

PoWiNE Working Paper 3/2023

Wohnen & Nachhaltigkeit

Politikwissenschaftliche Perspektiven

Melanie Slavici *Hrsg.*



Bild: Shutterstock Nr. 649228261

ISBN: 978-3-948749-30-9, DOI: 10.24352/UB.OVGU-2023-002

PoWiNE Working Paper

Magdeburger politikwissenschaftliche Beiträge zu Nachhaltigkeit in Forschung und Lehre

Band 3

Eine Schriftenreihe der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Humanwissenschaften (FHW), Institut II: Gesellschaftswissenschaften, Lehrstuhl für Politikwissenschaft mit Schwerpunkt Nachhaltige Entwicklung

herausgegeben von:

Michael Böcher (michael.boecher@ovgu.de)

Katrin Beer (katrin.beer@ovgu.de)



Verhaltensrebounds beim Heizen und Lüften? Zusammenhänge zwischen Energienutzungsverhalten und energetischer Gebäudequalität im Mietwohnbereich

Abstract

Trotz bestehender Erkenntnislücken werden beim Energienutzungsverhalten in Wohngebäuden häufig Rebound-Effekte unterstellt. Der Beitrag zeigt anhand einer Querschnittsanalyse Zusammenhänge zwischen selbst berichtetem Heiz- und Lüftungsverhalten und baulichen Merkmalen auf und trägt so zur empirischen Fundierung der Diskussion um Verhaltensrebounds bei. Dabei finden sich keine empirischen Belege für Verhaltensrebounds beim Heizen und Lüften. Vielmehr fallen die durchschnittlichen Thermostateinstellungen in unsanierten Gebäuden im Wohn- und Schlafzimmer höher aus als in teilsanierten oder ambitionierten Standards. Im Schlafzimmer finden sich sparsamere Heizungseinstellungen außerdem in Wohnungen mit Wärmeschutzverglasung. Beim Fensteröffnungsverhalten bestehen klare und je Zimmer unterschiedliche Präferenzen für eine reine Stoß- oder Kipplüftung. Abgesehen von einer kürzeren und selteneren Stoßlüftung in Wohnzimmern mit alten Fenstern wurden jedoch keine Zusammenhänge mit baulichen Merkmalen festgestellt.

Schlagworte: Rebound-Effekt, Raumwärme, Nutzerverhalten, Fensteröffnungsverhalten, Mieterbefragung

Despite an existing lack of knowledge about energy use behaviour in residential buildings, rebound effects are often attributed to the building users. Based on a cross-sectional analysis, this article shows correlations between self-reported heating and ventilation behaviour with energetic building characteristics and thus provides an empirical base for debates about behavioural rebounds. The results show no empirical evidence for behavioural rebounds in heating and airing. Rather, the average thermostat settings in unrenovated buildings in the living room and bedroom are higher than in partially renovated or ambitious standards. Furthermore, in the bedroom, lower heating settings can be found in households with energy-efficient windows. When it comes to window opening behaviour, there are clear preferences for pure shock or tilt ventilation that vary between rooms. However, apart from a shorter and less frequent shock ventilation in living rooms with old windows, no correlations with building characteristics were found.

Keywords: rebound effect, space heating, user behaviour, ventilation behaviour, tenant survey

Dr. Ina Renz und Ulrike Hacke

arbeiten am Institut Wohnen und Umwelt Darmstadt mit dem Schwerpunkt auf Energie- und Wohnforschung.

Kontakt: i.renz@iwu.de
u.hacke@iwu.de

Die erneute Verfehlung der Klimaschutzziele im Gebäudesektor (Agora Energiewende, 2023) und die jüngst eingereichte Klage des BUND mit der Forderung nach entsprechenden Sofortprogrammen (BUND, 2023) verdeutlicht die anhaltende Dringlichkeit zur Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden.

In der Diskussion um zielführende Instrumente steht die bestmögliche Ausschöpfung von Energieeinsparpotenzialen im Fokus. Dabei wird der Erfolg von Investitionen in den Wärmeschutz von Gebäuden insbesondere in der öffentlichen Diskussion immer wieder in Frage gestellt, wenn bspw. nach einer energetischen Modernisierung erreichte Einsparungen hinter den erwarteten (errechneten) Einsparungen beim Heizenergieverbrauch zurückbleiben. Solche als Rebound bezeichneten Effekte werden in der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Debatte häufig (allein) den Gebäudenutzer*innen zugeschrieben, die Einsparziele durch wenig(er) sparsames Verhalten konterkarieren würden (z.B. Sorrell, 2007; Gill et al., 2010; Presseinformation Zukunft Altbau, 2023).

