Institut Wohnen und Umwelt

Rheinstraße 65
64295 Darmstadt
Germany

Tel +49 (0)6151 2904-0
Fax +49 (0)6151 2904-97

info@iwu.de
www.iwu.de

MOBASY-Teilbericht

Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden

Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung

Forschungsprojekt

MOBASY

Modellierung der Bandbreiten und systematischen Abhängigkeiten des Energieverbrauchs zur Anwendung im Verbrauchscontrolling von Wohngebäudebeständen

(Verbundvorhaben Solares Bauen FKZ 03SBE0004A)

Darmstadt, September 2022

Autoren: Ines Weber
Ulrike Hacke
Tobias Loga
André Müller
Michael Grafe
Marc Großklos

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Titel: Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden (MOBASY-Teilbericht). Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung

Autoren: Ines Weber
Ulrike Hacke
Tobias Loga
André Müller
Michael Grafe
Marc Großklos

in Kooperation mit: Nassauische Heimstätte | Wohnstadt, Frankfurt am Main
Wohnbau Gießen GmbH
bauverein AG, Darmstadt

Wir bedanken uns sehr herzlich für die gute Zusammenarbeit!

Darmstadt, 30. September 2022

ISBN 978-3-941140-69-1

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU)
Rheinstraße 65
64295 Darmstadt
Germany

Telefon +49 (0)6151 2904-0
Fax +49 (0)6151 2904-97
Internet www.iwu.de

Inhalt

1 Einleitung 4

2 Nutzerverhalten in energetisch sanierten Gebäuden: Literaturüberblick 5

2.1 Heizverhalten 5

2.2 Lüftungsverhalten 6

2.3 Warmwassernutzungsverhalten 6

3 Daten und Methodik 7

3.1 Schriftliche Befragung 7

3.2 Informationen über den energetischen Gebäudezustand 10

4 Ergebnisse 12

4.1 Heizverhalten 12

4.1.1 Deskriptive Ergebnisse 12

4.1.2 Multivariate Auswertungen 19

4.2 Lüftungsverhalten 23

4.2.1 Deskriptive Ergebnisse 23

4.2.2 Multivariate Auswertungen 27

4.3 Warmwassernutzungsverhalten 28

4.3.1 Deskriptive Ergebnisse 29

4.3.2 Multivariate Auswertungen 30

5 Zusammenfassung und Diskussion 33

Anhang A Literaturverzeichnis 36

Anhang B Fragebogen 39

Anhang C Ergänzende Auswertungen 45

1 Einleitung

Die Erhöhung der Energieeffizienz im Wohngebäudesektor ist ein wichtiger Ansatz zur Reduktion des Energieverbrauchs und klimaschädlicher CO_2-Emissionen. In Deutschland entfallen 26 % des Endenergieverbrauchs im Jahr 2018 auf den Haushaltssektor (AGEB AG Energiebilanzen e.V., 2020). Etwa 70 % der Endenergie werden für die Beheizung von Wohnräumen benötigt (Umweltbundesamt, 2018). Neben strengeren Regeln für den Neubau in der Energiespargesetzgebung steht die Modernisierung von Wohngebäuden im Fokus. In der Praxis zeigt sich jedoch in Einzelfällen, dass die tatsächlichen Verbräuche von Gebäuden nach einer Wärmeschutz-Modernisierung deutlich von den errechneten Werten abweichen („Energy Performance Gap"). Dabei wurden bereits Abweichungen von bis zu 300 % identifiziert (Calì et al., 2016b; Haas et al., 1998; Hörner et al., 2016; Khoury et al., 2017; Wolff et al., 2017). In der Folge wird der Erfolg von effizienzsteigernden Maßnahmen häufig in Zweifel gezogen (Galvin, 2014; Zou et al., 2018). In der Literatur wurde eine Vielzahl möglicher Gründe für die beobachteten Abweichungen identifiziert: Neben fehlerhaft ausgeführten Modernisierungsarbeiten oder von der Realität abweichenden Eingangsparametern für die Kalkulation von Energieverbräuchen wird auch das Nutzerverhalten[1] von Haushalten als mögliche Ursache für die beobachteten Abweichungen angeführt (Calì et al., 2016b; Galvin, 2013; Guerra-Santin et al., 2009; Sunikka-Blank and Galvin, 2012). Nach Durchführung von Maßnahmen würde geändertes Verhalten zu einem Mehrverbrauch führen. Aufgrund dieses „Rebound-Effekts" wären Zweifel an der Wirkung von Energiesparmaßnahmen angebracht. Die Studie „Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen" im Auftrag des BBSR von Loga et al. (2019) zeigt, wie man die Normberechnung korrigieren muss, damit der mittlere Verbrauch im unsanierten und sanierten Zustand abgebildet werden kann. Darüber hinaus gibt die Studie erste Anhaltspunkte, dass die Notwendigkeit der Korrektur der Normberechnung mit nicht realitätsnahen Ansätzen für die Berechnung zusammenhängt, wozu insbesondere das Nutzerverhalten zählt. Das Nutzerverhalten selbst weist jedoch eine Varianz auf, die eine Unsicherheit der Energiebedarfsberechnung nach sich zieht. Vor diesem Hintergrund wird ein Erwartungsintervall für den Verbrauch vorgeschlagen.

Eine Abkehr von der Berechnung mit normierten Nutzerparametern hin zu möglichst realitätsnahen Eingangswerten zum Nutzerverhalten (wie in der MOBASY-Realbilanz) würde bedeuten, dass ein systematischer Performance Gap im Mittel nicht mehr sichtbar wäre (Loga et al., 2019).

Vor diesem Hintergrund ist das Verständnis des Nutzerverhaltens insbesondere in modernisierten Gebäuden essentiell, um ggf. Ansatzpunkte zu finden, die einen nutzerbedingten Mehrverbrauch reduzieren könnten. Bislang mangelt es jedoch an groß angelegten empirischen Studien zum Nutzerverhalten in modernisierten Gebäuden, um realistische Ansätze für die Energiebilanz-Modelle herzuleiten. Zudem wurden gebäudespezifische Eigenschaften wie der energetische Gebäudestandard, das Heizungssystem oder das Vorhandensein einer Lüftungsanlage nur selten mitberücksichtigt. Wenn sie berücksichtigt wurden, schränken kleine Fallzahlen die Vergleichbarkeit und Generalisierbarkeit ein (vgl. Kapitel 2.4 in Loga et al. (2019)). Dementsprechend fehlen konsistente und belastbare Schlussfolgerungen hinsichtlich der Bedeutung und Einflussstärke von Unterschieden im Hinblick auf soziodemographische und gebäudespezifische Faktoren. Im Rahmen einer Bewohnerbefragung von ca. 500 Mieterhaushalten wird deshalb im Projekt MOBASY das Nutzerverhalten von Bewohnern in energetisch modernisierten Gebäuden untersucht. Kapitel 2 gibt einen Literaturüberblick zum Nutzerverhalten in energetisch sanierten Gebäuden. Im weiteren Verlauf werden die verwendete Datenbasis sowie die Methodik vorgestellt (Kapitel 3), bevor die Ergebnisse der Befragung in Kapitel 4 dargestellt werden. Kapitel 5 schließt mit einer Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse sowie Implikationen für weitere Forschung.

[1] Zur besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Es wird das generische Maskulinum verwendet, wobei beide Geschlechter gleichermaßen gemeint sind.

2 Nutzerverhalten in energetisch sanierten Gebäuden: Literaturüberblick

2.1 Heizverhalten

Das Heizverhalten wird je nach Forschungsdesign unterschiedlich erfasst. So beziehen sich manche Studien auf die Temperatur, die im Haushalt präferiert oder als komfortabel eingeschätzt wird. Andere Studien erfragen direkt die Temperatur in der Wohnung bzw. eine eingestellte Solltemperatur oder die Thermostateinstellung. Insofern sind die Ergebnisse der Studien nur eingeschränkt vergleichbar (Loga et al., 2019). In Bezug auf den Gebäudestandard wurden höhere Raumtemperaturen in Gebäuden mit einem besseren energetischen Standard festgestellt (Guerra-Santin, 2013 [n=4.724]; Schröder et al., 2018 [n=48]). Die Studie von Rinaldi et al. (2018 [n=450]) kommt zu dem Ergebnis, dass in Gebäuden jüngeren Baujahrs die Heizung kürzere Zeit in Betrieb ist und darüber hinaus die eingestellte Raumsolltemperatur bzw. die Thermostatstufe umso niedriger ist, je jünger das Gebäude ist.[2] Bei einem hohen energetischen Standard kompensieren solare Gewinne anteilig einen größeren Teil der Wärmeverluste als in unsanierten, älteren Gebäuden. Insbesondere in der Übergangszeit, in der häufiger die Sonne scheint, muss demnach in sanierten Gebäuden weniger oder seltener geheizt werden. Hier zeigt sich ein Unterschied, der sich aus der unterschiedlichen Art der Abfrage ergibt – je nach Gebäudestandard lässt sich die eingestellte Temperatur oder die Thermostateinstellung nicht direkt in eine tatsächlich vorliegende Temperatur übersetzen.

Hinsichtlich des Einflusses soziodemographischer Merkmale auf das Heizverhalten kommen Studien teilweise zu unterschiedlichen Ergebnissen. Niedrigere Einkommen korrelieren tendenziell mit einem sparsamen Heizverhalten (Huebner et al., 2013). Im Gegensatz dazu korrelieren höhere Bildungsabschlüsse mit kürzeren Betriebszeiten der Heizung auf der höchsten gewählten Stufe (Guerra-Santin and Itard, 2010 [n=313]). Bezüglich der Haushaltszusammensetzung wurden sowohl für die Anwesenheit älterer Personen als auch kleiner Kinder im Haushalt höhere Temperaturen bzw. verbrauchserhöhende Verhaltensweisen identifiziert (Fell and King, 2012 [n=70]; Guerra-Santin et al., 2009 [n=14.848]). Ebenso weisen einzelne Studien auf einen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und einem höheren Wärmebedürfnis hin, wobei der Literaturüberblick von Wang et al. (2018) ergibt, dass der Effekt des Geschlechts in 39 % der betrachteten Studien statistisch nicht signifikant und in 29 % statistisch signifikant ist. Der verbleibende Anteil von 32 % der Studien fand zwar einen schwachen Zusammenhang, berichtete jedoch keine Signifikanzniveaus, sodass der Einfluss des Geschlechts insgesamt noch nicht abschließend geklärt ist. Auch in Bezug auf das Alter sind die Ergebnisse uneindeutig: In 54 % der untersuchten Studien ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen dem Alter in Hinblick auf das Wärmebedürfnis finden. Ein signifikanter Unterschied wurde nur in ca. einem Viertel der Studien identifiziert. Über die klassischen soziodemographischen Merkmale hinaus finden sich insbesondere in qualitativen Studien Hinweise auf den Einfluss von Einstellungen, Normen und Gewohnheiten. So wirken sich das Bestreben zu Sparen und/oder die Umwelt zu schützen auf das Heizverhalten aus (Gram-Hanssen, 2010 [n=10]; Hediger et al., 2018 [n=3.555]; Sonnberger and Zwick, 2016 [n=31]). Insgesamt zeigt sich jedoch eine hohe Komplexität der Einflussfaktoren auf das Heizverhalten, der Einfluss bzw. die Einflussstärke scheint zudem stark davon abzuhängen, wie das Heizverhalten erhoben wurde und welche Kontrollvariablen berücksichtigt werden konnten. Informationen zu der energetischen Gebäudequalität wurden selten berücksichtigt, sodass belastbare nutzungsspezifische Parameter zur Ermittlung eines Erwartungswertes des Energieverbrauchs nicht abgeleitet werden können.

[2] Die Schlussfolgerungen beziehen sich auf Abbildung 6 und 7 im Artikel „On uses of energy in buildings: Extracting influencing factors of occupant behaviour by means of a questionnaire survey“ (2018). Bei dieser Interpretation der Abbildungen sind jedoch Zweifel angebracht, da streng genommen nicht die Solltemperatur in Abhängigkeit des Gebäudealters analysiert wurde, sondern stattdessen die Häufigkeit der spezifischen Solltemperatur in Abhängigkeit der Baualtersklassen. Möglich ist, dass in Gebäuden der neueren Baualtersklassen mehr Fälle mit niedrigeren Solltemperaturen aufzufinden sind, sich die Solltemperaturen im Durschnitt aber nicht zwischen den Baualtersklassen unterscheiden.

2.2 Lüftungsverhalten

Studien zufolge hängt das Lüftungsverhalten von Haushalten neben externen Wettereinflüssen (Außentemperatur, Regen, Windgeschwindigkeit) und der Geräuschbelastung (Hoffmann et al., 2018 [n=13]) überwiegend von gebäudespezifischen und situativen Faktoren, teilweise aber auch von soziodemographischen Faktoren, ab. Unter den externen Wettereinflüssen zeigt sich, dass die Häufigkeit des Lüftens im Winter mit der Temperatur ansteigt. Bei Regen und Wind wird hingegen seltener und kürzer gelüftet (Fabi et al., 2012). Unter den gebäudespezifischen Faktoren ist die Existenz einer Lüftungsanlage insbesondere bei modernisierten Gebäuden, in denen es aufgrund der dichten Fenster nur einen geringen ständigen Luftaustausch gibt, relevant (Calì et al., 2016a [n=12;31]). Haushalte in Wohnungen, die mit einer Lüftungsanlage ausgestattet sind, lüften zwar im Mittel seltener bzw. über kürzere Zeiträume hinweg als Haushalte in konventionellen Gebäuden, allerdings wird selten komplett auf ein manuelles Lüften verzichtet, auch wenn dies im Regelfall nicht mehr notwendig ist (Loga et al., 2019). Darüber hinaus hängt das Lüftungsverhalten mit dem Gebäudetyp, dem Baujahr, der Anzahl und Ausrichtung der Fenster sowie der Zimmerart zusammen: Beispielsweise wird im Schlafzimmer länger gelüftet als im Wohnzimmer (Fabi et al., 2012), in Einfamilienhäusern wird bei Vorhandensein einer Lüftungsanlage deutlich häufiger gar nicht mehr zusätzlich über die Fenster gelüftet als in Mehrfamilienhäusern (Rohracher et al., 2001 [n=144]). In der Studie von Guerra-Santin (2013) zeigt sich, dass in Gebäuden mit Baujahr vor 1945 am wenigsten gelüftet wird und die Lüftungshäufigkeit mit den Baujahren bis 1996 zunimmt. Hier ist anzumerken, dass nicht auf die Existenz einer Lüftungsanlage kontrolliert wurde, sodass die niedrigere Lüftungshäufigkeit in Gebäuden ab 1996 möglicherweise darauf zurückzuführen ist. Andere Studien stellen in modernisierten Gebäuden ein vermehrtes Lüften fest, insbesondere wird Kipplüftung unter anderem zur Temperaturabsenkung betrieben und um ein „Frischluftgefühl“ zu erzielen (Hacke et al., 2012 [n=52]; Möller et al., 2020 [n=40]; Schröder et al., 2018 [n=48]; Wolff et al., 2017 [n=80]). Zumindest für Deutschland zeigte Galvin (2013 [n=401]) zudem, dass Fensterbänke bei nach innen zu öffnenden Fenstern häufig zugestellt sind, sodass ein Stoßlüften in diesen Fällen nicht möglich ist, wodurch insgesamt die Fenster über längere Zeit gekippt werden.

Neben gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren hängt das Lüftungsverhalten von bestimmten Aktivitäten zu Hause (z.B. Kochen, Duschen) bzw. Gewohnheiten (nach dem Aufstehen/vor dem Schlafengehen bzw. bei Betreten der Wohnung nach Abwesenheit) ab (Fabi et al., 2012). Darüber hinaus finden sich Hinweise darauf, dass Fenster seltener geöffnet werden, wenn Kinder oder Ältere anwesend sind (Guerra-Santin and Itard, 2010). Eine Besonderheit stellt das nächtliche Lüften dar: In einer Reihe von Studien zeigt sich unabhängig vom Gebäudestandard eine Präferenz für das Schlafen bei geöffnetem Fenster bei rund 25–35 % der Haushalte (Loga et al., 2019).

2.3 Warmwassernutzungsverhalten

Auch die Warmwassernutzung wurde in einer Reihe von Studien untersucht. Für Deutschland zeigt die Studie des Umweltbundesamtes zu bestimmenden Faktoren des Pro-Kopf-Energieverbrauchs (2016 [n=1.012]) einen statistisch signifikanten negativen Einfluss des Alters (niedrigere Verbräuche bei älteren Personen) sowie einen signifikanten Einfluss des Geschlechts (höhere Verbräuche bei Männern) auf den Warmwasserverbrauch. In Bezug auf die Häufigkeit des Duschens zeigt sich, dass ältere Personen und auch Männer seltener als jüngere Personen und Frauen duschen. Dass Männer im Mittel seltener duschen aber trotzdem einen höheren Warmwasserverbrauch aufweisen, könnte ein Hinweis darauf sein, dass Männer länger duschen.

Die Häufigkeit des Duschens hängt zudem der Untersuchung zufolge vom Haushaltseinkommens ab – d.h. bei einem höheren Einkommen wird sowohl mehr Warmwasser verbraucht als auch häufiger geduscht (Umweltbundesamt, 2016). Die niederländische Studie von Polinder et al. (2013) zeigt im Einklang mit den Ergebnissen der Ressourcenverbrauchstudie, dass sich das Alter auf die Duschhäufigkeit auswirkt, allerdings nicht linear: während in der Altersklasse zwischen 20 bis 50 Jahren nahezu täglich geduscht wird, schwächt sich die Häufigkeit insbesondere im Alter deutlich ab (im Mittel jeden zweiten Tag). In einer niederländischen Studie wurde ein Einfluss des Alters auf die Duschdauer identifiziert: Personen in einem Alter um die 20 Jahre sowie Senioren über 65 Jahre duschen länger (über 10 Minuten) als andere Altersgruppen (Polinder et al.,

2013). Hacke et al. (2012) identifizieren einen Einfluss der Haushaltsgröße auf den gemessenen Wasserverbrauch pro Person: dieser ist mit 16 Kubikmetern in Einpersonenhaushalten am höchsten und nimmt im Sinne eines Skaleneffekts mit der Haushaltsgröße ab, wobei keine Differenzierung nach der Art des Verbrauchs (Duschen, Baden, Geschirr mit der Hand spülen) erfolgte. Im Vergleich zu diesen Ergebnissen konnten Schlomann et al. (2004 [n=2.0325;2.121]) keine Einflüsse sozialstruktureller Merkmale auf das Bade- und Duschverhalten von Haushalten identifizieren. Stattdessen wurde im Rahmen einer repräsentativen Befragung festgestellt, dass eine Person wöchentlich 1,1 Wannenbäder nimmt und 3,8 Mal duscht.

