

KOSMA



Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung (Verbundprojekt KOSMA)

Schlussbericht der Teilprojekte A, B und D

FKZ 01UT1704-A, -B und -D

Laufzeit: 01.10.2018 bis 31.12.2022

Verfasser*innen:

Institut Wohnen und Umwelt (IWU):

Dr. Ina Renz

Ulrike Hacke

ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung:

Dr. Silke Kleinhüchelkotten

Dr. H.-Peter Neitzke

Darmstadt, Hannover: Oktober 2023



Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Förderschwerpunkt „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA) / Sozial-ökologische Forschung“ unter dem Förderkennzeichen (FKZ 01UT1704) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Impressum

Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung (Verbundprojekt KOSMA). Schlussbericht der Teilprojekte A, B und D

Erstellt im Rahmen des gleichnamigen Projekts

www.kosma-projekt.de

Beteiligte Institute

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Koordinator)

Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt

Projektleitung: Dr. Ina Renz, i.renz@iwu.de; Ulrike Hacke, u.hacke@iwu.de

ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung

Nieschlagstr. 26, 30449 Hannover

Teilprojektleitung: Dr. Silke Kleinhüchelkotten, silke.kleinhuechelkotten@ecolog-institut.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe

Teilprojektleitung: Dr. Elisabeth Dütschke, elisabeth.duetschke@isi-fraunhofer.de

Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Schaumainkai 47, 60596 Frankfurt am Main

Teilprojektleitung: Dr. Simone Planinsek, simone.planinsek@naheimst.de

Fördermittelgeber

DLR Projektträger für das Bundesministerium für Bildung und Forschung

Zitierempfehlung

Renz, I.; Hacke, U.; Kleinhüchelkotten, S. & Neitzke, H.-P. (2023). Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung (Verbundprojekt KOSMA). Schlussbericht der Teilprojekte A, B, D. IWU, ECOLOG-Institut, Darmstadt, Hannover.

Veröffentlicht

Oktober 2023

ISBN: 978-3-941140-79-0

Hinweise

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren. Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Fördermittelgebers wider.



Lizenziert unter CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung	4
1.1	Aufgabenstellung und wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde	4
1.2	Planung und Ablauf des Vorhabens	5
1.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
2	Eingehende Darstellung.....	8
2.1	Darstellung des erzielten Ergebnisses.....	8
2.2	Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses.....	46
2.3	Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet an anderen Stellen.....	47
2.4	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses.....	48
3	Literaturverzeichnis	51

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung und wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Raumwärme macht etwa zwei Drittel des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte aus und ist damit von hoher klimapolitischer Relevanz. Der Erfolg von Effizienzsteigernden Maßnahmen, gemessen an Energie- und/ oder Kosteneinsparungen, wird von Investoren häufig in Zweifel gezogen, weil Reduktionen des absoluten Energieverbrauchs nicht in dem Maße eintreten, wie aufgrund des errechneten Energiebedarfs erwartbar wäre. Diese als Rebound-Effekt bezeichnete Diskrepanz wird häufig (allein) den Gebäudenutzern und deren nicht adäquatem Verhalten zugeschrieben, obwohl kaum detaillierte empirische Erkenntnisse zum Heiz- und Fensteröffnungsverhalten vorliegen. Zur Erklärung wird häufig die Raumtemperatur herangezogen, die in modernisierten Gebäuden und Neubauten deutlich höher liegt und mit erhöhten Komfortansprüchen der Nutzer in Verbindung gebracht wird. Zugleich bleiben technische oder physikalische Ursachen häufig außer Acht (Sorell 2007: 23 ff.).

Wissenschaftliche Studien, die sich mit den Ursachen von direkten Rebound-Effekten beschäftigen, konzentrieren sich auf Strom (Beleuchtung, Haushaltsgeräte) und Verkehr und/ oder analysieren lediglich allgemeine Treiber für Mehrverbräuche (finanziell, strukturell, mental etc.) (vgl. Übersichten in De Haan et al. 2015, Madlener & Turner 2016). Dabei sind tiefergehende empirische Erkenntnisse zur Wirkungsweise psychologischer Faktoren im Zusammenhang mit Rebound-Effekten bislang kaum vorhanden, vorliegende Studien haben eher explorativen oder konzeptuellen Charakter (Peters & Dütschke 2016, Santarius 2014, Santarius & Soland 2016). Auch für das Wärmeverhaltensverhalten an sich, das eine wesentliche Grundlage für das Verständnis direkter Rebound- und ebenso von Prebound-Effekten darstellt, liegen keine differenzierten Untersuchungen zum Zusammenspiel (sozial)psychologischer (und weiterer) Determinanten vor, die unterschiedliche Nutzergruppen berücksichtigen. Auch ist weitgehend unbekannt, wie sich Bedürfnisse, Gewohnheiten und Einstellungen nach Haushalts- oder Nutzergruppen unterscheiden.

Das IWU und das ECOLOG-Institut konnten bei der Bearbeitung der angerissenen Fragestellungen auf eine Reihe eigener Vorarbeiten aufbauen. Dazu gehören Studien des IWU zum Energienutzungsverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden, darunter sozialwissenschaftliche und messtechnische Evaluationen u.a. zur Beeinflussbarkeit des Nutzerverhaltens (z.B. Renz & Vogt 2015, Renz et al. 2014, Hacke et al. 2013) oder breiter angelegte Übersichtsstudien (Loga et al. 2019) sowie eigene Verfahren und Werkzeuge für eine differenzierte energetische Bilanzierung (Loga 2015, Diefenbach et al. 2017). Einschlägige Vorarbeiten des ECOLOG-Instituts beziehen sich auf sozio-kulturelle und sozio-ökonomische Faktoren, die umweltrelevante Einstellungen und

Verhaltensweisen beeinflussen (z.B. Kleinhückelkotten 2012, Kleinhückelkotten et al. 2016, Moser & Kleinhückelkotten 2017). Dieses Wissen wurde ergänzt durch Vorarbeiten des Fraunhofer ISI zu (sozial)psychologischen Einflussgrößen bei Rebound-Effekten (s. Schlussbericht Fraunhofer ISI, Dütschke & Preuß 2023).

Aufgrund der beschriebenen Wissenslücken konzentrierte sich der KOSMA-Forschungsverbund auf die Schaffung einer breiten empirischen Basis zum Verbraucherverhalten als Grundlage zur Untersuchung des Zusammenspiels nutzerseitiger Ursachen von Mehrverbräuchen und der Abgrenzung von baulich-technischen Einflüssen. Mit einem tieferen Verständnis der Ursachen von direkten Rebound-Effekten trägt KOSMA zu einer Versachlichung der Debatte bei und schaffte im Austausch mit Praxispartnern verschiedener Institutionen eine Basis dafür, um Ansatzpunkte für die wirksame Eindämmung von Rebound-Effekten erarbeiten zu können. Die Ergebnisse tragen dazu bei, besser zu verstehen, (1) wie Gebäudenutzer in verschiedenen Räumen und Situationen (tagsüber bei An- bzw. Abwesenheit, nachts) heizen und lüften, (2) welche Faktoren das Wärmenutzungsverhalten bestimmen und (3) wie und in welchen Bereichen Rebound-Effekte entstehen bzw. diese gemindert werden können.

1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

KOSMA basiert auf einer zweistufigen quantitativen Befragung von Miethaushalten in Beständen der Nassauischen Heimstätte | Wohnstadt (NHW), die Fallauswahl und Feldzugang ermöglichte (AP 3). Die Befragung setzt sich aus einem klassischen (Stufe 1, AP 4) und einem experimentellen Befragungsdesign (Stufe 2, AP 5) zusammen. Beide Befragungen wurden durch die interdisziplinäre Erarbeitung theoretischer und empirischer Grundlagen – auch mittels eines qualitativ-explorativen Bausteins – vorbereitet (AP 1 u. AP 2). Ergänzend liefern energetische Berechnungen zu ausgewählten Gebäuden Informationen zur Wirkung nutzerseitiger und technischer Aspekte bei Heizverbräuchen (AP 6). Die Kernergebnisse der Teilprojekte (AP 4 bis AP 6) werden in einer Synthese zusammengeführt (AP 7). Die Koordination des Forschungsverbunds (AP 0), die Verankerung und der bidirektionale Wissenstransfer aus der und in die Praxis (AP 8) und die Wissensverwertung (AP 9) erstreckten sich als Querschnittsaufgaben über die gesamte Projektlaufzeit.

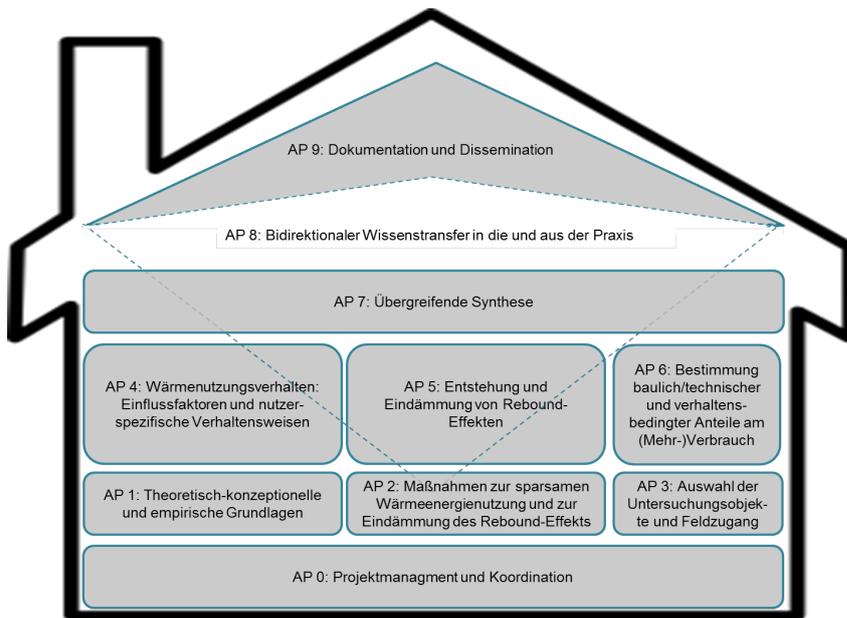


Abbildung 1: Projektstruktur

Aufgrund der Corona-Pandemie wurden bei beiden empirischen Erhebungen Anpassungen hinsichtlich des Feldzugangs (AP 3), der Befragungsdurchführung und des Zeitplans notwendig (AP 4, AP 5). Dies hatte auch Auswirkungen auf die Arbeitspakete 6 bis 9.

So musste die Hauptbefragung (AP 4) am 13.03.2020 beim Stand von gut 1.000 Interviews pandemiebedingt unterbrochen werden, da face-to-face-Interviews nicht weiter möglich waren (Welle 1). Eine Fortsetzung der Befragung erfolgte in der Heizperiode 2021/2022 (Welle 2). Dies setzte allerdings einen Wechsel des Befragungsmodus von persönlichen face-to-face auf Telefoninterviews und damit einer aus Datenschutzgründen 2-stufigen Form der Teilnehmerrekrutierung voraus. Aufgrund dessen mussten die Haushalte mit Bitte um Rücksendung eines Kontaktblatts erneut postalisch angeschrieben werden. Der Fragebogen wurde angepasst und eine Vorab-Befragung zur Sicherstellung der „richtigen“ Befragungsperson (wohnhaft an der jeweiligen Anschrift, Mindestalter 18 Jahre, zuständig für Heizen und Lüften) mit Möglichkeit zur Terminierung von Interviews programmiert und getestet sowie Interviewer erneut geschult. Insgesamt wurden 1.304 auswertbare Interviews erreicht, zu welchen seitens der NHW Gebäude- und Wohnungsinformationen (u. a. energetische Qualitätsmerkmale, Energiebedarfskennwerte) zugespielt wurden. Die in AP 5 geplante Vignettenbefragung musste über andere Feldzugänge in Form eines repräsentativen Online-Panels ergänzt werden (s. Dütschke & Preuß 2023). Die in AP 6 geplanten Modellrechnungen sollten sich auf reale Gebäude aus dem Sample der Hauptbefragung mit einer hohen Befragungsteilnahme beziehen. Für diese konnten im September 2022 die notwendigen Energieverbrauchsdaten seitens der NHW bereitgestellt werden.

Aufgrund dieser (unverschuldeten) zeitlichen Verzögerungen war die Einbeziehung der Stakeholder (AP 8) in eine zusammenführende Gesamtschau der Ergebnisse (Haupt-, Vignettenbefragung, Modellrechnungen) nicht mehr möglich, da dies eine kostenneutrale Verlängerung über den Dezember 2022 hinaus bedeutet hätte.

Der Schwerpunkt der hier berichteten Teilvorhaben des IWU, des ECOLOG-Instituts und der Nassauischen Heimstätte | Wohnstadt (NHW) lag in der Entwicklung eines Verhaltensmodells im Bereich Wärmenutzungsverhalten (IWU, ECOLOG), der Gebäudeauswahl (IWU, NHW, ECOLOG) für die Erhebungen, der Konzeption, Durchführung, Auswertung und Interpretation der breit angelegten Befragung der NHW-Miethaushalte (ECOLOG, IWU, NHW) sowie den energetischen Berechnungen (IWU). Der Schwerpunkt Vignettenbefragung (AP 5) lag in der Verantwortung des Fraunhofer ISI (s. Dütschke & Preuß 2023), wurde aber von allen anderen Partnern des Konsortiums insbesondere in der Planungsphase unterstützt. Umgekehrt war auch das Fraunhofer ISI eng in die hier beschriebenen Arbeitspakete eingebunden, vor allem im Hinblick auf die Erstellung eines Analysemodells (AP 1) und die Konzeption des Erhebungsinstruments für die Hauptbefragung (AP 4).

1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Für die Umsetzung des Vorhabens erfolgte eine inter- und transdisziplinär enge Zusammenarbeit zwischen den Forschungspartnern des Konsortiums (Fraunhofer ISI, ECOLOG-Institut, IWU als Koordinator) und der Nassauischen Heimstätte | Wohnstadt als Unternehmen der Wohnungswirtschaft (NHW). Hierdurch konnte als wesentliche Grundlage des Projekts die Gebäudeauswahl so getroffen werden, dass Bestände unterschiedlicher energetischer Qualität als auch für die Feldphase in Form persönlicher Interviews praktikablere zusammenhängende Liegenschaften enthalten waren. Diese Auswahl wurde mit Unterstützung von Daten des Geodatenproviders Nexiga in einem zweiten Schritt durch zusätzliche Informationen (Familien-, Altersstruktur, soziale Schicht) angereichert. Somit konnte ein auch hinsichtlich sozialer Merkmale heterogenes Sample erreicht werden. Der Feldzugang wurde datenschutzrechtlich eingehend durch den externen Datenschutzbeauftragten der NHW und die Projektpartner geprüft. Die pandemiebedingte Umstellung auf Telefoninterviews erforderte eine weitere (nicht geplante) Prüfung.

Über einen heterogen besetzten Beirat mit Vertreter*innen aus den Bereichen Wohnungswirtschaft, Mieterschutz, Verbraucherschutz, Umwelt- und Naturschutz sowie öffentlicher Institutionen aus dem Bereich der Energiepolitik erfolgte eine enge Rückkopplung der Forschungskonzepte und ein Transfer von Ergebnissen in die Praxis.

Das Projektkonsortium beteiligte sich an den vom Fördermittelgeber angebotenen Netzungsveranstaltungen. Aus dem Austausch mit weiteren Vorhaben des Förderschwerpunkts gingen ein Schwerpunktheft der Zeitschrift Umweltpsychologie zum

Thema Rebound-Effekte sowie ein Beitrag mit ersten Ergebnissen zum Heiz- und Lüftungsverhalten in der Schriftenreihe „Politikwissenschaftliche Beiträge zu Nachhaltigkeit in Forschung und Lehre“ der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Renz & Hacke 2023) hervor.

Im Rahmen der Hauptbefragung (AP 4) erfolgte außerdem eine enge Zusammenarbeit mit einem Befragungsinstitut (Krämer Marktforschung GmbH). Die Vergabe erfolgte durch das IWU mit Unterstützung einer spezialisierten Anwaltskanzlei im offenen Ausschreibungsverfahren, an das sich mangels geeigneter Teilnehmer ein verkürztes Verhandlungsverfahren anschloss.

Das Befragungsinstitut war von Beginn an eng in alle erhebungsrelevanten Themen (Feldzugang und Datenschutz, Programmierung, Feldarbeit und Rücklaufkontrolle, Datendokumentation und -qualität) eingebunden. Somit konnte sichergestellt werden, dass die Programmierung der Befragung adäquat vorgenommen und getestet werden konnte, die Interviewerschulungen teilweise im Beisein des IWU durchgeführt wurden und insbesondere die Feldarbeit mit regelmäßigen Statusberichten zur Teilnahmequote und zu ggf. zugrundeliegenden Ursachen für Interviewabbrüche oder Teilnahmeverweigerung gemeinsam so optimal wie möglich gestaltet werden konnte. Besondere Flexibilität und Absprachebedarf war pandemiebedingt bei der Umstellung von persönlichen auf Telefoninterviews gefragt. Diese zogen eine weitere Programmierung und Interviewerschulung nach sich. Die Änderungen wurden vertraglich festgehalten.

Da die Befragungsdurchführung mehrsprachig vorgesehen war, wurden die Fragebögen durch ein Übersetzungsbüro in vier Sprachen (Englisch, Französisch, Türkisch, Russisch) übersetzt und die Übersetzungen wiederum durch das Befragungsinstitut als Sprachoptionen programmiert.

Die Qualitätskontrolle der erhobenen Daten erfolgte durch das Befragungsinstitut und das IWU, die Datenaufbereitung wurde vom IWU vorgenommen. Weiterhin spielte das IWU den Befragungsdaten die von der NHW zur Verfügung gestellten Gebäude- und Wohnungsinformationen zu.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Darstellung des erzielten Ergebnisses

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die Arbeiten und Ergebnisse entlang der Arbeitspakete des Projekts KOSMA. Die Verwendung der Zuwendung mit Zuordnung zu den Beiträgen der Partner des Konsortiums (ECOLOG, NHW, IWU) werden dabei transparent gemacht. Die Arbeiten des Fraunhofer ISI zu AP 1 und AP 5 wurden bereits im separaten Schlussbericht des Fraunhofer ISI dargestellt (s. Dütschke & Preuß 2023).

Abweichungen zu den ursprünglichen Zielen und Schritten werden, sofern zutreffend, ebenfalls bei den einzelnen Arbeitspaketen dargestellt. Dies betrifft insbesondere die pandemiebedingte Aufteilung der Hauptbefragung in zwei Wellen (Welle 1: Heizsaison 2019/2020, Welle 2: Heizsaison 2021/2022) und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Feldzugang (AP 3) und nachfolgende Arbeitspakete.

AP 1: Theoretisch-konzeptionelle und empirische Grundlagen (ECOLOG, ISI, IWU)

Vorgehensweise

In diesem Arbeitspaket erfolgte (unter Verantwortung von ECOLOG) eine umfassende Literaturlauswertung zu Einflussfaktoren des Heizenergieverbrauchs sowie des Heiz- und Lüftungsverhaltens, zu den Ursachen von Energieeinspardefiziten und zur Entstehung bzw. Eindämmung von Rebound-Effekten mit dem Ziel, ein disziplinübergreifendes Arbeitsmodell zu entwickeln. Hierbei arbeiteten die Partner des Konsortiums eng zusammen, wobei sich die Arbeiten des IWU auf den Forschungsstand zum Wärmenutzungsverhalten in unterschiedlichen energetischen Standards, von sozio-strukturellen Gruppen sowie baulich-technischen Einflüssen konzentrierte, die Arbeit von ECOLOG auf Einflussfaktoren des Heizenergieverbrauchs bzw. sozio-kulturelle Faktoren und des ISI auf psychologische Faktoren.

Die Befunde zum Stand der Forschung zu den einzelnen Einflussfaktoren in den Bereichen Gebäude / Wohnung/Technik, soziodemographische Merkmale, Werte / Normen / Einstellungen, Wissen / Erfahrungen / Gewohnheiten, Verhalten auf den Heizenergieverbrauch sowie das Heiz- und Lüftungsverhalten sind im ersten KOSMA-Werkstattbericht ausführlich dargestellt (Gardemin et al. 2019).