Tatsächlich hängt der Heizwärmeverbrauch neben dem individuellen Heiz- und Lüftungsverhalten aber mit einer Vielzahl an technischen, bauphysikalischen sowie externen Faktoren zusammen, wodurch ein komplexes Geflecht an Einflussgrößen als ursächlich für das Auftreten von Rebound-Effekten im Bereich Raumwärme angesehen werden muss (Gardemin et al., 2019; Stein et al., 2021). Hierzu bestehen jedoch empirische Erkenntnisdefizite, die u.a. in der schlechten Datenlage begründet sind. So fehlt es an umfassendem Wissen zum Energienutzungsverhalten von privaten Haushalten, das zugleich Informationen zur energetischen Gebäudequalität und möglichen Einflussfaktoren enthält (z.B. Loga et

al., 2019). Weiterhin führen die voraussetzungsreichen Herausforderungen einer entsprechenden Datenerfassung dazu, dass ein wünschenswertes Längsschnittdesign für größere Stichproben kaum praktikabel ist (Hacke & Renz, 2022).

So unterscheiden Studien zu den nutzerseitigen Gründen für Rebound-Effekte häufig nur allgemeine Kategorien an Ursachen (de Haan et al., 2015) oder haben eher explorativen Charakter (Peters & Dütschke, 2016; Santarius & Soland, 2016). Stärker ingenieurwissenschaftlich ausgerichtete Studien beziehen sich häufig auf gemessene Raumtemperaturen, die – wie bspw. Ergebnisse der Meta-Analyse in Loga et al. (2019) zeigen – zwar als sogenannter „Nutzerfaktor“ in die Analysen eingehen, aber durch das Zusammenspiel mit bauphysikalischen Faktoren nur unscharfe Rückschlüsse auf Verhaltensrebounds zulassen. Bislang nur wenige Studien konzentrieren sich auf psychologische und kontextuelle Einflussfaktoren (Hediger et al., 2018; Seebauer, 2018; Glunz et al., 2022).

Vor diesem Hintergrund entstand das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im FONA-Schwerpunkt Sozial-ökologische Forschung geförderte Verbundprojekt KOSMA (Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung) mit dem Ziel, die empirische Datenlage zum Wärmenutzungsverhalten in Verbindung mit (energetischen) Gebäudemerkmale zu verbessern und Verhaltensmuster für mögliche Mehrverbräuche unter Berücksichtigung von sozio-strukturellen, sozio-kulturellen und psychologischen Einflussfaktoren näher zu analysieren.

Der vorliegende Beitrag stellt erste Ergebnisse des Projekts vor und will so zu einer empirisch-basierten Diskussion zum Auftre-

ten von Verhaltensrebounds beim Wärmeverbrauchsanregung anregen. Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt hier zunächst in der Frage, ob der energetische Standard von Mietwohngebäuden einen Einfluss auf das Heiz- und Fensteröffnungsverhalten der Bewohner*innen hat.

Datengrundlage und Methodik

Die Datengrundlage des Beitrags bilden während den Heizperioden 2019/2020 und 2021/2022 in verschiedenen Regionen Hessens erhobene Befragungsdaten von insgesamt 1.304 Miethaushalten der Nassauischen Heimstätte | Wohnstadt, die durch vermietetseitig verfügbare Strukturdaten zu baulich-technischen und energetischen Merkmalen der jeweiligen Wohnungen angereichert wurden.

In der Befragung wurden u.a. konkrete Verhaltensweisen zur Regelung der Heizung (Thermostateinstellungen für unterschiedliche Heizsysteme und Ventilarten) sowie Art (gekippt, ganz geöffnet), Häufigkeit und Dauer der Fensteröffnung erfasst. Da Temperaturwahl und Fensteröffnungsverhalten mit der Raumnutzung und Nutzungszeiten verknüpft sind (Loga et al., 2019, Kap. 2.4 ff.), wurden die Verhaltensweisen sowohl für bis zu vier in der Wohnung befindliche Räume als auch drei Situationen (tagsüber bei Anwesenheit, tagsüber bei Abwesenheit, nachts) erfasst.

Auf dieser Basis wird anhand einer Querschnittsbetrachtung analysiert, ob sich die Bedienung der Heizung (Thermostateinstellungen) sowie Art, Häufigkeit und Dauer der Fensteröffnung in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards und baulichen Merkmalen unterscheiden. Weniger sparsame Verhaltensweisen in energetisch effizienteren Gebäuden könnten dann auf Verhaltensrebounds hindeuten.

Für die Analysen zu Thermostateinstellungen wurden die Angaben der Befragten zu den in den Wohnungen vorfindlichen unterschiedlichen Arten an Thermostatventilen in eine einheitliche 6-stufige Zahlenskala überführt (s. KOSMA-Ergebnisbericht, zur Zeit der Veröffentlichung noch in Bearbeitung). Da diese Ventil-Skala in der Stichprobe am häufigsten vorkommt und sich die Auswertungen auf die vorgenommenen Einstellungen an Heizkörpern und nicht etwa auf (reale) Raumtemperaturen beziehen, vermeidet diese Transformation bestmöglich Ungenauigkeiten und Fehlinterpretationen.