3 Daten und Methodik

3.1 Schriftliche Befragung

Zwischen Februar und Anfang April 2019 wurde eine schriftliche Bewohnerbefragung in überwiegend modernisierten Bestandsgebäuden und einigen Neubauten von drei Wohnungsunternehmen durchgeführt. Ziel der Bewohnerbefragung war eine Verbesserung der Datengrundlage zum Heiz- und Lüftungsverhalten im wärmetechnisch verbesserten Mietwohnungsbestand. Der Mietwohnungsbestand in Deutschland ist unter anderem aufgrund des hohen Anteils an Mieterhaushalten (ca. 56 %)[3] und darunter mit 88 % größtenteils Mehrfamilienhäuser (Mikrozensus 2018) relevant in Bezug auf die Ableitung von Bilanzierungsparametern für das Nutzerverhalten – um in einem weiteren Schritt realitätsnahe Ansätze für die Verringerung energieverbrauchsbedingter CO2-Emissionen zu entwickeln. Der entwickelte Kurzfragebogen (vgl. Anhang B) sollte möglichst universell sein, sodass er auch über das Projekt hinaus eingesetzt werden kann, um das Bewohnerverhalten im Mietwohnungsbestand zu erfassen. Der Fragebogen umfasste sechs Seiten, zusätzlich war eine Online-Programmierung des Fragebogens in Deutsch, Russisch, Englisch, Türkisch und Französisch verfügbar. Von den 2.941 versendeten Fragebögen wurde nach einem Erinnerungsschreiben ein unbereinigter Rücklauf von 567 Fragebögen bzw. 19,3 % erreicht. Etwa ein Fünftel nahm online an der Befragung teil, wobei die erweiterten Sprachversionen nur von insgesamt 15 Haushalten in Anspruch genommen wurden. Tab. 1 gibt einen Überblick über die Befragungsstichprobe.

Tab. 1: Überblick über die Befragungsstichprobe

	Anzahl der Antworten	Min	Max	Mittelwert	Standard-abweichung
Anzahl der Personen pro Haushalt	509	1	9	2,0	1,2
Wohnfläche	515	31	145	64,9	15,8
Wohnfläche pro Kopf	501	11	106	39,9	17,2
Anzahl Zimmer	517	1	5	2,6	0,8
Zimmer pro Kopf (Wohndichte)	503	0,2	2,5	0,8	0,3
Haushaltsnettoeinkommen in € (Gruppenmittelwerte)	442	< 900	> 5.000	1.920	1.018
Nettoäquivalenzeinkommen in € (Gruppenmittelwerte)	435	367	5.000	1.457	764

Quelle: Eigene Auswertung

In der Stichprobe finden sich Haushalte mit einer Haushaltsgröße zwischen 1 und 9 Personen, wobei die durchschnittliche Anzahl der Haushaltsmitgliedern mit 2,0 Personen dem Mittelwert in der Gesamtbevölkerung entspricht (Statistisches Bundesamt, 2017). Die Wohnfläche liegt mit 39,9 m² pro Kopf unter dem bundesweiten Mittelwert von ca. 47 m² (Statistisches Bundesamt, 2019). Die Zimmeranzahl variiert zwischen einem und fünf Zimmern, wobei im Mittel 0,8 Zimmer auf eine Person entfallen. Die Mehrheit der Befragten (ca. 56 %) wohnt in einem Mittelgeschoss eines Mehrfamilienhauses, 19 % wohnen im Erdgeschoss oder

[3] https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Tabellen/liste-haushaltsstruktur-wohnungen.html

Souterrain und 23 % wohnen im Obergeschoss bzw. Dachgeschoss. 26 % wohnen in einer Ecklage, d.h. es grenzt keine Nachbarwohnung, ein Hausflur oder ein nächstes Gebäude direkt links, rechts oder an beiden Seiten der Wohnung an. Entsprechend des Alters der modernisierten Gebäude sind einzelne Haushalte schon vor über 50 Jahren in ihre jetzige Wohnung eingezogen: 4 % der Stichprobe bzw. 22 Haushalte lebten bereits vor 1970 in ihrer aktuellen Wohnung. Das am weitesten zurückliegende Einzugsjahr liegt bei 1956, der Mittelwert liegt im Jahr 2006. Ein Anteil von insgesamt 23 % der Befragten ist in den Jahren 2016 und 2017 eingezogen, 2018 waren es 42 Personen bzw. 8 %. Demzufolge lebte die Mehrheit der Befragten zum Zeitpunkt der Befragung schon mindestens 2 Jahre in der Wohnung und konnte sich bereits an die ggf. ungewohnte Umgebung oder Technik in der modernisierten Wohnung gewöhnen. Insgesamt sind 69 % der Haushalte „sehr zufrieden“ oder „eher zufrieden“ mit ihrer jetzigen Wohnung. 17 % fühlt sich durch Straßen- oder Fluglärm gestört und 16 % geben an, dass es in der Wohnung zieht.

Das Haushaltsnettoeinkommen wurde kategorisiert erfasst – mit einer Klassenuntergrenze von „unter 900 Euro“ und einer Obergrenze von „5.000 Euro und mehr“. Anhand der Gruppenmittelwerte lässt sich ein mittleres Haushaltsnettoeinkommen von 1.921 bzw. ein Nettoäquivalenzeinkommen[4] von 1.457 Euro errechnen. Der Mittelwert des Äquivalenzeinkommens liegt deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 1.827 Euro[5]. Hier ist zu berücksichtigen, dass die Stichprobe ausschließlich aus Mietern von öffentlichen Wohnungsunternehmen besteht und damit nicht repräsentativ für die Gesamtbevölkerung ist.

41 % der Haushalte haben einen Migrationshintergrund, wobei die Mehrheit der Haushalte mit Migrationshintergrund aus den Herkunftsländern Türkei, Polen, Kasachstan und Russland stammt.

In einem Drittel der Haushalte ist keine Person erwerbstätig. 18 % der Haushalte sind Transferleistungsempfänger, d.h. die Kosten der Unterkunft (KdU) und der Heizung (KdH) werden bis zu einem angemessenen Niveau erstattet. Darüber hinaus erhält 8,5 % der Haushalte Wohngeld.

Befragte weisen mit 28 % am häufigsten einen (Fach-)Hochschulabschluss auf, gefolgt von einem Realschulabschluss (27 %) und Haupt-/Volksschulabschluss (24 %). Ca. 17 % haben die (Fach-)Hochschulreife und etwa 5 % haben (noch) keinen Schulabschluss. Damit weisen Befragte im Vergleich zu der repräsentativen Verteilung in Deutschland[6] überproportional häufig einen Hochschulabschluss bzw. eine Hochschulreife auf.

Die Verteilung der Haushaltstypen in der Stichprobe und deren Vergleich zur Gesamtbevölkerung[7] (Eigentümer und Mieter) ist in Abbildung 1 dargestellt. Alleinlebende unter 65 Jahre machen mit 23 % die größte Gruppe aus. Dieser Anteil entspricht dem Anteil dieses Haushaltstyps in der Gesamtbevölkerung. Demgegenüber sind Alleinlebende über 64 Jahre mit 19 % im Vergleich zu einem Anteil von 10 % in der Gesamtbevölkerung deutlich überrepräsentiert. Paarhaushalte unter 65 Jahre sind unterrepräsentiert, während ältere Paarhaushalte wieder leicht überrepräsentiert sind. Der Anteil der Mehrpersonenhaushalte mit einem Kind liegt mit 16 % unter dem Anteil in der Bevölkerung (22 %), sodass die Stichprobe insgesamt aus vergleichsweisen kleinen Haushalten mit im Mittel älteren Haushaltsmitgliedern besteht.

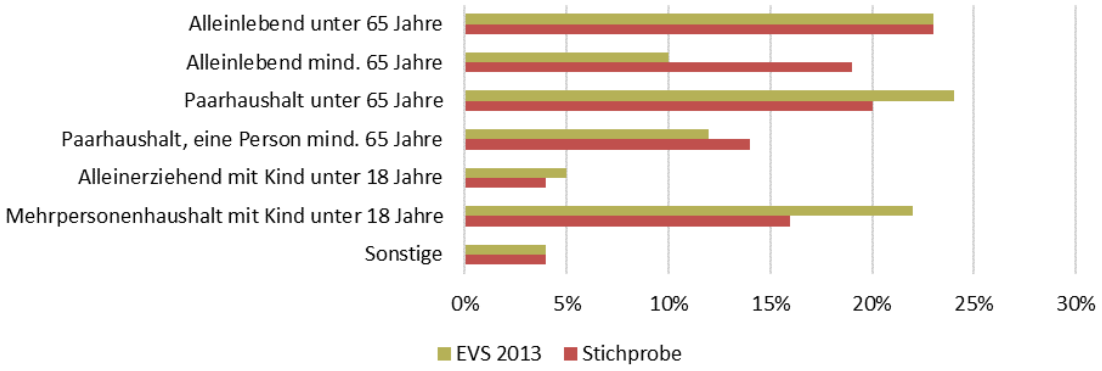
[4] Das Haushaltseinkommen wird dabei auf einen Einpersonenhaushalt normiert, um den Unterschieden in Bezug auf Größe und Zusammensetzung des Haushaltes gerecht zu werden. Dazu wurde die Quadrat-wurzel-Skala der OECD-Skala herangezogen, in der das Einkommen durch die gerundete Quadratwurzel der Haushaltsgröße dividiert wird. Die Division des Haushaltsnettoeinkommens durch das Bedarfsgewicht ergibt das Äquivalenzeinkommen (OECD, 2011).

[5] eurostat - Durchschnittliches und Median-Einkommen nach Alter und Geschlecht - EU-SILC und ECHP Erhebungen

[6] https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsstand/Tabellen/bildungsabschluss.html. Keine Differenzierung zwischen Eigentümern und Mietern.

[7] EVS: Einkommens- und Verbrauchsstichprobe des Forschungsdatenzentrums der Statistischen Ämter der Länder. https://www.forschungsdatenzentrum.de/de/haushalte/evs.

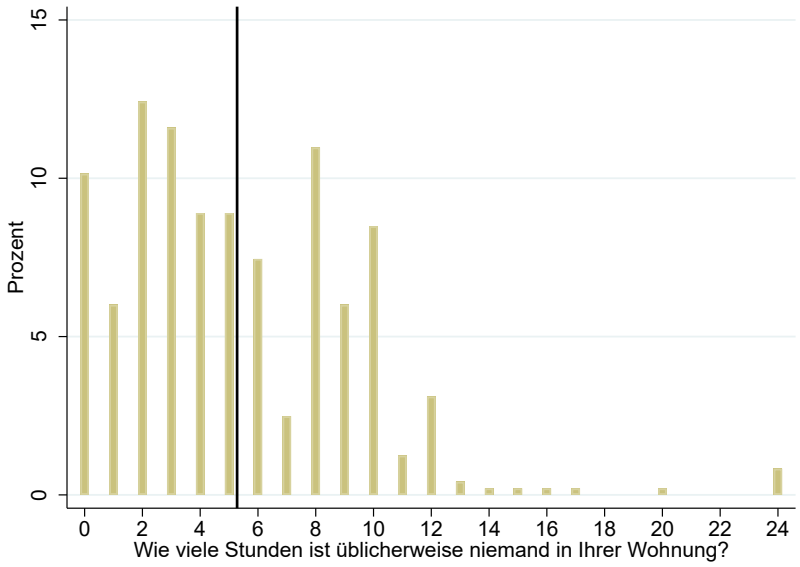
Abbildung 1: Haushaltstypen in der Befragungsstichprobe im Vergleich zur Gesamtbevölkerung



Quelle: Eigene Darstellung.

Entsprechend dem hohen Altersdurchschnitt in der Stichprobe sind viele Haushalte nur selten länger abwesend: Im Mittel liegt die Abwesenheit bei ca. 5 Stunden am Tag (vgl. Abbildung 2). Bei beinahe der Hälfte der Haushalte ist maximal vier Stunden niemand in der Wohnung anwesend. Bei kumuliert ca. 20 % der Haushalte steht die Wohnung mindestens 9 Stunden am Tag leer. Um bei Bedarf in Einzelfällen das Verbrauchsverhalten der Haushalte mit den spezifischen Heiz- und Warmwasserverbräuchen des Gebäudes abgleichen zu können, enthält die Befragung eine Abfrage zu einer längeren Abwesenheit in der vergangenen Heizsaison, d.h. für den Winter 2017/2018. 82 % der Haushalte waren in diesem Zeitraum maximal 14 Tage abwesend. 12 Haushalte, d.h. 2,6 %, gaben in der Befragung zwischen 60 und 182 Abwesenheitstage in der betreffenden Heizsaison an.

Abbildung 2: Verteilung und Mittelwert (vertikale Linie) der Abwesenheit in Stunden



Quelle: Eigene Darstellung, n = 483.

Im Rahmen der Befragung wurde die Thermostateinstellung bzw. die programmierte Temperatur für den Fall eines Thermostats mit Temperaturangaben in der Heizsaison zimmerweise sowie getrennt nach drei Zuständen – tagsüber bei Anwesenheit, nachts bei Anwesenheit und bei längerer Abwesenheit aller Haushaltsmitglieder – erfragt. Zwischenstufen bei Thermostatangaben und Temperaturen konnten mit einer Nachkommastelle (d.h. z.B. 2,3) angegeben werden, allerdings wurden jene Angaben aufgrund der Ungenauigkeit von Thermostatventilen auf Ziffern ohne Dezimalstellen gerundet. Temperaturangaben wurden auf Thermostatstufen umgerechnet, um alle Fälle gemeinsam auswerten zu können. Dabei entsprechen per Definition 20 °C

Stufe 3 auf einem manuellen Thermostatventil, eine Stufe entspricht zudem ca. 4 °C, sodass Stufe 2 16 °C und Stufe 5 einer Solltemperatur von 28 °C entspricht. Bei der Interpretation der Thermostatstufen ist zu berücksichtigen, dass diese nur die untere Grenze der möglichen Raumtemperaturen darstellt. Die Raumtemperatur kann in der Realität aufgrund verschiedener möglicher Wärmequellen (Nachbarraum, Nachbarwohnung, solare Gewinne, Verluste von Verteilleitungen) höher liegen.

Tab. 2: Zuordnung von Temperaturangaben zu Thermostatstufen

Thermostatstufe	Temperaturangabe
***/0**	7 °C
1	12 °C
2	16 °C
3	20 °C
4	24 °C
5	28 °C

Quelle: https://www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/thermostate/thermostate-richtig-einstellen-bedienen/

Die Frage nach der Thermostateinstellung wurde der Frage der Raumtemperatur vorgezogen, da nicht in jedem Haushalt ein Thermometer zur Messung vorhanden ist und die subjektive Einschätzung der Raumtemperatur von der tatsächlichen Temperatur abweichen kann (Loga et al., 2019). Zu berücksichtigen ist außerdem, dass die Befragung zwar den gesamten Haushalt adressiert, jedoch nur von einer Person beantwortet wurde. Abweichungen zwischen den berichteten Verhaltensweisen und dem tatsächlichen Verhalten in einem Mehrpersonenhaushalt sind möglich.

Das Lüftungsverhalten wurde ebenso wie das Heizverhalten zimmerweise und differenziert nach tagsüber und nachts erfragt. Dabei wurde unterschieden zwischen Fenster „ganz geöffnet“, „gekippt“ und „Fenster nicht geöffnet“. Die Abfrage der Öffnungsdauer erfolgte kategorisiert:

- Ganz geöffnet: unter 15 Minuten / 15 Minuten und mehr
- Gekippt: Unter 1 Stunde / 1 bis 6 Stunden / Mehr als 6 Stunden.

In einigen Fällen wurden pro Zimmer zwei Kategorien, d.h. zum Beispiel sowohl „unter 2 Stunden“ als auch „mehr als 6 Stunden“ gekippt, angekreuzt. In diesen Fällen wurde die gesamte Lüftungsdauer errechnet, indem ein Wert von einer halben Stunde für die Kategorie „unter 1 Stunde“, 3 Stunden für die mittlere Kategorie sowie eine Lüftungsdauer von 6 Stunden für die höchste Kategorie angesetzt wurde.

Für die Untersuchung des Warmwassernutzungsverhaltens wurde die Häufigkeit des Duschens und Badens auf Haushaltsebene, die Dauer des Duschens pro Person sowie die Verwendung wassersparender Duschköpfe erhoben. Zudem wurde gefragt, ob Geschirr regelmäßig von Hand gespült wird.

3.2 Informationen über den energetischen Gebäudezustand

Die Feldstudie fand in Beständen von drei Wohnungsunternehmen statt. Die Mehrheit der Gebäude wurde in den vergangenen Jahren energetisch modernisiert, ein kleiner Teil der Stichprobe besteht zudem aus neueren Gebäuden mit Baujahren nach 2000 (teilweise erbaut im Passivhausstandard). Die modernisierten Gebäude wurden ursprünglich zwischen 1925 und 1979 erbaut. Vor dem Hintergrund der Fragestellung – wie verhalten sich Haushalte in energetisch modernisierten Gebäuden – werden die Gebäudeinformationen mit den Befragungsdaten verknüpft. Da nicht für alle Gebäude in der Stichprobe vollständige Informationen vorliegen, konnten nicht alle Befragungsdaten damit angereichert werden. Insgesamt wurden 310 Fällen im Datensatz die entsprechenden Informationen zugeordnet. Die gebäudespezifischen Daten umfassen neben dem Baujahr des Gebäudes die Anzahl der beheizten Geschosse und Wohneinheiten. Darüber hinaus sind Informationen zu der Energiebezugsfläche, Fläche der thermischen Hülle sowie Dachflächen, Bodenfläche gegen Erdreich und Fensterflächen in Quadratmetern verfügbar. Den entsprechenden Bauteilen sind U-Werte (in W/(m²K)) zugeordnet. Mit diesen Werten kann pro Gebäude ein Transmissionswärmeverlust pro m² Energiebezugsfläche in W/(m²K) berechnet werden, welcher in der Stichprobe zwischen 0,3 und 1,3 liegt.

