökonomische** Aspekte hinaus (inkl. **Umwelt- und Sozialverträglichkeit**)
- Stakeholder-Gewichtungen **machen Präferenzen sichtbar und vergleichbar** (Echtzeit):
→ Was ist den Stakeholdern wichtig? Wo liegt der Fokus? Wie unterscheiden sich die Gruppen?
- Interessenskonflikte werden transparent
→ und wichtige Diskussionen angeregt
- Unterstützt die Ableitung eines **gemeinsam tragfähigen Vorgehens**



Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen


Zielsetzung von Bewertungsmethodik




Vergleich der Wirtschaftlichkeit von dezentralen und zentralen Wärmeversorgungssystemen
u.a. Auf Basis von Wärmegestehungskosten (LCOH)



Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven und konträrer Zielsetzungen
Sowohl aus Investoren- / Erzeugerperspektive als auch aus Verbraucherperspektive



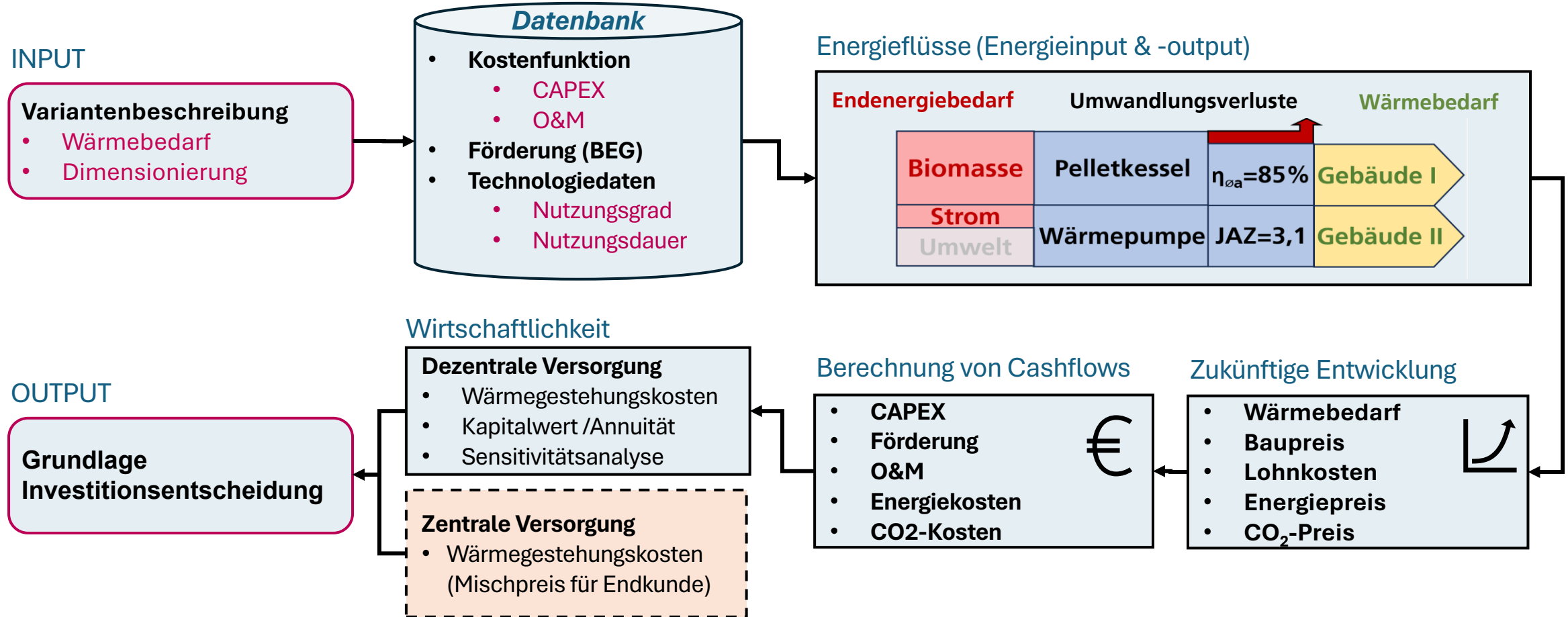
Ermittlung geeigneter Inputparameter
Technologiedaten und Kosten, regulatorischen Rahmenbedingungen, Entwicklungen, Erkenntnisse aus der Praxis