Für die Auswertungen zum Fensteröffnungsverhalten wurden aus den Angaben der drei Tagessituationen (anwesend/abwesend/nachts) 24-Stunden-Werte gebildet, anhand derer sowohl Aussagen zur präferierten Art und Weise der Fensteröffnung als auch zur jeweiligen Einzel- und Gesamtdauer der Stoß- und/oder Kipplüftung für den 24 h-Tag getroffen werden können. Unter Stoßlüftung wird das weite Öffnen der Fenster verstanden, die spaltbreite Öffnung oder das Ankippen der Fenster wird begrifflich als Kipplüftung zusammengefasst. Sowohl für das Heiz- als auch das Fensteröffnungsverhalten ist der wohnungsbezogene energetische Gebäudestandard die zentrale Variable für die Gruppenvergleiche. Dieses Merkmal beschreibt unter Berücksichtigung der Lage der Wohnung im Gebäude (unterstes, mittleres, oberstes Geschoss) den Dämmstandard derjenigen Hüllbauteile, welche die entsprechende Wohnung umgeben. Diese Kenngröße ist zur Einordnung des Nutzerverhaltens besonders geeignet, da sie insbesondere für teilsanierte Gebäude, wo sich die energetischen Parameter je nach Lage der Wohnung deutlich unterscheiden können, präzise Aussagen zulässt. Für 75 befragte Haushalte wurde der

Gebäudewert verwendet, da keine eindeutige Lagezuordnung der Wohnung möglich war.

Für die Gruppenvergleiche werden drei Gruppen unterschieden:

(1) weitgehend unsaniertes energetischer Standard: unsaniertes Bestands- oder Teilsanierung mit wenigen Einzelmaßnahmen

(2) teilsaniertes energetischer Standard: Teilsanierung mit weitreichenderen Einzelmaßnahmen bzw. Sanierung der 1980er und 1990er Jahre

(3) verbesserter bis ambitionierter energetischer Standard: Sanierung in Neubaustandards oder Vollsanierung / Neubau unter Einhaltung jüngerer gesetzlicher Anforderungen

Ein weiterer Vergleich des Heizverhaltens erfolgt auf Basis des Vorhandenseins einer

Wärmeschutzverglasung, wobei für Wohnungen mit fehlender Angabe immer dann eine Wärmeschutzverglasung angenommen wurde, wenn der Fenstereinbau nach 2002 erfolgte oder die Gebäude nach 1995 errichtet wurden.

Für das Fensteröffnungsverhalten wurde davon abweichend das Alter der Fenster zugrunde gelegt, welches ein etwas differenzierteres Bild ergibt – neben der Wärmeschutzverglasung z.B. im Hinblick auf eine möglicherweise unterschiedliche Dichtigkeit der Fenster. Basierend auf den vermietenseitigen Angaben zum Jahr des Fenstereinbaus bzw. Fensteraustauschs wurden vier Fensteraltersklassen gebildet (s. Tabelle 1), die sich an den verschiedenen Zeitpunkten der (Novellierungen der) Wärmeschutzverordnung orientieren. Dort, wo Informationen über das Alter der Fenster fehlten, wurde ersatzweise das Baujahr des Gebäudes eingesetzt.

Tabelle 1: Übersicht der für die Gruppenvergleiche relevanten Gebäudemerkmale

Merkmal	Fallzahl (n)	Anteil (in %)	betrachtet für Gruppenvergleiche zum	
			Heizen	Lüften
energetischer Gebäudestandard			x	x
(1) weitgehend unsaniert	334	25,6		
(2) teilsaniert	469	36,0		
(3) verbessert bis ambitioniert	501	38,4		
Wärmeschutzverglasung			x	
(1) nicht vorhanden	946	72,5		
(2) vorhanden	358	27,5		
Fensteraltersklassen				x
(1) vor 1978	536	41,1		
(2) 1978-1994	388	29,8		
(3) 1995 -2001	125	9,6		
(4) ab 2002	255	19,6		

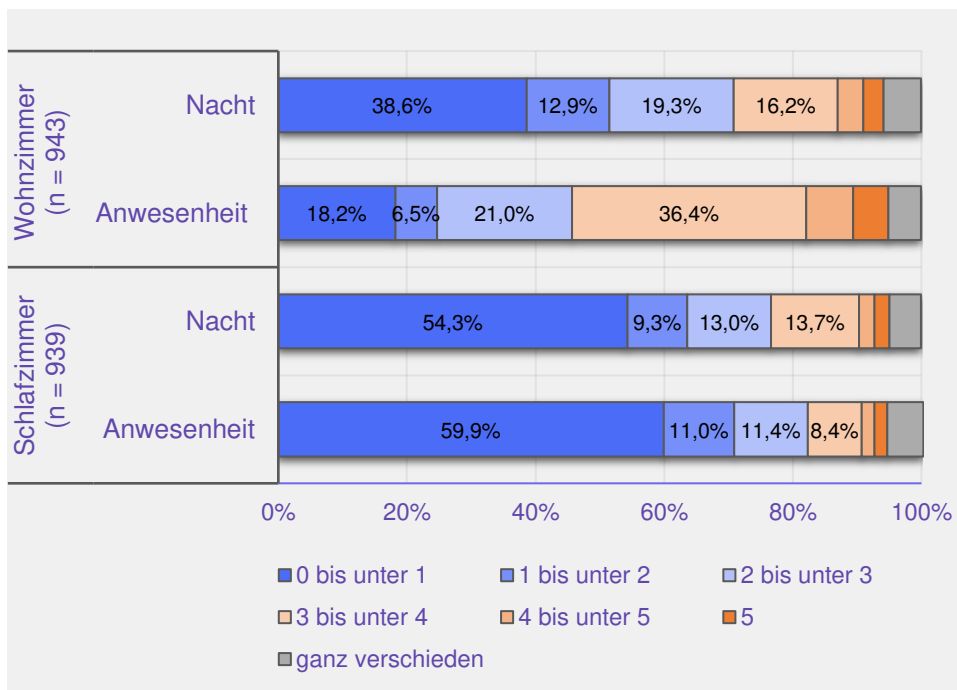
Ergebnisse zum Heizverhalten nach energetischen Merkmalen