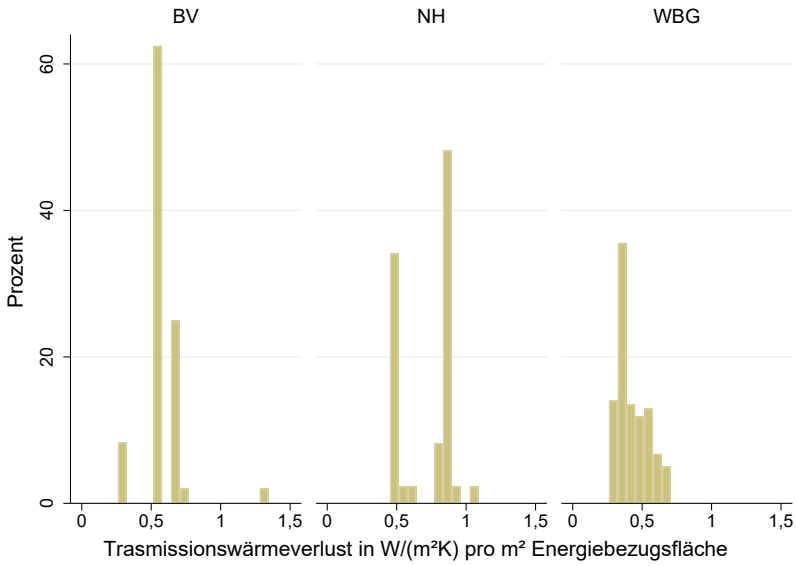
Abbildung 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Transmissionswärmeverluste für die betrachteten Gebäude differenziert nach Wohnungsunternehmen. Deutlich wird, dass die Gebäude des Bauvereins (BV) in der Stichprobe eine mit Transmissionswärmeverlusten zwischen 0,3 und 1,3 W/K pro m² Energiebezugsfläche[8] eine höhere Heterogenität aufweisen im Vergleich zu Gebäuden der Nassauischen Heimstätte (Transmissionswärmeverluste zwischen 0,5 bis 1,1 W/K pro m²) und insbesondere zu den Gebäuden der Wohnbau Gießen (WBG). Letztere weisen einen überdurchschnittlich guten energetischen Gebäudestandard auf, die Transmissionswärmeverluste liegen zwischen 0,3 und 0,7 W/K pro m². Obwohl alle Gebäude bereits aufgrund der Modernisierung demnach einen erhöhten energetischen Standard aufweisen, sind Unterschiede zu erkennen. Für weitere Analysen werden die Gebäude demnach nach ihren Transmissionswärmeverlusten in drei Gruppen eingeordnet. Die Gruppe mit dem höchsten energetischen Standard (ca. 31 %) weist Transmissionswärmeverluste ≤ 0,4 auf und wird als „Passivhausstandard“ beschrieben. Die mittlere Gruppe (ca. 40 %) weist Werte zwischen 0,4 und ≤ 0,6 auf und wird als „verbesserter Modernisierungsstandard“ bezeichnet. Die Gruppe mit dem niedrigsten energetischen Standard in der Stichprobe (29 %) weist Transmissionswärmeverluste > 0,6 W/K pro m² auf und wird als „normaler Modernisierungsstandard“ beschrieben. Zum Vergleich: unsanierte Bestandsgebäude haben Transmissionswärmeverluste von > 2,0 W/K pro m² (MFH) und Transmissionswärmeverluste von > 3,0 W/K pro m² (EFH).

Tab. 3 stellt die Klassifikation mit der zugehörigen, im folgenden verwendeten Abkürzung, dar.

Tab. 3: Klassifikation der Gebäude nach Transmissionswärmeverlust in W/K pro m²

Transmissionswärmeverlust in W/K pro m²	Klassifikation	Abkürzung
≤ 0,4	Passivhausstandard	PH
0,4 und ≤ 0,6	Verbesserter Modernisierungsstandard	ModPlus
> 0,6	Normaler Modernisierungsstandard	Mod

Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Transmissionswärmeverluste von Wohnungen für Gebäude des Bauvereins (BV), der Nassauischen Heimstätte (NH) und Wohnbau Gießen (WBG)



Quelle: Eigene Darstellung, n = 310, davon BV: 48, NH: 85, WBG: 177

[8] Die hier verwendete Energiebezugsfläche ist die TABULA-Referenzfläche (1,1 x Wohnfläche).

4 Ergebnisse

4.1 Heizverhalten

In diesem Kapitel wird das Heizverhalten der Haushalte zunächst deskriptiv und im Anschluss unter Berücksichtigung verschiedener gebäude- und nutzerspezifischer Faktoren mittels Regressionsanalysen untersucht.

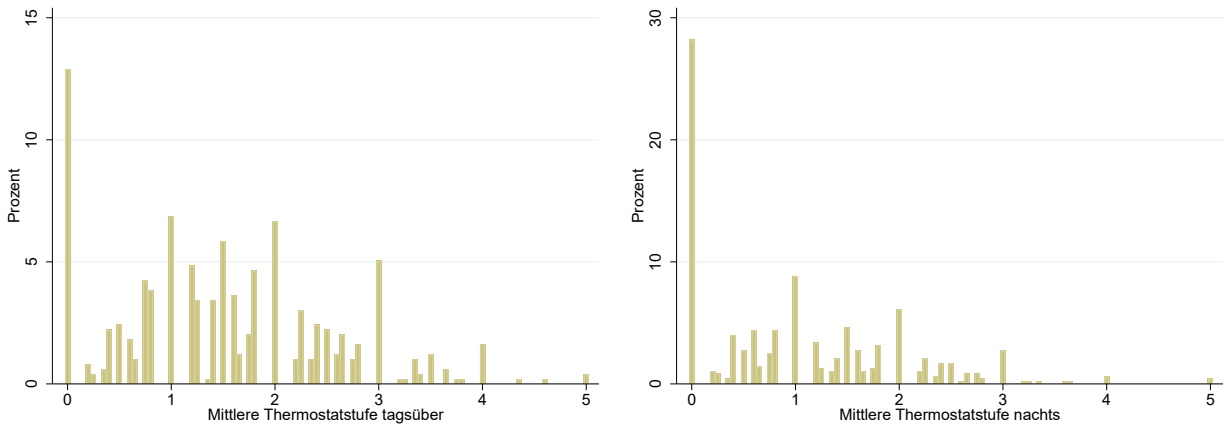
4.1.1 Deskriptive Ergebnisse

Die Mehrheit der Befragten (93 %) reguliert ihre Raumtemperatur hauptsächlich mit Hilfe von Heizkörperthermostatventilen, die mit analogen Ziffern von 0 bzw. Frostschutzstufe (*) bis 5 versehen sind. Thermostatventile mit Temperaturangaben (ggf. programmierbar) sind nur in drei Haushalten ausnahmslos und in 33 Haushalten (knapp 7 %) teilweise vorhanden.

Abbildung 4 stellt die Häufigkeitsverteilungen für die mittlere Thermostatstufe auf Haushalts- bzw. Wohnungsebene für tagsüber und nachts dar. Bei dem Durchschnitt aller Thermostateinstellungen in einer Wohnung wird sowohl für tagsüber als auch nachts ersichtlich, dass ein großer Anteil der Haushalte nicht heizt, d.h. die Thermostate stehen im Mittel auf 0 bzw. auf der Frostschutzstufe. Tagsüber liegt der Anteil bei 14 %, nachts bei fast 30 %. Darüber hinaus zeigen die Histogramme der mittleren Thermostateinstellung, dass Haushalte die Thermostate nachts im Durchschnitt herunterregeln (vgl. auch Tab. 4).

Abbildung 4 stellt die Häufigkeitsverteilungen für die höchste Thermostatstufe aller Wohnungen für tagsüber und nachts dar. Tagsüber ist der Häufigkeitsschwerpunkt bei Stufe 3 mit einem Anteil von ca. 45 % zu sehen. Nachts stellen 28 % der Haushalte ihre Heizungen aus, ca. 30 % haben mindestens einen Heizkörper noch auf Stufe 3 stehen.

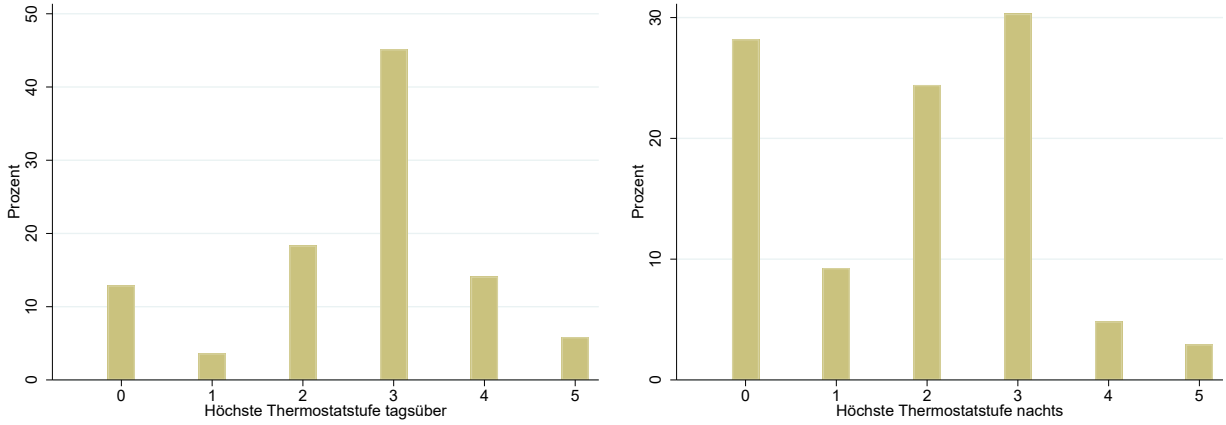
Abbildung 4: Häufigkeitsverteilungen: Mittlere[9] Thermostatstufe je Haushalt/Wohnung tagsüber und nachts für alle Wohnungen



Quelle: Eigene Darstellung, n = 474 (nachts) bzw. 495 (tagsüber)

[9] Die mittlere Thermostateinstellung für die Wohnung ergibt sich aus den Einzelwerten der Zimmer. Die Berechnung der Mittelwerte führt zu Thermostateinstellungen mit Dezimalstellen. Bei der Betrachtung der höchsten Thermostatstufe in der Wohnung wird kein Mittelwert gebildet.

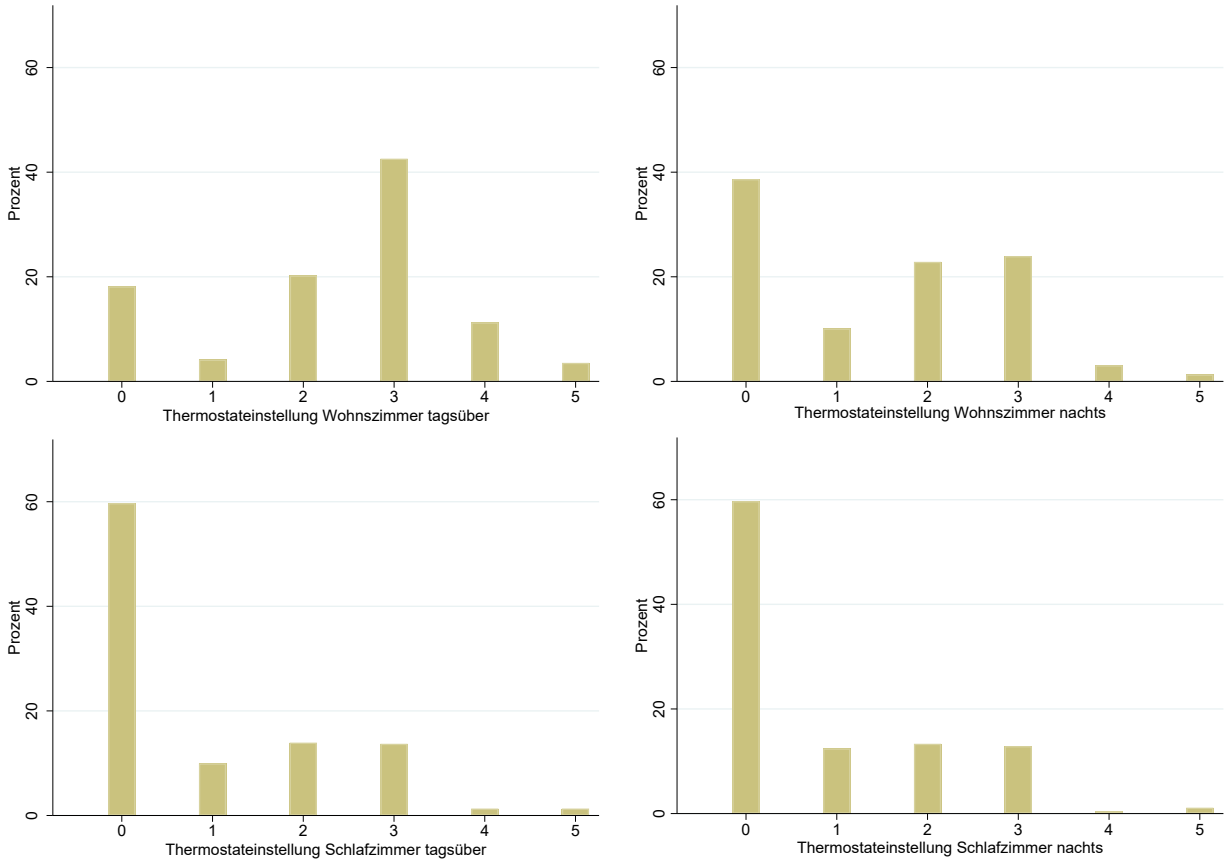
Abbildung 5: Häufigkeitsverteilungen: Höchste Thermostatstufe je Haushalt/Wohnung tagsüber und nachts für alle Wohnungen

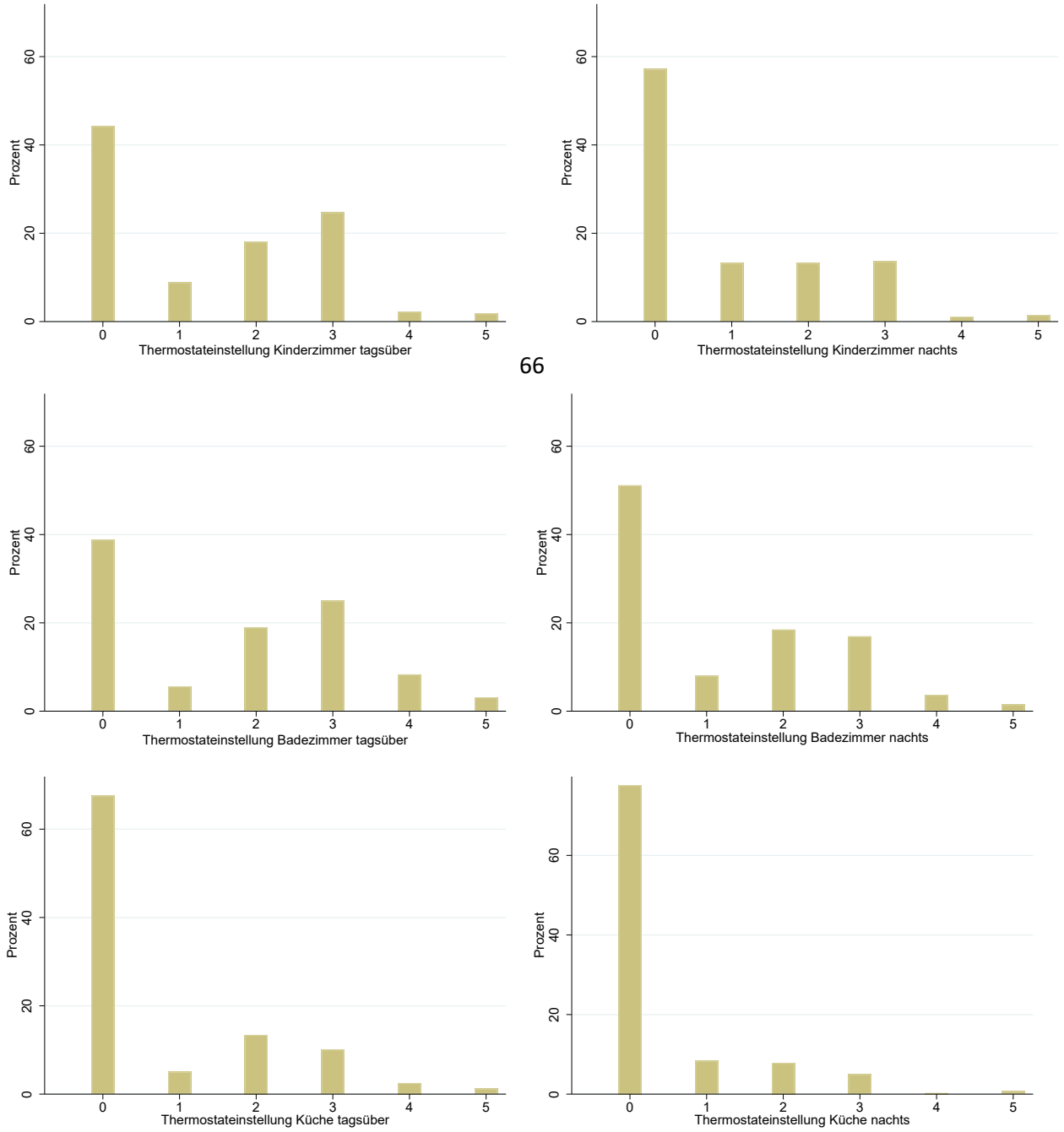


Quelle: Eigene Darstellung, n = 474 (nachts) bzw. 495 (tagsüber)

Abbildung 6 stellt die Thermostateinstellung des Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmers sowie der Küche und des Badezimmers differenziert nach tagsüber und nachts dar. Das Wohnzimmer ist das Zimmer, in dem die Thermostate tagsüber am häufigsten (42 %) auf Stufe 3 stehen. Nach dem Wohnzimmer werden das Kinder- und Badezimmer im Vergleich zur Küche und zum Schlafzimmer tagsüber moderat beheizt. Allerdings werden ca. 40 % der Kinder- und Schlafzimmer auch tagsüber nicht beheizt. Nachts sind die Thermostate in allen Zimmern im Mittel niedriger eingestellt als tagsüber. Insbesondere im Wohnzimmer stellt ein großer Anteil von 40 % der Haushalte die Thermostate auf 0, während es tagsüber noch weniger als 20 % sind. Im Schlafzimmer und in der Küche ist der Unterschied weniger stark ausgeprägt, da diese Zimmer auch tagsüber überwiegend nicht oder nur auf kleiner Stufe beheizt werden.