Zudem wurden durch ECOLOG zum Ende der Heizperiode 2018 / 2019 fünf Fokusgruppen mit insgesamt 51 Mieter*innen der Nassauischen Heimstätte | Wohnstadt zum Heizverhalten durchgeführt. Ziel war, das Spektrum an Verhaltensweisen und dahinter liegende Faktoren aufzudecken und diese Erkenntnisse als weitere Grundlage für die Entwicklung des Fragebogens für die Hauptbefragung zu nutzen.

Die Vorbereitung und Durchführung erfolgte im engen Austausch zwischen ECOLOG und NHW. Dabei wurden auf Basis von Strukturdaten der NHW sowie Daten des Geodatenproviders Nexiga aus dem Geschäftsgebiet der NHW vier Teilgebiete mit unterschiedlichen Ausprägungen hinsichtlich Wohnungsgröße, Miethöhe, Sozialstruktur der Mieter, EFH/MHF, Alter, soziale Schicht, Energiebedarf) ausgewählt und die Miethaushalte an den Standorten durch die NHW angeschrieben. Über eine Kundenbetreuerin der NHW wurde im Laufe der Rekrutierung eine weitere Fokusgruppe mit Teilnehmer*innen mit türkischen Wurzeln gebildet. Die Auswertung erfolgte qualitativ inhaltsanalytisch auf Basis der Gesprächstranskripte.

Ergebnisse

Auf Basis dieser Befunde wurde als Grundlage für die Konzeption des Erhebungsinstruments und die Untersuchung des Wärmenutzungsverhalten in AP 4 ein Analysemodell erarbeitet (Abb. 2).

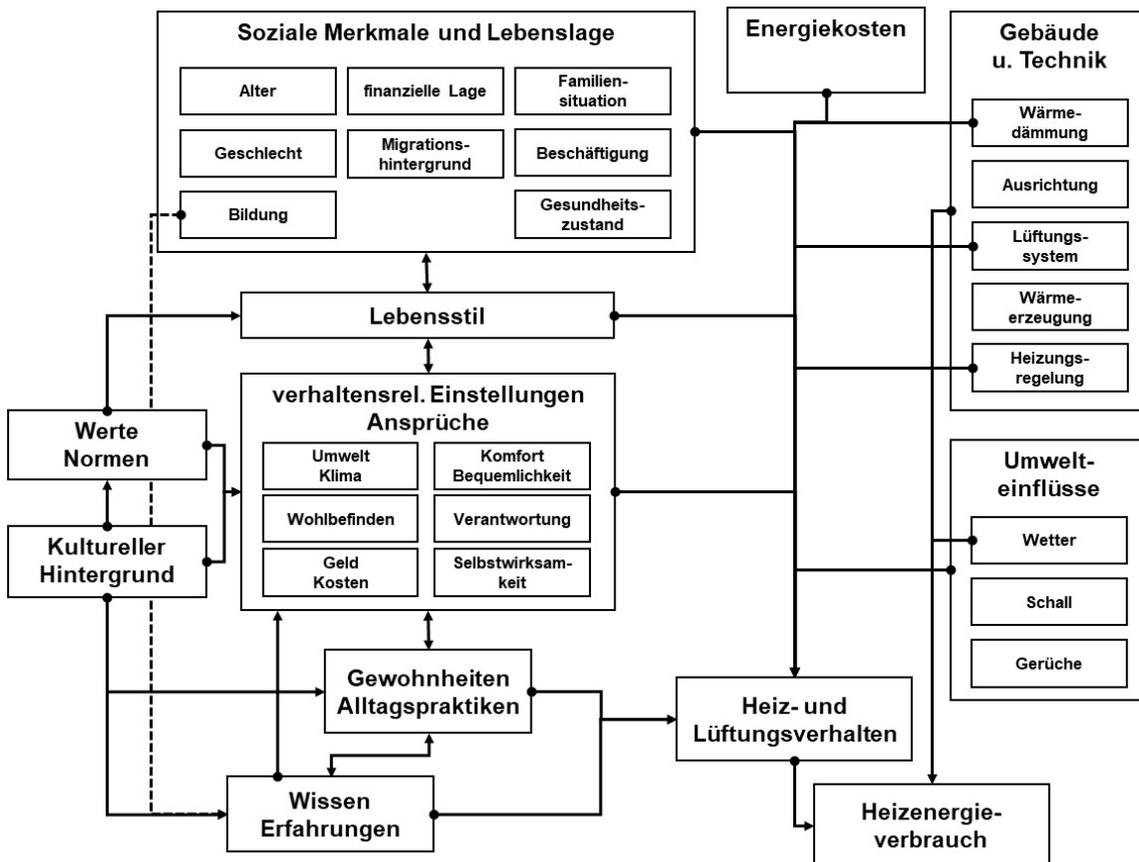


Abbildung 2: Faktoren, die das Heiz- und Lüftungsverhalten und damit den Heizenergieverbrauch beeinflussen können (aktualisierte Darstellung)

Es zeigt sich, dass der Heizenergieverbrauch von vielen Faktoren abhängig ist.

Das Heiz- und Lüftungsverhalten umfasst alle Aktivitäten im Zusammenhang mit der Bedienung der Heizung und dem Lüften der Wohnung. Das Heizverhalten kann durch die folgenden zeitlichen, räumlichen und temperatur-bezogenen Größen bzw. Kombinationen von diesen charakterisiert werden:

- Anzahl der Tage im Jahr bzw. der Stunden pro Tag, an bzw. in denen geheizt wird,
- Anzahl, Art und Größe der Räume, in denen geheizt wird,
- gewählte Temperaturen/ Thermostateinstellungen in den beheizten Räumen bzw. Temperaturverläufe im Laufe des Tages

Beim Lüften über Fenster sind vor allem die Art, Dauer und Häufigkeit des Fensteröffnens relevant.

Das Heiz- und Lüftungsverhalten wird zum einen durch die baulichen und technischen Gegebenheiten sowie äußere Faktoren, wie den Energiepreis, das Wetter und andere Umwelteinflüsse (Schall, Gerüche), bestimmt. Zum anderen wird das Verhalten durch verschiedene Haushaltscharakteristika, wie Zahl der Personen und Einkommen, physiologische Merkmale der Haushaltsmitglieder, wie Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand, beeinflusst. Lebensstile, verhaltensrelevante Einstellungen und Gewohnheiten, aber auch Alltagspraktiken, wie häufiges Kochen oder Baden, sowie Wissen und ihre Erfahrungen spielen eine Rolle. Diesen „subjektiven“ personalen Faktoren liegen Werte und Normen zugrunde und sie sind durch den kulturellen Hintergrund geprägt. Hinzu kommen noch situative und soziale Faktoren, wie die Anwesenheit von anderen Personen, seien es Besucher*innen oder Haushaltsmitglieder, mit denen das Heiz- und Lüftungsverhalten abgestimmt werden muss. Diese sind in der Abbildung nicht gesondert dargestellt.

Wie oben erwähnt wurden zur Exploration von Einstellungen und Verhaltensweisen im Bereich Raumwärme durch ECOLOG Fokusgruppen mit Mieter*innen der NHW (31 Frauen und 20 Männer) durchgeführt.

Dabei zeigte sich, dass die Teilnehmer*innen übergreifend das Ziel verfolgen, eine Balance aus eigenem Wärmewohlbefinden, Handhabungsbequemlichkeit und möglichst geringen Heizkosten herzustellen – wobei der letzte Aspekt bei Mieter*innen effizienterer Gebäude eher in den Hintergrund tritt, weil das Heizen im Vergleich zu weniger effizienten Gebäuden deutlich günstiger ist. Obwohl sie das gleiche Ziel verfolgen, wurde von den Teilnehmer*innen ein sehr unterschiedliches Heiz- und Lüftungsverhalten geschildert, das auf unterschiedliche Gründe und Einflussfaktoren zurückzuführen ist. Hinweise gibt es in Übereinstimmung mit der Literaturlauswertung und dem oben dargestellten Arbeitsmodell auf:

- „objektive“ personale Faktoren/ Lebenslage: Alter, Gesundheitszustand, Familiensituation, Anwesenheit in der Wohnung
- „subjektive“ personale Faktoren: (tradierte) Gewohnheiten, Einstellungen, Erfahrungen und Wissen
- soziale Faktoren: Anwesenheit mehrerer Personen im Haushalt, Besuch
- bauphysikalische und technische Faktoren: Zustand der Gebäudehülle, Heiz- und ggf. Lüftungssystem

Beim Heizen finden sich drei unterschiedliche Verhaltensmuster: (1) Beim *Konstantheizen* versuchen Personen, eine bestimmte, je nach Wärmeempfinden individuell unterschiedliche Temperatur zu halten und die Temperatur nachts abzusenken. (2) Beim *zeitlich variablen Heizen* ist der Heizungsbetrieb mit An- und Abwesenheitszeiten verknüpft und wird je nach Situation mit zum Teil häufigen graduellen Anpassungen an wechselnde oder unterschiedliche Bedürfnisse angepasst. (3) Das *Heizen nach Bedürfnis* wird von Personengruppen vorgenommen, die aus physiologischen Gründen ein

höheres Wärmebedürfnis haben oder bei denen ein solches angenommen wird, wie z. B. bei kleineren Kindern oder gesundheitlich beeinträchtigten Menschen.

Das Lüftungsverhalten hängt eng mit dem individuellen Frischluftbedürfnis zusammen und ist stärker als das Heizverhalten auch eine Reaktion auf wahrgenommene soziale Erwartungen. Dabei wird das *Stoßlüften* vielfach als sinnvoll erachtet, wobei die Lüftungsdauer zwischen zwei und dreißig Minuten variiert. Vor allem morgens sorgt das Stoßlüften für eine schnelle Umwälzung der abgestandenen Luft ebenso wie das Ablüften von Feuchtigkeit nach dem (morgendlichen) Duschen. Neben dem morgendlichen Lüften gibt es tägliche Lüftungsintervalle mit einer zweiten Lüftung nach Rückkehr von Arbeit, Schule oder Einkauf und einer dritten Lüftung in den Abendstunden. Beim Lüften gibt es oft feste Handlungsabläufe. Mit zunehmender Qualität der Wärmedämmung und Heizungstechnik nimmt die Fensterlüftung ab.

Es gibt auch Personengruppen, die ihre Fenster und/oder Balkontüren über mehrere Stunden geöffnet haben. Dabei sind Fenster in sanierten Gebäuden sogar teils ganz geöffnet, häufiger jedoch in Kippstellung. Letzteres geschieht meist aus Bequemlichkeit oder zur Sicherstellung der (nächtlichen) Frischluftzufuhr.

Wie in der Wohnung geheizt und gelüftet wird, hängt außerdem auch von äußeren Faktoren, wie Außentemperaturen, Wetter, Wärmezufuhr aus anderen Quellen wie Heizungsrohre oder Nachbarwohnungen, aber auch Lärm und Gerüchen oder durch eindringende Feuchte / Schimmel oder Kältebrücken auf der Wetterseite ab.

Weiterhin wurde in den Fokusgruppen deutlich, dass häufig Unsicherheiten im Hinblick auf das richtige Heizen und Lüften bestehen. Einige Personen haben ihr Verhalten auf Basis von Berichten durch Medien oder persönliche Ansprache hin verändert. Wirkungsvoll sind dabei Beratungen oder Hinweise von Personen, die als kompetent wahrgenommen werden, wie Handwerker oder Hausmeister. Manche Personen beschäftigen sich auch wiederkehrend mit den Themen Heizen und Lüften, erproben praktische Lösungen und werden so zu regelrechten Expert*innen.

Die Einsparung von Heizenergie wird vor allem unter finanziellen Aspekten diskutiert, die Verantwortung für den effizienten Einsatz von Heizenergie wird von vielen Personen vorwiegend beim Vermieter gesehen.

Weiterhin sind Personen in sanierten Gebäuden grundsätzlich mit den Ergebnissen der Sanierung zufrieden und benennen den Komfortgewinn. Allerdings treten auch in sanierten Wohnungen durchaus Mängel auf (eingeschränkte Steuerungsmöglichkeiten, undichte Fenster). Bemängelt wird auch ein fehlender finanzieller Einspareffekt aufgrund nach Sanierung erfolgter Mieterhöhungen.

AP 2: Maßnahmen zur sparsamen Wärmeenergienutzung und zur Eindämmung des Rebound-Effekts (IWU, ECOLOG)

Vorgehensweise

Die Aufbereitung und Vertiefung des Status Quo zu Möglichkeiten der Beeinflussung des Wärmenutzungsverhaltens und Eindämmung von Rebound-Effekten diente der Sensibilisierung auf Möglichkeiten der Verhaltensbeeinflussung mit Blick auf die Vorbereitung der experimentellen Befragung in AP 5.

Bestandteil der Aufbereitung war die Recherche des Forschungsstandes (IWU, ECOLOG), die Recherche der Internetauftritte von Wohnungsunternehmen verschiedener Unternehmenstypen (IWU) und auf dieser Basis die Auswahl von besonders innovativen Wohnungsunternehmen für die Teilnahme an einem Leitfadeninterview (IWU).

Aufgrund kaum vorhandener neuer Forschungsbefunde zu Maßnahmen gegen Rebound-Effekte bzw. Einflussmöglichkeiten auf das Wärmenutzungsverhalten (s. Gardemin et al. 2019) wurde die Recherche der Wohnungsunternehmen vertieft. Diese fokussierte insbesondere auf die Analyse und Kategorisierung von bestehenden Maßnahmen zur Mieterkommunikation im Zusammenhang mit dem Wärmenutzungsverhalten und der Reduzierung des Energieverbrauchs zur Erfassung des Status Quo und mit dem Ziel innovative Wohnungsunternehmen zur Durchführung von Leitfadeninterviews zu identifizieren.

Insgesamt wurden 400 Wohnungsunternehmen in einer Datentabelle erfasst. Basis der Recherche bildeten die Regionalverbände der Wohnungswirtschaft. Bei der Recherche wurden in jedem Landkreis bzw. größeren Städten eines Regierungsbezirks nach Möglichkeit jeweils ein mittleres (1.000 bis 10.000 Wohneinheiten) und ein großes (> 10.000 Wohneinheiten) genossenschaftliches, privates sowie kommunales Wohnungsunternehmen identifiziert. Darüber hinaus wurden sehr große Unternehmen mit mind. 50.000 Wohneinheiten immer mit aufgenommen. Bei mehreren Wohnungsunternehmen derselben Größenkategorie in einem Landkreis/Stadt wurde jeweils das größte Unternehmen ausgewählt.¹

Unter den erfassten Unternehmen finden sich überwiegend genossenschaftliche Unternehmen (n=169) sowie kommunale Wohnungsunternehmen bzw. Unternehmen in Trägerschaft der öffentlichen Hand (n=187). Private (n=23) und kirchliche (n=11) Wohnungsunternehmen sind deutlich weniger vertreten. Vereinzelt (n=10) sind zudem

¹ Aufgrund der unterschiedlichen Darstellungsformen von Mitgliedern der Regionalverbände bzw. der Anzahl von Mitgliedern weicht das Vorgehen bei den einzelnen Verbänden leicht ab. Es wurde jedoch immer eine flächendeckende Recherche umgesetzt, die sich je nach Rahmenbedingungen stärker an Landkreisen oder größeren Städten in Landkreisen/Regierungsbezirken orientiert. Wohnungsunternehmen ohne konkrete Angabe zur Anzahl der Wohneinheiten wurden aufgenommen, wenn diese das einzige aufgeführte Unternehmen in der betreffenden Stadt/Landkreis war und/oder es berechnete Hinweise darauf gab, dass es sich um ein Unternehmen mittlerer Größe handelt (z.B. durch Angaben wie „ist eines der größten Wohnungsunternehmen in X“).

Wohnungsunternehmen in Trägerschaft von Sozialverbänden oder Mischformen bzw. unklaren Organisationsformen vertreten.

Ergebnisse

Als Ergebnis der Recherche konnten vier wesentliche Kommunikationsformate zur Beförderung energieeffizienten Verhaltens festgestellt werden (s. nachfolgende Abbildung). Diese reichen von häufig vorkommenden digitalen Formaten und Print-Formaten zu seltener erwähnten Face-to-Face-Formaten und technischen Hilfsmitteln.

Zu den bei den meisten Wohnungsbauunternehmen vorfindlichen digitalen Formaten zählt zunächst die Darstellung des Themas effizientes Heizen und Lüften auf den jeweiligen Websites. Dies reicht von eigenen Rubriken, unter denen bspw. über Energiesparen allgemein oder den Umgang mit spezifischen technischen Gegebenheiten in den Gebäuden informiert wird bis hin zu „herkömmlichen“ Tipps zum richtigen Heizen und Lüften, die mitunter erst nach einiger Sucharbeit aufgefunden werden können. Im Normalfall handelt es sich um allgemeine und knapp formulierte Tipps zum richtigen Heizen und Lüften (meist zur Prävention von Schimmelbefall). Unterstützt werden die Angebote auf den Webseiten manchmal durch Social Media Angebote der Unternehmen (vor allem über YouTube), mit denen möglicherweise eine jüngere Klientel angesprochen werden soll. Noch seltener lässt sich die Existenz einer App beobachten, die verschiedene Services für die Mieter beinhaltet. Selbst wenn das Thema Energieeffizienz auf der Webseite an sich nicht sonderlich präsent sein sollte, so gibt es doch bei den meisten Wohnungsunternehmen im Download-Bereich zu unterschiedlichen Print-Formaten zumindest knapp gehaltene Informationsflyer oder -broschüren. Bei einigen Unternehmen wiederum ist der Print-Bereich sogar deutlich ausgeprägter als der Online-Bereich und beinhaltet unter Umständen umfangreiche Handbücher. Bei all den verschiedenen Print-Möglichkeiten muss zwischen allgemeinen und (gebäude-)spezifischen Inhalten, passiver und aktiver Distribution der Unterlagen und ein- bzw. mehrsprachiger Ausführung unterschieden werden. Die einfachste Form an Print-Formaten stellen Informationsflyer dar, die sich bei den meisten recherchierten Unternehmen finden. Von Zeit zu Zeit finden sich in den Mietermagazinen der einzelnen Wohnungsunternehmen auch Hinweise zum energieeffizienten Verhalten im Haushalt. Häufig wird im gleichen Zusammenhang auch über aktuelle Modernisierungsprojekte informiert. Als ausführlichstes Print-Format sind umfangreiche Handbücher zu nennen.

Eine weitere Möglichkeit Mieterinnen und Mieter am Modernisierungsprozess teilhaben zu lassen bzw. diese über (nach Sanierung) energieeffiziente Verhaltensweisen zu informieren, besteht in verschiedenen face-to-face-Formaten. Zu nennen sind hier Informations- und Beratungsangebote in Form von Sprechstunden, Informationsveranstaltungen (z.B. für Bewohner von Sanierungsobjekten) oder in seltenen Fällen Energiesparchecks vor Ort.

In einzelnen Fällen finden sich auch verschiedene Beteiligungsformate wie Diskussionsforen, Werkstätten / Workshops oder formalisierte Partizipationsmöglichkeiten wie bspw. durch Mieterräte, die bei Modernisierungsvorhaben ein Mitbestimmungsrecht besitzen.

Unter den technischen Hilfsmitteln findet sich die Nennung von Smartmeter, welche die Verbrauchserfassung erleichtern und den Mieterinnen und Mietern grafisch aufbereitet teils auch in Form von Verbrauchsfeedback, teilweise auch mit Hilfe von Displays oder Tablets zugänglich machen. Intelligente Hilfsmittel (Thermostate, Fensterkontakte) werden von den Wohnungsunternehmen auch mit dem Ziel eingebaut, die Steuerung von Raumtemperaturen erleichtern bzw. die Heizkurve automatisch an Wetterdaten auszurichten oder die Herabregelung der Heizkörper bei offenen Fenstern zu automatisieren. Als analoge Hilfsmittel finden sich sogenannte Energiesparthermometer, die je Grad weniger Raumtemperatur die Einsparung an Heizenergie anzeigen.