Nachfolgend finden sich erste Ergebnisse zu den gewählten Thermostateinstellungen im Wohnzimmer und Schlafzimmer für die Situationen „tagsüber bei Anwesenheit“ und „nachts“. Berücksichtigt werden jeweils Wohnungen, die mit einer Zentralheizung oder Fernwärme beheizt werden. Für 943 Haushalte liegen demnach Angaben zum Heizverhalten im Wohnzimmer vor. Beim Schlafzimmer sind es 939 Haushalte.

Abbildung 1 zeigt die – aus Gründen der Übersichtlichkeit – auf ganze Zahlen zusammengefassten Thermostateinstellungen für

das Wohn- und Schlafzimmer. Erwartungsgemäß heizen die befragten Haushalte tagsüber bei Anwesenheit mehr als nachts. Im Wohnzimmer ist die Heizung tagsüber bei Anwesenheit überwiegend auf Werte zwischen 3 bis unter 4 (36,4 %) und 2 bis unter 3 (21,0 %) eingestellt, während die Einstellung nachts zumeist bei einem Wert unter 1 liegt (38,6 %). Im Schlafzimmer liegen die Einstellungen in beiden Situationen mehrheitlich bei einer Einstellung zwischen 0 und unter 1. Jeweils etwa 5 % der Befragten geben je Zimmer und Situation zudem an, ganz verschieden zu heizen. Dies deutet auf ein situativ bedingtes Heizverhalten hin, das keinem klaren Muster folgt.

Abbildung 1: Thermostateinstellungen in Wohnungen mit Fernwärme oder Zentralheizung



Bezogen auf alle Angaben mit Aussagen zu konkreten Thermostateinstellungen (also ohne Antwort „ganz verschieden“) liegen im Wohnzimmer noch Aussagen von 895 (Anwesenheit) bzw. 888 (Nacht) Haushalten

vor. Die durchschnittliche Thermostateinstellung beträgt im Wohnzimmer bei Anwesenheit 2,3 (Median: 3,0) und bei Nacht 1,5 (Median 1,0). Im Schlafzimmer sind die

Thermostatventile basierend auf 893 Haushalten bei Anwesenheit und 886 Haushalten für die Nacht durchschnittlich auf eine Einstellung von 1,1 bei Anwesenheit und 0,8 bei Nacht eingestellt (Median jeweils 0,0).

Um die Frage nach Hinweisen auf mögliche Verhaltensrebounds zu beantworten, werden für die oben beschriebenen energetischen Gebäudemerkmale Mittelwertvergleiche für die Thermostateinstellungen bei Anwesenheit und Nacht angestellt. In der nachfolgenden Tabelle sind für die einzelnen Gruppen neben den jeweiligen Mittelwerten und Standardabweichungen auch signifikante Ergebnisse im Vergleich der Mittelwerte der jeweils angegebenen Gruppen dargestellt.

Für das Vorhandensein einer Wärmeschutzverglasung zeigt sich dabei nur für das Schlafzimmer ein signifikanter Unterschied. Hier fällt die mittlere Thermostateinstellung tagsüber bei Anwesenheit (Differenz von 0,4) und nachts (Differenz 0,3) in Wohnungen mit Wärmeschutzverglasung geringer aus. Demzufolge heizen die befragten Haushalte im Schlafzimmer etwas sparsamer, wenn in ihrer Wohnung Fenster mit Wärmeschutzverglasung verbaut sind.

Hinsichtlich des energetischen Gebäudestandards werden jeweils die drei oben beschriebenen Gruppen miteinander verglichen. Hier finden sich für Wohnzimmer und

Schlafzimmer sowohl tagsüber bei Anwesenheit als auch bei Nacht signifikante Unterschiede. In beiden Zimmern und Situationen fallen die mittleren Thermostateinstellungen bei Haushalten in weitgehend unsanierten Gebäuden jeweils am höchsten aus und sind signifikant höher als in teilsanierten Beständen oder Gebäuden der besten Gebäudeklasse.