Analyse von Risiken
u.a. mittels Sensitivitätsanalyse

Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen

Methodik - dezentral



Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen

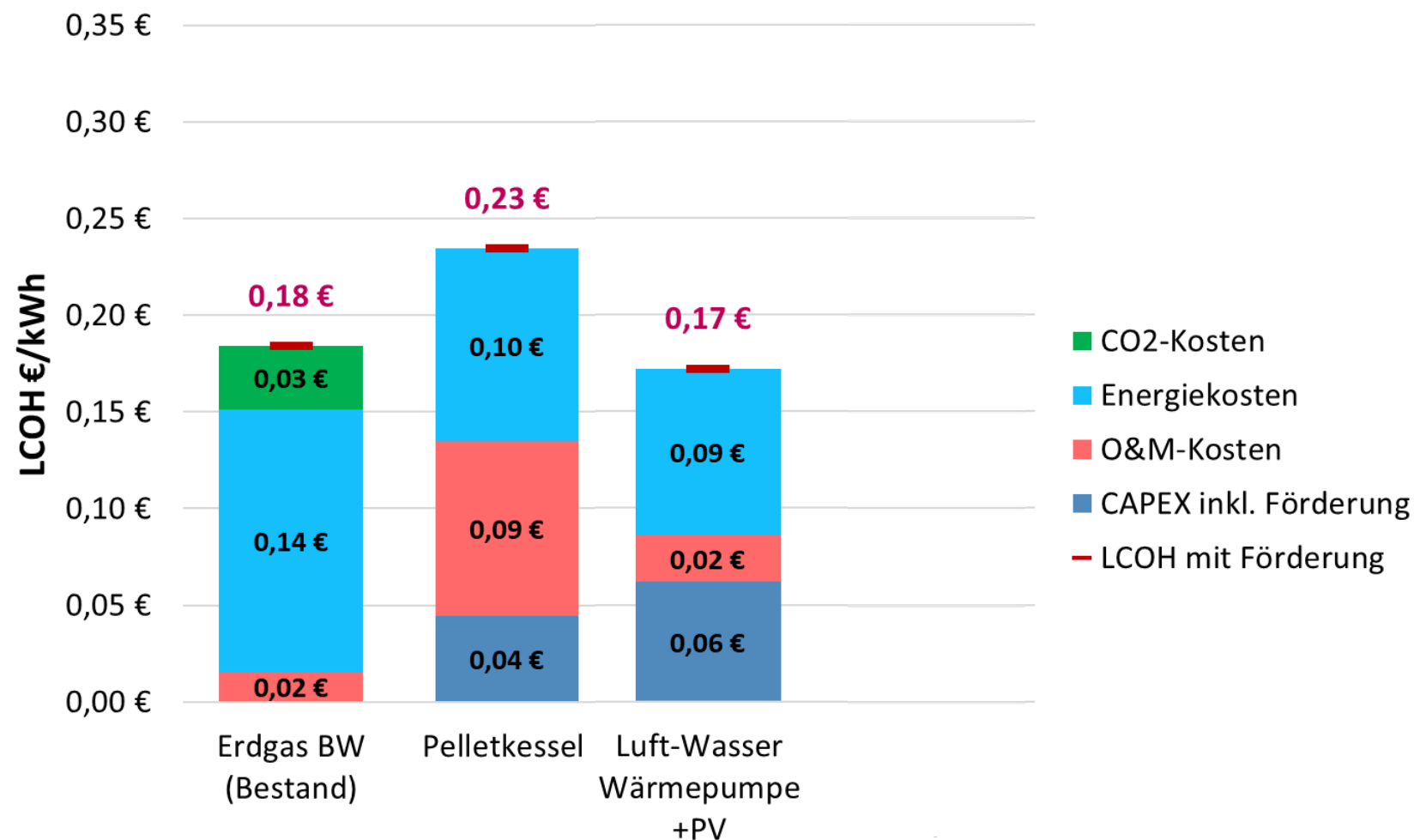
Endverbraucherperspektive

Annahmen:

Altbau – Einfamilienhaus	
Wärmebedarf	25.000 kWh/a
Heizlast	15 kW
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	3,86 %

Ergebnis:

- Luft-Wasser Wärmepumpe (+ PV) ist wirtschaftlichste Alternative
- Weiterbetrieb von Erdgaskessel vergleichsweise wirtschaftlich (Neuerrichtung nicht GEG konform)



Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen

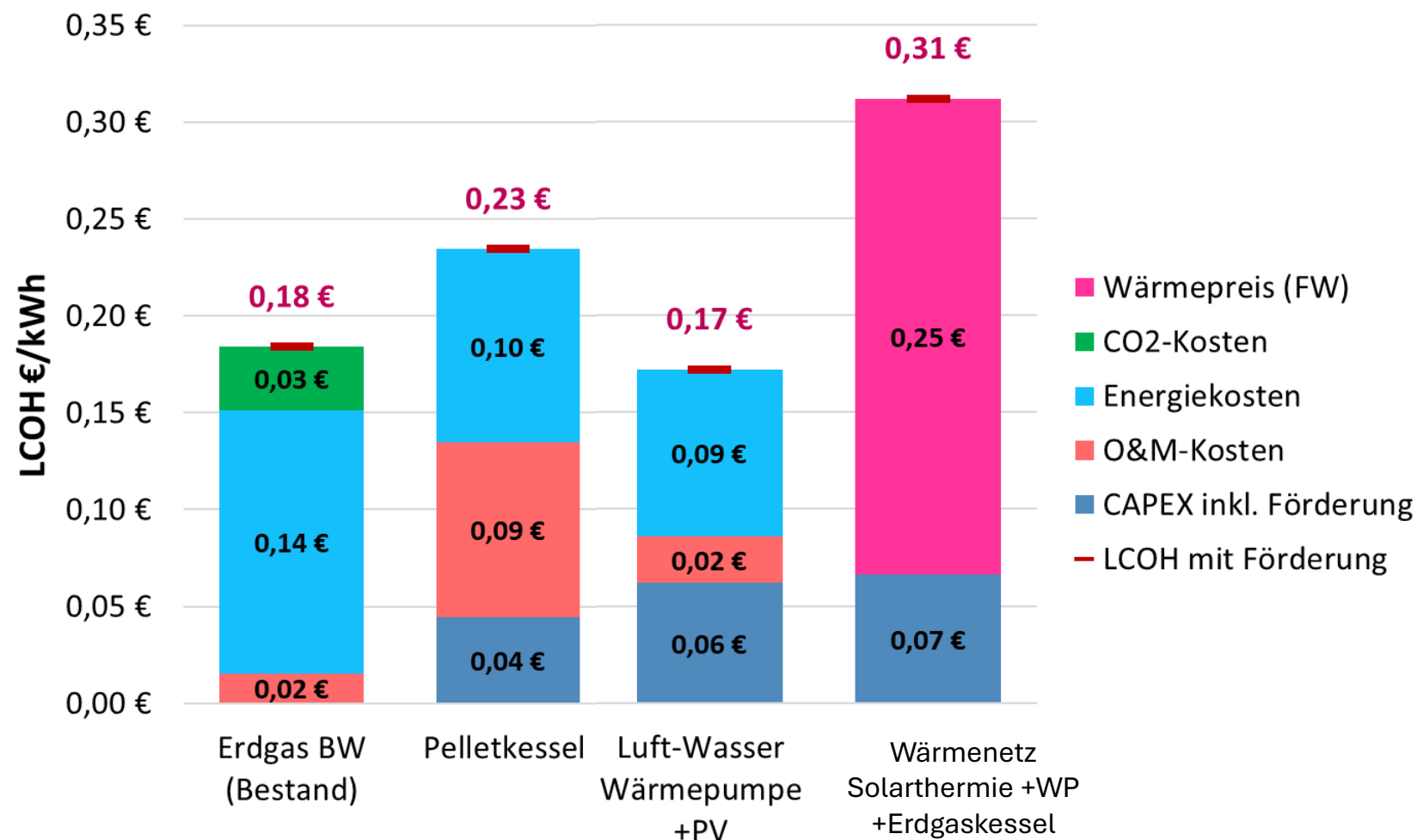
Endverbraucherperspektive

Annahmen:

Altbau – Einfamilienhaus	
Wärmebedarf	25.000 kWh/a
Heizlast	15 kW
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	3,86 %

Ergebnis:

- Luft-Wasser Wärmepumpe (+ PV) ist wirtschaftlichste Alternative
- Weiterbetrieb von Erdgaskessel vergleichsweise wirtschaftlich (Neuerrichtung nicht GEG konform)
- **Anschluss an fiktives Wärmenetz für Kunden nicht empfehlenswert**



Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen

Sensitivitätsanalyse

Vorgehen

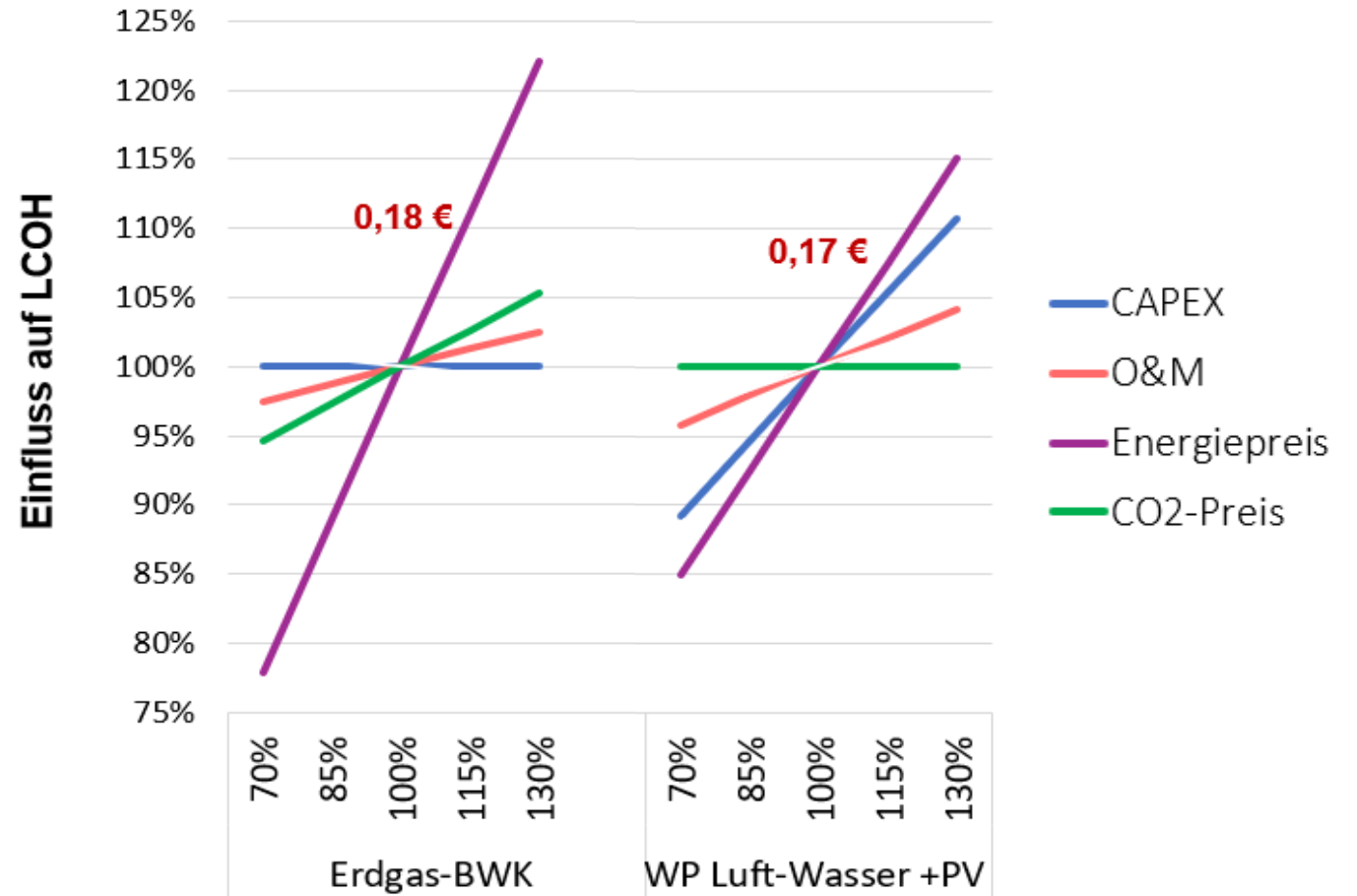
- Isolierte Veränderung eines einzelnen Inputparameters vom Ausgangszustand

Deutung:

- Steiler Verlauf
→ hoher Einfluss auf LCOH
- Flacher Verlauf
→ geringer Einfluss auf LCOH

Ungewissheit

- CAPEX & Förderung i.d.R. zu t=0 bekannt
→ Geringe Ungewissheit
- Energie & CO₂-Preisentwicklung ungewiss
→ Hohe Ungewissheit



Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen

Versorgerperspektive (gewinnorientiert)