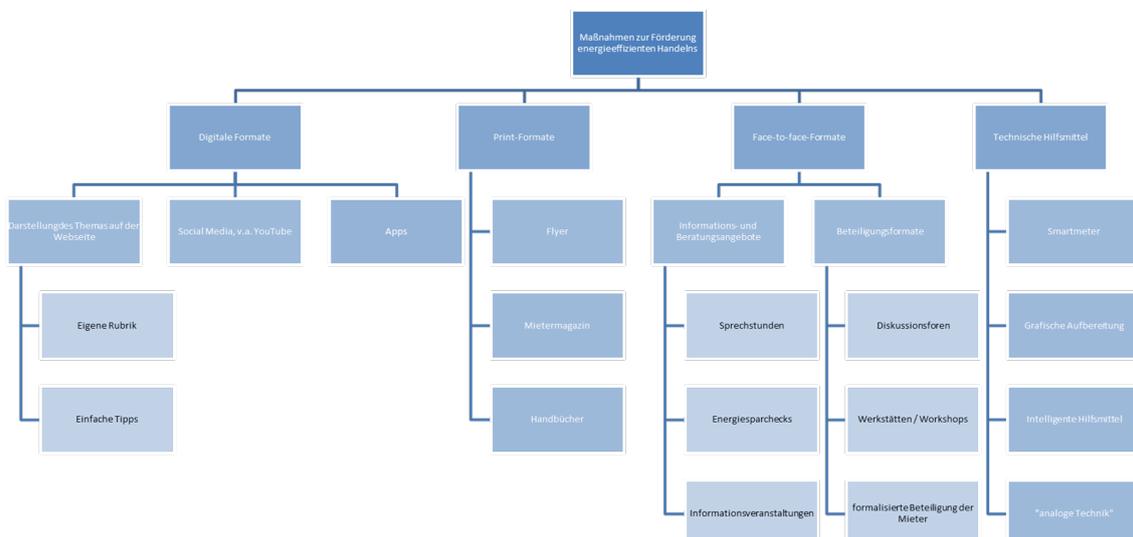


Abbildung 3: Ergebnisse der Recherche: Maßnahmen zur Förderung energieeffizienten Handelns

Auf Basis der Recherche konnten drei Wohnungsunternehmen zur Teilnahme an vertiefenden Leitfadeninterviews gewonnen werden.

Hier zeigte sich ein breites Spektrum in der Relevanz und den Strategien hinsichtlich energetischer Sanierung in den Wohnungsbeständen, dem Umgang mit Rebound-Effekten und der Mieterkommunikation.

Dabei reicht das Spektrum bei Sanierungsentscheidungen vom Ziel der guten Vermietbarkeit (mit Fokus auf Beseitigung von Mängeln), über Bestrebungen, Sanierungsmaßnahmen so durchzuführen, dass diese noch wirtschaftlich sind, ohne die Mieter*innen zu sehr zu belasten bis hin zu der Devise „Wenn sanieren, dann richtig“, also auf KfW70-Standard bei Plattenbauten bzw. KfW50-Standard bei Altbauten.

Die Kommunikation mit den Mieter*innen wird von allen Wohnungsunternehmen als wichtig angesehen. Sie erfolgt bei energetischen Ertüchtigungen mindestens durch die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften mit Hilfe des Kundenservice und Klärung von

konkreten Fragen im Zuge der Bauausführung vor Ort. Das Wärmenutzungsverhalten im Alltag wird auf jeden Fall mit klassischen Mitteln (Mieterhandbuch bei Abschluss des Mietvertrags, Poster zu gegebenen Anlässen, Transparenz zur Verbrauchsentwicklung über Betriebskostenabrechnung) adressiert.

Eine stärkere Institutionalisierung der Mieterkommunikation zeigt sich in einer mehrstufigen Einbindung im Kontext von Sanierungen mit Hilfe von ausführlichen, schriftlichen Informationen und persönlichen Gesprächen. Unterstützung beim Energiesparen im Alltag erfolgt in diesen Fällen durch persönliche Beratungsangebote (u.a. mit Hilfe von Verbraucherzentralen), die zum Teil auch stark beworben werden. In einem Fall wird hierfür auch der Einsatz eines Chatbots (zumindest bei Fragen von Miethaushalten) geprüft. Betriebskostenabrechnungen enthalten in diesen Fällen visualisierte Verbrauchsrückmeldungen und teilweise nicht nur Informationen zur Entwicklung über die Zeit, sondern auch im Vergleich zu anderen Haushalten. Als weitere Instrumente zur Mietereinbindung beim Energiesparen werden Mieter-Apps oder eine Neumieterbefragung genannt.

Eine Verbrauchs-Bedarfs-Betrachtung wird bei einem Wohnungsunternehmen regelmäßig, nämlich zwei Jahre nach Modernisierung, durchgeführt und bei Differenzen eine Betriebsüberprüfung und ggf. -optimierung durchgeführt. Bei einem anderen Wohnungsunternehmen erfolgte diese bisher im Rahmen von Projekten.

AP 3: Auswahl der Untersuchungsobjekte und Feldzugang (NHW, IWU, ISI)

Vorgehensweise

Der Feldzugang für die Befragung erfolgte in zwei Stufen: Zuerst wurden die Liegenschaften bzw. Gebäude bestimmt, danach die zu befragenden Haushalte bzw. Personen (für Details siehe Kleinhückelkotten et al. 2023).

Die Auswahl von Liegenschaften und Gebäuden wurde Kriterien-basiert in enger Zusammenarbeit mit der NHW auf Basis vorliegender Strukturdaten zu Gebäudealter, Endenergiebedarf, Modernisierungstätigkeit, Miethöhe etc. vorgenommen. Wegen der als persönliche Interviews konzipierten Mieterbefragung war außerdem eine räumliche Begrenzung der Befragungsgebiete notwendig, um die Kosten für die Erhebung durch ein Feldinstitut in einem vertretbaren Rahmen zu halten.

Diese Auswahl an Liegenschaften in den Regionen Frankfurt am Main, Wiesbaden, Kassel und Fulda wurde anschließend mit Hilfe eines Geodatenproviders um weitere Informationen zur Familien- und Altersstruktur sowie zur sozialen Schicht angereichert. Somit konnte eine hinsichtlich ihrer soziostrukturellen Zusammensetzung der Haushalte und hinsichtlich unterschiedlicher Gebäudestandards heterogene Stichprobe sichergestellt werden.

Für die Fortführung der pandemiebedingt unterbrochenen Befragung in der Heizperiode 2021/2022 („zweite Welle“) wurden zusätzliche Liegenschaften im Raum Darmstadt und Offenbach am Main hinzugenommen, um bis dato unterrepräsentierte Gebäude mit besserem energetischem Standard verstärkt zu erreichen.

Die Gestaltung des Feldzugangs weist in beiden Wellen gewisse Unterschiede auf:

- Für die erste Welle wurden gut 12.000 Haushalte durch die NHW postalisch zur Befragungsteilnahme eingeladen und datenschutzrechtlich aufgeklärt. Nach Ablauf der Widerspruchsfrist wurden die Adressdaten durch die NHW an das beauftragte Befragungsinstitut übersandt, welches die Haushalte vor Ort aufsuchte und die Interviews entweder direkt durchführte oder für einen späteren Zeitpunkt terminierte.
- Abweichend dazu erforderte die zweite Befragungswelle durch den Wechsel auf Telefoninterviews aufgrund datenschutzrechtlicher Vorgaben ein zweistufiges Verfahren: Dabei wurden mehr als 13.500 Haushalte (z. T. erneut) postalisch durch die NHW angeschrieben und um kostenfreie Rücksendung eines Kontaktblatts gebeten. Auf dieser Basis erfolgte die telefonische Kontaktaufnahme durch das Befragungsinstitut. Durch eine vorgeschaltete Vorabbefragung wurde sichergestellt, dass die richtige (dauerhaft unter der jeweiligen Anschrift wohnhaft) und geeignete Person (volljährig, zuständig für das Heizen u. Lüften) befragt wurde. Aufgrund des zögerlichen Rücklaufs der Kontaktblätter wurde – mit Abflachen der Corona-Pandemie – in einem Frankfurter Stadtteil noch einmal Interviewer persönlich vor Ort eingesetzt.

Ergebnisse

Im Rahmen beider Erhebungswellen konnten 1.304 auswertbare Interviews erzielt werden. Der Großteil der auswertbaren Interviews entfällt auf die Städte Frankfurt am Main, Fulda und Kassel, die heterogene Mietpreisniveaus aufweisen. Wie im KOSMA Werkstattbericht Nr. 3 dargestellt, wurde auch hinsichtlich der energetischen Gebäudequalität und soziodemographischen Merkmale ein heterogenes Sample erreicht.

AP 4: Wärmenutzungsverhalten: Einflussfaktoren und nutzerspezifische Verhaltensweisen (ECOLOG, IWU, NHW, ISI)

Vorgehensweise

Schwerpunkt der Datenauswertung war eine Querschnittsanalyse, bei der zunächst bivariat sowohl unterschiedliche soziodemographische/-kulturelle Gruppen im Hinblick auf ihr Heiz- und Lüftungsverhalten miteinander verglichen wurden (IWU) als auch der Einfluss baulich-technischer Faktoren untersucht wurde (IWU). Ferner wurde der Frage nachgegangen, inwieweit sich die verschiedenen Befragtensegmente in Bezug auf Wertorientierungen und Einstellungen der Befragten sowie zu Bedürfnissen, Gewohnheiten, Wissen und Informiertheit unterscheiden (ECOLOG). Daran anschließend erfolgte eine

multivariate Betrachtung der verschiedenen Einflussfaktoren auf das Heiz- und das Lüftungsverhaltensweisen (ECOLOG).

Für eine kleine Teilgruppe (n = 82) konnten aus der Retrospektive Veränderungen des Heiz- und Lüftungsverhaltens in Folge einer energetischen Gebäudemodernisierung erfasst und Einschätzungen zur Wohnsituation vor und nach Sanierung miteinander verglichen werden (IWU).

Ergänzt wurden die Auswertungen zusätzlich durch deskriptive Darstellungen zu subjektiven Wahrnehmungen der Wohnsituation (IWU).

Den eigentlichen Auswertungen ging eine umfangreiche Aufbereitung und Plausibilisierung des Datensatzes voraus (IWU). Hierbei wurden in enger Zusammenarbeit zwischen IWU, NHW und Befragungsinstitut zunächst die Befragungsdaten aus beiden Wellen zusammengeführt und Daten der NHW zu gebäude- und wohnungsbezogenen Merkmalen datenschutzkonform mittels ID zugespielt. Im nächsten Schritt wurden in enger Abstimmung zwischen IWU und ECOLOG für die Analysen nutzbare Auswertungsvariablen erstellt, mit dem Ziel, Informationen so zu bündeln, dass aussagekräftige Variablen mit für die Analyse ausreichend großen Fallzahlen erreicht wurden (s. dazu detaillierte Angaben im KOSMA Werkstattbericht Nr. 3, Abschnitt 3.3).

Die Auswertungen zum Heizen und Lüften wurden – sofern vorhanden – für die Räume einer „Normalwohnung“ (Wohnzimmer, Schlafzimmer, ggf. kombiniertes Wohn-/Schlafzimmer, Küche, Bad) vorgenommen. Außerdem fanden die oben bereits eingeführten drei erfassten Anwesenheitszustände (tagsüber bei Anwesenheit, tagsüber bei Abwesenheit und nachts bei Anwesenheit) Berücksichtigung. Zudem wurden aggregierte Variablen für den Gesamttag (24 h-Betrachtung) erstellt. Ferner wurden auch technische Besonderheiten (z.B. Regelung einer Gasetagenheizung über Raumthermostat im Referenzzimmer und Thermostatventile an den Heizkörpern, Vorhandensein einer Abluftanlage) beachtet.

Vorgehensweise bei der Ermittlung von Faktoren mit Einfluss auf den Heizenergieverbrauch

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Faktoren, die den Heizenergieverbrauch beeinflussen, ist ausführlich in einem Werkstattbericht beschrieben (Kleinhüchelkotten et al. 2023). Deshalb wird an dieser Stelle nur ein kurzer Überblick über die durchgeführten Arbeiten gegeben.

Berechnung von Variablen für die Auswertung

Für die meisten Variablen konnten die Werte direkt aus den Befragungsergebnissen übernommen werden. In einigen Fällen waren Zwischenschritte zur Bestimmung der Werte der Variablen erforderlich (z. B. bei den für die 24h-Betrachtung aggregierten

Werten). Als neue Variablen wurden ein Wissensscore sowie Indikatoren für den Energieeinsatz für Heizung und für den Wärmeverlust durch Lüften berechnet.

Wissensscore

Zur Untersuchung der Frage, ob das Wissen der Befragten einen Einfluss auf das Heiz- und Lüftungsverhalten hat, wurde ein Wissensscore gebildet. Dazu wurde bei den Befragten, die zu allen vorgegebenen Aussagen angegeben hatten, ob sie aus ihrer Sicht wahr oder falsch sind, für jede richtige Antwort eine 1 und für jede falsche Antwort eine 2 vergeben. Der Wissensscore ist der Mittelwert der Werte für alle Aussagen.

Indikator für den Energieeinsatz für Heizung

Der Indikator für den Heizenergieverbrauch, wie er ursprünglich geplant war (Kleinhüchelkotten et al. 2023), konnte nicht verwendet werden, da die benötigten Angaben zur Art und Nutzung der Heizung, zur Art der Heizkörperregelung, zur Einstellung am Heizkörper bei An- und Abwesenheit in der Wohnung sowie in der Nacht, zu weiteren im Heizkreislauf vorhandenen Regeleinheiten und deren Nutzung sowie zu An- und Abwesenheitszeiten in der Wohnung für zu viele Haushalte nicht vollständig vorlagen. Letztlich wurde die Temperatureinstellung am Heizkörper im Wohnzimmer bzw. im Wohnschlafzimmer bei Anwesenheit von Personen in der Wohnung verwendet.

Indikator für den Wärmeverlust durch Lüften

In die Berechnung des Indikators für den Wärmeverlust durch Lüften im Wohnzimmer bzw. Wohnschlafzimmer ebenfalls bei Anwesenheit von Personen in der Wohnung gingen die folgenden Informationen und Daten ein:

- Art der Fensteröffnung beim Lüften
- Häufigkeit und Gesamtdauer der Fensteröffnung
- Temperatur im Zimmer vor dem Lüften (entsprechend der Einstellung an der Heizung)
- Einstellung der Heizung während des Lüftungsvorgangs

Für die ebenfalls verwendeten Größen Außentemperatur, Zeit für den Austausch der Luft im Zimmer und Zeit für die vollständige Abkühlung der Wände und der Objekte im Zimmer bei abgeschalteter Heizung wurden plausible Annahmen gemacht (Kleinhüchelkotten et al. 2023). Für diesen Indikator wurden zwei Varianten berechnet:

- Wärmeverlust durch alle Lüftungsvorgänge während der gesamten Anwesenheitszeit von Personen in der Wohnung tagsüber
- Wärmeverlust durch Lüften pro Stunde Anwesenheitszeit tagsüber

Analyse der Ausprägung möglicher Einflussfaktoren auf das Heiz- und Lüftungsverhalten

Neben den soziodemographischen Merkmalen der Mieter*innen und den (bau-) technischen Eigenschaften der Gebäude gibt es weitere Faktoren, die das Heiz- und Lüftungsverhalten beeinflussen können. Dazu gehören:

- Wertvorstellungen
- Einstellungen zur Wohnung sowie zum energieeffizienten Heizen und Lüften
- Bedürfnisse in Bezug auf Wärme und Frischluft
- Gewohnheiten im Zusammenhang mit Heizen und Lüften
- Wissen zum „richtigen“ Heizen und Lüften
- Informiertheit bezüglich des Heizens und Lüftens

Untersucht wurde in einem ersten Schritt, welche Ausprägungen diese in dem Gesamtsample der Befragten und in den verschiedenen soziodemographischen Segmenten haben. Außerdem wurden bei den Variablengruppen, für die dies möglich war, Faktorenanalysen durchgeführt mit dem Ziel, wenige latente Variablen zu identifizieren, die den Befunden zu den vielen verschiedener manifesten Variablen zugrunde liegen. Es wurde auch mittels Clusteranalysen untersucht, ob es Gruppen von Befragten gibt, die bezüglich der o. a. Variablen Ähnlichkeiten aufweisen. Die Ergebnisse waren jedoch für weitere Analyseschritte nicht brauchbar.

Multivariate Analysen zum Heiz- und Lüftungsverhalten

Zur eigentlichen Untersuchung möglicher Einflüsse soziodemographischer, gebäude- und wohnungsbezogener Merkmale sowie von Werten, Einstellungen, Bedürfnissen, Gewohnheiten, Informiertheit und Wissen auf den Heizenergieverbrauch wurden bi- und multivariate Analysen durchgeführt:

- Cluster-Analysen zur Identifizierung von Werte- und Einstellungstypen, für die dann untersucht werden sollte, ob sie sich hinsichtlich ihres Heiz- und Lüftungsverhaltens unterscheiden,
- Faktoranalysen zur Identifizierung latenter Variablen, die möglicherweise mehreren verschiedenen Variablen zugrunde liegen und die statt der primären Variablen in die Analysen eingehen, bzw. Hauptkomponentenanalysen, um Informationen der Variablen zusammenzufassen, sowie
- binäre und multivariate Regressionsanalysen zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen einzelnen oder mehreren unabhängigen Variablen und dem Heiz- oder dem Lüftungsverhalten als abhängigen Variablen.

Ergebnisse

Nachfolgend werden einige wesentlichen Ergebnisse zu den einzelnen Themenblöcken in zusammengefasster Form berichtet. Eine ausführliche Ergebnisdarstellung (inkl. Tabellen mit deskriptiven Auswertungsparametern) findet sich im dritten KOSMA Werkstattbericht (Kleinhückelkotten et al. 2023).

Wahrnehmungen der Wohnsituation

Die unterschiedlichen Aspekte der Wohnsituation werden im KOSMA-Sample überwiegend positiv wahrgenommen. Dies gilt für die erfassten Aussagen sowohl zur Beheizbarkeit der Wohnung, wie Zugänglichkeit, Regulierbarkeit und gleichmäßige Wärme der Heizkörper, als auch zur Wärme der Wohnung. Dabei wohnen Befragte, welche die Raumtemperatur als genau richtig bzw. als ausreichend warm empfinden, vorwiegend in Gebäuden mit sehr gutem bis normalen energetischen Zustand, wohingegen Befragte, welche die Raumtemperaturen als zu kalt beurteilen, in Gebäuden mit normalem bis unsaniertem Zustand wohnen. Die wenigen Befragten (n = 17), welche die Raumtemperaturen im Winter als zu warm beurteilen, haben ihre Wohnung zum Großteil in Gebäuden mit ambitioniertem bis verbessertem energetischen Zustand. Einen Hinweis auf eine technisch nicht einwandfreie Funktion von Heizungen liefert die Aussage von gut einem Viertel der Befragten, dass von Heizkörpern zumindest teilweise Geräusche ausgehen.

Die Wahrnehmungen der Wohnsituation im Hinblick auf die Fensterlüftung fallen überwiegend positiv aus. Auffallend ist allerdings, dass relativ häufig angegeben wurde, dass Fensterbänke vor der Fensteröffnung freigeräumt werden müssen (52 %). Häufiger angegeben wurde auch, dass es in den Wohnungen zieht (40 %) oder dass es störenden Lärm von außen gibt (31 %). Ebenso nennenswert sind die Angaben von etwa 17 % der Befragten, bei welchen zumindest teilweise ein Problem mit Feuchtigkeit oder Schimmel in der Wohnung besteht.

Aus dem Vergleich der Bewertung der Wohnsituation vor und nach Sanierung, der auf Basis der retrospektiv befragten Haushalte vorgenommen wurde, zeigt sich für alle Aspekte (Lärm, Luftzug, Schimmel/Feuchte, Wärme) eine positivere Bewertung nach der Sanierung. Der stärkste Effekt ist bei der Beurteilung „ausreichende Wärme“ in der Wohnung zu beobachten. Demzufolge hat die Sanierung zu einer Verbesserung der Wohnsituation beigetragen. Die Fallzahlen, die diesem Befund zugrundeliegen, sind allerdings klein.

Ergebnisse zu den Wertorientierungen und Einstellungen der Befragten sowie zu Bedürfnissen, Gewohnheiten, Wissen und Informiertheit

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen zu den Ausprägungen von Wertorientierungen und Einstellungen im Gesamtsample und in den verschiedenen soziodemographischen Segmenten sowie zu Bedürfnissen, Gewohnheiten, Wissen und Informiertheit der Befragten zusammengefasst. Diese Ergebnisse bilden eine Grundlage für die Interpretation der Ergebnisse der bi- und multivariaten Analysen zu den Einflussfaktoren des Heiz- und Lüftungsverhalten.