Im Schlafzimmer fallen die Thermostateinstellungen im Gegensatz zum Wohnzimmer darüber hinaus in beiden Situationen auch in der mittleren Gruppe signifikant höher aus als im besten energetischen Standard. Damit besteht im Schlafzimmer ein für beide Situationen durchgängiges Muster, wonach die Heizung mit zunehmend verbessertem energetischem Standard niedriger eingestellt wird. Im Wohnzimmer ist dieses Muster nicht erkennbar, da die mittlere Gruppe die jeweils niedrigsten Heizeinstellungen aufweist. Dies könnte mit weiteren Einflüssen auf das Heizverhalten zu tun haben.

In der Tabelle nicht dargestellt sind Maße der Effektstärke. Die Berechnung von Cohen's d zeigt jedoch für alle signifikanten Unterschiede beider Gebäudemerkmale Werte deutlich über 1. Demzufolge ist von nennenswerten Zusammenhängen auszugehen.

Tabelle 2: Durchschnittliche Thermostateinstellungen in Wohn- und Schlafzimmer bei Anwesenheit und nachts nach energetischen Gebäudemerkmalen (Wohnungen mit Fernwärme/ Zentralheizung)

	Bei Anwesenheit (tagsüber)					Bei Nacht				
	Wärmeschutzverglasung		Energetischer Gebäudestandard			Wärmeschutzverglasung		Energetischer Gebäudestandard		
	(1) nicht vorhanden	(2) vorhanden	(1) weitgehend unsaniert	(2) teilsaniert	(3) verbessert bis ambitioniert	(1) nicht vorhanden	(2) vorhanden	(1) weitgehend unsaniert	(2) teilsaniert	(3) verbessert bis ambitioniert
Wohnzimmer										
Mittelwert	2,36	2,26	2,88	2,10	2,29	1,46	1,44	1,79	1,34	1,42
Standardabweichung	1,46	1,36	1,51	1,40	1,36	1,50	1,39	1,68	1,40	1,41
Fallzahl	596	299	158	325	412	593	295	160	320	408
Signifikanz	n.s.		Gr. 1-2**, 1-3**			n.s.		Gr. 1-2**, 1-3**		
Schlafzimmer										
Mittelwert	1,18	0,81	1,48	1,16	0,83	0,93	0,67	1,21	0,92	0,65
Standardabweichung	1,47	1,25	1,60	1,44	1,26	1,37	1,12	1,52	1,37	1,10
Fallzahl	603	290	157	322	414	596	290	157	319	410
Signifikanz	**		Gr. 1-2**, 1-3**, 2-3**			**		Gr. 1-2*, 1-3**, 2-3**		

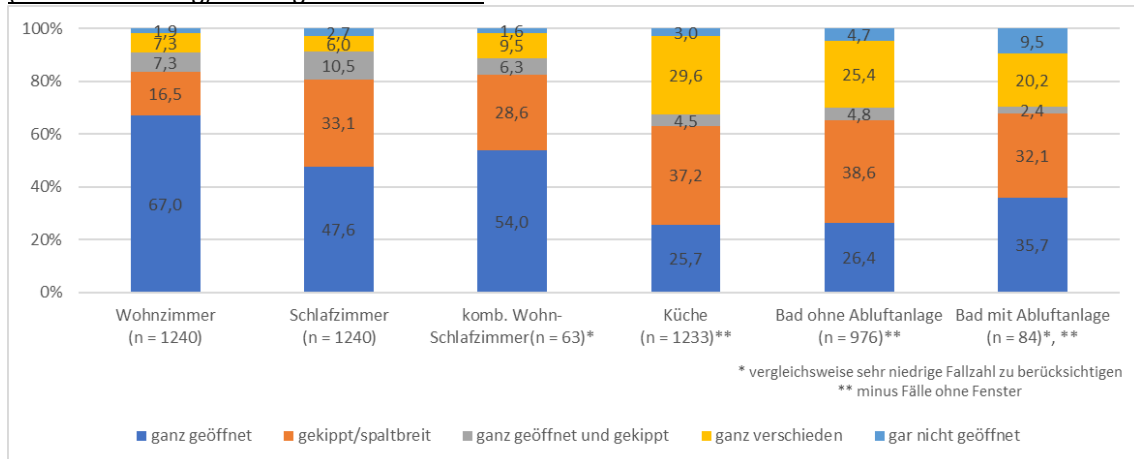
Signifikanzniveau: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, 2-seitiger T-Test (bei Varianzheterogenität Welch-Test)

Ergebnisse zum Fensteröffnungsverhalten nach energetischen Merkmalen

In den Auswertungen zur Fensteröffnung fällt auf, dass es insbesondere für Wohn- und Schlafräume klare Präferenzen der Befragten für reine Stoß- oder Kipplüftung gibt. „Mischtypen“, die ihre Fenster dort im Tagesverlauf sowohl weit öffnen als auch ankippen/spaltbreit öffnen, sind dagegen

deutlich seltener anzutreffen (Anteile 7-10 %, siehe Abb. 2). Im Wohnzimmer überwiegt die Stoßlüftung (67 %). Das Schlafzimmer wird im Mittel von einem Drittel der Befragten, die Auskunft zum Schlafzimmer gegeben haben, ausschließlich gekippt/spaltbreit gelüftet, darunter bei 14 % dauerhaft mit 24 Stunden Kippdauer am Tag. Das Öffnen der Küchen- und Badfenster ist demgegenüber häufiger situativ bestimmt (Kategorie „ganz verschieden“).