Abbildung 6: Häufigkeitsverteilungen: Thermostateinstellungen nach Zimmerart, tagsüber und nachts





Quelle: Eigene Darstellung, n = 264 (Kinderzimmer nachts) bis 479 (Wohnzimmer tagsüber)

Für die nachfolgenden Analysen wird die höchste berichtete Thermostatstufe als Indikator für das Temperatur- bzw. Wärmebedürfnis von Haushalten herangezogen. Die höchste berichtete Thermostatstufe entspricht in der Regel der Thermostatstufe im Wohnzimmer bei Anwesenheit (Korrelationskoeffizient 0,87; p= 0.000). Im Gegensatz dazu entspricht die niedrigste angegebene Thermostatstufe tagsüber am häufigsten der Angabe für das Schlafzimmer (Korrelationskoeffizient 0,62; p= 0.000) oder der Küche (Korrelationskoeffizient 0,61; p= 0.000), d.h. jenen Räumen, in denen man sich tagsüber typischerweise nicht über längere Zeiträume aufhält. Da insbesondere in diesen Räumen die Heizung tagsüber in ca. der Hälfte der Fälle auf Stufe 0 steht, führt die Verwendung eines Mittelwerts der Thermostateinstellung tagsüber über alle Räume zu einer Unterschätzung des Temperaturbedürfnisses eines Haushalts. Obwohl die Einstellung auf der mittleren Stufe (3) des Thermostats einer Raumtemperatur von ca. 20°C entspricht, liegt die mittlere

Thermostateinstellung je Wohnung tagsüber bei Anwesenheit mit 1,5 deutlich darunter (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Thermostateinstellungen Wohnung (Mittelwert alle Zimmer) und nach Zimmern sowie differenziert nach Anwesenheit und Tageszeit

	Häufigkeit	Min (Standardabw.)	Max (Standardabw.)	MW (Standardabw.)
Thermostateinstellung Wohnung tagsüber bei Anwesenheit	527	0,5 (1,0)	2,6 (1,3)	1,5 (1,0)
Thermostateinstellung Wohnung nachts bei Anwesenheit	506	0,4 (0,8)	1,8 (1,4)	1,1 (1,0)
Thermostateinstellung Wohnung bei Abwesenheit	458	0,2 (0,7)	0,9 (1,3)	0,6 (0,9)
Thermostateinstellung tagsüber Wohnzimmer	510	0	5	2,37 (1,36)
Thermostateinstellung nachts Wohnzimmer	486	0	5	1,47 (1,36)
Thermostateinstellung tagsüber Schlafzimmer	480	0	5	0,90 (1,26)
Thermostateinstellung nachts Schlafzimmer	470	0	5	0,84 (1,19)

Quelle: Eigene Auswertung, MW = Mittelwert.

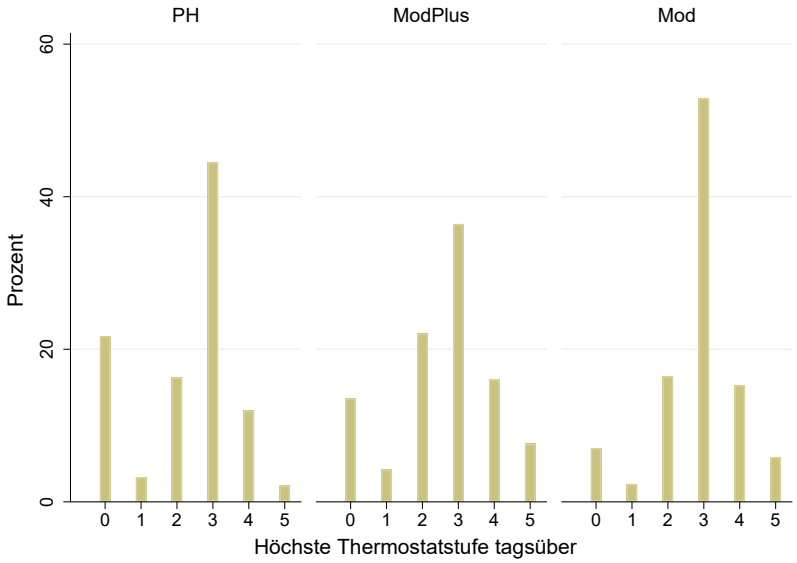
Die mittlere Thermostateinstellung tagsüber bei Anwesenheit liegt kumuliert bei ca. 69 % zwischen Stufe 0 und 2. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass die Temperatur im Großteil der Wohnungen unter 16 Grad (entspricht Stufe 2) liegt. Vielmehr ist es möglich, dass Zimmer mit heruntergedrehter Thermostateinstellung von einem anderen Zimmer „mitgeheizt“ werden (vgl. dazu die Ausführungen zu Abbildung 10 und Abbildung 11 unten). Dieser Effekt ist besonders stark im Fall überdimensionierter Heizkörper, bei offenen Zimmertüren und bei einem guten baulichen Wärmeschutz. Darüber hinaus zeigt sich: Die mittlere Thermostateinstellung liegt am Tag (Mittelwert 1,5) höher als nachts (Mittelwert: 1,1) und nachts wiederum höher als bei Abwesenheit (Mittelwert: 0,6).

Abbildung 7 zeigt die Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber in einem Histogramm differenziert nach den drei Klassen des energetischen Gebäudestandards. Hier wird einerseits deutlich, dass Haushalte am häufigsten Stufe 3 als höchste Stufe wählen. Andererseits zeigt sich, dass ein beträchtlicher Anteil (13 %) der Haushalte die Thermostate in der gesamten Wohnung tagsüber auf 0 stehen hat, d.h. es wird nicht aktiv geheizt. Das gewünschte Temperaturniveau muss sich demnach durch andere Wärmeeinträge einstellen.

Je höher der energetische Standard, desto höher der Anteil an Haushalten, die tagsüber die Heizung in der gesamten Wohnung auf 0 stehen haben (21 % in Gebäuden mit Passivhausstandard (PH) im Vergleich zu 7 % in Gebäuden mit einem normalen Modernisierungsstandard (Mod) in der Stichprobe).

Die auffällig niedrigen mittleren Thermostateinstellungen sind demnach darauf zurückzuführen, dass ein Teil der Haushalte die Heizung kaum oder zumindest in einem größeren Teil der Räume kaum benutzt. Dies ist insbesondere bei Gebäuden mit Passivhausstandard sichtbar – hier wählen kumuliert nur 13 % der Befragten eine höhere Stufe über 3, bei Gebäuden mit verbessertem und normalen Modernisierungsstand sind es 23 bzw. 21 % der Befragten.

Abbildung 7: Häufigkeitsverteilungen: Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber für Wohnungen differenziert nach energetischen Gebäudestandards



Quelle: Eigene Darstellung, n = 295

Der mittleren oder auch der höchsten Thermostateinstellung zufolge läge die Solltemperatur tagsüber in den Wohnungen der Befragten bei Anwesenheit im Durchschnitt bei etwa 14 °C (Mittelwert der Thermostateinstellungen) bzw. ca. 18 °C (Maximum der Thermostateinstellungen) (vgl. Annahme in Tab. 2). Da bei der Mittelwertbildung aber auch Heizkörper berücksichtigt sind, die ggf. gar keine Wärme abgeben, da aus Nachbarräumen genügend Wärme zuströmt, können diese Zahlen keine realistische Auskunft über die tatsächlich vorzufindenden Raumtemperaturen darstellen. Das zeigt sich auch daran, dass die Befragten mit der Raumtemperatur insgesamt sehr zufrieden sind: 89 % halten die Temperatur in Wohnzimmer für „genau richtig". In Gebäuden mit Passivhausstandard liegt dieser Anteil bei 91 %, in Gebäuden mit einem normalen oder verbesserten Modernisierungsstandard bei jeweils 88 %.

Die Zufriedenheit mit der Temperatur im Schlafzimmer hängt ebenfalls vom energetischen Modernisierungsstandard ab. In Gebäuden mit Passivhausstandard ist es jeweils 7 % der Befragten zu warm bzw. zu kalt. In Gebäuden mit einem verbesserten Modernisierungsstandard oder einem normalen Modernisierungsstandard empfinden es 9 bzw. 11 % der Befragten als zu kalt, nur jeweils 3 % empfinden die Raumtemperatur im Schlafzimmer als „zu warm". Demnach empfinden Befragte in Gebäuden mit Passivhausstandard, in denen sehr häufig eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorhanden ist, die Raumtemperatur im Schlafzimmer häufiger als „zu warm".

Dabei korreliert die Angabe, es sei „zu kalt" im Zimmer, nicht mit der Höhe des Einkommens. Demnach scheinen finanzielle Restriktionen in der Regel nicht der Grund dafür zu sein, dass ein Zimmer als kalt empfunden wird. Möglich ist beispielsweise, dass Uneinigkeit zwischen Haushaltsmitgliedern in Bezug auf die präferierte Zimmertemperatur besteht.

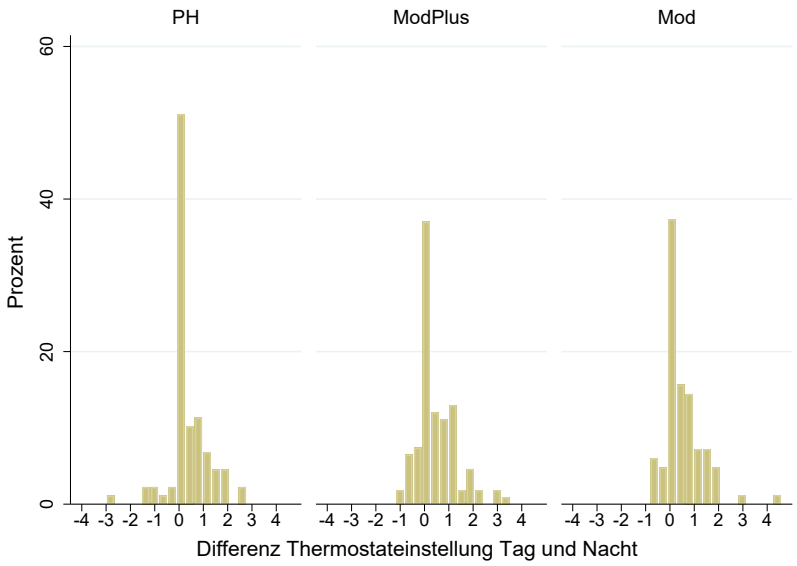
Dass einige Wohnungen nicht oder nur sehr wenig beheizt werden, kann einerseits auf Wärmeübertragungen zwischen Wohnungen in einem Gebäude und andererseits auch durch interne Wärmegewinne, z.B. durch Anwesenheit, Kochen, Elektrogeräte und Warmwasserverbrauch, begründet sein. Für modernisierte Mehrfamilienhäuser weisen unterschiedliche Studien auf die Existenz von internen Wärmeübertragungen und insbesondere deren beträchtlicher Einfluss auf den Energieverbrauch einzelner Wohnungen hin (Calì et al., 2016b; Canale et al., 2020; Möller et al., 2020; Schröder et al., 2018). Darüber hinaus kommt es in modernisierten Beständen zu Wärmeübertragungen durch Warmwasserleitungen, wenn diese nicht ausreichend gedämmt wurden. Dies ist für die untersuchten Gebäude nicht zu verifizieren. Folglich können die Thermostateinstellungen nicht für eine Approximation der Innenraumtemperaturen herangezogen werden. Zwar sind prinzipiell auch Defekte, falsche Einstellungen oder eine falsche Montage der Thermostate möglich. In dem

Ausmaß und insbesondere vor dem Hintergrund, dass auch die Kommentare im Freitext der Befragung nicht auf eine solche Problematik hinweisen, erscheint dies unwahrscheinlich.

Aus regelungstechnischen Gründen ist nur für Situationen, in denen ein Heizkörper tatsächlich Heizwärme abgibt, ein Zusammenhang zwischen der Thermostateinstellung und der Innenraumtemperatur zu erwarten. Daher sind auch die höchsten Thermostateinstellungen einer Wohnung von besonderem Interesse.

Abbildung 8 stellt die Differenz der Thermostateinstellungen zwischen Tag und Nacht bei Anwesenheit dar. Im Einklang mit den Ergebnissen anderer Studien (vgl. Loga et al., 2019 S. 173 ff. für eine Übersicht) sind die Thermostate bei dem Großteil der Befragten tagsüber höher als nachts eingestellt bzw. die Einstellung zwischen Tag und Nacht unterscheidet sich nicht. Der Anteil der Haushalte, in denen die Heizung nachts auf der gleichen Stufe wie am Tag steht, ist mit etwa 50 % bei Haushalten in Gebäuden mit Passivhausstandard deutlich über dem Anteil von Haushalten in Gebäuden mit verbessertem und normalem Modernisierungsstandard (ca. 38 %). Dies ist nur teilweise darauf zurückzuführen, dass in einigen Wohnungen die Thermostate immer abgedreht sind: 37 % der Befragten in Gebäuden mit einem hohen energetischen Standard haben all ihre Thermostate sowohl nachts als auch tagsüber auf Stufe 0. Dies ist ein Hinweis auf homogenere Raumtemperaturen in Gebäuden mit hohen energetischen Standards, vgl. (Riley et al., 2013; Schröder et al., 2018)

Abbildung 8: Differenz: Mittelwert der Thermostateinstellung je Wohnung zwischen Tag und Nacht für Wohnungen in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards

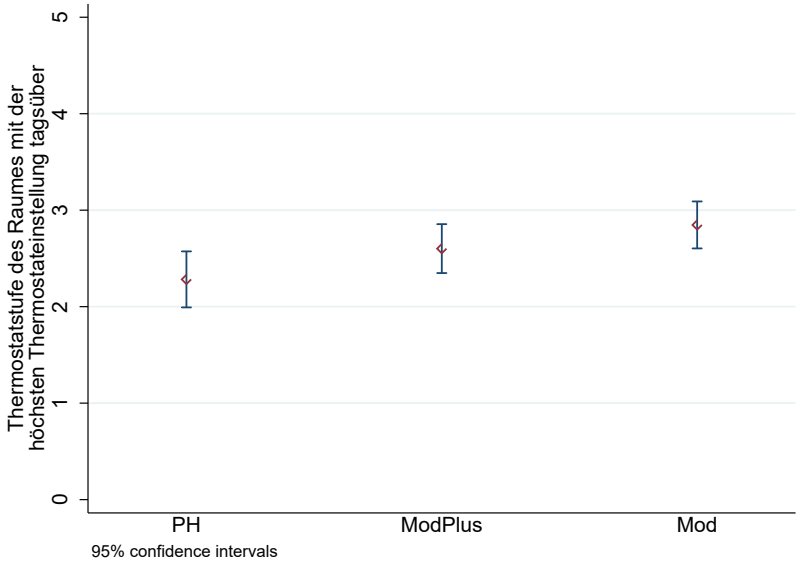


Quelle: Eigene Darstellung, n = 279

Darüber hinaus unterscheidet sich die höchste je Wohnung gewählte Thermostatstufe tagsüber in Abhängigkeit des energetischen Standards (vgl. Abbildung 9). Diese liegt bei Gebäuden mit Passivhausstandard bei ca. 2,3; bei Gebäuden mit einem verbesserten Modernisierungsstandard 2,6 und bei Gebäuden mit einem normalen Modernisierungsstandard bei rund 2,8. Der Unterschied in der höchsten Thermostatstufe tagsüber zwischen dem Passivhausstandard und dem normalen Modernisierungsstandard ist auf dem 3 %-Niveau statistisch signifikant. Darüber hinaus lässt sich für Wohnungen in Gebäuden mit Passivhausstandard erkennen, dass der Teilbeheizungsgrad[10] tagsüber im Mittel mit 56 % höher ausfällt als der Teilbeheizungsgrad für Wohnungen in Gebäuden mit einem verbesserten (40 %) bzw. normalen Modernisierungsstandard (43 %) (vgl. Abbildung 10).