Wertorientierungen

Das Sample der Befragten weist in Bezug auf die Items zur Bedeutung traditioneller Werte, wie Pflicht und Ordnung, der Einhaltung von Regeln und dem Sicherheitsbedürfnis sowie hinsichtlich des Werts einer intakten Umwelt hohe Zustimmungsraten von jeweils über 80 % auf. Dass sie ein einfaches und bescheidenes Leben führen, sagt knapp 70 % der Befragten von sich. Die Faktorenanalyse, in die alle nicht doppelt ladenden Werte-Items einbezogen wurden, ergab drei Faktoren:

- Faktor 1: Abwechslung/Erfolg
- Faktor 2: Tradition/Sicherheit
- Faktor 3: Umweltschutz

Zum Antwortverhalten bei den einzelnen Items und zur Ausprägung der Faktoren in den soziodemographischen Segmenten s. Kleinhüchelkotten et al. 2023.

Einstellungen: Bedeutung der Wohnung

Eine Faktorenanalyse, in die alle Items zur Bedeutung der Wohnung eingingen, ergab, dass sechs von sieben Variablen, alle mit Zustimmungsraten zwischen 64 % und 91 %, hoch auf den Faktor „Zuhause/Heim“ laden. Beim zweiten Faktor sind die Ladungen dieser Items gering. Auf diesen lädt nur ein Item mit der Aussage, dass die Wohnung lediglich eine Unterkunft darstellt.

Einstellungen: Energieeffizientes Heizen und Lüften

Das Problembewusstsein in Bezug auf die Notwendigkeit eines sparsamen Umgangs mit Energie ist unter den Befragten hoch und weit verbreitet. Knapp 80 % gaben an, dass es ihnen wichtig sei, beim Heizen und Lüften auf einen sparsamen Umgang mit Energie zu achten. Auch die Bewertung anderer Aussagen durch die Befragten deuten darauf hin, dass eine große Mehrheit der Befragten bemüht ist, hohe Energieverbräuche zu vermeiden. Die Hauptmotivation ist die Begrenzung der Heizkosten, aber drei Viertel der Befragten ist es auch wichtig, dass Klima und Umwelt nicht zu sehr belastet werden. Die zehn Variablen zu den Einstellungen zum Heizen und Lüften lassen sich auf zwei Faktoren reduzieren:

- Faktor 1: Aufwand/Einschränkung
- Faktor 2: Sparsamkeit/Klimaschutz

Bedürfnisse

Knapp 70 % der Befragten ist es wichtig, ihre Wohnung im Winter so zu heizen, dass sie sich nicht zu dick anziehen müssen. Die große Mehrheit der Befragten ist mit den Temperaturen in ihrer Wohnung im Winter zufrieden. Rund 88 % empfinden sie als genau richtig. Regelmäßiges Lüften im Winter ist rund 92 % der Befragten ein Anliegen.

Gewohnheiten

Dass das Heizen bei ihnen nach festen Gewohnheiten abläuft, gab rund 46 % der Befragten an. In 57 % der Haushalte wird ganz unterschiedlich, je nach aktuellem Bedarf geheizt. Beim Lüften ist der Anteil derer, die dies nach festen Gewohnheiten tun, etwas größer als der der Haushalte, in denen eher bedarfsgemäß gelüftet wird (57 % zu 55 %).

Wissen

Von der überwiegenden Mehrheit der Befragten wurden die meisten Wissensfragen zum Heizen und Lüften richtig beantwortet (78 % bis 84 % richtige Antworten). Nur bei der Frage zum richtigen Heizverhalten bei mehrstündiger Abwesenheit waren die Antwort von rund 70 % der Befragten falsch.

Informiertheit

Über 70 % der Befragten hält sich, was das „richtige“ Heizen und Lüften angeht, für gut informiert. Allerdings meint nur ein Drittel der Befragten, dass sie von ihrem Vermieter mit allen nötigen Informationen versorgt werden.

Ergebnisse zum Heizverhalten

Das Heizverhalten wurde für die Räume einer Normalwohnung (Wohnzimmer, Schlafzimmer, ggf. kombinierte Wohn-/Schlafzimmer, Bad, Küche) anhand der Thermostateinstellungen erfasst. Dabei wurden drei Situationen unterschieden: Anwesenheit tagsüber, Abwesenheit tagsüber, nachts.

Die Beheizung der Wohnungen erfolgt überwiegend mit Zentralheizung (n = 732), Gas-Etagenheizung (n = 275) oder Fernwärme (n = 260). Vereinzelt gibt es Öfen.

Die *Auswertungen der Thermostateinstellungen* deuten auf ein insgesamt sparsames Heizverhalten in allen Räumen einer Normalwohnung hin. Dies gilt sowohl für die Betrachtung des Ganztages (24 h-Betrachtung) als auch die einzelnen Situationen, die jeweils hohe Anteile an Haushalten mit Thermostateinstellungen von 0 bis unter 1 aufweisen. Dabei zeigen sich Unterschiede nach der Raumnutzung: Im Wohnzimmer (bzw. kombinierten Schlaf-/Wohnzimmer) wird stärker geheizt als in den übrigen Zimmern. Die niedrigsten Thermostateinstellungen finden sich in der Küche. Im Vergleich der Heizsysteme finden sich in Wohnungen mit Gas-Etagenheizung bei Anwesenheit tagsüber höhere durchschnittliche Thermostateinstellungen, was jedoch mit den Besonderheiten des Heizsystems (Regulierung durch die Wunschtemperatur an der Gastherme bei möglicher Unterregelung an den Thermostatventilen) zu tun haben dürfte. Im Wohnzimmer beträgt die durchschnittliche Einstellung 3,1 (wobei die Einstellung der Wunschtemperatur der Gastherme größtenteils abgerufen oder sogar überschritten wird), in Wohnungen mit Zentralheizung oder Fernwärme hat die mittlere Thermostateinstellung einen Wert von 2,3.

Nach vermierterseitiger Auskunft wird bei allen Wohnungen mit Fernwärme oder Zentralheizung eine zentrale Nachtabsenkung auf 18 °C vorgenommen. Die Befragung zeigte, dass sich der Großteil der Befragten dieser Absenkung nicht bewusst ist. Die mittleren Thermostateinstellungen liegen bei Nacht im Wohnzimmer mit Werten von maximal 1,5 bei Fernwärme und 1,4 bei Zentralheizung unter 18°C. Der Vergleich zwischen den Thermostateinstellungen tagsüber bei Anwesenheit und nachts zeigt, dass größtenteils und unabhängig vom Wissen über die zentral gesteuerte Absenkung keine manuelle Nachtabsenkung vorgenommen wird. In Räumen, die tagsüber stärker beheizt werden, erfolgt nachts häufiger eine manuelle Absenkung. Am häufigsten wird im Wohnzimmer (38,6 %) bzw. kombinierten Wohn-/Schlafzimmer (26,7 %) abgesenkt. Im Bad senkt noch etwa ein Fünftel die Temperatur nachts ab, in der Küche und im Schlafzimmer ist die Absenkungsrate niedriger. Haushalte, die eine Nachtabsenkung vornehmen, drehen die Thermostatventile durchschnittlich um etwa 2 (Wohnzimmer, Schlafzimmer, Küche) bis (knapp) 3 Einheiten zurück (komb. Wohn-/Schlafzimmer, Bad).

Bei Abwesenheit wird – bezogen auf alle Heizsysteme – mehrheitlich ebenfalls keine Absenkung vorgenommen. Die Absenkungsrate steht ebenfalls in Verbindung mit den Einstellungen tagsüber bei Anwesenheit und fällt in den einzelnen Räumen ähnlich aus wie bei der manuellen Nachtabsenkung. Bei vorhandener Absenkung werden die Thermostate in allen Zimmern um etwas mehr als 2 Einheiten zurückgedreht. Eine Ausnahme bilden kombinierte Wohn-/Schlafzimmer mit einer mittleren Absenkung von 3,1 Einheiten. Hier sind die Fallzahlen aber klein. Zur Absenkung bei Abwesenheit ist weiterhin erwähnenswert, dass über 80 % der Befragten angeben, die Heizung generell herunterzuregeln, wenn sich mehrere Tage niemand in der Wohnung aufhält.

Die Querschnittsvergleiche zu *Thermostateinstellungen in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Merkmalen* zeigen, dass der wohnungsbezogene energetische Gebäudezustand und das Vorhandensein einer Wärmeschutzverglasung maßgeblich für das Heizverhalten sind. Dabei finden sich bezogen auf die mittleren Thermostateinstellungen keine Hinweise auf Rebound-Verhalten: Haushalte in unsanierten Gebäuden heizen in allen drei Situationen signifikant mehr als in teilsanierten Gebäuden oder solchen in einem verbesserten / ambitionierten energetischen Zustand. Im Schlafzimmer wird die Heizung in allen drei Situationen und in der Küche bei Anwesenheit signifikant niedriger eingestellt, wenn eine Wärmeschutzverglasung vorhanden ist. Auch die aus der Retrospektive für eine Teilgruppe erfragten Aussagen zu Veränderungen beim Wärmenutzungsverhalten infolge einer energetischen Sanierung liefern keine Hinweise auf Rebound-Verhalten. Dabei haben insbesondere Aussagen zum vermehrten Aufdrehen der Heizung nach Sanierung eine hohe Ablehnung erhalten, wohingegen bei Aussagen zu einem sparsameren Heizverhalten („Seit der Modernisierung heizen wir weniger“) und bei der Wahrnehmung warmer Räume auch ohne mehr zu heizen eine hohe Zustimmung festzustellen ist.

Bei der Absenkung der Thermostatventile lässt sich auf Basis der Vergleiche der drei Situationen hingegen ein umgekehrter Trend feststellen: Nachts wird zumindest in Schlafzimmer, Küche und Bad in Wohnungen in einem ambitionierten energetischen Gebäudezustand signifikant seltener eine Absenkung vorgenommen als in Wohnungen in den beiden schlechteren Kategorien. Bei Abwesenheit gilt dies für alle Zimmer. Dies ist allerdings vor dem Hintergrund der niedrigeren Heizungseinstellungen tagsüber bei Anwesenheit gerade in Wohnungen in einem guten energetischen Zustand zu sehen. In allen Zimmern wird sowohl nachts als auch bei Abwesenheit außerdem signifikant seltener abgesenkt, wenn eine Wärmeschutzverglasung vorhanden ist.

Die Auswertungen der *Thermostateinstellungen für die verschiedenen soziodemographischen/-kulturellen Gruppen* zeigen zumindest teilweise signifikante Zusammenhänge mit dem Durchschnittsalter der erwachsenen Personen im Haushalt, dem Bildungsabschluss, dem Nettoäquivalenzeinkommen, dem Geschlechterverhältnis im Haushalt und dem Migrationshintergrund. Diese Zusammenhänge fallen je Raum und auch je betrachteter Situation teils unterschiedlich aus und sind inhaltlich zum Teil kaum interpretierbar (v. a. Migrationshintergrund, Bildungsabschluss). Die Gruppenunterschiede sind außerdem zumeist gering.

Relativ konstante Hinweise finden sich auf ein höheres Wärmebedürfnis von Seniorinnen und Senioren (in Wohnräumen) und von Frauen: Haushalte mit einem Durchschnittsalter ab 65 Jahren nehmen im Wohnzimmer und Bad in allen drei Situationen und der Küche bei Abwesenheit und nachts signifikant höhere Thermostateinstellungen vor als jüngere Altersgruppen. Auffallend ist ein dem entgegengesetztes Muster im Schlafzimmer, wo ältere Personen grundsätzlich niedrigere Thermostateinstellungen vornehmen. Für Haushalte, in welchen Personen ab 76 Jahren leben, sind ähnliche Zusammenhänge vorzufinden.

Haushalte, in welchen überwiegend Frauen leben, nehmen insbesondere im Wohnzimmer und im Bad höhere Thermostateinstellungen vor als Haushalte mit mehrheitlich männlichen Personen oder bei ausgewogenem Geschlechterverhältnis. Im Schlafzimmer bestehen hingegen kaum Unterschiede.

In Bezug auf die manuelle Absenkung bei Nacht finden sich keine nennenswerten Zusammenhänge mit der Altersstruktur im Haushalt oder dem Geschlechterverhältnis. Lediglich im Schlafzimmer wird mit zunehmendem Alter die Heizung seltener zurückgedreht. Gleiches gilt für die Absenkung der Temperatur bei Abwesenheit. Im Gegensatz zur Nachtabsenkung nehmen junge Haushalte sowie Haushalte mit Kindern in dieser Situation im Wohn- und Schlafzimmer häufiger eine Absenkung vor. Das Geschlechterverhältnis ist für die Absenkung bei Abwesenheit nicht maßgeblich.

Ergebnisse zum Lüftungsverhalten

Die Befragten wurden – ähnlich wie bereits beim Heizen – gebeten anzugeben, wie sie tagsüber bei Anwesenheit und Abwesenheit sowie nachts üblicherweise die Zimmer ihrer Wohnung lüften. Dazu sollten sie für bis zu vier Zimmer ihrer Wohnung sowohl zur Art der Fensteröffnung (d.h. ganz geöffnet („Stoßlüftung“), gekippt/spaltbreit („Kipplüftung“), gar nicht geöffnet, ganz verschieden) als auch zur jeweiligen Anzahl und Dauer (bei mehreren Lüftungsvorgängen aufsummiert) der Stoß- und/oder Kipplüftung für einen „normalen Werktag wie heute“ Auskunft geben. Die Auswertung erfolgte zumeist auf Basis einer aggregierten Betrachtung, d. h. die Einzelangaben wurden zu 24 h-Werten zusammengefasst.

An einem normalen Werktag ist die *Art der Fensteröffnung* je nach Raumnutzung unterschiedlich: Das Wohnzimmer wird von zwei Dritteln der Befragten (67 %) ausschließlich stoßgelüftet, d. h. die Fenster dort werden immer weit geöffnet. Für das Schlafzimmer gilt dies für knapp die Hälfte der Befragten (48 %). In Schlafzimmern (33 %) sowie in Küchen (37 %) und Bädern (32 %, ohne Abluftanlage) ist im Vergleich zum Wohnzimmer (16 %) der Anteil mit ausschließlicher Kipplüftung mindestens doppelt so hoch oder höher. Bezogen auf die Küche (30 %) und Bad (25 %, ohne Abluftanlage) fallen zudem vergleichsweise höhere Anteile der Angabe „das ist ganz verschieden“ auf, was auf eine eher situativ bestimmte Vorgehensweise in diesen Räumen hinweist. In Wohn- und Schlafzimmern sind die Anteile der Befragten, die keine festen Lüftungsgewohnheiten angegeben haben, mit 7 % bzw. 6 % deutlich kleiner. Im Vergleich von Wohnzimmer und Schlafzimmer zeigt sich weiter, dass knapp zwei Drittel der Befragten (64 %) beide Zimmer in jeweils gleicher Weise lüften, davon 44 % mit ganz geöffnetem Fenster. Es ließ sich ein mittelstarker statistischer Zusammenhang nachweisen (Cramers V: 0,402, $p < 0.001$)², der darauf hindeutet, dass es – bezogen auf Wohn- und Schlafräume – feste Fensteröffnungsroutinen gibt. Die präferierte Art des Fensteröffnens scheint zudem im Wesentlichen unabhängig davon zu sein, ob die Befragten erst Pflanzen, Deko o. ä. von Fensterbänken räumen müssen oder nicht. Je nach betrachtetem Zimmer bleiben nachts (Anteile zwischen 70 bis 84 %) und bei Abwesenheit (72 bis 84 %) die Fenster in den meisten Fällen geschlossen.

Die Auswertungen zur *Häufigkeit und Dauer der Fensteröffnungen* zeigen, dass die „Stoßlüfter“ im Mittel zwischen 2- bis 3-mal pro Tag ihre Fenster weit öffnen (Median 2-mal). Im Mittel öffnen die befragten „Stoßlüfter“ ihre Fenster etwa eine Dreiviertelstunde pro Tag. Klammert man die Extremwerte (definiert als Werte größer als die Summe aus Mittelwert und einer Standardabweichung) aus, verkleinert sich das arithmetische Mittel

² Cramers V ist ein statistisches Maß für die Effektstärke beim Chi-Quadrat-Test. Der Chi-Quadrat-Test ermittelt, ob es einen Zusammenhang zwischen zwei Variablen gibt, ohne jedoch Aussagen über die Richtung des Zusammenhangs treffen zu können. Cramers V nimmt Werte zwischen 0 (kein Zusammenhang) und 1 (perfekter Zusammenhang) an.

auf ca. eine halbe Stunde. Insgesamt fällt aber eine große Streuung auf, die darauf hindeutet, dass große interindividuelle Präferenzunterschiede bestehen. Der Median beträgt für Wohn- und Schlafräume sowie Bäder übereinstimmend 20 Minuten, in der Küche 25 Minuten bis 30 Minuten. Damit hat die Hälfte der Befragten zum Teil deutlich länger als 20 Minuten täglich die Fenster weit öffnet. Für das im Regelfall am meisten beheizte Wohnzimmer berichteten z. B. 8 % der befragten Stoßlüfter von Öffnungsdauern von mehr als einer Stunde pro Tag. Diese Anteile von „Langlüftern“ sind dabei unabhängig davon, ob der Befragungstag subjektiv als milder (7,1 %) oder kalter Wintertag (7,8 %) empfunden wurde. Auch das Rauchen in der Wohnung oder das Vorhandensein von Haustieren lieferten diesbezüglich keine weiteren Erklärungen.

Gemäß dem Median werden die Wohnzimmerfenster von der Hälfte der betreffenden „Kipplüfter“ zweimal am Tag angekippt, in den übrigen betrachteten Zimmern einmal pro Tag. Die Zahl der Kipplüftungen pro Tag ist aber insofern mit Vorsicht zu interpretieren, als dass sich hinter einem Wert von „1-mal Kipplüftung in 24 Stunden“ häufig eine längere/lange Öffnungsdauer verbirgt. Außerdem stellt sich die Dauer der Kipplüftung für die einzelnen betrachteten Räume im Tagesmittel sehr unterschiedlich dar: Im Wohnzimmer kippt die Hälfte der betreffenden Befragten nicht länger als anderthalb Stunden das Fenster an. Im Schlafzimmer beträgt der Median dagegen acht Stunden. Dabei handelt es sich oft um „klassische Nachtkipplüfter“. Auch in Bad und Küche werden die Fenster im Tagesmittel eher länger gekippt/spaltbreit geöffnet (Median: 6 Stunden bzw. 4 Stunden).

Weiter lässt sich festhalten, dass lediglich 13 % des Gesamtsamples zum Beispiel das Wohnzimmer im Winter in der empfohlenen Art und Weise lüften. Dieser Aussage liegen die *Lüftungsempfehlungen* von co₂online³ zugrunde, die sich nach Jahreszeit/Witterung unterscheiden: Von Dezember bis Februar sollten demzufolge täglich 5 Minuten, im November und März 10 Minuten stoßgelüftet werden. Am besten sollten die Fenster dafür 3- bis 4-mal geöffnet werden. Deutlich mehr Befragte (52 %) öffnen ihre Fenster zwar mit der empfohlenen Stoßlüftung, aber länger als dies aus raumhygienischer Sicht notwendig wäre. Bezieht man zusätzlich den Hinweis ein, 3- bis 4-mal am Tag die Fenster per Stoßlüftung in der beschriebenen Dauer zu öffnen, verhalten sich nur noch 3,5 % des Gesamtsamples empfehlungsgemäß. Dies deutet auf ein ausgesprochen hohes Optimierungspotenzial in Bezug auf das Fensteröffnungsverhalten hin.