Kostenseite

Kalkulationszinssatz	8% (nominal)
Erzeugungskosten (LCOH)	0,19 €/kWh

Erlösseite: Marktübliche Annahmen

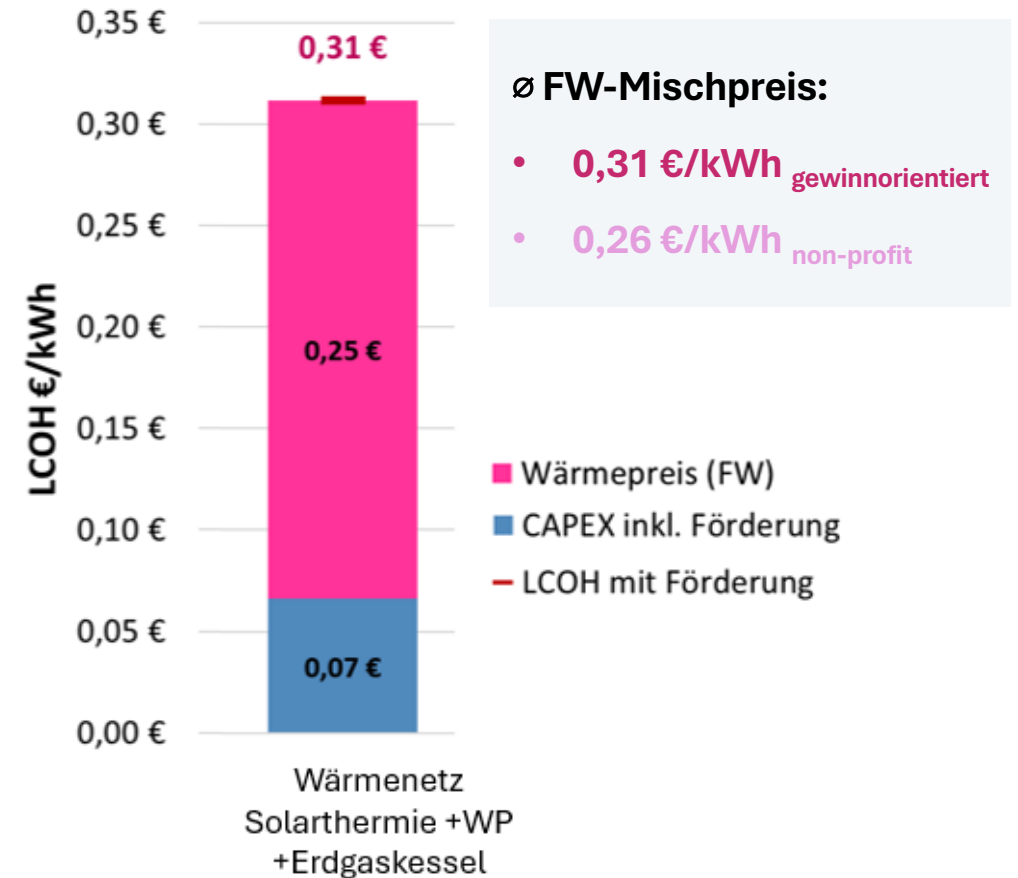
Grundpreis	1.142 €/Jahr
Arbeitspreis	107,8 €/MWh
Preisanpassung	Marktübliche Preisgleitformel

Ergebnis:

Kapitalwert	3.360.310 €
Interner Zinsfuß	11,28 % (nominal)
Amortisationsdauer	15,5 Jahre exkl. Restwert

vs.

Endverbraucherperspektive



Haushaltsbefragung – Fragestellung und Ziel

- Warum findet der Austausch von Heizsystemen in Bestandsgebäuden schleppend statt?
- Was sind Faktoren, die Hauseigentümer*innen beeinflussen?



Ziel:

- Barrieren ermitteln, die Hauseigentümer*innen von einer Entscheidung abhalten
- Individuelle Situationen besser verstehen



Haushaltsbefragung - Methoden

Quantitative Studie



- Online Fragebogen mit 3 Szenarien
 - Wärmepumpe mit PV
 - Wärmepumpe mit PV gemeinsam mit Nachbarn
 - Anschluss an ein Nah-/ oder Fernwärmenetz
- Auswertung von 220 Datensätzen

Qualitative Studie

- Semistrukturierte Interviews
- Wahrnehmung verschiedener Systeme
- Bedenken und Barrieren
- Auswertung von 17 Interviews



Haushaltsbefragung - Ergebnisse

Quantitative Analyse

- Zufriedenheit mit aktueller Heizung
- + Wahrgenommene Verhaltenskontrolle (Finanzen + Baumaßnahmen)
- + Energieberatung

Qualitative Analyse

- Meist zufrieden mit aktueller Heizung
- Finanzen sowohl als Barriere als auch als Chance
- + Unsicherheiten bei Förderung und bei technischen Fragen

Haushaltsbefragung – Beispiel Wärmepumpe

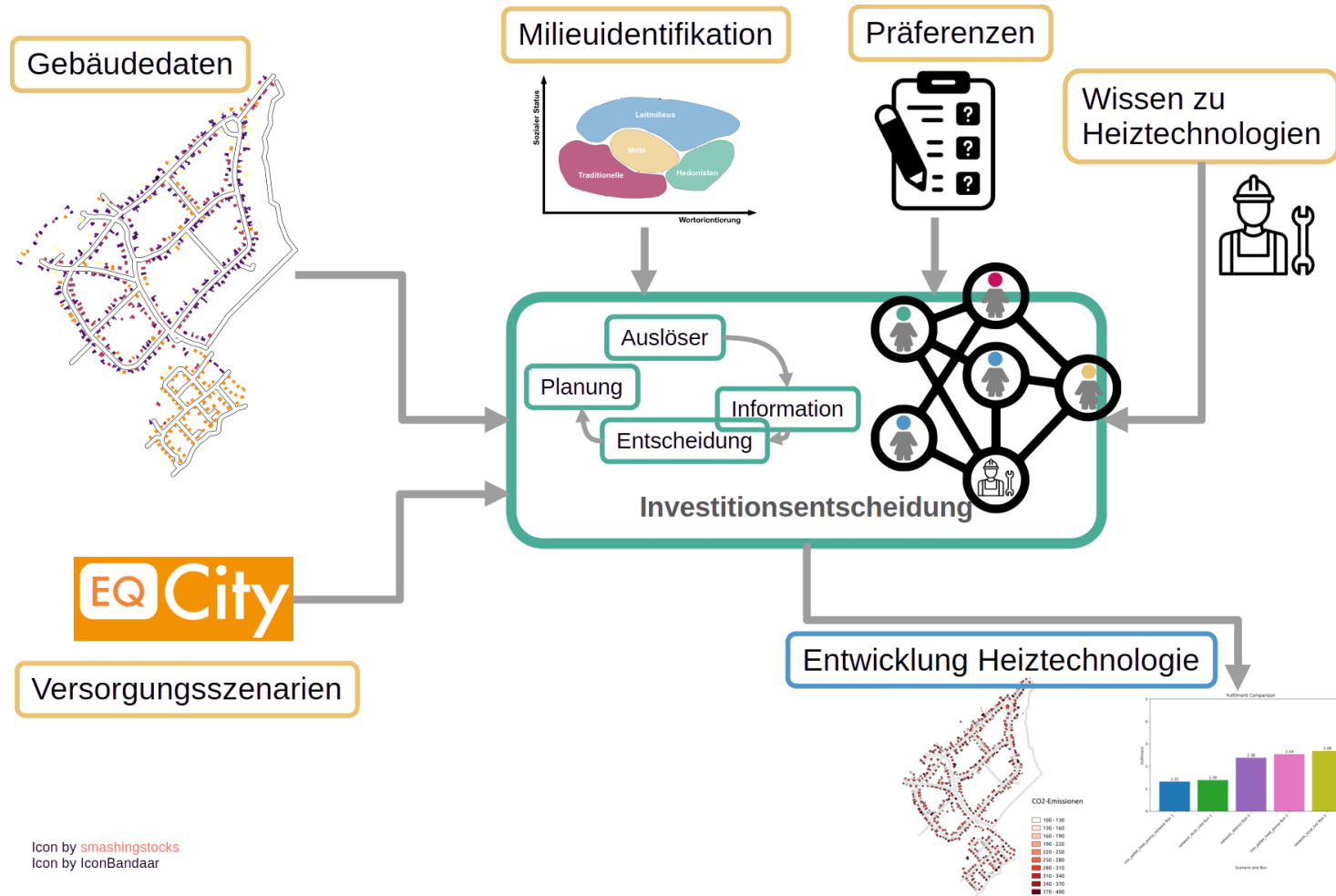
Illustration einiger neutraler, positiver und negativer Aspekte der Wärmepumpe - Interviews