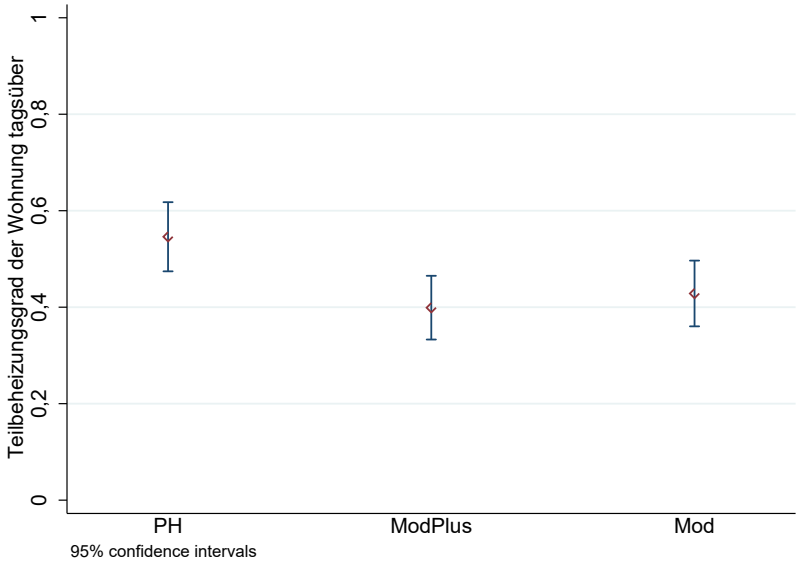
[10] Der Teilbeheizungsgrad der Wohnung tagsüber ist definiert als der Anteil der Räume pro Wohnung, die aktiv nicht beheizt sind (Thermostatstufe = 0/Frostsymbol). Beispielrechnung mit 4 Angaben: Schlafzimmer Stufe 0, Bad Stufe 2, Küche Stufe 0, Wohnzimmer Stufe 3. Anteil Teilbeheizungsgrad = 0,5. Stehen alle Thermostate in der Wohnung auf Stufe 0, liegt der Teilbeheizungsgrad bei 1.

Abbildung 9: Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostatstufe tagsüber für Wohnungen in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards (Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall)



Quelle: Eigene Darstellung, n = 295

Abbildung 10: Teilbeheizungsgrad tagsüber für Wohnungen in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards (Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall)

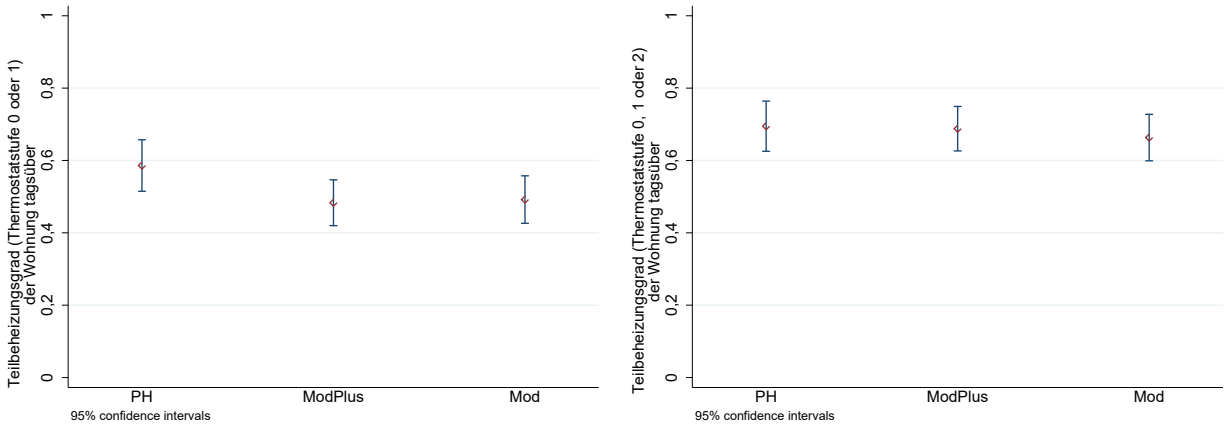


Quelle: Eigene Darstellung, n = 295

Wird die Definition des Teilbeheizungsgrads erweitert, indem die Thermostatstufe 1 ebenfalls als teilbeheizung interpretiert wird, zeigt sich ein vergleichbares Muster in Abbildung 11 (links). Der Teilbeheizungsgrad nach dieser Definition liegt tagsüber für Wohnungen in Gebäuden mit einem Passivhausstandard im Mittel bei 59 %, für Wohnungen in Gebäuden mit einem verbesserten und einem normalen Modernisierungsstandard bei 48 bzw. 49 %.

Wird zusätzlich die Thermostatstufe 2 als Teilbeheizung interpretiert, ist der Unterschied zwischen den Wohnungen in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards nur noch marginal und statistisch nicht mehr signifikant (vgl. Abbildung 11 (rechts)).

Abbildung 11: Teilbeheizungsgrad tagsüber für Wohnungen in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards (Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall)



Quelle: Eigene Darstellung, n = 295

4.1.2 Multivariate Auswertungen

Tab. 5 stellt die bivariaten Zusammenhänge zwischen 12 unterschiedlichen Variablen dar, die in früheren Studien einen Zusammenhang mit dem Heizverhalten oder dem Heizenergieverbrauch gezeigt haben (vgl. Kapitel 2.1). Dabei beziehen sich die ersten sechs Variablen auf gebäude- bzw. wohnungsspezifische Faktoren und die restlichen sechs auf soziodemographische Eigenschaften. Demnach korreliert die gewählte höchste Thermostatstufe tagsüber mit den Transmissionswärmeverlusten in W/K pro m² des Gebäudes, d.h. mit dessen energetischen Zustand. Ebenso zeigt sich ein Effekt der Wohnungslage: in Wohnungen in Ecklagen des Gebäudes ist die Thermostatstufe im Mittel höher als in Wohnungen, die keine Ecklage aufweisen. Darüber hinaus korreliert die Anzahl der Stockwerke im Gebäude negativ mit der Thermostatstufe, d.h. je besser das A/V-Verhältnis und je geringer dadurch der Transmissionswärmeverlust in W/K pro m² ist, desto niedriger ist die höchste gewählte Thermostatstufe.

Lebt mindestens eine Person über 65 Jahre im Haushalt, ist die tagsüber höchste gewählte Thermostatstufe im Mittel signifikant höher. Besteht der Haushalt allerdings aus einem alleinlebenden Mann, ist die höchste Thermostatstufe signifikant niedriger im Vergleich zu der einer alleinlebenden Frau. Allerdings korreliert der Haushaltstyp „alleinlebender Mann“ auch mit einer vergleichsweise hohen Abwesenheit.

Bivariat hat zudem das Bildungsniveau einen Einfluss auf die Thermostateinstellung – mit einem höheren Bildungsniveau geht eine niedrigere Einstellung einher.

Über Korrelationen mit der Thermostatstufe hinaus lässt sich zudem ein Zusammenhang zwischen der Größe des Gebäudes sowie dem Bildungsniveau und dem Nettoäquivalenzeinkommen feststellen. Sowohl das Bildungsniveau als auch das Einkommen von Haushalten korreliert in der Stichprobe negativ mit der Anzahl der Stockwerke im Gebäude. Das heißt, besserverdienende Haushalte dieser Stichprobe sowie jene mit einem höheren Bildungsniveau wohnen seltener in Gebäuden mit einer großen Anzahl an Stockwerken. Erwartungsgemäß korreliert die Existenz eines Kleinkindes negativ mit dem Nettoäquivalenzeinkommen, das Bildungsniveau der Befragungsperson hingegen korreliert positiv mit der Höhe des logarithmierten Nettoäquivalenzeinkommens[11].

[11] Das Nettoäquivalenzeinkommen wurde für die vorliegenden Auswertungen aufgrund einer rechtsschiefen Verteilung logarithmiert.

Tab. 5: Korrelationstabelle

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.183***	1.000									
3	-0.047	-0.036	1.000								
4	0.116***	-0.023	0.052	1.000							
5	0.012	-0.007	0.078*	-0.016	1.000						
6	-0.136***	-0.387***	-0.042	0.004	0.263***	1.000					
7	-0.035	-0.119**	0.077*	0.015	-0.068	-0.017	1.000				
8	0.128***	0.024	-0.030	0.063	-0.015	-0.016	-0.355***	1.000			
9	0.033	0.003	-0.025	-0.003	-0.061	0.035	-0.023	-0.214***	1.000		
10	-0.121*	-0.098	0.014	-0.092	-0.085	-0.009	0.226***	-0.261***	0.102	1.000	
11	-0.107**	-0.071	0.065	-0.112**	-0.070	-0.109**	0.249***	-0.297***	0.022	0.133*	1.000
12	0.014	-0.013	0.148***	-0.048	-0.022	-0.288***	0.311***	-0.017	-0.192***	0.080	0.321***

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

(1) Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber; (2) Transmissionswärmeverlust in W/K pro m²; (3) Stockwerk; (4) Eckwohnung; (5) Anzahl WE in Gebäude; (6) Anzahl Stockwerke in Gebäude; (7) Abwesenheit in Stunden; (8) Person > 65 im HH; (9) Kind < 6 im HH; (10) Alleinlebend Männlich (Ref.: Weiblich); (11) Bildungsniveau; (12) Log. Nettoäquivalenzeinkommen

Quelle: Eigene Auswertung

Tab. 6 stellt die Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber je Wohnung in Abhängigkeit von gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren in einem multivariaten linearen Regressionsmodell dar. Als unabhängige Variablen wurden der energetische Gebäudezustand in drei Klassen (vgl. Tab. 3) auf Basis des gebäudespezifischen Transmissionswärmeverlusts in W/K pro m², die Lage der Wohnung (Erdgeschoss, Mittelgeschoss, Obergeschoss), Eckwohnung (ja/nein) und die Anzahl der Wohneinheiten im Gebäude aufgenommen.

Deutlich wird, dass sich der energetische Gebäudezustand auf die von Haushalten gewählte Thermostateinstellung auswirkt. Unter Kontrolle der anderen aufgenommenen unabhängigen Variablen ist die mittlere Thermostateinstellung in Gebäuden mit einem Passivhausstandard um ca. eine halbe Stufe (0,4) niedriger. In Gebäuden mit einem normalen Modernisierungsstandard wird im Vergleich zu Gebäuden mit einem verbesserten Modernisierungsstandard eine etwas höhere Thermostatstufe gewählt. Der in Abbildung 9 identifizierte Unterschied ist demnach auch unter Berücksichtigung von weiteren gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren sichtbar. Allerdings ist der Unterschied unter Kontrolle der anderen aufgenommenen Variablen statistisch nicht signifikant.

Das Thermostatventil eines Heizkörpers sorgt theoretisch unabhängig von dem energetischen Gebäudestandard auf einer bestimmten Thermostatstufe für eine gleiche Innentemperatur. Folglich lässt sich das Ergebnis dadurch erklären, dass die Thermostate in vielen Haushalten in der Stichprobe – insbesondere in Gebäuden mit Passivhausstandard – durchgehend auf Stufe 0 stehen. Der Bedarf, überhaupt zu heizen, scheint mit der Höhe der Energieeffizienz zu sinken.

In Erdgeschosswohnungen liegt die Thermostateinstellung im Mittel über der Einstellung in Mittelgeschosswohnungen. Hier muss beachtet werden, dass Fenster in oberen Geschossen im Winter mehr Solareinstrahlung empfangen und zudem bei leichten Gebäudeundichtigkeiten im Winter ein Luftstrom von den unteren zu den oberen Wohnungen entstehen kann – beides reduziert den Heizwärmebedarf der oben gelegenen

Wohnungen. Ob ein Haushalt in einer Wohnung im Erdgeschoss, Mittelgeschoss oder Obergeschoss wohnt, wirkt sich jedoch nicht statistisch signifikant auf die gewählte Thermostateinstellung tagsüber aus. Dies mag an dem bereits hohen Gebäudestandard durch die Modernisierung liegen: Der Einfluss der Wohnungslage in einem Mehrfamilienhaus nimmt ab, je besser die Gebäudehülle gedämmt ist (Bundesamt für Energie BFE, 2017). Die Ecklage hat einen statistisch signifikanten positiven Einfluss, d.h. die Thermostateinstellung ist in Wohnungen in Ecklagen unter Kontrolle der Geschosslage und dem energetischen Gebäudestandard im Mittel höher als in Wohnungen mit einem geringeren Außenflächenanteil. Die Anzahl der Wohnungen im Gebäude weist auf einen vernachlässigbar kleinen statistischen Zusammenhang mit der höchsten Thermostateinstellung hin.

Tab. 6: Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber je Wohnung in Abhängigkeit von gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren

	AV: Höchste Thermostateinstellung tagsüber
Passivhausstandard vs. verbesserter Modernisierungsstandard	-0.400*
	(-2.17)
Normaler vs. verbesserter Modernisierungsstandard	0.148
	(0.79)
Lage der Whg: EG vs. MG	0.299
	(1.52)
Lage der Whg: OG vs. MG	-0.0288
	(-0.15)
Eckwohnung	0.611***
	(3.47)
Anzahl WE in Gebäude	0.0110*
	(2.06)
Constant	2.147***
	(10.39)
N	290
R^2	0.085
Adjusted R^2	0.066

t statistics in parentheses
+ p < 0.10, * p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001

Quelle: Eigene Auswertung

Mit einem Anteil von 8,5 % wird durch die aufgenommenen gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren die Varianz der Thermostateinstellung von Haushalten insgesamt jedoch nur geringfügig erklärt.

In einem weiteren Schritt wird in Tab. 7 der Einfluss von nutzerspezifischen Faktoren auf die höchste Thermostateinstellung dargestellt. Die drei aufgestellten Modelle berücksichtigen dabei unterschiedlich viele nutzerspezifische Eingangsparameter. Die Thermostateinstellung ist in Haushalten, in denen mindestens eine Person über 65 Jahre lebt, signifikant höher. Während die höchste Thermostateinstellung tagsüber im Mittel bei ca. 2,5 liegt, stellen Seniorenhaushalte die Heizung um durchschnittlich fast eine halbe Thermostatstufe höher (0,3 bis 0,4 je nach Modellspezifikation). Lebt ein Kind unter 6 Jahren im Haushalt, liegt die mittlere Thermostateinstellung in Modell 3 ebenfalls ca. eine halbe Thermostatstufe höher. Bei einem höheren Bildungsniveau ist die höchste gewählte Thermostatstufe unter Kontrolle der anderen aufgenommenen nutzerspezifischen Faktoren niedriger. Weder das logarithmierte bedarfsgewichtete Haushaltseinkommen noch das Vorliegen eines Migrationshintergrunds der Befragungsperson wirken sich im multivariaten Regressionsmodell statistisch signifikant auf das Heizverhalten aus.[12] Der Erklärungsanteil der nutzerspezifischen

[12] In Tab. 7 nicht dargestellt.

Faktoren an der Varianz der Thermostateinstellungen macht 3,1 % in Modell 3 (bzw. 2,1 in Modell 1 und 2,5 % in Modell 2) aus.

Tab. 7: Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber je Wohnung in Abhängigkeit von nutzerspezifischen Faktoren

	Modell 1	Modell 2	Modell 3
Person > 65 im HH	0.403**	0.339*	0.311*
	(3.12)	(2.50)	(2.14)
Kind < 6 im HH	0.272	0.261	0.417*
	(1.44)	(1.38)	(2.14)
Bildungsniveau		-0.112	-0.145+
		(-1.55)	(-1.75)
Log. Nettoäquivalenzeinkommen			0.183
			(1.33)
Constant	2.453***	2.720***	1.467
	(31.97)	(14.42)	(1.54)
N	495	495	418
R^2	0.021	0.025	0.031
Adjusted R^2	0.017	0.019	0.021

t statistics in parentheses
+ p < 0.10, * p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001
Quelle: Eigene Auswertung

Tab. 8 stellt die höchste Thermostateinstellung tagsüber in Abhängigkeit von nutzerspezifischen und gebäude- bzw. wohnungsspezifischen Faktoren gemeinsam dar. Die Aufnahme der Variablen in einem gemeinsamen Modell reduziert die Fallzahlen im Vergleich zu den vorangegangenen Modellen, da nicht für jeden befragten Haushalt verlässliche Gebäudeinformationen vorliegen und umgekehrt nicht für jedes Gebäude, für das entsprechende Informationen vorliegen, auch mindestens ein Haushalt an der Befragung teilgenommen hat. In dieser Konstellation hat ein hoher energetischer Gebäudestandard und auch das Vorliegen einer Ecklage der Wohnung weiterhin einen signifikanten Effekt auf die Thermostateinstellung. Auch der Effekt einer Person über 65 Jahre im Haushalt bleibt unter Kontrolle der gebäude- und wohnungsspezifischen Eigenschaften signifikant. Die Existenz eines Kindes unter 6 Jahren im Haushalt, die Abwesenheit, das Bildungsniveau und das logarithmierte Nettoäquivalenzeinkommen haben jedoch keinen signifikanten Effekt im multivariaten Modell (ohne Darstellung). Insgesamt erklären die Modelle nicht mehr als 8 % bzw. 9 % (adjustiertes R^2) des Heizverhaltens. Im Gegensatz zu dem Modell ohne nutzerspezifische Faktoren (vgl. Tab. 6) mit einem adjustierten R^2 von 7 % ist der zusätzliche Erkenntnisgewinn demnach gering. Dies kann einerseits daran liegen, dass die in der schriftlichen Befragung erhobenen und hier ausgewerteten Faktoren nicht diejenigen sind, die das Heizverhalten maßgeblich beeinflussen. Möglich ist, dass vielmehr Gewohnheiten, wie z. B. bei Kälte einen dicken Pullover anzuziehen oder eine Decke zu nehmen anstelle die Heizung höher zu drehen, das Heizverhalten beeinflussen (Fell and King, 2012; Gram-Hanssen, 2010; Sonnberger and Zwick,s 2016). Andererseits ist auch zu prüfen, ob es bessere Operationalisierungen der abhängigen Variablen gibt als die Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung je Wohnung. Die Verwendung des Mittelwerts der Tageseinstellung anstelle des Maximums als abhängige Variable zeigt vergleichbare Tendenzen (vgl. Tab. 1 in Anhang C).

Tab. 8: Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber je Wohnung in Abhängigkeit von nutzerspezifischen sowie gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren

	Modell 1	Modell 2
Passivhausstandard vs. verbesserter Modernisierungsstandard	-0.426*	-0.425*
	(-2.32)	(-2.31)
Normaler vs. verbesserter Modernisierungsstandard	0.128	0.129
	(0.69)	(0.69)
Lage der Whg: EG vs. MG	0.316	0.311
	(1.62)	(1.59)
Lage der Whg: OG vs. MG	-0.0243	-0.0323
	(-0.13)	(-0.17)
Eckwohnung	0.592***	0.589***
	(3.39)	(3.36)
Anzahl WE in Gebäude	0.0111*	0.0114*
	(2.09)	(2.12)
Person > 65 im HH	0.384*	0.403*
	(2.36)	(2.39)
Kind < 6 im HH		0.114
		(0.46)
Constant	2.037***	2.014***
	(9.69)	(9.31)
N	290	290
R^2	0.103	0.104
Adjusted R^2	0.081	0.078

t statistics in parentheses
+ p < 0.10, * p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001

Quelle: Eigene Auswertung

4.2 Lüftungsverhalten

Analog zur Analyse des Heizverhaltens wird das Lüftungsverhalten zunächst deskriptiv und im Anschluss multivariat unter Berücksichtigung verschiedener gebäude- und nutzerspezifischer Faktoren untersucht.