Abbildung 2: Art der Fensteröffnung bezogen auf einen „normalen Wochentag wie heute“ (24 h-Betrachtung) für ausgewählte Zimmer



Im Hinblick auf den Einfluss baulicher Merkmale zeigt sich in den Analysen, dass die energetische Qualität der Gebäudehülle für die Fensteröffnungsgewohnheiten irrelevant zu sein scheint. So lassen sich in den Mittelwertvergleichen der von den Befragten berichteten Häufigkeit und Dauer sowie der daraus gebildeten Einzeldauern der Stoß- und Kipplüftung keine Unterschiede zwischen den Gebäudestandardklassen (un-saniert bis verbessert/ambitioniert) nachweisen. Gleichwohl ist die Beschaffenheit der Fenster für sich allein genommen zumindest teilweise von Bedeutung. Schwache Zusammenhänge (Cramers V = 0,1-0,2; $p < .001$) deuten immerhin darauf hin, dass das Alter der Fenster und die präferierte Art der Fensteröffnung nicht gänzlich unabhängig voneinander sind. Zudem ließen sich bei den Befragten, die im Wohnzimmer die

Fenster üblicherweise ganz öffnen, signifikante Gruppenunterschiede feststellen, wobei diejenigen mit den ältesten Fenstern vergleichsweise seltener und kürzer lüften. Bei den Kipplüfter*innen wurden die Unterschiede nur in Bezug auf die Anzahl der einzelnen Kipplüftungen signifikant. Einzel betrachtet ist dieses Ergebnis jedoch wenig brauchbar, da sich hinter einer einmaligen Kippöffnung eine Kippdauer von bis zu 24 Stunden am Tag verbergen kann.

Bei der Interpretation der Tabelle ist zudem die erhebliche Streuung in den Daten zu berücksichtigen, die auf große interindividuelle Präferenzunterschiede zwischen den befragten Haushalten hindeutet. Dies weist auch darauf hin, dass neben energetisch-baulichen Merkmalen noch weitere Faktoren das Fensteröffnungsverhalten der Befragten bestimmen.

Tabelle 3: Auf 24 h bezogene mittlere Anzahl, Dauer und Einzeldauer von Stoß- und Kipplüftungen im Wohn- und Schlafzimmer für unterschiedliche Fensteraltersklassen

Fensteraltersklasse	Stoßlüftung				Kipplüftung			
	(1) vor 1978	(2) 1978-1994	(3) 1995-2001	(4) ab 2002	(1) vor 1978	(2) 1978-1994	(3) 1995-2001	(4) ab 2002
Wohnzimmer: Anzahl der Stoß- oder Kipplüftungen pro 24 Std.								
Mittelwert	2,41	2,94	2,75	2,80	2,29	3,32	1,87	3,84
Standardabweichung	1,50	2,76	1,83	2,46	2,72	6,95	1,06	5,51
Fallzahl	416	233	95	181	104	111	31	55
Signifikanz	* (Gr. 1-2*)				*			
Wohnzimmer: Dauer der Stoß- oder Kipplüftungen in Minuten pro 24 Std.								
Mittelwert	30,18	56,37	49,42	42,73	308,99	304,34	211,81	201,63
Standardabweichung	56,23	149,15	64,33	81,49	360,50	398,76	354,54	281,12
Fallzahl	416	233	95	181	104	108	31	52
Signifikanz	*** (Gr. 1-3*)				n.s.			
Wohnzimmer: Dauer der einzelnen Stoß- oder Kipplüftung in Minuten								
Mittelwert	17,96	25,48	23,70	26,25	214,32	254,04	177,16	157,22
Standardabweichung	52,28	54,21	40,25	80,72	287,78	378,56	336,34	261,96
Fallzahl	416	233	95	181	104	108	31	52
Signifikanz	n.s.				n.s.			
Schlafzimmer: Anzahl der Stoß- oder Kipplüftungen pro 24 Std.								
Mittelwert	2,03	2,21	2,41	2,15	1,57	2,33	1,35	2,03
Standardabweichung	1,31	1,98	1,94	2,01	1,66	5,45	0,76	2,66
Fallzahl	333	179	69	145	219	180	52	97
Signifikanz	n.s.				*			
Schlafzimmer: Dauer der Stoß- oder Kipplüftungen in Minuten pro 24 Std.								
Mittelwert	41,60	59,40	36,26	43,16	495,14	602,99	561,43	486,05
Standardabweichung	130,07	131,60	31,55	65,31	441,97	544,15	488,83	481,03
Fallzahl	333	179	69	145	217	176	49	95
Signifikanz	n.s.				n.s.			
Schlafzimmer: Dauer der einzelnen Stoß- oder Kipplüftung in Minuten								
Mittelwert	31,00	35,07	20,16	28,43	417,36	510,68	502,59	414,21
Standardabweichung	126,44	71,86	23,48	59,95	412,59	516,79	479,30	447,20
Fallzahl	333	179	69	145	217	176	49	95
Signifikanz	n.s.				n.s.			