neutral	positiv	negativ
Hält das Stromnetzwerk im Winter stand?	Strom aus eigener Produktion verwendbar	Nicht genug Strom aus PV-Anlage im Winter
Unsicher, wie das System funktioniert	Klimafreundlich	Umbaumaßnahmen/ Renovationen

Haushaltsbefragung - Fazit

1. Die meisten Probanden sind zufrieden mit ihrem aktuellen Heizsystem und haben kein Verlangen etwas zu ändern
2. Finanzen spielen eine sehr große Rolle
 - als Barriere
 - auch als Chance (Förderungen mitnehmen)
3. Wunsch: Verlässlichkeit bei Förderungen und klare Informationen zu Heizsystemen

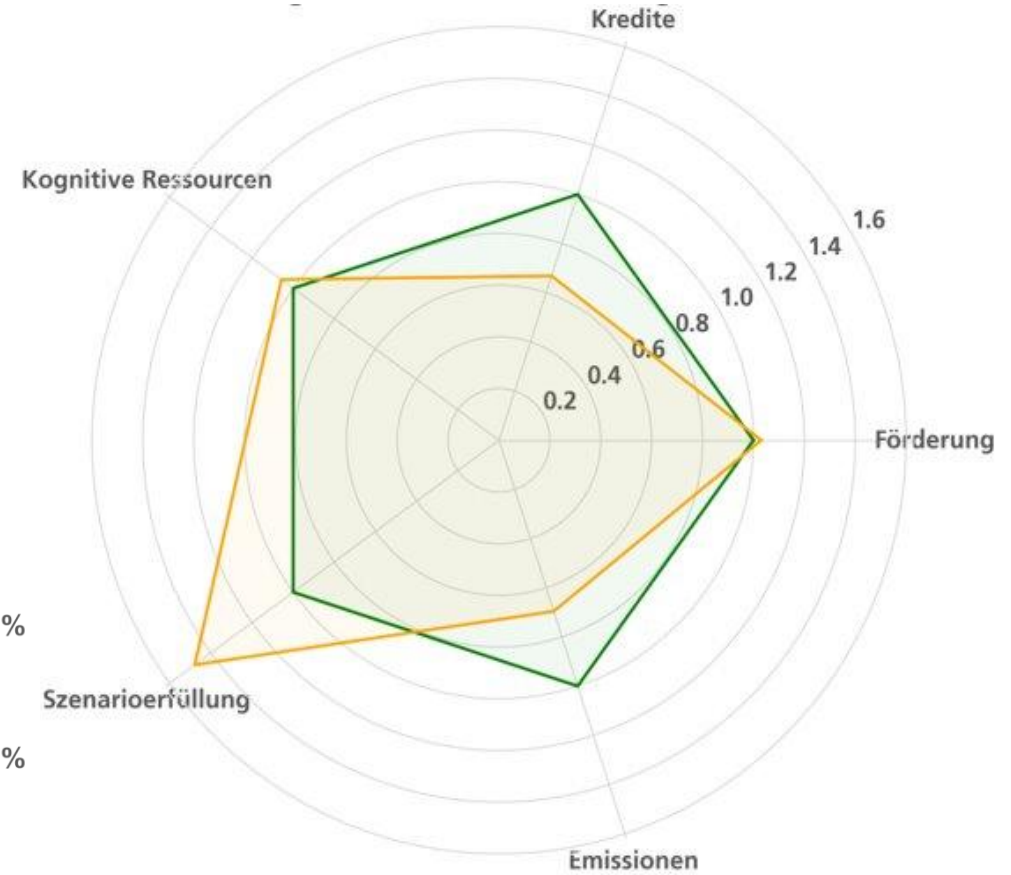
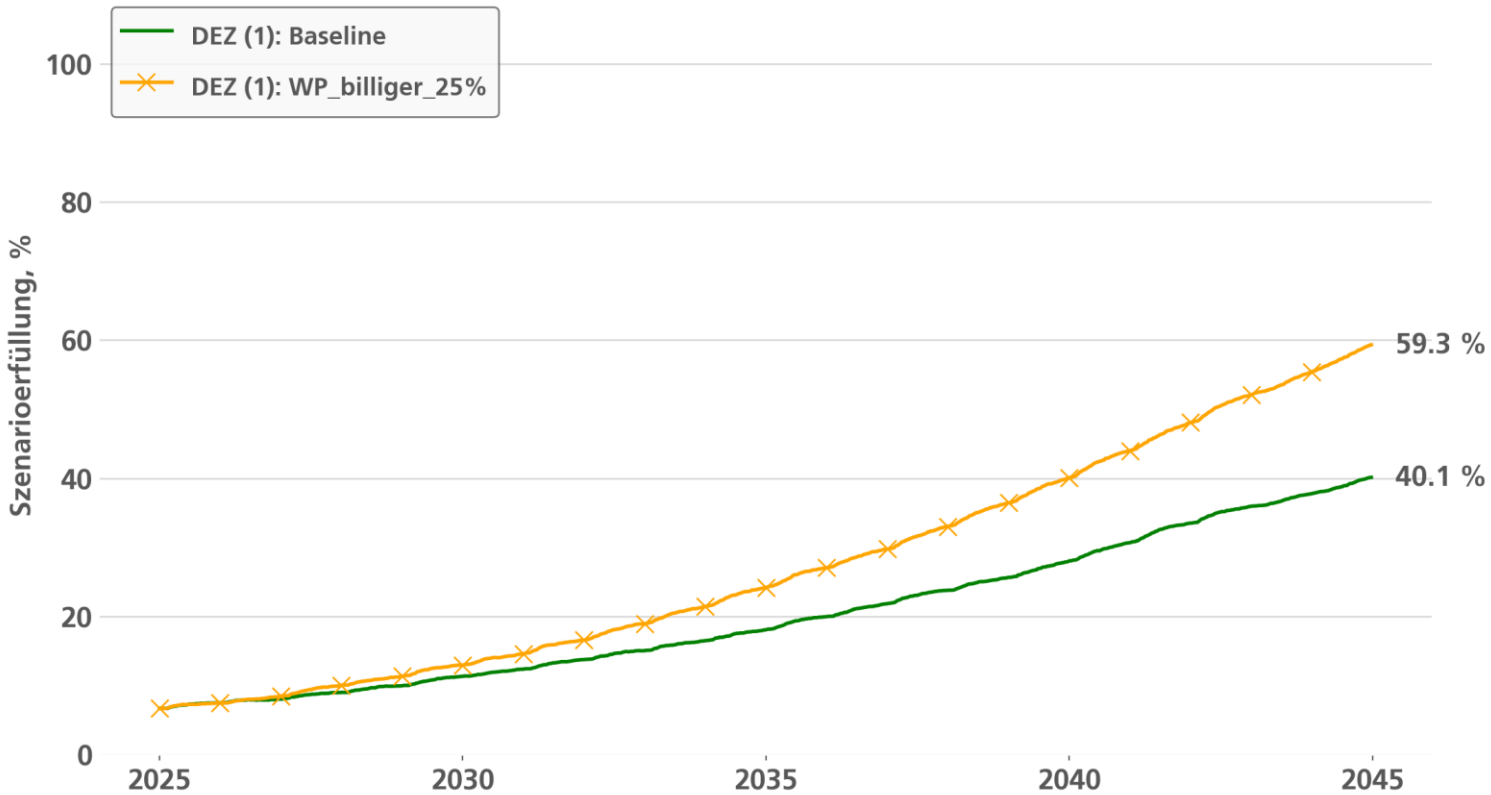
Agentenbasiertes Modell (ABM): Struktur