Ein *Einfluss baulicher Merkmale auf das Fensteröffnungsverhalten* ließ sich auf Basis von Mittelwertvergleichen verschiedener Gebäudezustandsklassen (Vergleichsgruppen: unsanierter, teilsanierter und verbesserter/ambitionierter energetischer Zustand) nicht nachweisen. Einzig die Beschaffenheit der Fenster (klassiert nach dem Jahr des Einbaus: vor 1978, 1978-1994, 1995-2001 und ab 2002) ist für sich allein genommen

³ <https://www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/lueften-lueftungsanlagen-fenster/richtig-lueften/#c115399> (letzter Zugriff: 30.06.2023)

teilweise von Bedeutung. Zumindest weisen schwache statistische Zusammenhänge (Cramers V: 0,1 bis 0,2; $p < 0.001$) darauf hin, dass das Alter der Fenster und die präferierte Art der Fensteröffnung nicht gänzlich unabhängig voneinander sind. Zudem ließen sich bei Befragten, die im Wohnzimmer die Fenster üblicherweise stoßöffnen, signifikante Gruppenunterschiede feststellen, wobei diejenigen mit den ältesten Fenstern vergleichsweise seltener und kürzer lüften.

Auch hinsichtlich der *Unterscheidung nach soziodemographischen Merkmalen* ließen sich im Wesentlichen keine systematischen Unterschiede in den Fensteröffnungsgewohnheiten feststellen. So zeigte bspw. die als besonders relevant für die Fensteröffnung vermutete *Personenbelegung in der Wohnung*⁴ keine nennenswerten statistischen Auffälligkeiten.

Auch bezogen auf das *Durchschnittsalter des Haushalts* lässt sich nur vorsichtig ableiten, dass ältere Haushalte (ab 65 Jahre) häufiger Stoßlüftung und seltener Kipplüftung (in Küche und Bad dann auch signifikant kürzer) als jüngere Haushalte praktizieren. Dies gilt in ähnlicher Weise auch für Haushalte, in denen *Menschen über 75 Jahre* lebten.

Im *Vergleich von Haushalten ohne und mit Kindern* zeigte sich insbesondere für das Wohnzimmer, dass Familien mit Kindern dort üblicherweise seltener per Stoßlüftung lüften als Haushalte, in denen keine Kinder leben (61 % vs. 69 %). Im Hinblick auf die Küche fiel dort zudem der deutlich höhere Anteil an regelmäßiger Kipplüftung der Haushalte mit Kindern auf (45 % vs. 35 %). Das Alter der Kinder spielte dabei keine Rolle. In Haushalten, deren *Haushaltsnettoäquivalenzeinkommen*⁵ im obersten Quartil (über 1.500 €/Monat) lag, gab es – bezogen auf das Wohnzimmer – den niedrigsten Anteil an reiner Kipplüftung (11 % vs. 12 bis 19 % in den übrigen Quartilen). Im Hinblick auf die Dauer der angegebenen Stoß- und Kipplüftungen zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede.

Für die Auswertungen zum Merkmal „*Bildung*“ wurde der höchste Abschluss (von mindestens einem) der erwachsenen Haushaltsmitglieder herangezogen. Wieder bezogen auf das Wohnzimmer sind Haushalte, in denen Personen mit (Fach-) Hochschulabschluss oder Abitur leben, häufiger reine „Stoßlüfter“ (74 % bzw. 70 % vs. 60 % bis 66 % in den Gruppen mit einem niedrigeren Bildungsabschluss). Bezogen auf das Schlafzimmer stoßlüfteten diese beiden Gruppen mit im Durchschnitt etwa einer halben Stunde pro Tag weniger lang als Haushalte, in denen ein Hauptschulabschluss vorliegt (> 1 h täglich). Am kürzesten stoßgelüftet (im Mittel 24 Minuten pro Tag) wird in Haushalten, in denen (noch) niemand einen Schulabschluss aufweist. Im Hinblick auf die Dauer der Kipplüftung im Schlafzimmer halten Befragte aus Haushalten mit Realschulabschluss

⁴ operationalisiert als a) Wohnfläche in m² pro Person sowie b) Anzahl der (anteilig) zur Verfügung stehenden Zimmer pro Person (nur bezogen auf Wohn- und Schlafräume)

⁵ gebildet nach der „neuen“ OECD-Skala; zur Vorgehensweise siehe zum Beispiel: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Equivalent_disposable_income/de (letzter Zugriff: 30.06.2023)

ihre Schlafzimmerfenster mit im Mittel etwa 10,5 Stunden pro Tag signifikant länger gekippt als die Befragten aus den anderen Gruppen. Sie unterscheiden sich dabei insbesondere von Haushalten, in denen (noch) niemand einen Schulabschluss erreicht hat, die im Schnitt nur etwa halb so lange die Fenster ankippen.

In Haushalten ohne *Migrationshintergrund* und in solchen mit einer Wohndauer in Deutschland von mehr als 10 Jahren favorisieren jeweils ca. zwei Drittel Stoßlüftung (69 % bzw. 67 %). Für Zugewanderte mit kürzerer Wohndauer (bis zu 10 Jahre) sind es dagegen mit ca. 56 % etwas weniger. Diese Haushalte berichteten stattdessen über eine vergleichsweise häufigere Kipplüftung im Wohnzimmer (24 % vs. 14 % bzw. 18 %). In Bezug auf die Dauer der Stoßlüftung im Schlafzimmer haben die Haushalte, in denen alle Erwachsenen in Deutschland geboren wurden, das Fenster – auf 24 Stunden bezogen – deutlich länger ganz geöffnet als diejenigen mit der kürzesten Wohndauer in Deutschland (ca. Dreiviertelstunde vs. halbe Stunde).

Schließlich wurde noch das *Geschlechterverhältnis im Haushalt* (Haushalte, die entweder (mehrheitlich) aus Männern bzw. (mehrheitlich) aus Frauen zusammengesetzt sind oder in denen gleichermaßen männliche und weibliche Personen leben)⁶ angeschaut. In Wohnungen, die ausschließlich oder mehrheitlich von Frauen bewohnt werden, wird im Wohnzimmer mit 70 % tendenziell häufiger Stoßlüftung praktiziert wird als in Haushalten mit (mehrheitlich) männlichen Personen (60 %). Männlich dominierte Haushalte berichteten für das Wohnzimmer vergleichsweise häufiger als die beiden anderen Gruppen von regelmäßiger Kipplüftung (21 % vs. 15 bzw. 16 %). In (mehrheitlich) von Männern bewohnten Wohnungen wird das Wohnzimmerfenster dabei auch signifikant länger gekippt als in Wohnungen, in denen überwiegend Frauen leben. Dies gilt sowohl für die auf 24 h bezogene mittlere Gesamtkippdauer mit durchschnittlich 6 Stunden vs. 3,5 Stunden am Tag als auch für die mittlere Dauer der einzelnen Kippöffnung mit ca. 4,5 Stunden vs. 2,5 Stunden.

Zusammenfassend zeigte sich sehr deutlich, dass hinsichtlich der Fensteröffnung im Winter zwar klare Präferenzen mit häufig großen Streuungen bei der Anzahl und Dauer der (einzelnen) Lüftungsvorgänge vorliegen, die sich aber weitgehend nicht durch bauliche oder soziodemographische Merkmale erklären lassen. Dieser Befund wird auch noch durch Angaben aus der Teilgruppe der *Retrospektivbefragung* (n = 87) untermauert, bei der in den letzten 5 Jahren eine energetische Modernisierung stattfand und die sowohl vorher als auch nachher in ihrer Wohnung lebte. Von diesen Befragten stimmten 72 % der Aussage eher bis voll und ganz zu, ihr Lüftungsverhalten nach der Modernisierung nicht verändert zu haben. 17 % der Retrospektivbefragten lüfteten seit der Modernisierung nach eigenen Angaben häufiger.

⁶ nur Personen im Haushalt einbezogen, die mindestens 12 Jahre alt waren

Ergebnisse der bi- und multivariaten Analysen zu den Einflussfaktoren des Heiz- und Lüftungsverhalten

Für die im vorangegangenen Abschnitt eingeführten sowie weitere Variablen wurde untersucht, welchen Einfluss diese auf das Heiz- und das Lüftungsverhalten bzw. den Energieeinsatz beim Heizen und den Wärmeverlust beim Lüften haben. Die Ergebnisse werden im Folgenden kurz zusammengefasst (für ausführlichere Darstellungen s. Kleinhüchelkotten et al. 2023)

Heizen

Die Ergebnisse der im ersten Schritt durchgeführten multivariaten Regressionsanalysen mit dem Indikator „Heizen“ (Temperatureinstellung im Wohnzimmer bzw. Wohnschlafzimmer bei Anwesenheit von Personen in der Wohnung) als abhängige Variable und

- den soziodemographischen Merkmalen,
- grundlegenden Wertorientierungen,
- Einstellungen mit Bezug zum Heizen,
- Gewohnheiten beim Heizen sowie
- der Funktionstüchtigkeit und Bedienbarkeit der Heizung

mit jeweils mehreren Items als unabhängigen Variablen sind im Werkstattbericht zur Auswertung der Haushaltsbefragung (Kleinhüchelkotten et al. 2023) aufgeführt, ebenso die Ergebnisse der Korrelationsanalysen mit derselben abhängigen Variablen und

- dem energetischen Zustand der Wohnung,
- dem Wärmebedürfnis,
- dem Wissen sowie
- der Informiertheit

mit jeweils einem Item als unabhängigen Variablen.

In die eigentliche Regressionsanalyse zur Ermittlung der Faktoren, die den Energieverbrauch durch Heizen beeinflussen, wurden in das Gesamtmodell alle unabhängigen Variablen übernommen, für die in den vorangegangenen Schritten statistisch signifikante Zusammenhänge mit der Temperatureinstellung im Wohnzimmer bzw. im Wohnschlafzimmer festgestellt wurden. Dieses Modell erreicht eine Varianzaufklärung von 20,8 %. Bis auf zwei weisen alle Faktoren, bei denen die Teilanalysen signifikante Zusammenhänge mit der Temperaturwahl im Wohnzimmer bzw. Wohnschlafzimmer bei Anwesenheit von Personen ergaben, auch im Gesamtmodell statistische Signifikanz auf. An erster Stelle mit dem betragsmäßig größten β -Wert steht das Item

- „Traditionelle Werte, wie Pflicht und Ordnung, haben für mich eine hohe Bedeutung.“ ($\beta = 0,181^{**}$).

Hohe Zustimmungen zu dieser Aussage gehen einher mit höheren Temperatureinstellungen. Wenn die soziodemographischen Merkmale als Kontrollvariablen eingefügt

werden, vermindert sich der β -Wert auf 0,169. Im Fall des Items mit dem betragsmäßig zweithöchsten β -Wert

- „Ich führe ein einfaches und bescheidenes Leben.“ ($\beta = -0,165^{**}$),

führt die Einfügung der Kontrollvariablen zu dem umgekehrten Effekt, der β -Wert steigt auf 0,186. Ein nach eigener Aussage bescheidener Lebensstil hat einem dämpfenden Einfluss auf die Temperatureinstellung. An dritter und vierter Stelle folgen die Verantwortungsdelegation in Form des Items

- „Für einen niedrigen Heizenergieverbrauch zu sorgen, ist Aufgabe des Vermieters.“ ($\beta = 0,162^{**}$)

und der

- energetische Zustand der Wohnung ($\beta = 0,155^{**}$),

bei dem das Ergebnis anzeigt, dass in Wohnungen mit geringeren baulich bedingten Energieverlusten niedrigere Temperaturen eingestellt werden. Bei diesen beiden Items hat die Einfügung der Kontrollvariablen keinen Effekt. Weitere Items, die zumindest schwache Zusammenhänge mit der Temperatureinstellung aufweisen ($|\beta| > 0,1$), sind:

- „Ich bin bereit, mehr zu arbeiten, um mir etwas leisten zu können.“ ($\beta = -0,138^{**}$)
- „Es ist mir wichtig, Abwechslung und Spaß im Leben zu haben.“ ($\beta = -0,120^{**}$)
- „Ich gönne mir gerne selbst etwas.“ ($\beta = 0,107^{**}$)
- „Ich/Wir heizen ganz unterschiedlich, je nach aktuellem Bedarf.“ ($\beta = 0,106^{**}$)

Die Einfügung der Kontrollvariablen wirkt sich nur bei den Items „Ich bin bereit, mehr zu arbeiten, um mir etwas leisten zu können“ und „Es ist mir wichtig, Abwechslung und Spaß im Leben zu haben“ und nur geringfügig aus, indem sich die β -Werte auf -0,121 bzw. -0,110 ändern.

Stärker ausgeprägte traditionelle und hedonistische Wertorientierungen gehen tendenziell einher mit höheren Temperatureinstellungen. Das gleiche gilt für eine stärkere Delegation der Verantwortung für das Erreichen eines niedrigen Heizenergieverbrauchs an den Vermieter, einen schlechteren energetischen Zustand der Wohnung und ein situatives Heizverhalten. Einen dämpfenden Einfluss auf die Temperatureinstellung, und damit wohl auch den Heizenergieverbrauch, haben eine eher sparsame Lebensführung, aber auch Leistungs- und Spaßorientierung. Letzteres könnte zum einen darauf zurückzuführen sein, dass die Abwesenheitszeit positiv mit der Ausprägung dieser Merkmale korreliert („Ich bin bereit, mehr zu arbeiten, um mir etwas leisten zu können.“: $\beta = 0,111^{**}$, „Es ist mir wichtig, Abwechslung und Spaß im Leben zu haben.“ $\beta = 0,149^{**}$), wenn auch nur schwach, und dass, wer nur kurz anwesend ist, seine Heizung nicht so hoch einstellt. Zum anderen könnte es sein, dass Personen, die den Aussagen stärker zustimmen, körperlich aktiver sind und deshalb weniger stark heizen als weniger aktive Personen.

Lüften

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Faktoren, die den Wärmeverlust durch Lüften beeinflussen, war ähnlich wie beim Heizen, nur dass die multivariaten Regressions- und die Korrelationsanalysen in diesem Fall mit zwei Varianten der abhängigen Variablen durchgeführt wurden:

- Wärmeverlust durch alle Lüftungsvorgänge während der gesamten Anwesenheitszeit von Personen in der Wohnung tagsüber
- Wärmeverlust durch Lüften pro Stunde Anwesenheitszeit tagsüber

In die Voranalysen gingen als unabhängige Variablen ein

- die soziodemographischen Merkmale,
- grundlegende Wertorientierungen,
- Einstellungen mit Bezug zum Heizen und Lüften,
- Gewohnheiten beim Heizen und Lüften,
- der Aufwand bei Lüftung und Heizungsanpassung,
- der energetische Zustand der Wohnung,
- das Frischluftbedürfnis,
- das Wissen und
- die Informiertheit.

Die Ergebnisse der Voranalysen sind in einem Werkstattbericht dargestellt (Kleinhüchelkotten et al. 2023). In das Gesamtmodell wurden auch hier alle unabhängigen Variablen übernommen, bei denen sich in den vorangegangenen Schritten statistisch signifikante Zusammenhänge mit einer der beiden Varianten des Indikators für den Wärmeverlust durch Lüften ergeben hatten. Für beide abhängigen Variablen gab es bei drei unabhängigen Variablen statistisch signifikante Zusammenhänge mit $|\beta| > 0,1$:

- „Ich gönne mir gerne selbst etwas.“ ($\beta = -0,138^{**}$ bzw. $\beta = -0,119^{**}$)
- „Das Lüften läuft bei mir/uns nach festen Gewohnheiten ab.“ ($\beta = -0,127^{**}$ bzw. $\beta = -0,123^*$)
- „Ich/wir lüften ganz unterschiedlich, je nach aktuellem Bedarf.“ ($\beta = -0,137^{**}$ bzw. $\beta = -0,142^{**}$)

Anders als beim Heizen ist der Zusammenhang zwischen dem Item „Ich gönne mir gerne selbst etwas“ und den beiden abhängigen Variablen zum Wärmeverlust durch Lüften negativ. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Dauer der einzelnen Fensteröffnungen in Haushalten, in denen die befragte Person dieser Aussage stärker zustimmt, geringer ist. Der statistische Zusammenhang ist schwach, aber hoch signifikant ($R = -0,098^{**}$). Bei beiden unabhängigen Variablen zum Lüftungsverhalten sind die Zusammenhänge negativ: Sowohl ein stärkeres Lüften nach festen Gewohnheiten als ein stärker am aktuellen Bedarf ausgerichtetes Lüftungsverhalten gehen einher mit höheren Wärmeverlusten.

Für die unabhängige Variable „Wärmeverlust beim Lüften während der gesamten Anwesenheitszeit“ gibt es auch für die beiden Bedürfnisvariablen schwache, aber statistisch hochsignifikante Zusammenhänge:

„Wie wichtig sind Ihnen folgende Dinge im Winter?“

- „Regelmäßig zu lüften“ ($\beta = 0,121^{**}$)
- „Zugluft in der Wohnung zu vermeiden“ ($\beta = -0,144^{**}$)

Der Wärmeverlust durch Lüften steigt mit zunehmendem Bedürfnis, regelmäßig zu lüften. Das Bedürfnis, Zugluft zu vermeiden, wirkt dämpfend auf den Wärmeverlust.

Die Modelle mit den jeweils aufgeführten unabhängigen Variablen können im Fall des Wärmeverlusts durch Lüften bezogen auf die gesamte Anwesenheitszeit nur 8,4 % der Varianz erklären. Beim Wärmeverlust durch Lüften pro Stunde Anwesenheitszeit sind es sogar nur 5,9 %. Die Hinzunahme der soziodemographischen Merkmale erhöht die Erklärungskraft nur geringfügig auf 9,5 bzw. 7,6 %.

Die Berücksichtigung der soziodemographischen Merkmale führt bei den bisher diskutierten Variablen nur zu geringfügigen Veränderungen. Am größten ist die Abweichung im Fall des Wärmeverlusts durch Lüften bezogen auf die gesamte Anwesenheitszeit bei dem Item „Mir macht es keinen Spaß, mich im Alltag um die richtigen Einstellungen an der Heizung zu kümmern.“, wo sich der β -Wert von -0,088 auf -0,096 verändert. Wenn die soziodemographischen Merkmale im Gesamtmodell berücksichtigt werden, ergibt sich für den höchsten Bildungsstand im Haushalt ein statistisch signifikanter negativer Zusammenhang mit dem auf die gesamte Anwesenheitszeit bezogenen Wärmeverlust durch Lüften ($\beta = -0,105^*$). Ein höherer Bildungsstand geht im erweiterten Gesamtmodell einher mit einem geringeren Wärmeverlust durch Lüften. Das entspricht dem Befund der Regressionsanalyse, in die allein die soziodemographischen Merkmale eingingen.

Die Erklärungskraft des Gesamtmodells ist beim Lüften deutlich geringer als beim Heizen. Schon dort war deutlich geworden, dass es neben den im Modell berücksichtigten möglichen Einflussfaktoren wohl weitere gibt, die das Heizverhalten steuern, die nicht erfasst wurden und, weil individuell oder situativ variierend, vielleicht auch nicht erfassbar sind. In den Wärmeverlust durch Lüften gehen neben den Temperatureinstellungen an der Heizung etliche auf das Lüftungsverhalten bezogene Variablen ein, die wiederum von noch mehr Faktoren abhängen können. Dass die Erklärungskraft gering ausfällt, kommt daher nicht überraschend.

AP 6: Bestimmung baulich/technischer und verhaltensbedingter Anteile am (Mehr-)Verbrauch (IWU, NHW)

Vorgehensweise

In Wohngebäuden ist zu beobachten, dass gemessene Energieverbräuche und – als Erwartungswert des Energieverbrauchs angesehene – berechnete Energiebedarfe voneinander abweichen. In energetisch nicht oder lediglich teilmodernisierten Gebäuden liegt der gemessene Verbrauch oft unter dem berechneten Bedarf. Dieses Phänomen wird dem Nutzer heute als „positives Nutzerverhalten“ zugeordnet und als Prebound-Effekt bezeichnet. In energetisch modernisierten Gebäuden und Neubauten tritt oft ein gegenteiliger Effekt in Erscheinung – der gemessene Verbrauch liegt dort über dem berechneten Bedarf. Auch dies wird dem Nutzerverhalten zugeschrieben und die Abweichung als Rebound-Effekt bezeichnet. Für Prebound- wie Rebound-Effekte wird zur Erklärung die Raumtemperatur herangezogen. Sie liegt in modernisierten Gebäuden und Neubauten deutlich höher und wird mit erhöhten Komfortansprüchen der Nutzer in Verbindung gebracht. Der Werkstattbericht soll zeigen, dass es über die Raumtemperatur hinaus viele weitere, verschiedenartige Einflüsse auf Rebound-Effekte gibt und die festgestellten Abweichungen zwischen Bedarf und Verbrauch keineswegs allein dem Nutzer zugeschrieben werden sollten.