Signifikanzniveau: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$ (Varianzanalyse/Welch-Test)

Fazit und Ausblick

Die dargestellten Ergebnisse haben zum Ziel, die Diskussion um nutzerbedingte Rebound-Effekte in Folge einer energetischen Ertüchtigung von Wohngebäuden empirisch zu fundieren. Hierfür wurden Verhaltensweisen beim Heizen und Lüften für Haushalte, die in Wohnungen mit unterschiedlichen energetischen Merkmalen leben, miteinander verglichen.

Hinweise auf Verhaltensrebounds würden auf Basis der Querschnittsdaten demnach dann vorliegen, wenn in Wohnungen mit energetisch besserem Wärmeschutz gegenüber schlechterem Wärmeschutz höhere Thermostateinstellungen sowie häufigere oder längere Fensteröffnungsdauern vorfindbar wären, da dann Einsparpotenziale möglicherweise nicht ausgeschöpft würden.

Erste Auswertungen der breit angelegten Befragung von gut 1.300 Miethaushalten deuten jedoch nicht auf nutzerbedingte Rebound-Effekte beim Heizen und Lüften hin. Vielmehr finden sich für die durchschnittlichen Thermostateinstellungen gegenläufige Zusammenhänge. So unterscheidet sich die Regelung der Heizung dahingehend, dass die durchschnittlichen Thermostateinstellungen für beide betrachteten energetischen Merkmale (energetischer Gebäudestandard und Wärmeschutzverglasung) in Haushalten mit energetisch schlechterem Wärmeschutz vergleichsweise höher ausfallen. Dies gilt insbesondere für die Gruppenvergleiche anhand des energetischen Gebäudestandards, der alle Hüllbauteile der Wohnung lagekorrigiert berücksichtigt. Hier heizen Haushalte im schlechtesten Standard sowohl tagsüber bei Anwesenheit als auch nachts im Wohn- und Schlafzimmer weniger sparsam als in mittleren und sehr guten Standards. Im Schlafzimmer wird die Heizung mit zunehmend bes-

serem energetischem Standard systematisch niedriger eingestellt. Im Vergleich von Haushalten mit und ohne Wärmeschutzverglasung wird im Schlafzimmer sparsamer geheizt, wenn eine Wärmeschutzverglasung verbaut ist.

Das sparsamere Heizverhalten in energetisch besseren Standards könnte darauf hindeuten, dass sich vergleichsweise niedrigere Raumtemperaturen in einem sanierten Gebäude aufgrund der wärmeren Oberflächen (z.B. Außenwände) wärmer anfühlen als in einem unsanierten Altbau.

Die dargestellten Auswertungen zum Lüftungsverhalten der Befragten zeigen, dass die energetische Gebäudequalität bzw. der Dämmstandard der Gebäudehülle keinen bis kaum Einfluss auf die Häufigkeit und Dauer der Fensteröffnung haben. Dies lässt ebenfalls das Vorhandensein von Rebound-Effekten beim Fensteröffnungsverhalten unwahrscheinlich werden. Einzig in der isolierten Betrachtung des Alters der Fenster zeigten sich minimale Unterschiede zwischen den betrachteten Fensteraltersklassen. Von den Befragten, die ihre Wohnzimmer bevorzugt mit weit geöffnetem Fenster lüften, gaben diejenigen mit den ältesten Fenstern weniger häufige und kürzere Stoßlüftungen an als diejenigen mit Fenstern jüngerer Datums. Ursächlich hierfür könnte eine vergleichsweise größere Undichtigkeit der Fenster sein, die den Wunsch nach Frischluft reduziert. Dies lässt sich jedoch auf Basis der verfügbaren Informationen zu den Fenstern nicht abschließend klären.

Somit finden sich – zumindest auf Basis dieser ersten Auswertungen – keine empirischen Belege für ressourcenintensivere Verhaltensweisen in energetisch besseren Gebäuden, sondern – beim Heizverhalten – sogar gegenläufige Befunde.

Zu beachten ist jedoch, dass hier keine Längsschnittbetrachtung vorliegt und die

berichteten Zusammenhänge nicht kausal interpretiert werden können.