4.2.1 Deskriptive Ergebnisse

Entsprechend den Fragebogenangaben ist in ca. 66 % der Wohnungen keine Lüftungstechnik vorhanden, in etwa 14 % existiert eine Abluftanlage und in rund 20 % eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Da das Lüftungsverhalten bzw. der Lüftungsbedarf zur Erhaltung einer hygienischen Raumluft unter anderem von der Existenz einer Lüftungs- bzw. Abluftanlage abhängen, wird das Lüftungsverhalten in deren Abhängigkeit analysiert.

Die notwendige Lüftungsdauer zur Erhaltung einer hygienischen Raumluft hängt von einer Vielzahl von Faktoren (Fenstergröße, Möglichkeit der Querlüftung, Raumgeometrie, Windgeschwindigkeit etc.) ab, sodass ein Vergleich der berichteten Lüftungsdauer mit einem Sollwert schwierig ist. Ist ein Querlüften beispielsweise nicht möglich, muss deutlich länger gelüftet werden, um den gewünschten Luftaustausch zu erreichen. Approximativ kann die Empfehlung von co2online herangezogen werden, nach der 3- bis 4-mal

täglich 5 (Dezember bis Februar) bzw. 10 Minuten (März und November) gelüftet werden sollte.[13] 4 mal täglich lüften für im Mittel 7,5 Minuten in der Heizperiode entspricht insgesamt 30 Minuten lüften täglich.

Tab. 9 stellt das Lüftungsverhalten für den Zustand „Fenster ganz geöffnet“[14] und „Fenster gekippt“ in Stunden pro Raum dar. Für die Raumgewichtung wurde die Summe der Lüftungsdauer pro Haushalt durch die Anzahl der Zimmer mit einem vorhandenen Fenster geteilt. In der Tabelle sind die Lüftungsdauern je nach Ausstattung der Wohnung (keine Lüftungsanlage, Abluftanlage, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) in Stunden pro Raum differenziert nach ganz geöffnet und gekippt für Tag und Nacht sowie aggregiert über einen Zeitraum von 24 Stunden dargestellt.

Die Anzahl der Angaben für die Zustände „ganz geöffnet“ und „gekippt“ ohne Unterscheidung nach Tag/Nacht ergibt sich aus der Summe der Einzelangaben für tagsüber und nachts. Die Anzahl der Angaben ist hier nicht zu verwechseln mit der Anzahl der Haushalte, die Angaben zum Lüftungsverhalten gemacht haben. Diese sind in Klammern hinter der Anzahl der Angaben zur Verdeutlichung ergänzt. Da die Anzahl der Angaben nicht der Anzahl der Haushalte entspricht, lassen sich auch die Lüftungsdauern tagsüber und nachts für den 24-Stunden-Wert nicht einfach addieren. Pro Haushalt wurde die Summe aus Tag- und Nachtlüftung gebildet. Der Mittelwert sowie andere Statistiken dieser Summen sind in der Tabelle dargestellt und sind damit nicht identisch zu einem Mittelwert aller vorhandenen Einzelwerte ohne Berücksichtigung der Haushaltsebene.

Die Auswertung zeigt, dass sich die Ausstattung der Wohnung nur marginal darauf auswirkt, wie häufig bzw. wie lange die Fenster ganz geöffnet werden. Die Fenster werden überwiegend am Tag, pro Raum durchschnittlich zwischen 0,21 bis 0,25 Stunden, d.h. ca. 12-15 Minuten, ganz geöffnet. Deutlicher ist der Unterschied bei der Kipplüftung: tagsüber werden die Fenster in Wohnungen ohne Lüftungsanlage pro Raum im Durchschnitt über einen Zeitraum von 1,5 Stunden gekippt. In Wohnungen, die mit einer Abluftanlage ausgestattet sind, beträgt die durchschnittliche Öffnungsdauer ca. 1 Stunde. In Wohnungen, die mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet sind, werden die Fenster deutlich kürzer, nämlich im Mittel pro Raum über einen Zeitraum von etwa einer halben Stunde (0,58), gekippt.

Nachts zeigen sich abermals kaum Unterschiede zwischen der Ausstattung in Bezug darauf, wie lange das Fenster ganz geöffnet wird. Insgesamt werden die Fenster nachts pro Raum im Mittel ca. 0,05 Stunden, d.h. weniger als 5 Minuten, ganz geöffnet. Bei der Kipplüftung zeigen sich wie auch tagsüber größere Unterschiede: in Wohnungen ohne Lüftungs- oder Abluftanlage sind die Fenster im Mittel pro Raum 0,8 Stunden gekippt. In Wohnungen mit Abluftanlage liegt die durchschnittliche Kipplüftungsdauer bei 0,6 Stunden; in Wohnungen mit einer Lüftungsanlage bei 0,3 Stunden. Das Vorhandensein eines Fensters im Bad wirkt sich zudem nicht signifikant auf die Dauer der Lüftung (sowohl ganz geöffnet als auch gekippt) aus.

5 Befragte in Wohnungen ohne Lüftungstechnik gaben an, nie zu lüften. Dieser Anteil von 1,5 % ist deutlich niedriger als der Anteil der Haushalte, die bei Vorhandensein einer Lüftungsanlage auf eine Fensterlüftung im Winter verzichten (9 %). Überwiegend wird demnach auch bei vorhandener kontrollierter Wohnraumlüftung im Winter von den Haushalten selbst zusätzlich gelüftet.

[13] https://www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/lueften-lueftungsanlagen-fenster/richtig-lueften/#c115311

[14] Im Rahmen der Befragung ist eine eindeutige Identifikation von Quer- oder Stoßlüften nicht möglich.

Tab. 9: Lüftungsverhalten differenziert nach Fenster ganz geöffnet und gekippt sowie aggregiert für Wohnungen ohne Lüftungsanlage, mit Abluftanlange sowie mit Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Ausstattung	Art Fensteröffnung	Anzahl Angaben (Haushalte)	MW Raumgröße [m²]	Öffnung in Stunden pro Tag pro Raum						
				MW	SD	Max	Q_3	Median	Q_1	Min
keine Lüftungsanlage	ganz geöffnet / tagsüber	281		0,23	0,17	0,63	0,38	0,18	0,13	0,00
	gekippt / tagsüber	206		1,55	1,91	12,00	2,38	0,75	0,25	0,00
	ganz / nachts	221		0,05	0,08	0,60	0,08	0,00	0,00	0,00
	gekippt / nachts	202		0,80	1,44	8,00	1,17	0,00	0,00	0,00
	ganz	**502 (303)**		**0,25**	**0,20**	**1,20**	**0,38**	**0,20**	**0,10**	**0,00**
	gekippt	**408 (249)**		**1,93**	**2,75**	**20,00**	**2,80**	**0,88**	**0,13**	**0,00**
	Ganz + gekippt ungewichtet[15]	910 (328)		1,58	2,32	20,00	1,9	0,56	0,29	0,00
	Ganz + gekippt[16]	910 (328)	14,08	3,30	2,50	20,00	4,30	3,00	1,38	0,00
Abluftanlage	ganz / tagsüber	63		0,25	0,17	0,63	0,38	0,19	0,13	0,00
	gekippt / tagsüber	46		1,06	1,18	4,00	1,75	0,55	0,25	0,00
	ganz / nachts	50		0,06	0,10	0,38	0,13	0,00	0,00	0,00
	gekippt / nachts	49		0,62	1,02	4,00	0,75	0,00	0,00	0,00
	ganz	**113 (68)**		**0,28**	**0,19**	**0,78**	**0,39**	**0,24**	**0,13**	**0,00**
	gekippt	**95 (56)**		**1,41**	**1,88**	**8,00**	**2,08**	**0,55**	**0,13**	**0,00**
	Ganz + gekippt ungewichtet	208 (75)		1,25	1,64	8,5	1,56	0,5	0,32	0,06
	Ganz + gekippt	208 (75)	13,84	3,05	2,20	12,00	4,00	2,80	1,30	0,50
Lüftungsanlage mit WRG	ganz / tagsüber	99		0,21	0,16	0,63	0,33	0,13	0,13	0,00
	gekippt / tagsüber	50		0,58	1,02	4,67	0,50	0,10	0,00	0,00
	ganz / nachts	79		0,06	0,10	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00
	gekippt / nachts	67		0,31	0,94	6,33	0,00	0,00	0,00	0,00
	ganz	**172 (99)**		**0,24**	**0,20**	**0,88**	**0,35**	**0,20**	**0,13**	**0,00**
	gekippt	**117 (76)**		**0,66**	**1,63**	**11,00**	**0,50**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
	Ganz + gekippt ungewichtet	289 (105)		0,67	1,34	11,00	0,50	0,32	0,13	0,00
	Ganz + gekippt	289 (105)	14,32	2,30	1,85	11,00	3,30	1,90	1,00	0,00

Quelle: Eigene Auswertung. Lesebeispiel: Die Zahl 20,00 in der Spalte „Max“ bedeutet, dass in fast allen Räumen einer Wohnung die Fenster fast durchgängig gekippt sind. Es handelt sich dabei um das Maximum auf Wohnungsebene.

Die durchschnittliche Kipplüftungsdauer pro Raum in Wohnungen ohne Lüftungstechnik unterscheidet sich signifikant ($p < 0.001$) von der in Wohnungen mit einer Lüftungsanlage. Dies kann dahingehend interpretiert

[15] Für diese Auswertung wurde die Fensterstellung „ganz geöffnet“ und „gekippt“ ungewichtet auf Haushaltsebene addiert. Die Darstellung dient dem Vergleich mit anderen Messwerten.

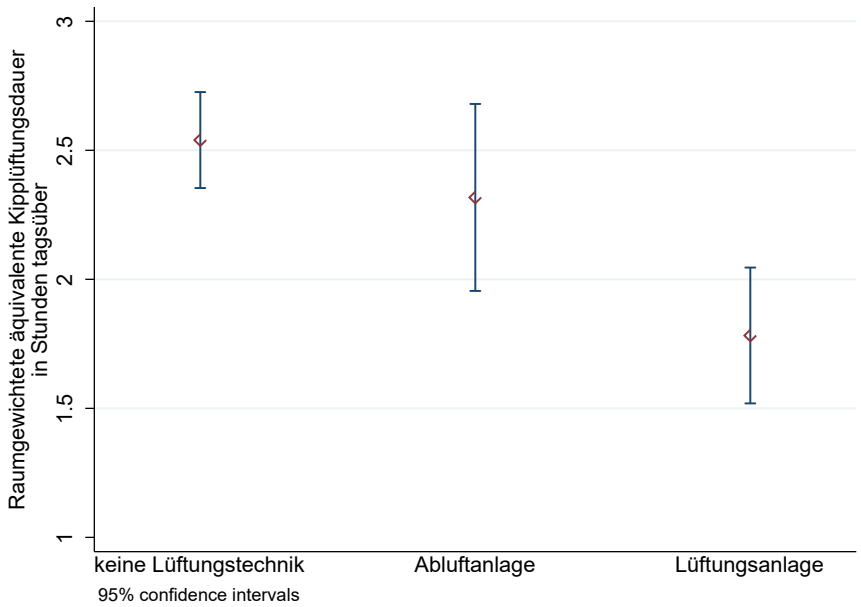
[16] Die Fensterstellung „ganz geöffnet“ wurde in eine äquivalente Kipplüftungsdauer umgerechnet (mit 8 multipliziert) und zu der Kipplüftungsdauer addiert.

werden, dass die Raumluft nach Empfinden der meisten Bewohner gut genug ist, um nicht zusätzlich auf eine Kipplüftung zurückgreifen zu müssen. Bei der Fensterstellung „ganz geöffnet“ sind in Abhängigkeit der Lüftungstechnik keine signifikaten Unterschiede festzustellen – hier scheinen vielmehr Gewohnheiten und Praktiken, wie z.B. die gewohnte Fensterlüftung morgens nach dem Aufstehen, bei oder nach dem Kochen oder nach dem Baden/Duschen, das Lüftungsverhalten zu dominieren. Im Projekt MOBASY wurden aufgrund des Ziels, den Fragebogen möglichst kurz zu gestalten, die Gründe oder Anlässe der Fensteröffnung nicht erhoben. Die Studie von Baumann & Hacke zum Wohnverhalten in Passivhäusern (2018) untersuchte Gründe für die Fensteröffnung. Unter den zwei häufigsten Gründen wurde das Kochen oder vor dem Schlafengehen bzw. nach dem Aufstehen genannt. Diese situativen Faktoren wurden auch für Haushalte in Gebäuden, die keinem Passivhausstandard entsprechen, identifiziert (Fabi et al., 2012; Gram-Hanssen, 2010). In Passivhäusern nutzen ca. ein Fünftel der Bewohner die Fensteröffnung zudem, um die Raumtemperatur abzusenken (Baumann and Hacke, 2018).

Es ist denkbar, dass manche Haushalte nie kipplüften, dafür aber ihr Fenster für lange Zeiten ganz geöffnet haben. Um dies zu untersuchen, wurde die Dauer der Lüftungsarten zusammengeführt. Für die Aggregation der Lüftungsdauern wurde ein Verhältnis von 8:1 für die Umrechnung angenommen (Geiger and Rouvel, 1987; Hessisches Ministerium für Umwelt Energie Landwirtschaft und Vebraucherschutz, 2012; Münzenberg, 2004), sodass eine äquivalente Kipplüftungsdauer das Lüftungsverhalten beschreibt. Beispielsweise entspricht demnach ein 15 Minuten lang ganz geöffnetes Fenster 2 Stunden Kipplüften. Auf dieser Grundlage wurde eine raumgewichtete, äquivalente Kipplüftungsdauer für jeden Haushalt berechnet.

Abbildung 12 zeigt, dass sich auch die raumgewichtete äquivalente Kipplüftungsdauer nach Vorhandensein einer Abluft- bzw. Lüftungsanlage unterscheidet. Der Unterschied zwischen Haushalten in Wohnungen ohne Lüftungsanlage und Haushalten in Wohnungen mit einer Lüftungsanlage ist statistisch signifikant ($p < 0.001$). Dieses Ergebnis findet sich auch in einer anderen Studie, nach der Bewohner in energetisch modernisierten Gebäuden ohne Lüftungsanlage signfikant mehr lüften als Bewohner von „Minergie“-Gebäuden (Yang et al., 2020).

Abbildung 12: Raumgewichtete äquivalente Kipplüftungsdauer in Minuten tagsüber für Wohnungen ohne Lüftungstechnik, mit Abluftanlage und mit Lüftungsanlage (Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall)



Quelle: Eigene Darstellung, n = 505

4.2.2 Multivariate Auswertungen

Tab. 10 stellt die bivariaten Zusammenhänge zwischen 12 unterschiedlichen Variablen und der aggregierten, raumgewichteten Lüftungsdauer dar. Deutlich wird auch hier der statistisch signifikante Zusammenhang mit der Lüftungstechnik – mit einer besseren Lüftungstechnik geht eine niedrigere Lüftungsdauer einher. Die Anzahl der Wohneinheiten im Gebäude korreliert positiv mit der Lüftungsdauer – möglicherweise ein Hinweis auf hohe Innentemperaturen in größeren, kompakten Gebäuden sowie Wärmeübertragungen zwischen benachbarten Wohnungen (Möller et al., 2020; Schröder et al., 2018). Unter den nutzerabhängigen Faktoren korrelieren Abwesenheit, Bildungsniveau und Einkommen negativ mit der Lüftungsdauer – d.h. in Haushalten mit einer höheren Abwesenheit, einem höheren Bildungsniveau und einem höheren Einkommen wird im Mittel weniger gelüftet, wobei diese Variablen untereinander statistisch signifikant korrelieren. Eine höhere Wohndichte hingegen erhöht die Lüftungsdauer.

Tab. 10 bezieht sich auf die aggregierte, raumgewichtete Lüftungsdauer. Die Ergebnisse sind nicht übertragbar auf die raumgewichtete Kipplüftungsdauer bzw. die Lüftungsdauer für ganz geöffnete Fenster. Die Kipplüftungsdauer korreliert negativ mit der Lüftungstechnik (weniger Kipplüften bei Abluft- bzw. Lüftungsanlage). Unter den nutzerabhängigen Faktoren korreliert die Wohndichte positiv und das Einkommen negativ mit der Kipplüftungsdauer.

Im Gegensatz dazu wirkt sich die Lüftungstechnik nicht auf die Lüftungsdauer bei ganz geöffneten Fenstern aus. Eine höhere Abwesenheit in Stunden, ein höheres Bildungsniveau und ein höheres Einkommen korrelieren mit einer geringeren Lüftungsdauer bei ganz geöffneten Fenstern.