Icon by smashingstocks
Icon by IconBandaar

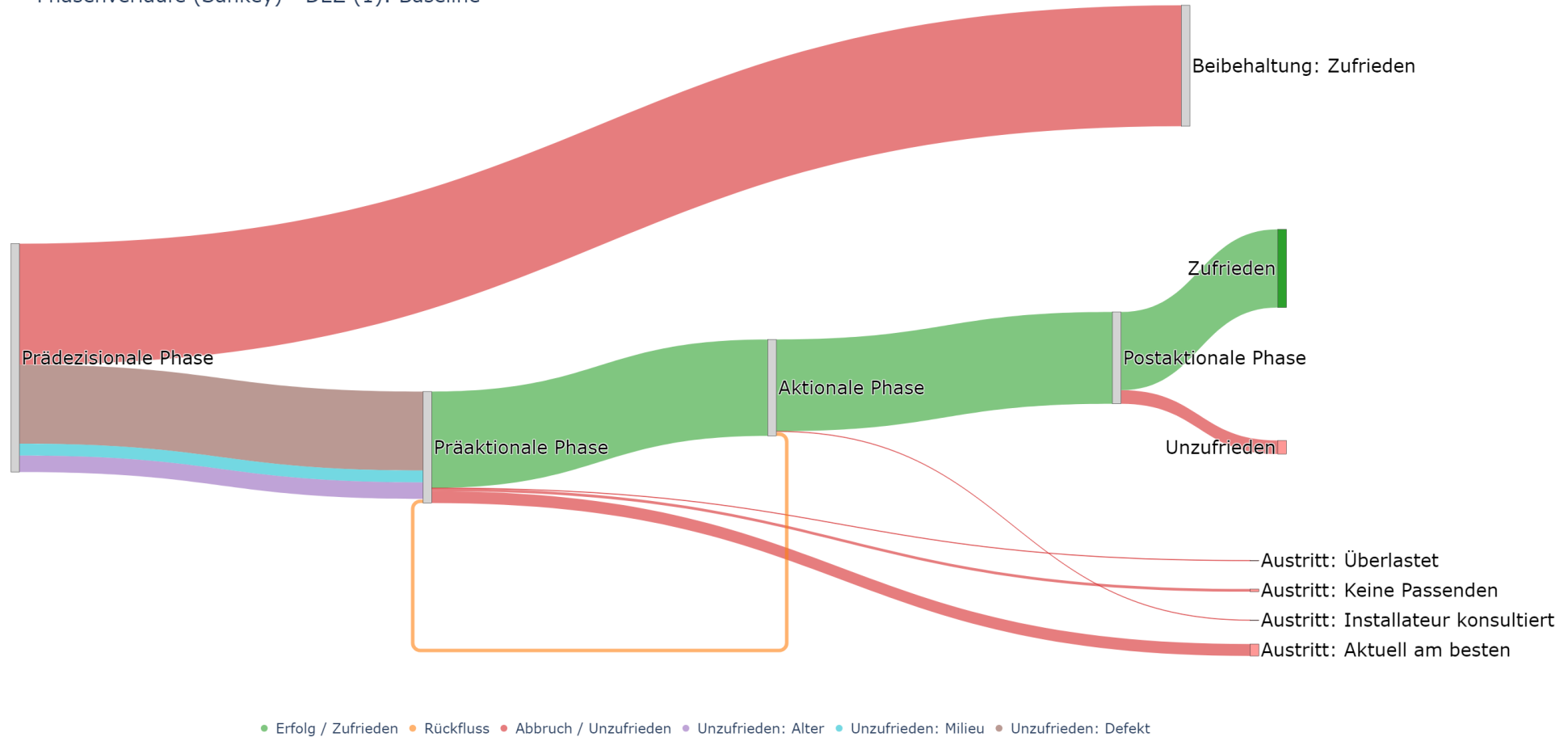
ABM: Analyse der Ergebnisse

Szenarioerfüllung



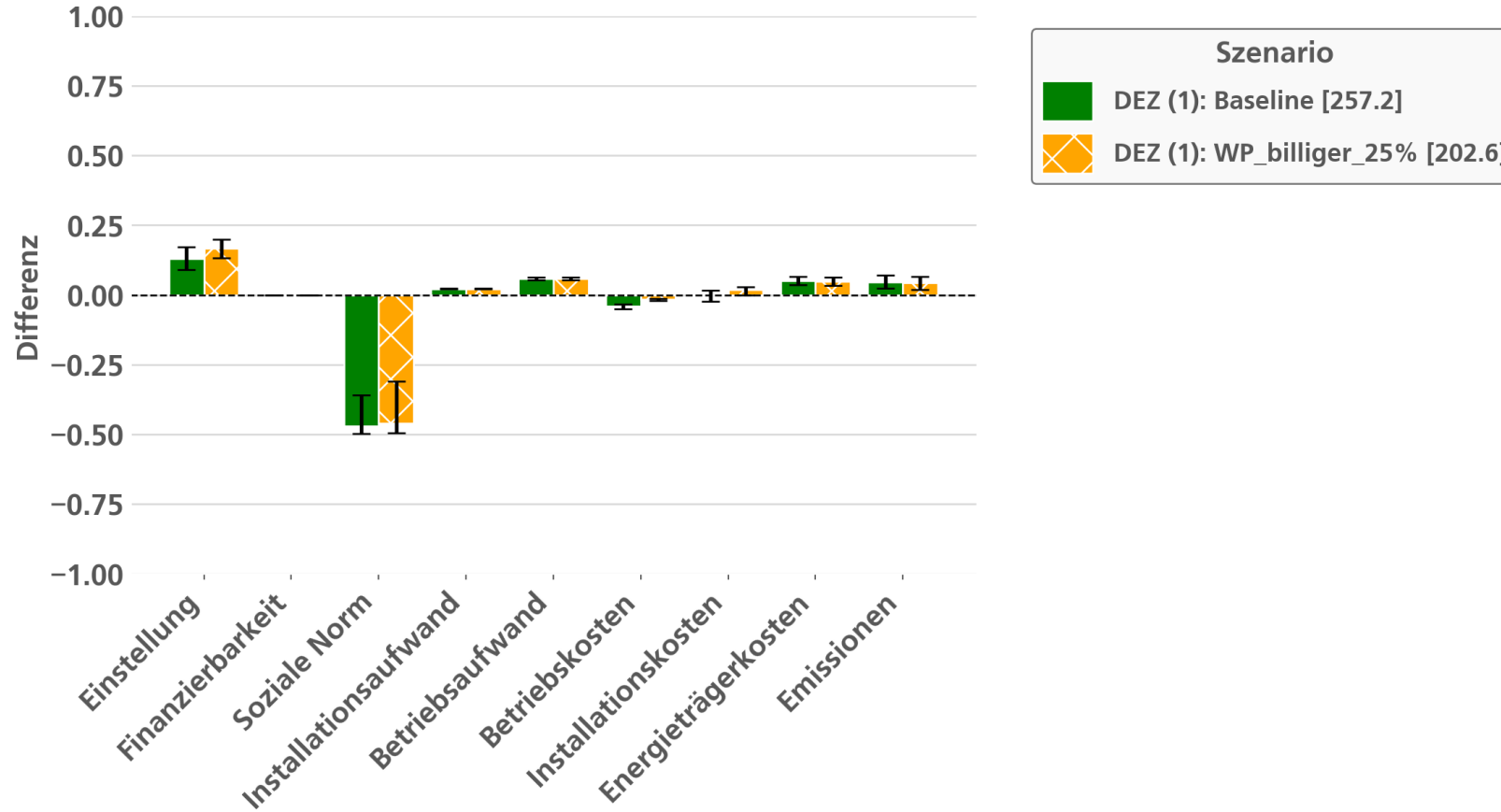
ABM: Exploration der Investitionsentscheidung

Phasenverläufe (Sankey) - DEZ (1): Baseline



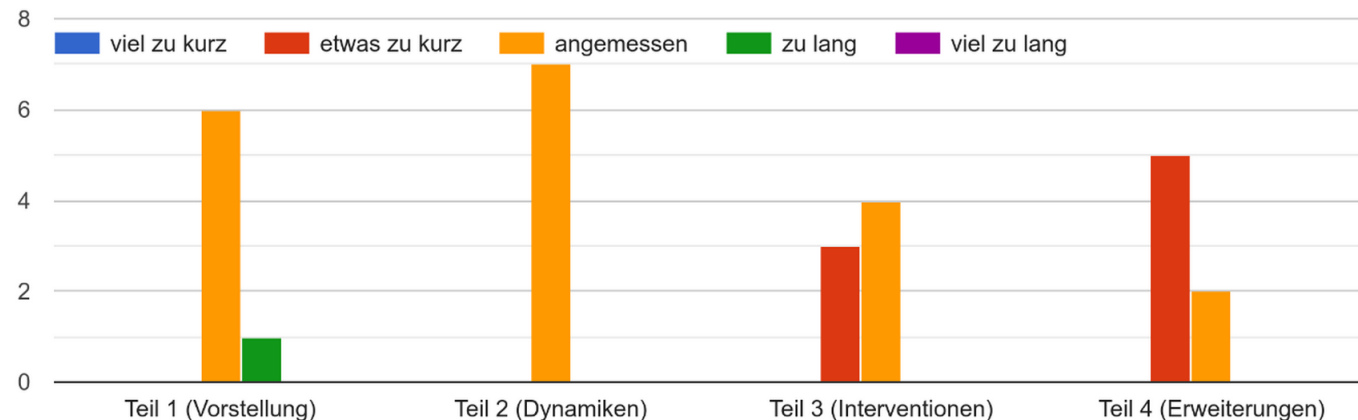
ABM: Ursachenforschung

Bewertungsunterschiede pro Luft-Wasser-WP gegenüber Gastherme (disaggregiert)



ABM: Modellvalidierungsworkshop

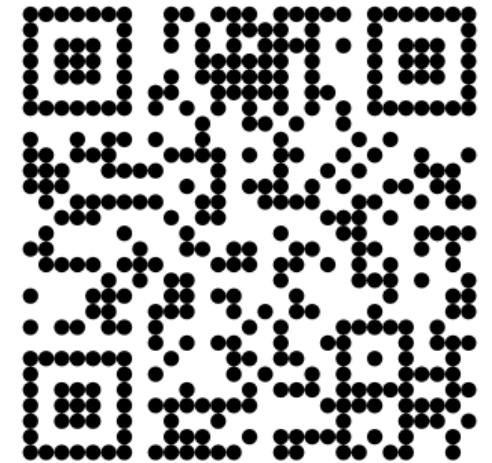
- Teil 1: Modellannahmen, zugrundeliegende Theorien und Prozesse
- Teil 2: Modellverhalten und Dynamiken
- Teil 3: Mögliche Interventionen und deren Einflüsse
- Teil 4: Kritische Reflexion des Modells: Schwächen und mögliche Erweiterungen