Da ein solches Längsschnittdesign – das unter methodischen Gesichtspunkten zweifelsohne wünschenswert wäre – aufgrund des Detaillierungsgrades der Studie und daraus resultierend notwendigerweise hohen Fallzahlen nicht umsetzbar erschien (Hacke & Renz, 2022), stellt das gewählte Design die beste Möglichkeit dar, um das Wärmenutzungsverhalten anhand einer umfassenden Datenbasis untersuchen zu können. Zugleich vermag der Beitrag dafür zu sensibilisieren, dass eine differenzierte Betrachtung konkreter Verhaltensweisen für die Diskussion um nutzerbedingte Rebound-Effekte notwendig ist und zu durchaus anderen Ergebnissen kommen kann als allgemeine Betrachtungen bspw. von (Wunsch)Temperaturen. Nur mit differenzierten Kenntnissen zu Verhaltensweisen im Kontext mit Gebäudemerkmalen können mögliche Verhaltensrebounds angemessen analysiert und Instrumente zu deren Vermeidung entwickelt werden.

Inwieweit die Studienergebnisse mit weiteren sozio-demographischen, sozio-kulturellen, psychischen und technischen Einflussfaktoren zusammenhängen, wird derzeit in vertiefenden Analysen untersucht. Dabei werden die Verhaltensweisen u.a. für verschiedene soziodemographische Segmente (z.B. Altersstruktur, Einkommensklassen, Bildungsstand), aber auch Werte, Einstellungen und Bedürfnisse analysiert und betrachtet, inwiefern diese zur Erklärung sparsamerer Verhaltensweisen in energetisch hochwertigeren Gebäuden beitragen können.

Ebenso wird ein weiterer Fokus auf Verhaltensweisen bei Nacht und Abwesenheit gelegt, denn gerade in der Absenkung von Thermostateinstellungen in Situationen mit vermutlich geringeren Komfortansprüchen

an Wunschtemperaturen liegen besondere Risiken für Verhaltensrebounds, aber auch Chancen, um diesen entgegen zu wirken. Die entsprechenden Befunde werden im abschließenden KOSMA-Ergebnisbericht dokumentiert (zur Zeit der Veröffentlichung noch in Bearbeitung).

Literatur

- Agora Energiewende. (2023). Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2022. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2023. <https://www.agora-energie-wende.de/veroeffentlichungen/die-energie-wende-in-deutschland-stand-der-dinge-2022/>
- BUND. (2023, 20. Januar). Hintergrundpapier Klimaklage: Zahlen und Begriffsklä- rung. <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/hintergrundpapier-klimaklage-zahlen-und-begriffsklaerung/?wc=24483>
- De Haan, P., Peters, A., Semmling, E., Marth, H., & Kahlenborn, W. (2015). Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. Texte 31/2015. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- 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-Institut für System- und Innovationsforschung. Hannover, Karlsruhe.
- Gill, Z. M., Tierney, M. J., Pegg, I. M., & Allan, N. (2010). Low-energy dwellings: The contribution of behaviours to actual performance. *Building Research & Information*, 38(5), 491–508.
- Glunz, E., Dütschke, E., & Preuß, S. (2022). Turn down for what? Der Einfluss psychologischer Faktoren auf energiesparendes Heizverhalten. *Umweltpsychologie*, 26(1), 11–32.

- Hacke, U., & Renz, I. (2022). Herausforderungen der Erfassung von Energienutzungsverhalten und Rebound-Effekten bei Raumwärme im Mietwohnbereich. Erfahrungen aus dem BMBF-Projekt KOSMA. *Umweltpsychologie*, 26(1), 106–126.
- Hediger, C., Farsi, M., & Weber, S. (2018). Turn It Up and Open the Window: On the Rebound Effects in Residential Heating. *Ecological Economics*, 149, 21–39.
- 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.
- 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, Cham.
- Presseinformation Zukunft Altbau. (2023, 23. Januar). Rebound-Effekt: Wenn nach der energetischen Sanierung die Heizkosten zu wenig sinken. Zukunft Altbau. <https://www.zukunftaltbau.de/presse/presseinformationen/rebound-effekt-wenn-nach-der-energetischen-sanierung-die-heizkosten-zu-wenig-sinken>
- Sanatarius, T. & Soland, M. (2016). Towards a Psychological Theory and Comprehensive Rebound Typology. In T. Santarius, H. J. Walnum & C. Aall (Hrsg.), *Rethinking Climate and Energy Policies. New Perspectives on the Rebound Phenomenon* (S. 107-119). Springer, Cham.
- Seebauer, S. (2018). The psychology of rebound effects: Explaining energy efficiency rebound behaviours with electric vehicles and building insulation in Austria. *Energy Research & Social Science*, 46, 311–320.
- Sorrell, S. (2007). The Rebound Effect: An assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. UK Energy Research Centre. <http://www.ukerc.ac.uk/publications/the-rebound-effect-an-assessment-of-the-evidence-for-economy-wide-energy-savings-from-improved-energy-efficiency.html>
- Stein, B., Vaché, M., Grafe, M., Diefenbach, N., & Renz, I. (2021). Runder Tisch neue Impulse zum nachhaltigen Klimaschutz im Gebäudebestand. Abschlussdokumentation. Institut Wohnen und Umwelt. Darmstadt. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2021_IWU_SteinEtAl_RunderTisch-Neue-Impulse-zum-nachhaltigen-Klimaschutz-im-Gebaeudebestand-Abschlussdokumentation.pdf