Die Untersuchung teilt sich in drei Teile (eine ausführliche Darstellung findet sich im vierten KOSMA Werkstattbericht (Grafe 2023)). Zunächst wird qualitativ die Vielfalt der Einzeleinflüsse aufgezeigt, die in Gebäuden auf die Höhe des Verbrauchs bzw. Bedarfs wirken können. Damit soll auch die Verschiedenartigkeit des Gebäudebestandes aufgezeigt werden. Daneben werden viele Hinweise auf mögliche Fehler bei der Erhebung von Bedarfen und Verbräuchen gegeben.

Es schließen Berechnungen für existierende Beispielgebäude an. Dabei werden die vorliegenden Verbräuche den berechneten, als Erwartungswert des Verbrauchs angesehenen Bedarfen gegenübergestellt. Die Möglichkeiten zur Berücksichtigung des Lokalklimas zum Abgleich von Bedarf und Verbrauch werden beleuchtet. Daneben werden Varianten des Bedarfs berechnet, in denen nutzerabhängige und nutzerunabhängige Einflussgrößen (Raumtemperatur, Luftwechselrate und technische Verteilverluste) hinsichtlich ihrer Wirkung auf den berechneten Bedarf untersucht werden. Mit diesen Berechnungen soll exemplarisch ein Eindruck vermittelt werden, in welchen Größenordnungen nutzerabhängige und nutzerunabhängige Einzeleinflüsse auf den Erwartungswert des Verbrauchs wirken können. Als Verfahren zur Berechnung der Bedarfe kommt eine stationäre Energiebilanzierung zum Einsatz (Loga 2015).

Die Untersuchung schließt mit einer Betrachtung der – zur Beschreibung von Rebound-Effekten bisher stark im Fokus stehenden – Raumtemperatur. Hier kommt ein genaueres, quasi-stationäres Energiebilanzierungsverfahren (Diefenbach et al. 2017) zum

Einsatz, das auch die Betrachtung energetischer Effekte im Tagesverlauf erlaubt. Bisher werden die in Gebäuden mit hohen Energiestandards (Neubau bzw. nach vollständiger energetischer Modernisierung) beobachteten höheren Raumtemperaturen als Rebound-Effekt häufig den Nutzern zugeschrieben und mit höheren Komfortansprüchen begründet. Es wird ein exemplarisches, fiktives Mehrfamilienhaus in einem nicht modernisierten, geringen Energiestandard und in einem sehr hohen Dämmstandard nach Modernisierung der Gebäudehülle untersucht. Für beide energetischen Zustände werden Nutzertypen untersucht, die als energetisch äquivalent angesehen werden können. Dabei wird insbesondere die Raumsolltemperatur – als Temperaturwunsch des Nutzers – im Tagesverlauf variiert. Die Annahmen der Temperaturen im Tagesverlauf führen in allen Varianten zum gleichen Tagesmittelwert der Raumsolltemperatur. Energetisch verhalten sich die Nutzer damit mit ihren verschiedenen Temperaturwünschen gleich. Die Berechnungen sollen zeigen, dass die Wirkungen weiterer Einflussgrößen in den einzelnen Varianten unabhängig vom Nutzereinfluss zu verschiedenen Raumtemperaturen führen können.

Ergebnisse

Die qualitativen Betrachtungen zu Beginn der Untersuchung beschreiben vielfältige Aspekte mit Einfluss auf den Verbrauch bzw. Bedarf. Beide – zur Beschreibung von Rebound-Effekten möglichst genau zu ermittelnden – Größen sind jedoch von vielen Ungenauigkeiten gekennzeichnet. So ist nicht zwingend gegeben, dass Verbräuche vollständig (z.B. bei der Nutzung von Solarenergie) und einfach (z.B. bei der Abgrenzung der Verbräuche von Wärmepumpen, Lüftungsanlagen und Haushaltsstrom) vorliegen. Je nach Energieträger ist die Umrechnung der verbrauchten Mengen in Energieeinheiten mehr oder minder unscharf. Hier wirken Aspekte wie Lagerhaltung, Mengenermittlung und spezifischer Energiegehalt der Energieträger. Schwierigkeiten ergeben sich für viele Wärmeversorgungssysteme auch aus der Abgrenzung von Verbräuchen für Heizung und Warmwasser, die in der Verbrauchsabrechnung anders vorgenommen wird als in der Energiebilanzierung. Beim Vergleich von Verbräuchen verschiedener Gebäude sind auch der Typ des Wärmeversorgungssystems und die Lage des Messpunktes des Verbrauchs von großer Bedeutung. Je nach Typ des Wärmeversorgungssystems treten Verteilverluste in sehr verschiedenen Größenordnungen auf und sind je nach Lage des Messpunktes in den Messungen enthalten oder nicht. Auch der Nutzer hat insbesondere mit der von ihm gewünschten Raumsolltemperatur und durch Art und Umfang der Lüftung Einfluss auf den Verbrauch. Als Zwischenfazit nach der Betrachtung der vielen verschiedenen Einzeleinflüsse wird festgehalten, dass der Nutzereinfluss immer nur einen Anteil an den Rebound-Effekten darstellt. Er kann den Energiebedarf/-verbrauch steigern oder senken. Eine quantitative Zuordnung der relativen oder absoluten Abweichungen zwischen Energiebedarf und -verbrauch zu einem bestimmten Nutzerverhalten ist aber aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen im Gebäude nicht möglich. Eine

alleinige Zuordnung der Abweichungen zwischen Energiebedarf und -verbrauch zum Nutzer wird der Komplexität der Wärmetransportvorgänge im Gebäude nicht gerecht und wird als falsch angesehen.

Die Gegenüberstellung gemessener Verbräuche und berechneter Bedarfe für zwei quasi identische, energetisch nicht modernisierte Gebäude war Inhalt des ersten Teils der rechnerischen Betrachtungen. Sie hat Erkenntnisse zu den Einflüssen von Lokalklima, Raumtemperatur, Luftwechselrate und technischen Verteilverlusten auf Bedarf und Verbrauch geliefert. Hierzu wurde eine einfache, stationäre Energiebilanzierung vorgenommen. Der Einfluss des Lokalklimas ist vorzugsweise bei der Berechnung des Bedarfs zu berücksichtigen, der dann dem gemessenen, nicht angepassten Verbrauch gegenübergestellt wird. Das ist zwar aufwendiger, verspricht aber unabhängig vom Energiestandard der untersuchten Gebäude eine bessere Berücksichtigung des Lokalklimas als bei der Gegenüberstellung des mit einem Klimafaktor angepassten Verbrauchs mit dem nach Standardklima Deutschland berechneten Bedarf. Mögliche Einflüsse von Raumtemperatur, Luftwechselrate und technischen Verteilverlusten wurden in einer Parameterstudie betrachtet. Die Ausprägungen dieser Parameter wurden entsprechend der für die Beispielgebäude vorliegenden Datenlage in praktisch zu erwartenden Bandbreiten variiert. Die Datenlage zu den Gebäuden war für viele weitere Einflussgrößen (Gebäudegeometrie, Wärmeschutz Gebäudehülle, Art des Wärmeversorgungssystems) außergewöhnlich gut. Diesbezügliche Annahmen konnten unverändert in die Berechnungen eingehen und wurden nicht variiert. Aus der Parameterstudie sind allein durch die Variation von Raumlufttemperatur, Luftwechselrate und technischen Verteilverlusten sehr verschiedene Bedarfe hervorgegangen. Sie unterscheiden sich voneinander innerhalb eines Betrachtungsjahres vom Minimum zum Maximum um mehr als Faktor zwei. In der Gegenüberstellung der Varianten des berechneten Bedarfs mit den gemessenen Verbräuchen wurde aber auch klar, dass die Einzeleinflüsse aller untersuchten nutzerabhängigen und nutzerunabhängigen Parameter maßgeblich auf den berechneten Bedarf wirken können. Zwar lassen sich durch Ceteris-paribus-Betrachtungen Einzeleinflüsse quantifizieren. Daraus kann aber kein Rückschluss gezogen werden, in welchen Ausprägungen die einzelnen nutzerabhängigen und nutzerunabhängigen Parameter tatsächlich vorliegen und wie groß ein Einzeleinfluss im Einzelfall auf den Rebound-Effekt ist. Auch hier wurde klar, dass Rebound-Effekte aus dem Zusammenwirken nutzerabhängiger und nutzerunabhängiger Einzeleinflüsse des Nutzers, der Gebäudehülle und der Anlagentechnik ergeben.

Im zweiten Teil der rechnerischen Betrachtungen wurde der Einfluss der Raumtemperatur in zeitlich höher aufgelösten Berechnungen genauer betrachtet. Hier wurden für ein fiktives Beispielgebäude ein energetisch nicht modernisierter und ein modernisierter Zustand mit hohem Dämmstandard der Gebäudehülle untersucht. In den untersuchten Varianten wurden für beide energetischen Gebäudezustände die gleichen Nutzertypen

angesetzt und der Anlagenbetrieb identisch angenommen. Es ergeben sich über die Heizperiode gemittelte Raumtemperaturen, die sich vor und nach energetischer Modernisierung bei jeweils unverändertem Nutzerverhalten um bis zu 3 Grad Kelvin unterscheiden. Die höheren Raumtemperaturen resultieren allein aus dem verbesserten Wärmeschutz der Gebäudehülle und sind damit nutzerunabhängig. Damit wurde gezeigt, dass die Raumtemperatur keine rein nutzerabhängige Größe ist, im untersuchten Spezialfall (Vergleich zwischen verschiedenen Wärmeschutzstandards der Gebäudehülle bei sonst gleichen Randbedingungen) sogar gänzlich nutzerunabhängig. Dadurch wurde die häufig anzutreffende Annahme widerlegt, dass allein erhöhte Komfortansprüche des Nutzers für höhere Raumtemperaturen nach energetischer Modernisierung und die damit verbundenen Rebound-Effekte verantwortlich sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in künftigen Studien zu Rebound-Effekten die in Wechselwirkung stehenden Einzeleinflüsse des Nutzers, der Gebäudehülle, der Anlagentechnik und des -betriebes sowie des Lokalklimas zu betrachten sind. Das gilt für alle möglichen energetischen Zustände der zu untersuchenden Gebäude. Aus dem Zusammenwirken dieser verschiedenartigen Einzeleinflüsse können sich immer noch Prebound- bzw. Rebound-Effekte ergeben. Die hier angestellten Berechnungen haben gezeigt, dass der nutzerabhängige bzw. dem Nutzer zuzuordnende Anteil der Abweichungen zwischen Bedarf und Verbrauch nicht quantifizierbar ist. Exemplarisch konnte gezeigt werden, dass Rebound-Effekte auch ganz ohne Nutzereinfluss entstehen können.

AP 7: Übergreifende Synthese (ECOLOG, IWU, ISI, NHW)

Im Rahmen der Synthese wurden die Ergebnisse der qualitativen und der quantitativen Untersuchungen zu den Einflussfaktoren des Heiz- und Lüftungsverhaltens im Allgemeinen sowie zum Heiz- und Lüftungsverhalten vor und nach energetischen Sanierungen zusammengeführt und Ergebnissen, die von anderer Seite veröffentlicht wurden, gegenübergestellt. Auf der Grundlage der empirischen Befunde wurden Vorschläge für Maßnahmen zur Verringerung des Heizenergieverbrauchs abgeleitet.

Einflussfaktoren des Heiz- und Lüftungsverhaltens

Abbildung 4 zeigt noch einmal das Analysemodell. Angegeben ist hier zusätzlich, in welchem Arbeitspaket mögliche Einflüsse der verschiedenen Faktoren auf das Heiz- und Lüftungsverhalten und damit auf den Heizenergieverbrauch untersucht wurden. Im Folgenden werden die Befunde zu den untersuchten potenziellen Einflussfaktoren kurz zusammengefasst.

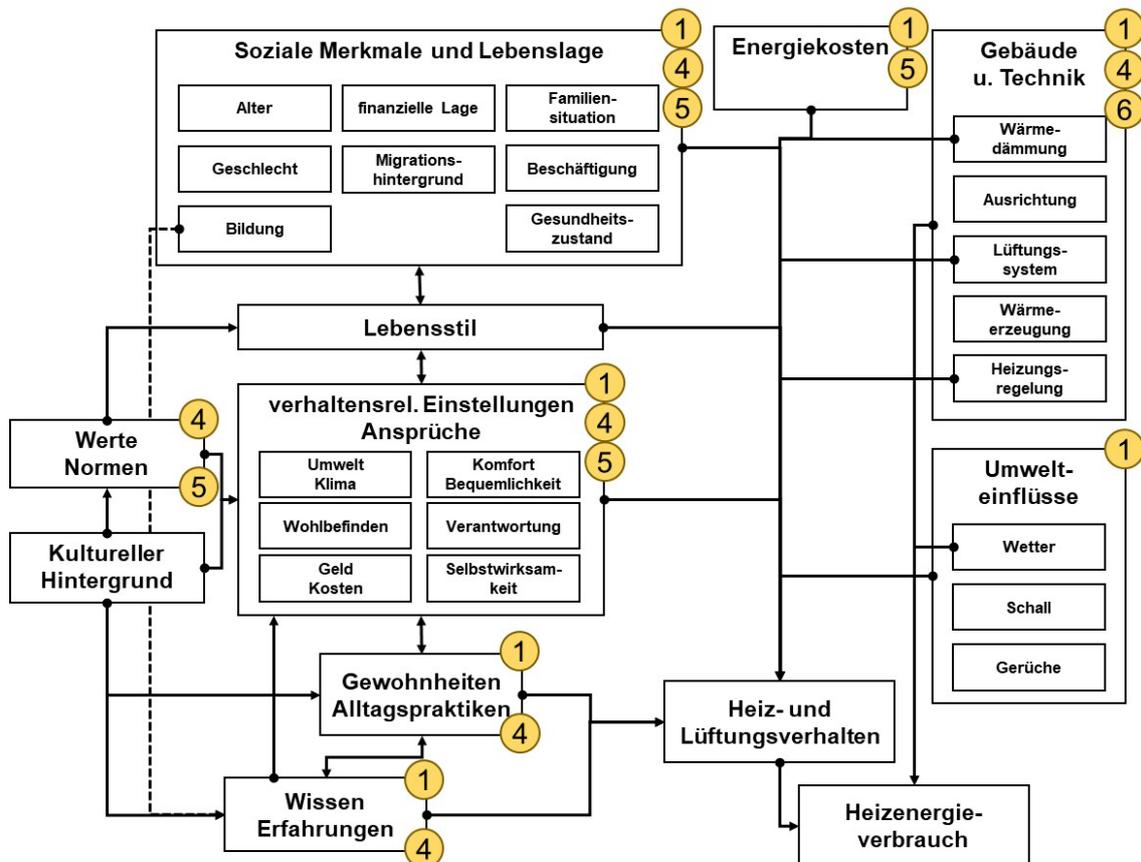


Abbildung 4: Analysemodell mit Hinweisen auf die Arbeitspakete, in denen die jeweiligen Einflussfaktoren auf das Heiz- und Lüftungsverhalten untersucht wurden

Soziale Merkmale und Lebenslage

In den Fokusgruppen wurde von Eltern kleinerer Kinder berichtet, dass sie auf eine konstante und höhere Temperatur in der Wohnung achten. Die Aussagen von Eltern von Jugendlichen zeigten, dass deren Wärmebedürfnis sehr unterschiedlich ist. Einzelne Hinweise gab es auf ein höheres Wärmebedürfnis gesundheitlich eingeschränkter Personen. Auf ein generell höheres Wärmebedürfnis Älterer und von Frauen (im Vergleich zu Männern) lassen die Äußerungen der Teilnehmenden an den Fokusgruppen aber nicht schließen.

Auswertungen der Thermostateinstellungen nach soziodemographischen Merkmalen im AP 4 ergaben in einzelnen Fällen signifikante Differenzen zwischen Segmenten von Haushalten, die sich in Bezug auf das Durchschnittsalter der erwachsenen Personen im Haushalt, den höchsten Bildungsabschluss im Haushalt, das Nettoäquivalenzeinkommen, das Geschlechterverhältnis im Haushalt und den Migrationshintergrund unterscheiden. Die Unterschiede sind aber in allen Fällen gering und bei der Betrachtung verschiedener Räume und Situationen (Anwesenheit am Tag, Abwesenheit am Tag, Nacht) ergibt sich kein einheitliches Bild – bis auf weitgehend konsistente Hinweise auf ein höheres Wärmebedürfnis älterer Personen (in Wohnräumen), wie auch in anderen

quantitativen Studien gefunden (u. a. Aydin et al. 2017, Cali et al. 2016, Guerra Santin & Itard 2010, Hediger et al. 2017, Majcen 2016) und von Frauen. Die Befunde zu letzterem in anderen Studien sind allerdings nicht eindeutig (für eine Übersicht s. Schweiker et al. 2018). Wie beim Heizungsverhalten ließen sich auch hinsichtlich des Lüftungsverhaltens keine systematischen Unterschiede zwischen Gruppen mit verschiedenen Ausprägungen soziodemographischer Merkmale feststellen. In der Literatur gibt es Hinweise auf den Einfluss des Alters der Personen im Haushalt (Fabi et al. 2012, Guerra Santin & Itard 2010). Die Regressionsanalysen zum Heizenergieverbrauch und zum Wärmeverlust durch Lüften ergaben nur bei letzterem einen signifikanten Zusammenhang mit einem soziodemographischen Merkmal, nämlich dem höchsten Bildungsstand im Haushalt. Bei den anderen untersuchten soziodemographischen Variablen (Anzahl der Personen im Haushalt, Durchschnittsalter der erwachsenen Personen im Haushalt, relativer Anteil an Frauen im Haushalt ab 12 Jahren, Migrationshintergrund und Haushaltsnettoäquivalenzeinkommen) zeigten sich keine Zusammenhänge – anders als in anderen Studien (z. B. Abrahamse & Steg 2011, Aydin et al. 2017, Belaïd 2017, Cali et al. 2016, Guerra Santin & Itard 2010, Guerra Santin 2013, Kleinhüchelkotten et al. 2016, Majcen 2016, für eine Übersicht s. Gardemin et al. 2019). Der Einfluss der soziodemographischen Merkmale auf die per Regressionsanalysen ermittelten Zusammenhänge zwischen anderen unabhängigen Variablen und dem Heizenergieverbrauch bzw. dem Wärmeverlust durch Lüften ist gering.

Die Untersuchungen auf der Grundlage einer eigenen Online-Befragung im AP 5 ergab, dass die Bereitschaft zum Herunterregeln der Heizung, wenn über mehrere Stunden niemand in der Wohnung ist, mit abnehmendem Durchschnittsalter und Einkommen der Haushalte sowie mit steigendem Bildungsstand zunimmt.

Energiekosten

Nach eigener Aussage der überwiegenden Zahl der Teilnehmer*innen an den Fokusgruppen, insbesondere solcher mit Wohnungen in einem schlechten energetischen Zustand, achten diese aus Kostengründen auf einen möglichst niedrigen Heizenergieverbrauch bzw. -verlust beim Heizen und Lüften. Die eigenen Möglichkeiten werden vielfach aber für begrenzt gehalten. Gefordert wurden geeignete Maßnahmen durch das vermietende Unternehmen. Für Mieter*innen mit Wohnungen in Neubauten und energetisch sanierten Gebäuden ist das Energiesparen aus Kostengründen eher kein Thema. Als mögliche Reaktionen auf deutlich steigende Heizenergiekosten wurden von ihnen eine Absenkung der Raumtemperatur und der Verzicht auf Dauerkippplüftung genannt. Von Mieter*innen sanierter Wohnungen, in denen bauliche und technische Fehler auftraten (s. Gebäude und Technik), wurden die aus ihrer Sicht dadurch entstehenden unnötigen Kosten kritisiert und es wurde Abhilfe durch das vermietende Unternehmen gefordert.

Im AP 5 zeigte ein Vignettenexperiment, dass die Information, durch das Herunterregeln der Heizung, wenn niemand in der Wohnung ist, könnten pro Stunde Abwesenheit

Kosten in Höhe von knapp 0,11 € (unsaniertes Gebäude) eingespart werden, keinen Einfluss auf die Bereitschaft zum Absenken der eingestellten Temperatur hat. Es wurden allerdings nur die bei einer einmaligen Abwesenheit erzielbaren, sehr geringen, Kosteneinsparungen angegeben.