ABM: Publikationen

- Deliverable 4.1: Foliensammlung zum ABM Prototypen
- Konferenz-Paper: Digel, I., Holzhauer, S., & Krebs, F. (2023). Exploring Investment Decisions in Home Heating System Replacement with a Multi-stage Algorithm: An Agent-Based Model.
- Konferenz-Paper: Digel, I., Holzhauer, S., & Krebs, F. (2025). Bridging the Planning-Implementation Gap in Residential Heating Transitions: Using Agent-Based Modelling to Decompose Adoption Obstacles (in press)
- Deliverable 5.2: Modellvalidierungs-Workshop
- Modell-Code auf GitHub

Verfügbar auf www.uni-kassel.de/go/waermer >



Lernerfahrungen

- Strukturierte, datenbasierte Beteiligung lohnt sich, ist aber aufwendig
 - Simulationsgestützter Decision Workshop stärkt die Selbstwirksamkeit der Stakeholder
 - Wichtig: Externe Moderation, vorgelagerter Zielkriterien-Workshop und Zugang zu lokalen Akteursnetzwerken
 - ADD: Zusätzliche Anreize (z.B. Aufwandsentschädigung) und flexiblere Formate (ggf. kürzere Online-Sequenzen, asynchrone Vorbefragungen) können die Breite und Repräsentativität der Beteiligung verbessern.
 - ADD: Erwartungsmanagement bei den Stakeholdern: Es braucht klarere Vereinbarungen, welche Wirkung Workshop-Ergebnisse in kommunalen Entscheidungsprozessen haben, Frustration zu vermeiden.

Lernerfahrungen (2)

- Komplexität von Kriterien und Visualisierungen muss stärker an Zielgruppen und Quartierstypen angepasst werden
 - Gemeinsam abgeleiteter Kriterienkatalog ist zentrale Grundlage für nachvollziehbare Bewertungen und die Offenlegung von Zielkonflikten.
 - Zu hohe Informationsdichte in den Visualisierungen führt bei einigen Teilnehmenden zu Überforderung.
 - ADD: Typisierung von Quartieren (z.B. Heterogenität der Eigentümerstruktur, Anzahl relevanter Versorgungsoptionen) und Ableitung von „Light-“, „Standard-“ und „Plus“-Formaten für Kriterien- und Beteiligungstiefe würde die Übertragbarkeit deutlich verbessern.

Lernerfahrungen (3)

- Integrierte Modellierung ist fachlich sehr wertvoll, braucht aber robustere Workflows
 - Kombination aus technischer Energiesystemauslegung, wirtschaftlicher Bewertung und agentenbasierter Simulation ermöglicht, Planungsziele mit realistischer Umsetzungsdynamik und wirksamen Maßnahmen zu verknüpfen.
 - Validierungsworkshops mit PraktikerInnen sind wichtig, um Modellannahmen zu schärfen und Ergebnisse einzuordnen.
 - Problem der komplexen, „forscherzentrierten“ Visualisierungen der Modellergebnisse
 - ADD: Echtzeitfähige oder zumindest schnell aktualisierbare Modellläufe im Workshop würden es ermöglichen, neu aufkommende Fragen und Maßnahmenvorschläge direkt zu testen.

Fragen & Diskussion

- Ergebnisse
 - Gesamtprozess der Partizipation: Transparente Transformationsbegleitung
 - Decision Workshop-Methode und Partizipation
 - Dialog- und Wirtschaftlichkeitstool
 - Haushaltsbefragung und agentenbasierte Simulation
- Lernerfahrungen
 - Strukturierte, datenbasierte Beteiligung lohnt sich, ist aber aufwendig
 - Komplexität von Kriterien und Visualisierungen muss stärker an Zielgruppen und Quartierstypen angepasst werden
 - Integrierte Modellierung ist fachlich sehr wertvoll, braucht aber robustere Workflows

Dialog-/Transferphase in parallelen Arbeitsgruppen

1. Erfahrungsbericht der Landeshauptstadt Kiel zum Gesamtprozess und Transfer in Kommunen und Wohnungsbaugesellschaften
2. Demonstration des interaktiven Dialogtools und Multikriterielle Analyse zur Entscheidungsfindung
3. Erfahrungen mit der Befragung von Hausbesitzer*innen

Projektinfos

Themenfeld

Koordination

Decision Workshops

Dialogtool

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Empirische Erhebungen

Agentenbasierte Modellierung

Praxispartner Kommune

AnsprechpartnerIn

Friedrich Krebs (Uni Kassel)
fkrebs@uni-kassel.de

Marlen Schurig (FhG IEE)
marlen.schurig@iee.fraunhofer.de

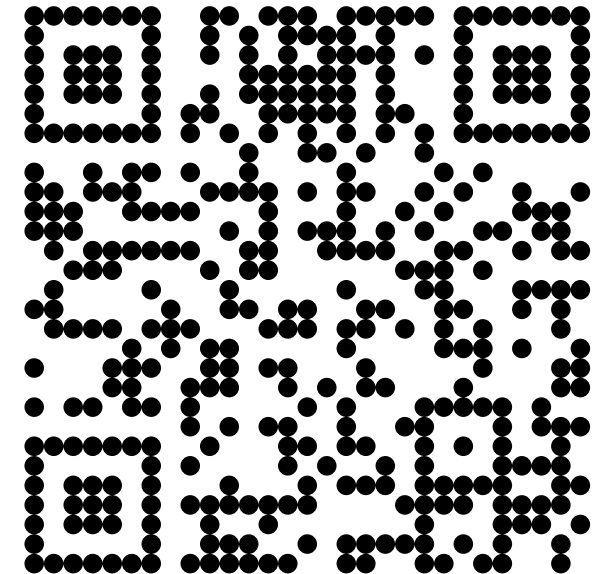
Alwina Kaiser (Uni Kassel)
Alwina.Kaiser@uni-kassel.de

Tim-Luca Schwarze (FhG IEE)
tim.luca.schwarze@iee.fraunhofer.de

Johanna Holzberg (Uni Kassel)
holzberg@uni-kassel.de

Sascha Holzhauer (Uni Kassel)
Sascha.Holzhauer@uni-kassel.de

Sam Warmke (LH Kiel)
Sam.Warmke@kiel.de



www.uni-kassel.de/go/waermer