Tab. 10: Korrelationstabelle

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.000										
2	-0.179***	1.000									
3	0.022	-0.102**	1.000								
4	0.025	-0.050	0.056	1.000							
5	0.121***	-0.168***	0.076*	-0.018	1.000						
6	0.039	0.230***	-0.039	0.007	0.261***	1.000					
7	-0.122***	0.137***	0.077*	0.015	-0.068	-0.017	1.000				
8	0.029	-0.072*	-0.032	0.060	-0.014	-0.017	-0.355***	1.000			
9	-0.020	0.025	-0.017	-0.006	-0.064	0.039	-0.023	-0.216***	1.000		
10	0.100**	-0.030	-0.055	-0.012	-0.028	-0.011	-0.027	-0.294***	0.514***	1.000	
11	-0.133***	0.171***	0.068	-0.108**	-0.071	-0.107**	0.249***	-0.298***	0.023	0.111**	1.000
12	-0.113**	0.104**	0.148***	-0.048	-0.022	-0.288***	0.311***	-0.017	-0.192***	-0.281***	0.321***

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

(1) Lüftungsdauer in Minuten (aggregiert, raumgewichtet tagsüber); (2) Lüftungstechnik (0: keine, 1: Abluftanlage 2: Lüftungsanlage); (3) Lage Wohnung; (4) Eckwohnung; (5) Anzahl WE in Gebäude; (6) Anzahl Stockwerke in Gebäude; (7) Abwesenheit in Stunden; (8) Person > 65 im HH; (9) Kind < 6 im HH; (10) Wohndichte; (11) Bildungsniveau; (12) Log. Nettoäquivalenzeinkommen

Quelle: Eigene Auswertung

Darüber hinaus korreliert die aggregierte, raumgewichtete Lüftungsdauer tagsüber nicht mit dem Heizverhalten (höchste bzw. Mittelwert der Thermostateinstellung der Wohnung tagsüber) (ohne Darstellung).

Tab. 11 stellt die Lüftungsdauer in Minuten in Abhängigkeit von der Lüftungstechnik und nutzerspezifischen Faktoren in einem multivariaten linearen Regressionsmodell dar. Wie auch bivariat zeigt sich der statistisch signifikante Effekt der Lüftungsanlage, nachdem Haushalte in Gebäuden mit integrierter Lüftungsanlage unter Berücksichtigung der anderen aufgenommenen Variablen im Mittel ca. 0,6 bis 0,7 Stunden am Tag weniger lüften. Auch die Anzahl der Wohneinheiten im Gebäude wirkt sich auf das Lüftungsverhalten aus: in Gebäuden mit einer höheren Anzahl an Wohneinheiten wird stärker gelüftet. Dieser Effekt bleibt auch unter Berücksichtigung der nutzerspezifischen Faktoren signifikant.

In einem Haushalt wird weniger gelüftet, wenn ein Kind unter 6 Jahren anwesend ist und bei einem höheren Bildungsniveau der Befragungsperson. Eine hohe Wohndichte (Anzahl Personen pro Zimmer) hingegen führt zu einer längeren Lüftungsdauer. Insgesamt können die aufgenommenen unabhängigen Variablen in Modell 2 die Varianz der aggregierten Lüftungsdauer nur zu einem kleinen Anteil von ca. 8 % erklären.

Tab. 11: Lüftungsdauer in Stunden (äquivalente Kipplüftung, aggregiert tagsüber pro Raum) in Abhängigkeit von der Lüftungstechnik und nutzerspezifischen Faktoren

	Modell 1 (Lüftungsdauer aggregiert)	Modell 2 (Lüftungsdauer aggregiert)
Abluftanlage	-0,231	-0.172
	(-1,11)	(-0.76)
Lüftungsanlage	-0.686***	-0.580**
	(-3.71)	(-2.83)
Anzahl WE in Gebäude	0.00764*	0.00857*
	(2.05)	(2.15)
Person > 65 im HH		0.0854
		(0.46)
Kind < 6 im HH		-0.516+
		(-1.81)
Bildungsniveau		-0.215*
		(-2.03)
Wohndichte		0.817**
		(2.93)
Log. Nettoäquivalenzeinkommen		-0.106
		(-0.58)
Constant	2.286***	2.852*
	(15.01)	(2.16)
N	508	425
R^2	0.041	0.081
Adjusted R^2	0.035	0.063

t statistics in parentheses
+ p < 0.10, * p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001
Quelle: Eigene Auswertung

4.3 Warmwassernutzungsverhalten

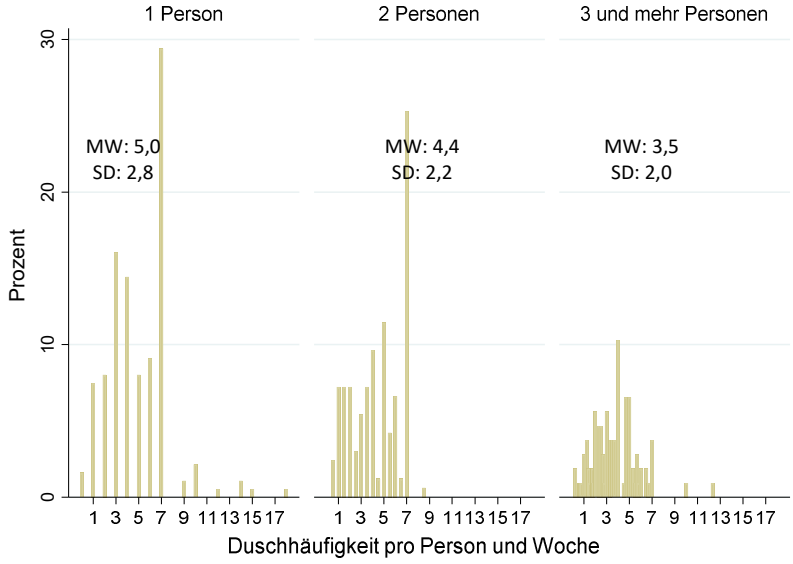
Zusätzlich zu dem Heiz- und Lüftungsverhalten, welches sich direkt auf den Heizenergieverbrauch einer Wohnung auswirkt, wurde in der Befragung das Warmwassernutzungsverhalten erhoben. Einerseits ist diese Größe für den Energieverbrauch eines Gebäudes ebenso relevant, andererseits soll untersucht werden, ob mit dem Warmwassernutzungsverhalten auch ein bestimmtes Heiz- und/oder Lüftungsverhalten einhergeht.

4.3.1 Deskriptive Ergebnisse

Abbildung 10 stellt die Duschhäufigkeit pro Person und Woche für Alleinlebende, Zweipersonenhaushalte und Mehrpersonenhaushalte dar. Deutlich wird, dass insbesondere Einpersonenhaushalte mit einem Anteil von beinahe 30 % täglich duschen. Im Mittel duschen Einpersonenhaushalte mit 5 Mal die Woche am häufigsten, in Haushalten mit 3 und mehr Personen wird pro Person im Vergleich dazu an rund jedem zweiten Tag geduscht.

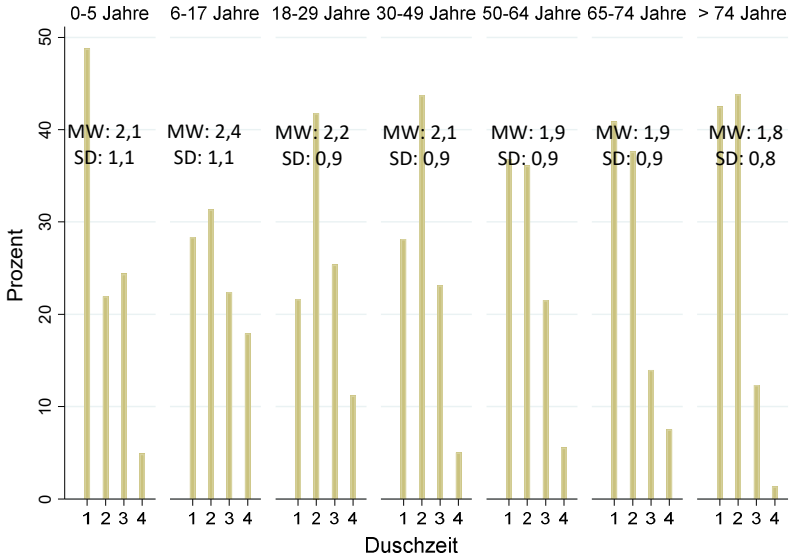
Abbildung 14 visualisiert darüber hinaus, dass junge Erwachsene am längsten duschen und die Duschdauer mit steigendem Alter abnimmt. Dieses Ergebnis stimmt mit den Resultaten anderer Studien überein (vgl. Kapitel 2.3). Die gebildeten Kategorien 1 – 4 stehen für eine Duschzeit von unter 5 Minuten (Kategorie 1) sowie mehr als 15 Minuten (Kategorie 4). Der Mittelwert von 2,1 weist darauf hin, dass Personen im Durchschnitt nach eigenen Angaben 5 – 10 Minuten lang duschen (33 % aller Angaben). Haushaltsmitglieder zwischen 6 und 29 Jahren weisen mit Mittelwerten von 2,4 und 2,2 die längsten Duschzeiten auf. Über 10 Minuten wird insgesamt seltener mit einer relativen Häufigkeit von 23 % geduscht.

Abbildung 13: Duschhäufigkeit pro Person und Woche in Abhängigkeit der Haushaltsgröße



Quelle: Eigene Darstellung, n = 457

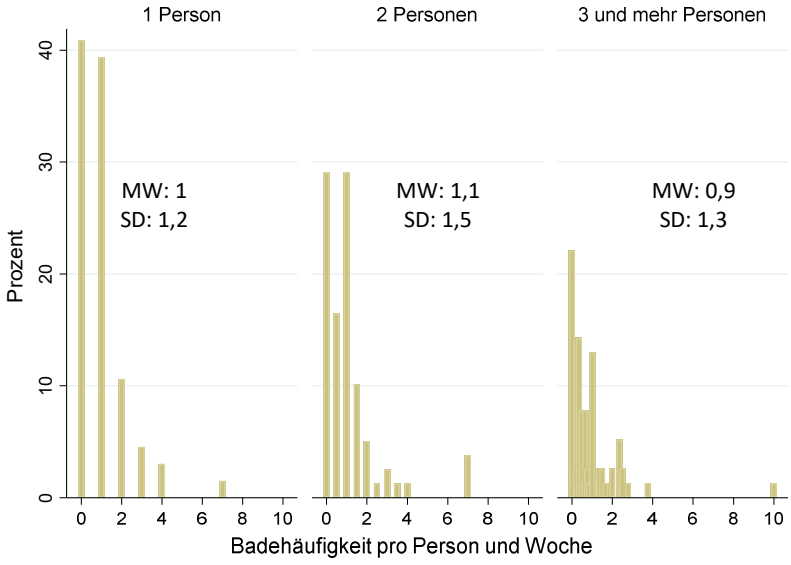
Abbildung 14: Duschzeit in Abhängigkeit der Altersgruppe (Duschzeit kategorisiert; 1: bis 5 Minuten, 2: 5 bis 10 Minuten, 3: 11 bis 15 Minuten, 4: mehr als 15 Minuten



Quelle: Eigene Darstellung, n = 832 (Personen)

Von den insgesamt 523 Haushalten im Sample gaben 126 Haushalte an, dass es keine Badewanne in der Wohnung gibt. Von den 397 Haushalten, in denen demzufolge eine Badewanne vorhanden sein müsste, machten 222 Haushalte Angaben zur Badehäufigkeit. Unter den Angaben zur Badehäufigkeit findet sich am häufigsten, dass pro Person 1 Mal wöchentlich gebadet wird (27 %). In kumuliert 50 % der Haushalte wird seltener als 1 Mal wöchentlich pro Person gebadet, 30 % der Haushalte nutzen ihre vorhandene Badewanne nicht.

Abbildung 15: Badehäufigkeit pro Person und Woche in Abhängigkeit der Haushaltsgröße



Quelle: Eigene Darstellung, n = 222

4.3.2 Multivariate Auswertungen

Wie auch beim Heiz- und Lüftungsverhalten lässt sich das Warmwassernutzungsverhalten in einem Regressionsmodell detaillierter untersuchen. Lebt eine Person über 65 Jahre im Haushalt, wird unter Kontrolle weiterer Kovariablen in einem linearen Regressionsmodell seltener geduscht (β = −1.01**) (vgl. Tab. 12). Ebenso wird pro Person seltener geduscht, wenn viele Personen in der Wohnung leben (mit jedem zusätzlichen Haushaltsmitglied sinkt die Duschhäufigkeit um β = −0.46**). Der positive Koeffizient für das logarithmierte bedarfsgewichteten Einkommen weist darauf hin, dass in Haushalten mit einem höheren Einkommen im Mittel häufiger geduscht wird. Die Existenz eines Kindes unter 6 Jahren, das Bildungsniveau und auch die Nutzung wassersparende Duschköpfe wirkt sich hingegen nicht auf die Duschhäufigkeit aus. Unter Kontrolle der Badehäufigkeit pro Person und Woche in Modell 2 erlischt der Effekt der Haushaltsgröße und des Einkommens auf die Duschhäufigkeit. Ein häufigeres Baden erhöht die Duschhäufigkeit der Haushaltsmitglieder.

Die Duschdauer pro Person ist nicht von der Haushaltsgröße abhängig (vgl. Tab. 13). Dafür beeinflusst das Alter die Duschdauer (vgl. auch Abbildung 14). In Haushalten mit einem höheren Einkommen wird unter statistischer Kontrolle der Haushaltszusammensetzung kürzer geduscht. Ein identifizierter negativer Einfluss des Einkommens findet sich auch in Polinder et al. (2013) und wird dort damit begründet, dass besserverdienende Personen weniger Zeit für das Duschen aufbringen können oder möchten.

Die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Haushalt gebadet wird, steigt mit der Existenz eines Kindes unter 6 Jahren im Haushalt und sinkt mit zunehmenden bedarfsgewichteten Haushaltseinkommen und dem Bildungsniveau (vgl.Tab. 14). Während in kleinen Haushalten mit einem höheren Einkommen demnach vergleichsweise häufig geduscht wird, nutzen Haushalte mit einem niedrigeren Einkommen und Bildungsniveau, in denen ein Baby oder Kind anwesend ist, mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine Badewanne.

Die Duschhäufigkeit korreliert nicht mit dem Heizverhalten (höchste Thermostateinstellung tagsüber) oder dem Lüftungsverhalten (raumgewichtete, aggregierte Lüftungsdauer), sodass kein Zusammenhang zwischen dem Warmwassernutzungsverhalten und dem Heiz- bzw. Lüftungsverhalten hergestellt werden kann (ohne Darstellung).

Tab. 12: Duschhäufigkeit pro Person und Woche in Abhängigkeit von soziodemographischen Faktoren und der Badehäufigkeit

	Modell 1	Modell 2
Person > 65 im HH	-1.012**	-1.324**
	(-3.17)	(-2.66)
Kind < 6 im HH	-0.230	0.261
	(-0.44)	(0.42)
Haushaltsgröße	-0.457**	-0.260
	(-3.06)	(-1.49)
Log. Nettoäquivalenzeinkommen	0.596+	0.543
	(1.90)	(1.29)
Bildungsniveau	0.126	0.183
	(0.69)	(0.67)
Nutzung wassersparende Duschköpfe	-0.196	-0.271
	(-0.69)	(-0.72)
Badehäufigkeit pro Person und Woche		0.470**
		(3.04)
Constant	1.206	0.239
	(0.53)	(0.08)
N	293	123
R^2	0.103	0.182
Adjusted R^2	0.084	0.132

t statistics in parentheses
* p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001
Quelle: Eigene Auswertung

Tab. 13: Duschdauer in Abhängigkeit von soziodemographischen Faktoren

	Duschdauer
Alter in Jahren	-0.0865**
	(-3.21)
Haushaltsgröße	-0.0300
	(-0.84)
Log. Nettoäquivalenzeinkommen	-0.129+
	(-1.69)
Bildungsniveau	-0.0779+
	(-1.71)
Constant	3.530***
	(6.31)
N	645
R^2	0.031
Adjusted R^2	0.025

t statistics in parentheses
* p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001
Quelle: Eigene Auswertung

Tab. 14: Badewahrscheinlichkeit pro Person und Woche in Abhängigkeit von soziodemographischen Faktoren und der Duschhäufigkeit (Logistische Regression)

	Badewahrscheinlichkeit
Person > 65 im HH	0.529
	(1.02)
Kind < 6 im HH	1.352*
	(2.42)
Bildungsniveau	-0.605*
	(-2.07)
Log. Nettoäquivalenzeinkommen	-0.983*
	(-2.44)
Duschhäufigkeit pro Person und Woche	0.0466
	(0.56)
Constant	8.801**
	(3.22)
N	170

t statistics in parentheses

* p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001

Quelle: Eigene Auswertung

Das Geschirr wird in den meisten Haushalten mit einem Anteil von 39 % (fast) immer von Hand gespült. Der Anteil der Haushalte, die Geschirr teilweise von Hand spülen, entspricht mit 29 % etwa dem Anteil der Haushalte, die Geschirr überwiegend in der Spülmaschine reinigen lassen (28 %).

Etwa 41 % der Haushalte nutzen wassersparende Duschköpfe in ihrer Wohnung. 30 % gaben an, keine wassersparenden Duschköpfe zu nutzen, während beinahe 25 % „weiß nicht“ angab. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein wassersparender Duschkopf in einem Haushalt verwendet wird, ist darüber hinaus unabhängig vom Einkommen, der Haushaltsgröße, Dusch- oder Badehäufigkeit und dem Bildungsniveau[17]. Möglicherweise wird die Entscheidung, einen wassersparenden Duschkopf zu verwenden eher von Umwelteinstellungen und Motivationen eines Haushalts gelenkt, welche jedoch in der Befragung nicht erhoben wurden.

[17] Ergebnis einer logistischen Regression, ohne Darstellung.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Mit dem Ziel, eine realistischere Basis für eine verbesserte Ermittlung des Erwartungswertes des Energieverbrauchs in modernisierten Gebäuden zu erstellen, sollte das bestehende Wissen zum Nutzerverhalten erweitert werden. Dazu wurden Daten einer Bewohnerbefragung von ca. 500 Mieterhaushalten in energetisch modernisierten Gebäuden gemeinsam mit Informationen zum energetischen Gebäudezustand ausgewertet. Es wurde Wert auf die Berücksichtigung von gebäudespezifischen Eigenschaften wie dem energetischen Gebäudestandard oder der Existenz einer Lüftungsanlage gelegt, da die wenigen vorhandenen Studien basierend auf kleinen Fallzahlen einen substantiellen Einfluss jener Faktoren auf das Nutzerverhalten aufzeigen.