Gebäude und Technik

In den Fokusgruppen wurde berichtet, dass manche Wohnungen allein dadurch, dass durch sie Versorgungsleitungen zentraler Heizungsanlagen verlaufen, so stark aufgeheizt werden, dass die Mieter*innen selbst gar nicht heizen müssen. Dies betraf sowohl Wohnungen in sanierten als auch in unsanierten Häusern. Einzelne Mieter*innen gaben auch an, dass die Sanierung nicht zu einer Verminderung des Heizenergieverbrauchs geführt habe. Eine Ursache dafür scheinen Raumthermostate und Heizungssteuerungen über Temperatureußenfühler zu sein, die zu einer zu starken Anhebung der Raumtemperatur führen. Mieter*innen, die von ungewolltem zu starkem Aufheizen ihrer Wohnungen betroffen sind, versuchen, die gewünschte Raumtemperatur durch, teilweise dauerhaftes, Öffnen der Fenster zu erreichen.

Die Haushaltsbefragung ergab, dass der energetische Zustand des Gebäudes bzw. der Wohnung einen deutlichen Einfluss auf das Heizverhalten hat: Haushalte mit Wohnungen in unsanierten Gebäuden heizen tagsüber sowohl bei Anwesenheit als auch bei Abwesenheit von Personen in der Wohnung und auch nachts signifikant mehr als Mieter*innen von Wohnungen in teilsanierten Gebäuden oder in solchen mit einem von vorneherein besseren energetischen Zustand. Dies passt zu Ergebnissen mehrerer quantitativer Untersuchungen überwiegend aus den Niederlanden, in denen höhere Temperatureinstellungen (Guerra Santin 2013) bzw. höhere Heizenergieverbräuche in älteren Gebäuden (Brounen et al. 2012, Guerra Santin et al 2009, Majcen 2016, Weber et al. 2017) festgestellt wurden. Die Regressionsanalyse ergab einen schwachen, aber statistisch hochsignifikanten, Zusammenhang zwischen dem energetischen Zustand der Wohnung als einer der unabhängigen Variablen und der Temperatureinstellung im Wohnzimmer bei Anwesenheit von Personen in der Wohnung. Die Einzelanalysen zum Lüftungsverhalten zeigten einen (sehr) kleinen Einfluss des Alters der Fenster. Ein systematischer Einfluss des energetischen Zustands der Wohnung auf das Lüftungsverhalten konnte in den Regressionsanalysen aber nicht festgestellt werden. In anderen Studien gibt es nur wenig Hinweise auf den Einfluss des energetischen Gebäudezustands auf das Lüftungsverhalten. In einer Untersuchung aus den Niederlanden zeigten sich in Gebäuden mit einem Baujahr vor 1945 und nach 1996 kürzere Lüftungszeiten (Guerra Santin 2013). Dagegen gibt es einige Befunde zum Einfluss des Heiz- und vor allem des Lüftungssystems (z. B. Cali et al. 2016, Fabi et al. 2012 Guerra Santin & Itard 2010).

Umwelteinflüsse

In den Fokusgruppen wurden von mehreren Teilnehmer*innen Beispiele für Zwänge zu zusätzlichem Lüften genannt, z. B. Kochdünste, die über das Treppenhaus und Lüftungsspalte in der Wohnungstür in die Wohnung eindringen, oder Feuchtigkeit in der Wohnung, die zu Schimmelbildung führen könnte. Berichtet wurde auch von Einschränkungen der Lüftungsmöglichkeiten, z. B. wegen Lärms von der Straße oder aus der Nachbarschaft oder wegen Zigarettenrauchs, der von einem Nachbarbalkon kommt.

Die Haushaltsbefragung ergab, dass Lärm von außen in 14,1 % der Haushalte als störend empfunden wird. Ein Zusammenhang zwischen der Stärke des Gefühls, durch Lärm von außen gestört zu werden, und dem Wärmeverlust durch Lüften konnte nicht festgestellt werden.

Kultureller Hintergrund

Der kulturelle Hintergrund der befragten Haushalte wurde nicht explizit untersucht. Erfasst und ausgewertet wurde lediglich, ob ein Migrationshintergrund vorliegt und wie lange sich die Haushaltmitglieder bereits in Deutschland aufhalten (s. soziale Merkmale).

Werte und Normen

In den Fokusgruppen wurde als Grund für ein sparsames Heizverhalten vor allem die Senkung der Energiekosten genannt. Umwelt- oder Klimaschutzaspekte wurden nur vereinzelt und wenn dann vor allem als positiver Nebenaspekt der Kosteneinsparung genannt.

In den Regressionsanalysen zeigten sich zum einen deutliche positive Zusammenhänge zwischen den Ausprägungen traditioneller und hedonistischer Wertorientierungen und zum anderen negative Zusammenhänge zwischen Sparsamkeits-, Leistungs- und Spaßorientierungen einerseits und den Einstellungen der Heizung im Wohnzimmer andererseits. Beim Wärmeverlust durch Lüften spielen Wertorientierungen nur eine geringe Rolle. Keinen Einfluss auf die Einstellung der Heizung im Wohnzimmer hat, den multivariaten Analysen im AP 4 zufolge, die Stärke der Umweltorientierung der Befragten. Im AP 5 konnte aber gezeigt werden, dass die Intention zum Herunterdrehen der Heizung bei Abwesenheit positiv beeinflusst wird durch die Angabe zur Umweltentlastung, die dadurch erreicht werden kann. Werte und Normen wurden bisher nur vergleichsweise selten in quantitative Analysen zu Unterschieden im Heiz- und Lüftungsverhalten bzw. Heizenergieverbrauch einbezogen. Eine niederländische Studie (Abrahamse & Steg 2011) ergab, dass Wertorientierungen, wie Tradition/Sicherheit und Macht/Leistung sowie Offenheit für Wandel mit Unterschieden im Heizenergieverbrauch verbunden sind.

Die Bedeutung, die ein sparsamer Umgang mit Energie beim Heizen und Lüften aus Sicht der Befragten in ihrem sozialen Umfeld hat, als deskriptive soziale Norm, wirkt sich nicht auf das Heizverhalten aus. Das ergaben die multivariaten Analysen im AP 4. Im

AP 5 wurde festgestellt, dass die soziale Norm auch keinen Einfluss auf das Heizverhalten hat. Wirksam war dagegen aber im hypothetischen Fall einer energetischen Sanierung ein werte-basiertes Framing durch den Hinweis auf die Reduktion von CO₂-Emissionen, die sich durch ein Herunterregeln der Heizung (bei längerer Abwesenheit) erreichen lassen.

Verhaltensrelevante Einstellungen und Ansprüche

Darauf, dass die Teilnehmer*innen an den Fokusgruppen überwiegend versuchen, energiesparsam zu heizen und zu lüften, wurde bereits eingegangen (s. Energiekosten). Mehrfach wurde geäußert, dass ihren Bemühungen aber wegen des schlechten energetischen Zustands der Gebäude Grenzen gesetzt sind.

In Haushalten mit einer stärkeren Ausprägung der Einstellung, dass es Aufgabe des Vermieters ist für einen niedrigen Heizenergieverbrauch zu sorgen, sind nach den Ergebnissen der statistischen Analysen die Heizungen im Wohnzimmer im Mittel auf höhere Temperaturen eingestellt als in Haushalten mit einer schwächeren Ausprägung der Delegation der Verantwortung für den Heizenergieverbrauch. Bei allen anderen abgefragten Einstellungen gab es keine statistisch signifikanten Zusammenhänge mit der Temperatureinstellung. Auch Kosten- oder Klimaschutzaspekte spielten keine Rolle. Keine Zusammenhänge wurden zwischen den Einstellungen der Befragten und dem Wärmeverlust durch Lüften gefunden. Auch zum Einfluss von Einstellungen auf das Heiz- und Lüftungsverhalten bzw. den Heizenergieverbrauch gibt es bisher kaum Befunde aus anderen quantitativen Erhebungen. In einzelnen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen Umwelteinstellungen und (eingestellten) Raumtemperaturen bzw. Heizenergieverbrauch festgestellt (Abrahamse & Steg 2011, Hediger et al. 2017, Kleinhüchelkotten et al. 2016). In den Regressionsanalysen im AP 4 konnte, anders als u. a. bei Cali et al. 2016 und Bakaloglou & Charlier 2018, kein Zusammenhang gefunden werden zwischen dem Bedürfnis, so zu heizen, dass man sich nicht dick anziehen muss, und den Temperatureinstellungen. Beim Wärmeverlust durch Lüften zeigte sich ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang mit dem Bedürfnis, im Winter regelmäßig zu lüften, und ein negativer, statistisch hochsignifikanter, Zusammenhang mit dem Wunsch, Zugluft in der Wohnung zu vermeiden. Auch in einer niederländischen Studie wurde ein Zusammenhang mit dem Heizenergieverbrauch gefunden (Majcen 2016).

Gewohnheiten und Alltagspraktiken

Von einzelnen Teilnehmer*innen an den Fokusgruppen wurde berichtet, dass sie wegen ihrer beruflichen Tätigkeit und/oder Freizeitaktivitäten viel unterwegs sind und deshalb nur wenig heizen, das heißt, dass sie die Heizung zu Zeiten ihrer Abwesenheit nur auf niedriger Stufe laufen lassen oder sogar abstellen und für die Zeit ihrer Anwesenheit nur vergleichsweise niedrige Temperaturen einstellen. Das passt zu den Befunden aus den statistischen Analysen (s. Werte und Normen), dass es negative Zusammenhänge

zwischen Leistungs- und Spaßorientierungen und der Heizungseinstellung bei Anwesenheit gibt. Andere berichteten, dass sie versuchen, in der Wohnung eine konstante Temperatur zu halten. Beim Lüften gibt es den Aussagen der Teilnehmer*innen zufolge solche, die nach Bedarf lüften, und andere, die nach festen Gewohnheiten lüften. Einige gaben zudem an, dass bei ihnen so gut wie immer ein Fenster gekippt oder ganz geöffnet ist (s. Gebäude und Technik).

Statistisch signifikante Zusammenhänge mit den Gewohnheiten gibt es den Regressionsanalysen zufolge sowohl beim Heizen als auch beim Lüften. Die Heizungseinstellungen im Wohnzimmer korrelieren, wenn auch nur schwach, mit der Ausprägung situativen Heizverhaltens, das heißt, dass laut Aussagen der Befragten ganz unterschiedlich geheizt wird, je nach aktuellem Bedarf. In einer Studie aus Großbritannien wurden feste Gewohnheiten mit einem höheren Heizenergieverbrauch in Verbindung gebracht (Huebner et al. 2013). In anderen Untersuchungen zeigte sich, dass Erfahrungen aus dem Elternhaus einen Einfluss auf den Heizenergieverbrauch haben können (Hansen 2018, Hansen & Jacobsen 2020). Beim Wärmeverlust durch Lüften gibt es den Befund aus den Regressionsanalysen im AP 4, dass sowohl ein stärkeres Lüften nach festen Gewohnheiten als auch ein stärker am aktuellen Bedarf ausgerichtetes Lüftungsverhalten mit geringeren Wärmeverlusten einhergehen.

Wissen und Erfahrungen

In den Fokusgruppen wurde deutlich, dass es zum Teil große Unsicherheiten im Hinblick auf das richtige Heizen und Lüften gibt. Äußerungen einzelner Mieter*innen zufolge, spielt das richtige oder falsche Wissen praktisch keine Rolle, weil sie sich allein entsprechend bereits von den Eltern übernommener oder eingeübter Gewohnheiten verhalten, ganz gleich, ob diese angemessen sind. Als Vermittler von Wissen zum richtigen Heizen und Lüften bzw. als Impulsgeber für Änderungen beim Heiz- und Lüftungsverhalten wurden Hausmeister und Handwerker genannt.

Der Wissensstand zum richtigen Heizen und Lüften hat den statistischen Analysen zufolge keinen signifikanten Einfluss, weder auf das Heiz- noch auf das Lüftungsverhalten. Zur Rolle von Wissen gibt es bisher nur sehr wenige Studien, In einer quantitativen Analyse in Deutschland zeigte sich, dass die Annahme, Kipplüften sei energiesparender als Stoßlüften, relativ verbreitet ist und dass oft auch entsprechend gelüftet wird (Galvin 2013).

Heiz- und Lüftungsverhalten vor und nach energetischen Sanierungen

Im Rahmen der Haushaltsbefragung wurde eine Teilgruppe von 87 Haushalten, deren Wohnung vor maximal fünf Jahren energetisch ertüchtigt wurde und die bereits vor der Sanierung dort wohnten, darum gebeten, einige Aspekte im Vorher-Nachher-Vergleich zu bewerten und Angaben zum Heiz- und Lüftungsverhalten vor und nach der Sanierung zu machen. Letzteren ist zu entnehmen, dass zwei Drittel der befragten Haushalte seit

der Modernisierung weniger heizen. Das verbleibende Drittel teilt sich in etwa zu gleichen Teilen auf Haushalte auf, die ihr Heizverhalten nicht verändert haben, und solche, in denen sogar mehr geheizt wird. Jeweils über 10 % bzw. 14 % gaben an, nach der Sanierung mehr Räume zu beheizen als vorher bzw. die Heizung häufiger aufzudrehen. Ihr Lüftungsverhalten haben knapp drei Viertel der Haushalte nicht verändert.

Die Befunde aus der Befragung der NHW-Mieter*innen zum Heizverhalten vor und nach energetischen Sanierungen zeigen, dass diese in der Mehrheit der befragten Haushalte wahrscheinlich zum gewünschten Effekt, nämlich zu einem geringeren Heizenergieeinsatz, geführt haben. Bei einer Minderheit der befragten Haushalte gibt es aber Hinweise auf einen Rebound-Effekt: Der Effekt durch die energetische Sanierung wird, mindestens teilweise, durch stärkeres oder häufigeres Heizen oder das Beheizen von mehr Räumen zunichte gemacht. Die Zahl der auswertbaren Haushalte war mit 56 bzw. 57 aber sehr niedrig.

Ein kleiner, aber signifikanter, direkter Rebound-Effekt wurde auch in der im AP 5 durchgeführten Online-Befragung von Mieter*innen gefunden: Nach einer Wohnungsanierung regulieren Mieter*innen bei Abwesenheit ihre Heizung etwas weniger wahrscheinlich herunter als vor der Sanierung. Die Mehrheit der Befragten gab jedoch an, ihr Heizverhalten durch die Sanierung nicht zu verändern. Einige würden die Heizung nach der Sanierung sogar wahrscheinlicher herunterregeln als vor der Sanierung. Im Durchschnitt über alle Teilnehmer*innen des Online-Panels ergibt sich allein für die Verhaltensweise des Herunterregels der Heizung bei Abwesenheit ein Rebound-Effekt von 2 bis 3 %. Keinen Einfluss auf den direkten Rebound-Effekt hat die Bedienbarkeit der Heizung. Auch die soziale Norm und die Informationsquelle spielen keine Rolle. Unter Befragten, denen mitgeteilt wurde, wie viel CO₂ durch das Herunterregeln eingespart würde, war der Anteil derer, die die Heiztemperatur bei Abwesenheit senken würden, höher als unter denen, die die Information erhielten, wie viel Geld dadurch eingespart würde (s. o.).

Abgefragt wurde auch, wofür das durch die Sanierung eingesparte Geld für Heizung wahrscheinlich verwendet würde. Am häufigsten wurde das Sparen für größere Anschaffungen oder Unternehmungen in der Zukunft angegeben. Am zweitwahrscheinlichsten würde das Geld für die Haushaltskasse, Lebensmittel und tägliche Einkäufe verwendet. Ob damit ein indirekter Rebound-Effekt einhergeht und wie groß dieser ggf. ausfallen würde, konnte nicht bestimmt werden.

In einer für die Schweiz repräsentativen Studie wurde anhand verschiedener Indikatoren zum Heizverhalten (z. B. Länge der Heizperiode, gewählte Heiztemperaturen) analysiert, inwieweit Personen ihr Verhalten nach einer energetischen Sanierung der Wohnung anpassen würden (Hediger et al. 2018). Die hypothetischen Sanierungsbedingungen und die mit ihnen verbundenen Einsparpotenziale wurden systematisch variiert. Abgefragt wurde auch, wofür die Teilnehmenden einen Betrag von CHF 1000 ausgeben würden, wenn sie diesen bei den Heizkosten einsparen würden. Auf Basis der Befunde

aus der Befragung werden die direkten Rebound-Effekte auf 12 % und die indirekten auf 24 % geschätzt.

Den Ergebnissen der im AP 6 durchgeführten Berechnungen zufolge kann der Nutzeranteil an den Abweichungen zwischen Bedarf und Verbrauch nach am Gebäude durchgeführten baulichen und technischen Sanierungsmaßnahmen kleiner sein als vielfach angenommen.

Maßnahmen zur Verringerung des Heizenergieverbrauchs

Um die durch die Beheizung von Wohnungen verursachten THG-Emissionen zu senken, sind bei älteren Gebäuden bauliche und anlagentechnische Maßnahmen zur Verringerung von Wärmeverlusten und zur Steigerung der Energieeffizienz von Heizungsanlagen in Verbindung mit dem Einsatz erneuerbarer Energien unumgänglich. Erforderlich sind aber auch Maßnahmen, die dazu beitragen, Mieter*innen zu energiesparendem Verhalten zu motivieren bzw. sie bei solchem zu unterstützen und Verhaltensweisen zu begegnen, die zu Rebound-Effekten führen:

- ☞ Zentrale Heizungssteuerungen erleichtern die Anpassung der Raumtemperatur an die jeweilige Situation (Nacht, Abwesenheit). Mit der Möglichkeit, Betriebszeiten zu programmieren, könnten das Risiko reduziert werden, dass an den Heizkörpern hohe Temperaturen eingestellt werden mit der Absicht, diese nach Rückkehr in die Wohnung (vermeintlich) schneller warm zu bekommen, und dass diese Einstellung zu lange beibehalten wird.
- ☞ Sensoren an den Fenstern ermöglichen Art und Dauer der Öffnung zu erfassen und ggf. für Warnmeldungen zu nutzen, z. B. kombiniert mit der zentralen Heizungssteuerung.
- ☞ Viele der befragten Haushalte halten sich für gut informiert, was das energiesparende Heizen und Lüften angeht, aber es wurden auch Unsicherheiten und Wissensdefizite deutlich, denen mit einer, je nach Zielgruppe, gedruckten oder elektronischen Merkliste zum energiesparenden Heizen und Lüften begegnet werden könnte.
- ☞ Hausmeister*innen sind bei vielen Gelegenheiten erste Ansprechpersonen der Mieter*innen. Sie sollten durch eine entsprechende Schulung in die Lage versetzt werden, die Mieter*innen im Hinblick auf energiesparendes Heizen und Lüften zu beraten.
- ☞ Mit Hilfe App-basierter Hinweise (z. B. Push-Nachrichten) können Mieter*innen dabei unterstützt werden, ihr Heiz- und Lüftungsverhalten nach einer erfolgten energetischen Sanierung an die neue Situation anzupassen.

AP 8: Bidirektionaler Wissenstransfer (IWU, ECOLOG, ISI, NHW) und AP 9: Dokumentation und Dissemination (IWU, ECOLOG, ISI)

Der bidirektionale Wissenstransfer aus der und in die Praxis war im Projekt als Querschnittsaufgabe über die gesamte Projektlaufzeit angelegt.

Umgesetzt wurde dieser anhand eines heterogen besetzten Praxisbeirats aus sieben Einrichtungen, darunter Verbände (Sozialverband, Naturschutz, Verbraucher/Mieter sowie der Wohnungswirtschaft) und öffentliche Institutionen aus dem Bereich der Energiepolitik. Mit diesen erfolgte eine enge Rückkopplung der Forschungskonzepte sowie Kommunikation erster Ergebnisse. Die Einladung und Kommunikation mit dem Beirat erfolgte jeweils durch das IWU, die inhaltliche Konzeption und Durchführung in enger Zusammenarbeit zwischen allen Projektpartnern.

Insgesamt wurden drei Workshops durchgeführt. Im ersten Workshop (28.5.2019 in Präsenz) erfolgte die Vorstellung des Projektes, der Forschungskonzepte (KOSMA Arbeitsmodell; Wechselwirkungen zwischen Nutzer und Gebäude) und der vorbereitenden empirischen Grundlagen (Fokusgruppen, Recherche Wohnungsunternehmen) für die weitere Projektkonzeption. Hieran schloss sich eine anhand von Leitfragen gesteuerte Diskussion zum Wärmenutzungsverhalten und dessen Ursachen sowie erfolgversprechenden Maßnahmen an.

Die beiden weiteren Workshops wurden pandemiebedingt online durchgeführt. Dabei erfolgte im zweiten Workshop (02.12.2020) die Darstellung erster Erkenntnisse aus der aufgrund des Corona-Lockdowns unterbrochenen Hauptbefragung (AP4, Welle 1) sowie eine Vorstellung und Diskussion der Konzeption der Vignetten-Befragung (AP 5). Hierbei konnten wertvolle Hinweise zur weiteren Ausgestaltung der Vignetten gewonnen werden. Der dritte Workshop (11.11.2021) richtete sich an einen erweiterten Personenkreis und wurde dazu genutzt, die Ergebnisse der Vignettenbefragung vorzustellen und zu diskutieren und die weiteren Pläne zur für die Heizsaison 2021/2022 anstehende Wiederaufnahme der Hauptbefragung vorzustellen.

Die Ergebnisse des Projekts und weitere Status-Informationen wurden auf der eigens durch IWU entwickelten Projekt-Homepage dokumentiert. Weiterhin wurden Teilergebnisse auch auf den Websites der jeweils zuständigen Projektpartner veröffentlicht.

2.2 Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses

Trotz der pandemiebedingt notwendigen Anpassungen beim Feldzugang, der Befragungsdurchführung und dem Zeitplan wurden die Meilensteine des Projekts erreicht. Einzig das Konzept für den Transfer der Projektergebnisse (M8) konnte nicht mehr erarbeitet und die Abschlusskonferenz zeitbedingt nicht mehr durchgeführt werden.

Die Projektergebnisse tragen zum Schließen einer Wissenslücke im Bereich des Wärmenutzungsverhaltens in Gebäuden mit unterschiedlicher energetischer Qualität bei und stellen eine wichtige empirische Basis für die Diskussion über nutzerbedingte Rebound-Effekte dar. Die disziplinübergreifende, vertiefte Betrachtung der nutzerseitigen und baulich-physikalischen Determinanten für Verbrauchsverhalten und mögliche Rebound-Effekte liefert einen wichtigen empirischen Baustein für die wissenschaftliche Debatte um das Auftreten und die Ursachen von Rebound-Effekten. Anknüpfungspunkte bestehen für die sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung mit Blick auf die Erhöhung von suffizienten und effizienten Verhaltensweisen im Bereich Raumwärme und für die bauphysikalische Betrachtung u.a. durch die Kalibrierung von Energiebedarfsrechnungen durch an die Realität angepasste Eingangsparameter.

Auch auf gesellschaftlicher Ebene sind die Ergebnisse für viele Akteure relevant, da sie helfen, die Relevanz verschiedener Einflusskomponenten einzuschätzen, und somit zu einer Versachlichung der Debatte um den Nutzen von Wärmedämmung und energetische Sanierung beitragen können. Verbraucher- und Energieberater können die Informationen zu unterschiedlichen Entstehungskomponenten für ihre Arbeit mit Blick auf eine zielgerichtete Kommunikation nutzen.

Akteure der Wohnungswirtschaft können die Ergebnisse für ihr Portfolio-Management, die Risikoabschätzung und Planung von Modernisierungsmaßnahmen nutzen und erhalten Einblick in mögliche Maßnahmen zur Minimierung des Risikos für Rebound-Effekte.

Politikakteure erhalten auf Basis der erfassten Wirkzusammenhänge und den Blick auch auf Geringverdiener und Transferleistungsempfänger Anregungen zur Ausrichtung wirksamer förderpolitischer oder ordnungsrechtlicher Maßnahmen und sozialpolitischer Instrumente für die Gestaltung der Wärmewende.

Auch die Öffentlichkeit profitiert von den Erkenntnissen in Bezug auf Möglichkeiten und Voraussetzungen für die tatsächliche Erreichung von Einsparpotenzialen durch die energetische Modernisierung von Gebäuden.

Die Erkenntnisse sind auf vielseitige Weise anschlussfähig an aktuelle Debatten, sie weisen eine hohe Relevanz für Wissenschaft und Praxis auf und tragen durch die Bereitstellung von Erkenntnissen zu den verschiedenen Einflussfaktoren des Heizenergieverbrauchs zur Gestaltung der Wärmewende im Gebäudebereich bei.

2.3 Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet an anderen Stellen

Die während der Projektlaufzeit bekannt gewordenen Forschungsarbeiten wurden beachtet. Im Zuge der Erarbeitung des Arbeitsmodells in AP 1 erfolgte eine umfassende Literaturlauswertung (s. Gardemin et al. 2019), die im weiteren Verlauf des Projekts

fortgeführt wurde. Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für die Konstruktion des Erhebungsinstruments für die Hauptbefragung. Auf wichtige Studien wird in den Sachberichten zum Projekt verwiesen.

2.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Ergebnisse des Projekts wurden in themenbezogenen Projektberichten veröffentlicht. Sie sind über die Projektwebsite unter <https://www.kosma-projekt.de/publikationen.php> und die Websites der Projektpartner zugänglich.

- Gardemin, D., Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P. & Dütschke E. (2019). Einflussfaktoren des Raumwärmeverhaltens im Wohnungsbereich vor und nach Energetischer Sanierung. KOSMA-Werkstattbericht, Nr. 1. ECOLOG-Institut/Fraunhofer ISI, Hannover/Karlsruhe.
- Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P., Renz, I., Hacke, U., Lohmann G. & Falk, S. (2023). Determinanten des Heiz- und Lüftungsverhaltens in Miethaushalten. KOSMA-Werkstattbericht Nr. 3. IWU/ECOLOG-Institut, Darmstadt/Lüneburg.
- Grafe, M. (2023). Einflüsse und Wechselwirkungen nutzerabhängiger und -unabhängiger Aspekte auf Energiebedarf und -verbrauch von Wohngebäuden. KOSMA-Werkstattbericht Nr. 4. IWU, Darmstadt.
- Preuß, Sabine; Dütschke, Elisabeth (2023). Determinanten und Ansatzpunkte zur Eindämmung von Rebound-Effekten im Wohnraum-Heizen. Ein Vignetten-Experiment mit Mietenden aus Deutschland. KOSMA-Werkstattbericht Nr. 2. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- Dütschke, E., Preuß, S. (2023). Verbundprojekt: Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung (KOSMA). Teilprojekt E: Generierung eines psychologischen Verhaltensmodells, Erstellung des experimentellen Befragungsdesigns. Schlussbericht zum Projekt „KOSMA“. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Weitere Veröffentlichungen erfolgten im Rahmen der Herausgabe eines Schwerpunktheftes der Zeitschrift *Umweltpsychologie* durch Elisabeth Dütschke (Fraunhofer ISI) in Zusammenarbeit mit Anke Blöbaum 2022. Unter den sechs dort veröffentlichten Beiträgen finden sich zwei Beiträge aus dem Projekt KOSMA:

- Glunz, E., Dütschke, E. & Preuß, S. (2022). Turn Down for What? Der Einfluss psychologischer Faktoren auf energiesparendes Heizverhalten. *Umweltpsychologie* 26, 11-32.
- Hacke, U. & Renz, I. (2022). Herausforderungen der Erfassung von Rebound-Effekten bei Raumwärme im Mietwohnbereich Beitrag aus KOSMA. *Umweltpsychologie* 26, 106-126.

Die Daten zum Fensteröffnungsverhalten aus der ersten Befragungswelle der Hauptbefragung sind im Rahmen einer Promotion am IWU in eine Aufsatzveröffentlichung in der Zeitschrift *Energy and Buildings* eingeflossen:

- Weber, Ines (2021). Interplay of building efficiency and households' ventilation behaviour: Evidence of an inverse U-shaped correlation. *Energy and Buildings*, 252, 111466. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111466

Am Fraunhofer ISI wurden die Daten aus dem Vignetten-Experiment im Rahmen einer Promotion mit ökonomischer Ausrichtung genutzt und als Teil der Dissertation in der Zeitschrift *Applied Energy* veröffentlicht:

- George, J.F., Werner, S., Winkler, J., Held, A. & Ragwitz, M. (2023). The landlord-tenant dilemma: Distributional effects of carbon prices, redistribution and building modernisation policies in the German heating transition. *Applied Energy* 339, 120783. DOI: 10.1016/j.apenergy.2023.120783

Erste Ergebnisse zum Heiz- und Lüftungsverhalten auf Basis des Gesamtsamples (beide Befragungswellen der Hauptbefragung) wurden in der Magdeburger Schriftenreihe zu politikwissenschaftlichen Perspektiven bei Wohnen und Nachhaltigkeit veröffentlicht:

- Renz, I. & Hacke, U. (2023). Verhaltensrebounds beim Heizen und Lüften? Zusammenhänge zwischen Energienutzungsverhalten und energetischer Gebäudequalität im Mietwohnbereich. In: *Magdeburger politikwissenschaftliche Beiträge zu Nachhaltigkeit in Forschung und Lehre*, 3, 30–41. DOI: 10.24352/UB.OVGU-2023-006

Darüber hinaus wurde das Projekt KOSMA in den vom DLR organisierten Vernetzungsveranstaltungen der Fördermaßnahme und bei den Bauphysiktagen vorgestellt und die jeweiligen Präsentationsfolien auf der Projekt-Website veröffentlicht (<https://www.kosma-projekt.de/publikationen.php>):

- Renz, Ina: Projektvorstellung KOSMA. Vernetzungskonferenz Rebound-Effekte aus sozial-ökologischer Perspektive, 11./12. 09. 2019, Bonn.
- Renz, Ina: Herausforderungen für die Forschung - Daten, Methoden und Pandemie. Erfahrungen aus dem Projekt KOSMA. Rebound-Effekte verstehen – Verhalten ändern – Ressourcen einsparen. BMBF-Abschlussveranstaltung: Rebound-Effekte aus sozial-ökologischer Perspektive, 28.04.2022, Online
- Grafe, Michael: Ursachen für Rebound-Effekte bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden - Welche Rolle spielt der Nutzer? Bauphysiktage 2019 in Weimar, 25.9 - 26.09.2019, *Weimar*.

Eine weitere nicht-öffentliche Kurzvorstellung zentraler Ergebnisse aus dem Projekt erfolgte im Rahmen eines fachlichen Austauschs zwischen IWU und dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) in Wiesbaden.

Erkenntnisse aus dem Projekt wurden in verschiedenen Meldungen innerhalb des SOEF-Newsletters und über die Projekt Website geteilt.

Weiterhin wurden ausgewählte Ergebnisse zum Heizverhalten in der Wärme-Austausch Gruppe des Netzwerks Energiewendebauen am 19.9.2023 im Rahmen des Schwerpunktthemas sozialwissenschaftliche Forschung in der Wärmeversorgung vorgestellt (<https://ewb.innoecos.com/Group/Waerme-Austausch/Pages/Start/Accordion/58888#58888>)

Weitere Aufsatzveröffentlichungen sind geplant.

3 Literaturverzeichnis

- Abrahamse, W. & Steg, L. (2011). Factors related to household energy use and intention to reduce it: The Role of Psychological and Socio-Demographic Variables. *Human Ecology Review* 18 (1), S. 30-40.
- Aydin, E., Kok, N. & Brounen, D. (2017). Energy efficiency and household behavior: The rebound effect in the residential sector. *RAND Journal of Economics* 48 (3), S. 749-782.
- Bakaloglou, S. & Charlier, D. (2018). Energy consumption in the French residential sector: how much do individual preferences matter? FAERE Working Paper 2018.15. French Association of Environmental and Resource Economists, Montpellier.
- Belaïd, F. (2017). Untangling the complexity of the direct and indirect determinants of the residential energy consumption in France: Quantitative analysis using a structural equation modeling approach. *Energy Policy* 110, S. 246-256.
- Brounen, D., Kok, N. & Quigley, J.M. (2012). Residential energy use and conservation: Economics and demographics. *European Economic Review* 56, S. 931-945.
- Calli, D., Heesen, F., Osterhage, T., Streblow, R., Madlener, R. & Müller, D. (2016). Energieeinsparpotenzial sanierter Wohngebäude unter Berücksichtigung realer Nutzungsbedingungen. Fraunhofer IRB Verlag, Bonn.
- De Haan, P., Peters, A., Semmling, E., Marth, H. & Kahlenborn, W. (2015). Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik.
- Diefenbach, N., Großklos, M., Grafe, M., Müller, A., Born, R., Ruppert, H., Graf, H.-M. & Krzikalla, N. (2017). Modellentwicklung zur Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage im Wohngebäudesektor. Zwischenbericht im Projekt „Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage (EE-GebäudeZukunft)“. IWU, Darmstadt.
- Dütschke, E. & Preuß, S. (2023). Verbundprojekt: Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung (KOSMA). Teilprojekt E: Generierung eines psychologischen Verhaltensmodells, Erstellung des experimentellen Befragungsdesigns. Schlussbericht zum Projekt „KOSMA“. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- Fabi, V., Andersen, R.V., Corgnati, S. & Olesen, B.W. (2012). Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. *Building and Environment* 58, S. 188-198.
- Galvin, R. (2013). Impediments to energy-efficient ventilation of German dwellings: a case study in Aachen. *Energy and Buildings* 56, S. 32-40.

- Gardemin, D., Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P. & Dütschke E. (2019). Einflussfaktoren des Raumwärmeverhaltens im Wohnungsbereich vor und nach Energetischer Sanierung. KOSMA Werkstattbericht Nr. 1. ECOLOG-Institut/Fraunhofer ISI, Hannover/Karlsruhe.
- Grafe, M. (2023). Einflüsse und Wechselwirkungen nutzerabhängiger und -unabhängiger Aspekte auf Energiebedarf und -verbrauch von Wohngebäuden. KOSMA Werkstattbericht Nr. 4. IWU, Darmstadt.
- Guerra Santin, O. & Itard, L. (2010). Occupants' behaviour: determinants and effects on residential heating consumption. *Building Research & Information* 38 (3), S. 318-338.
- Guerra Santin, O. (2013). Occupant behaviour in energy efficient dwellings: evidence of a rebound effect. *J House and the Built Environ* 28, S. 311-327.
- Guerra Santin, O., Itard, L. & Visscher, H. (2009). The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. *Energy and Buildings* 41, S. 1223-1232.
- Hacke, U., Lohmann, G. & Gravoille, P. (2013). ESESH Pilot Outcomes (deliverable D7.2). http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/i_n_e/esesh_D7.2.pdf
- Hansen, A.R. & Jacobsen, M.H. (2020). Like parent, like child: Intergenerational transmission of energy consumption practices in Denmark. *Energy Research & Social Science* 61, 101341. DOI: 10.1016/j.erss.2019.101341
- Hansen, A.R., Gram-Hanssen, K. & Knudsen, H.N. (2018). How building design and technologies influence heat-related habits. *Building Research & Information* 46 (1), S. 83-98.
- Hediger, C., Farsi, M. & Weber, S. (2017). Turn it up and open the window: On the rebound effects in residential heating. *Ecological Economics* 149, S. 21-39.
- Huebner, G.M., Hamilton, I., Chalabi, Z., Shipworth, D. & Oreszczyn, T. (2015). Explaining domestic energy consumption - The comparative contribution of building factors, socio-demographics, behaviours and attitudes. *Applied Energy* 159, S. 589-600.
- Kleinhüchelkotten, S. (2012). Zielgruppengerechte Kommunikation zu Klimawandel und Klimaschutz. *Kommunikationshandbuch für KLIMZUG Nord*. ECOLOG-Institut, Hannover.
- Kleinhüchelkotten, S., Moser, S. & Neitzke, H.-P. (2016). Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P., Renz, I., Hacke, U., Lohmann G., Falk, S. (2023). Determinanten des Heiz- und Lüftungsverhaltens in Miethaushalten. KOSMA Werkstattbericht Nr. 3. ECOLOG-Institut/ IWU, Hannover/Darmstadt.

- Loga, T. (2015). Informationen zu EnEV-XL 5.1. Excel-Tool des Instituts Wohnen und Umwelt Darmstadt. Fassung vom 30.06.2015.
<https://www.iwu.de/publikationen/tools/informationen-enev-xl/>
- Loga, T., Stein, B., Hacke, U., Müller, A., Großklos, M., Born, R., Renz, I., Cischinsky, H., Hoerner, M. & Weber, I. (2019). Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen. BBSR-Online-Publikation Nr. 04/2019. Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn.
- Madlener, R. & Turner, K. (2016). After 35 Years of Rebound Research in Economics: Where Do We Stand? In T. Santarius, H. J. Walnum & C. Aall (Hrsg.), *Rethinking Climate and Energy Policies. New Perspectives on the Rebound Phenomenon* (S. 17-36.) Springer.
- Majcen, D. (2016). Predicting energy consumption and savings in the housing stock: A performance gap analysis in the Netherlands. *Architecture and the Built environment 4*. Delft University of Technology, Delft.
- Moser, S. & Kleinhüchelkotten S. (2017): Good intents, but low impact: Diverging importance of motivational and socioeconomic determinants explaining pro-environmental behavior, energy use, and carbon footprint. *Environment and Behavior* 50 (6). S. 626-656.
- Moser, S., Lannen, A., Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P. & Bilharz, M. (2016). Good intentions, big footprints: Facing household energy use in rich countries CDE Policy Brief No.9. CDE, Bern.
- Peters, A. & Dütschke, E. (2016). Exploring Rebound Effects from a Psychological Perspective. In T. Santarius, H. J. Walnum & C. Aall (Hrsg.), *Rethinking Climate and Energy Policies. New Perspectives on the Rebound Phenomenon* (S. 89–105). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-38807-6_6
- Renz, I., Hacke, U., Lohmann, G., Vogt, G., Korte, W. B., Yanev, S. & Martion, M. (2014). BECA Pilot Evaluation Results (deliverable D7.2).
http://beca-project.eu/fileadmin/BECA/documents/BECA_D7.2_FINAL.pdf
- Renz, I. & Hacke, U. (2023). Verhaltensrebounds beim Heizen und Lüften? Zusammenhänge zwischen Energienutzungsverhalten und energetischer Gebäudequalität im Mietwohnbereich. *Magdeburger politikwissenschaftliche Beiträge zu Nachhaltigkeit in Forschung und Lehre*, Band 3, S. 30–41. DOI: 10.24352/UB.OVGU-2023-006
- Renz, I. & Vogt, G. (2015). ICT instruments in multi-apartment buildings: Efficiency and effects on energy consumption behaviour. *Proceedings of the ECEEE Summer Study 2015*, S. 2061-2073. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/

- eceee_Summer_Studies/2015/9-dynamics-of-consumption/ict-instruments-in-multi-apartment-buildings-efficiency-and-effects-on-energy-consumption-behaviour/
- Santarius, T. (2014). Der Rebound-Effekt: Ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation. *GAIA*, 23/2, S. 109–117.
- Santarius, T. & Soland, M. (2016). Towards a Psychological Theory and Comprehensive Rebound Typology. In *Rethinking Climate and Energy Policies. New Perspectives on the Rebound Phenomenon* (S. 107–119). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-38807-6_7
- Schweiker, M., Huebner, G.M., Kingma, B.R M., Kramer, R. & Pallubinsky, H. (2018). Drivers of diversity in human thermal perception – A review for holistic comfort models. *Temperature* 5 (4), S. 308-342.
- Seebauer, S. (2018). The psychology of rebound effects. Explaining energy efficiency rebound behaviours with electric vehicles and building insulation in Austria. In: *Energy Research & Social Science* 46, S. 311–320. DOI: 10.1016/j.erss.2018.08.006
- Sorrell, S. (2007). The Rebound Effect: An assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency (UK Energy Research Centre, Hrsg.). <http://www.ukerc.ac.uk/publications/the-rebound-effect-an-assessment-of-the-evidence-for-economy-wide-energy-savings-from-improved-energy-efficiency.html>
- Weber, S., Burger, P., Farsi, M., Martinez-Cruz, A.L., Puntiroli, M., Schubert, I. & Volland, B. (2017). Swiss Household Energy Demand Survey (SHEDS): Objectives, design, and implementation. IRENE Working paper 17-14. Institute of Economic Research, University of Neuchâtel, Neuchâtel.