In der Befragung wurde das Heizverhalten erhoben, indem Thermostateinstellungen zimmerweise und getrennt nach Tag, Nacht und Abwesenheit erfragt wurden. Dabei fiel zunächst auf, dass die durchschnittliche Thermostatstufe in den Gebäuden mit Passivhausstandard vergleichsweise niedrig ist und viele Haushalte demnach kaum oder gar nicht heizen. Wird anstelle des Durchschnitts die Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung tagsüber betrachtet, liegt deren Mittelwert zwischen 2,3 in Gebäuden mit einem Passivhausstandard und 2,8 in Gebäuden mit normalen Modernisierungsstandard. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass die niedrigen Thermostateinstellungen in Gebäuden mit Passivhausstandard zu einer besonders niedrigen Raumtemperatur und damit einem ungewöhnlichen niedrigen Wohnkomfort führen würden. Vielmehr scheinen Wärmeübertragungen zwischen Wohnungen und interne Wärmegewinne (z.B. von den alten, ggf. schlecht gedämmten Verteilleitungen) ein zusätzliches Heizen in vielen Räumen und einigen Wohnungen unnötig zu machen. Grundsätzlich sprechen die besonders niedrigen Thermostateinstellungen in Gebäuden mit Passivhausstandard dafür, dass kein direkter Rebound-Effekt beim Heizverhalten vorliegt.

Ebenso zeigte sich, dass Teilbeheizungsgrad von Wohnungen in Gebäuden mit Passivhausstandard höher ausfällt als in Gebäuden mit einem verbesserten oder normalen Modernisierungsstandard. Das bedeutet, dass Haushalte in Wohnungen in Gebäuden mit Passivhausstandard vergleichsweise häufig einzelne Räume oder sogar die gesamte Wohnung nicht beheizen, die Thermosteinstellungen sind damit inhomogen.

In Bezug auf nutzerspezifische Faktoren erweist sich die Existenz einer Person über 65 Jahre im Haushalt als signifikanter Einflussfaktor auf die Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung am Tag. Weitere nutzerspezifische Faktoren, wie z.B. die Anwesenheit eines Kindes, das bedarfsgewichtete Haushaltseinkommen oder auch der Bezug von Sozialleistungen zeigen keinen signifikanten Einfluss auf das Heizverhalten. Unter Kontrolle der Haushaltsstruktur und des Einkommens zeigt sich zudem das Bildungsniveau als ein Faktor, der zu einer im Mittel niedrigeren Thermostateinstellung führt. Wird zusätzlich zu nutzerspezifischen Faktoren auch der Einfluss von gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren auf die höchste Thermostatstufe untersucht, zeigt sich in einem multivariaten Regressionsmodell der Einfluss des energetischen Standards auf das Heizverhalten: im Durchschnitt stellen Haushalte in Gebäuden mit Passivhausstandard ihre Thermostate tagsüber etwa eine halbe Stufe niedriger ein. In Eckwohnungen hingegen wird das Thermostat aufgrund eines höheren Anteils an Außenwandfläche zu Raumvolumen und damit einem größeren Wärmeverlust bzw. Wärmebedarfs im Mittel ca. eine halbe Stufe höher eingestellt.

Auch das Lüftungsverhalten von Haushalten ist abhängig von gebäudespezifischen Faktoren – existiert eine Lüftungsanlage, wird statistisch signifikant weniger gelüftet – insbesondere wird Kipplüften kaum noch betrieben. Dennoch zeigt sich gleichzeitig, dass die meisten Haushalte trotz einer Lüftungsanlage noch zusätzlich lüften. Je mehr Wohnungen in einem Gebäude sind, desto länger wird insgesamt tagsüber gelüftet. In Bezug auf nutzerspezifische Faktoren beeinflusst insbesondere die Wohndichte das Lüftungsverhalten: je höher die Wohndichte, desto stärker wird gelüftet. Ebenso zeigt sich, dass Haushalte mit einem höheren Bildungsniveau im Mittel weniger lüften.

Als weiteres verbrauchsrelevantes Verhalten wurde das Warmwassernutzungsverhalten untersucht. Deutlich wurde, dass das Warmwassernutzungsverhalten weder mit dem Heiz- noch dem Lüftungsverhalten eines Haushaltes korreliert. Dafür nimmt die Duschhäufigkeit pro Person und Woche mit steigender Haushaltsgröße ab, während die Duschdauer vom Alter der Bewohner und dem Einkommen abhängt. Die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Haushalt gebadet wird, reduziert sich ebenfalls mit steigendem Haushaltseinkommen

sowie mit steigendem Bildungsniveau. Ein Kind unter 6 Jahre im Haushalt erhöht hingegen die Wahrscheinlichkeit, dass gebadet wird.
Insgesamt wurden im Rahmen der Befragung einzelne verbrauchsrelevante Muster identifiziert, die sich auch in anderen Studien wiederfinden, sodass diese Ergebnisse gestützt werden können. Jedoch wurde auch deutlich, dass die Varianz im Nutzerverhalten mit den erhobenen Befragungsdaten und den verfügbaren Gebäudedaten nicht umfassend erklärt werden kann.
Beim Heizverhalten ist dies auch auf die geringe Varianz bei den berichteten Thermostateinstellungen insbesondere in energetisch gut gedämmten Gebäuden zurückzuführen. Der hohe Anteil an Wohnungen in Gebäuden mit Passivhausstandard tagsüber in Abbildung 7 sowie der hohe Teilbeheizungsgrad in Gebäuden mit Passivhausstandard (vgl. Abbildung 10) verdeutlicht die Problematik hinsichtlich der Auswertung. Wenn den Befragungsdaten zufolge in den energetisch besonders gut gedämmten Wohnungen häufig gar nicht oder nur wenig geheizt wird, lassen sich für diese Wohnungen keine nutzerspezifischen Unterschiede im Heizverhalten identifizieren. Einzelne sozio-ökonomische Determinanten können demnach im Projekt nur einen Teil des Heizverhaltens erklären, sodass eine Nutzertypisierung auf dieser Grundlage nicht erfolgen kann.
Insbesondere in modernisierten Beständen bzw. in Wohngebäuden mit einem hohen energetischen Standard (u.a. Neubauten) scheint die Messung der Raumtemperatur als Ergänzung zur Befragung folglich sinnvoll zu sein. Die Kombination von Mess- und Befragungsdaten kann in zweierlei Hinsicht einer Kalibrierung dienen: einerseits kann eine eventuell vorhandene Abweichung zwischen der Selbsteinschätzung sowie des tatsächlichen Heizverhaltens aufgedeckt werden. Andererseits ist damit auch ein Abgleich der Funktion von Thermostatventilen und der erreichten Raumtemperaturen in der Realität möglich.
Die Raumtemperatur sollte jedoch nicht einfach abgefragt werden, da einerseits nicht alle Haushalte über ein Thermometer verfügen und andererseits mit einem Thermometer pro Wohnung keine zimmerspezifischen Unterschiede feststellbar sind. Vielmehr ist eine einheitliche Messung der Raumtemperatur mindestens im Schlaf- und Wohnzimmer sinnvoll. Da der Einbau von Messtechnik in einem ausreichend großen Rahmen mit einem hohen Aufwand sowie hohen Kosten verbunden ist, bietet sich die Verteilung von einfachen Thermometern an. In einem vorab definierten Zeitraum könnten Haushalte gebeten werden, die Raumtemperaturen selber zu erfassen und in einer Art Tagebuch festzuhalten. Die Erfassung der Thermostatstufe und der Raumtemperaturen könnte darüber hinaus Einblicke in den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und Thermostateinstellungen in Abhängigkeit der energetischen Gebäudequalität liefern. Zusätzlich bieten sich zumindest für einen kleineren Teil einer großen Stichprobe leitfadengestützte Interviews an, um das Nutzerverhalten und insbesondere dessen zugrundeliegende Gewohnheiten und Praktiken besser erfassen zu können.
Bei der Untersuchung des Lüftungsverhaltens wurden keine Probleme hinsichtlich der Erfassung mit dem Fragebogen deutlich. Auch hier konnten die sozio-demografischen Variablen die Varianz im Lüftungsverhalten über den Einfluss der Gebäudetechnik hinaus jedoch nur zu einem kleinen Teil erklären. Hier scheinen vielmehr Gewohnheiten und Praktiken sowie unterschiedliche Lebensweisen das Nutzerverhalten – bewusst oder unterbewusst – zu beeinflussen. Diese Treiber wären ebenfalls ausführlicher mit leitfadengestützten Interviews und ggf. mit zusätzlicher Messung (Anstieg der Luftfeuchtigkeit als Auslöser etc.) zu untersuchen.

Anhang A Literaturverzeichnis

AGEB AG Energiebilanzen e.V., 2020. Energieflussbild (Detail in PJ) 2018 [WWW Document]. URL https://ag-energiebilanzen.de/9-0-Energieflussbilder.html

Baumann, A., Hacke, U., 2018. Wohnverhalten im Passivhaus. Eine Studie in zwei Mietwohnobjekten in Frankfurt am Main. Darmstadt.

Bundesamt für Energie BFE, 2017. Modell zur verbrauchs-abhängigen Energie- und Wasserkostenabrechnung. Bern.

Calì, D., Heesen, F., Osterhage, T., Streblow, R., Madlener, R., Müller, D., 2016a. Energieeinsparpotential sanierter Wohngebäude unter Berücksichtigung realer Nutzungsbedingungen. Fraunhofer IRB Verlag, Bonn.

Calì, D., Osterhage, T., Streblow, R., Müller, D., 2016b. Energy performance gap in refurbished German dwellings: Lesson learned from a field test. Energy Build. 127, 1146–1158. doi:10.1016/j.enbuild.2016.05.020

Canale, L., Battaglia, V., Ficco, G., Puglisi, G., Dell'Isola, M., 2020. Dynamic evaluation of heat thefts due to different thermal performances and operations between adjacent dwellings. Appl. Sci. 10, 1–17. doi:10.3390/app10072436

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. Build. Environ. 58, 188–198. doi:10.1016/j.buildenv.2012.07.009

Fell, D., King, G., 2012. Domestic energy use study: to understand why comparable households use different amounts of energy. A Rep. to Dep. Energy Clim. Chang. Brook Lyndhurst. DECC, London. 1–36.

Galvin, R., 2014. Why German homeowners are reluctant to retrofit. Build. Res. Inf. 42, 398–408. doi:10.1080/09613218.2014.882738

Galvin, R., 2013. Impediments to energy-efficient ventilation of German dwellings: A case study in Aachen. Energy Build. 56, 32–40.

Geiger, B., Rouvel, L., 1987. Lüftung im Wohnungsbau - Fensterlüftung. HLH 4, 185–190.

Gram-Hanssen, K., 2010. Residential heat comfort practices: understanding users. Build. Res. Inf. 38, 175–186. doi:10.1080/09613210903541527

Guerra-Santin, Itard, L., 2010. Occupants' behaviour: Determinants and effects on residential heating consumption. Build. Res. Inf. 38, 318–338. doi:10.1080/09613211003661074

Guerra-Santin, O., 2013. Occupant behaviour in energy efficient dwellings: Evidence of a rebound effect. J. Hous. Built Environ. 28, 311–327. doi:10.1007/s10901-012-9297-2

Guerra-Santin, 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 Build. 41, 1223–1232. doi:10.1016/j.enbuild.2009.07.002

Haas, R., Auer, H., Biermayr, P., 1998. The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating. Energy Build. 27, 195–205. doi:10.1016/S0378-7788(97)00034-0

Hacke, U., Großklos, M., Lohmann, G., 2012. Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung Rotlintstraße 116-128 in Frankfurt a. M. - Mieterbefragung zum Wohnverhalten im Passivhaus und zur Akzeptanz des Warmmietenmodells. Darmstadt.

Hediger, C., Farsi, M., Weber, S., 2018. Turn It Up and Open the Window: On the Rebound Effects in Residential Heating. Ecol. Econ. 149, 21–39. doi:10.1016/j.ecolecon.2018.02.006

Hessisches Ministerium für Umwelt Energie Landwirtschaft und Vebraucherschutz, 2012. Lüftung im Wohngebäude. Energiesparinformationen: Wissenswertes über den Luftwechsel und moderne Lüftungsmethoden.

Hoffmann, C., Primas, A., Geissler, A., Huber, H., 2018. Fensterlüfter in Wohngebäuden (Sanierung und

Neubau) - Die Sichtweise der Nutzer. 20. Status-Seminar - ETH Zürich 1–16.

Hörner, M., Cischinsky, H., Lichtmeß, M., 2016. Analyse der Diskrepanz von Energiebedarf und -verbrauch bei Energiepässen von Wohngebäuden in Luxemburg. Bauphysik 38, 166–175. doi:10.1002/bapi.201610016

Huebner, G.M., Cooper, J., Jones, K., 2013. Domestic energy consumption - What role do comfort, habit, and knowledge about the heating system play? Energy Build. 66, 626–636. doi:10.1016/j.enbuild.2013.07.043

Khoury, J., Alameddine, Z., Hollmuller, P., 2017. Understanding and bridging the energy performance gap in building retrofit. Energy Procedia 122, 217–222. doi:10.1016/j.egypro.2017.07.348

Loga, T., Stein, B., Hacke, U., Müller, A., Großklos, M., Born, R., Renz, I., Cischinsky, H., Hörner, M., Weber, I., 2019. Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen, BBSR-Online-Publikation 04/2019. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn.

Möller, S., Weber, I., Schröder, F., Bauer, A., Harter, H., 2020. Apartment related energy performance gap – How to address internal heat transfers in multi-apartment buildings. Energy Build. 215. doi:10.1016/j.enbuild.2020.109887

Münzenberg, U., 2004. Der natürliche Luftwechsel in Gebäuden und seine Bedeutung bei der Beurteilung von Schimmelpilzschäden. Umwelt, Gebäude Gesundh. 263–271.

OECD, 2011. What are equivalence scales? Oecd Proj. Income Distrib. Poverty 1–2.

Polinder, H., Schweiker, M., Aa, A. Van Der, Schakib-Ekbatan, K., Fabi, V., Andersen, R., Morishita, N., Wang, C., Corgnati, S., Heiselberg, P., Yan, D., Olesen, B., Bednar, T., Wagner, A., 2013. Occupant behavior and modeling (Separate Document Volume II).

Riley, J., Hulme, J., Beaumont, A., Summers, C., 2013. Energy Follow-up Survey Report 2: Mean household temperatures.

Rinaldi, A., Schweiker, M., Iannone, F., 2018. On uses of energy in buildings: Extracting influencing factors of occupant behaviour by means of a questionnaire survey. Energy Build. 168, 298–308. doi:10.1016/j.enbuild.2018.03.045

Rohracher, H., Ornetzeder, M., Zelger, T., Enzensberger, G., Gadner, J., Zelger, J., Buber, R., 2001. Akzeptanzverbesserung bei Niedrigenergiehaus-Komponenten. Graz.

Schlomann, B., Gruber, E., Eichhammer, W., Kling, N., 2004. Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, Leipzig, München.

Schröder, F., Gill, B., Güth, M., Teich, T., Wolff, A., 2018. Entwicklung saisonaler Raumtemperaturverteilungen von klassischen zu modernen Gebäudestandards - Sind Rebound-Effekte unvermeidbar? Bauphysik 40, 151–160. doi:10.1002/bapi.201810017

Sonnberger, M., Zwick, M.M., 2016. Der Energieverbrauch in Privathaushalten soziologisch betrachtet. Soziologie und Nachhalt. Beiträge zur sozial-ökologischen Trahnsformationsforsch. 1–28.

Statistisches Bundesamt, 2019. Bautätigkeit und Wohnungen, Bestand an Wohnungen.

Statistisches Bundesamt, 2017. Entwicklung der Privathaushalte bis 2035 - Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung.

Sunikka-Blank, M., Galvin, R., 2012. Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. Build. Res. Inf. 40, 260–273.

Umweltbundesamt, 2018. Endenergieverbrauch der privaten Haushalte [WWW Document]. URL https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#hochster-anteil-am-energieverbrauch-zum-heizen

Umweltbundesamt, 2016. Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen). Dessau-Roßlau.

Wang, Z., de Dear, R., Luo, M., Lin, B., He, Y., Ghahramani, A., Zhu, Y., 2018. Individual difference in thermal comfort: A literature review. Build. Environ. 138, 181–193. doi:10.1016/j.buildenv.2018.04.040

Wolff, A., Weber, I., Gill, B., Schubert, J., Schneider, M., 2017b. Tackling the interplay of occupants' heating practices and building physics: Insights from a German mixed methods study. Energy Res. Soc. Sci. 32, 65–75. doi:10.1016/j.erss.2017.07.003

Yang, S., Pernot, J.G., Jörin, C.H., Niculita-Hirzel, H., Perret, V., Licina, D., 2020. Energy, indoor air quality, occupant behavior, self-reported symptoms and satisfaction in energy-efficient dwellings in Switzerland. Build. Environ. 171. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106618

Zou, P.X.W., Xu, X., Sanjayan, J., Wang, J., 2018. Review of 10 years research on building energy performance gap: Life-cycle and stakeholder perspectives. Energy Build. 178, 165–181. doi:10.1016/j.enbuild.2018.08.040

Anhang B Fragebogen

Fragebogen zum Forschungsprojekt MOBASY

IWU Institut Wohnen und Umwelt

1. Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer jetzigen Wohnung alles in allem gesehen? [Zutreffendes bitte ankreuzen!]

sehr zufrieden	eher zufrieden	teils/teils	eher unzufrieden	sehr unzufrieden	weiß nicht
○	○	○	○	○	○

2. Wie finden Sie Ihre Wohnung? Bitte geben Sie dazu an, wie sehr Sie den folgenden Aussagen zustimmen. [Zutreffendes bitte in jeder Zeile ankreuzen!]

	stimme voll und ganz zu	stimme eher zu	teils/ teils	stimme eher nicht zu	stimme über-haupt nicht zu	weiß nicht
Meine Wohnung ist komfortabel.	○	○	○	○	○	○
Meine Wohnung hat eine aus-reichende Größe.	○	○	○	○	○	○
Meine Wohnung hat einen zweckmäßigen Grundriss.	○	○	○	○	○	○
Das Wohnumfeld gefällt mir.	○	○	○	○	○	○
Ich fühle mich durch Straßen- oder Fluglärm gestört.	○	○	○	○	○	○
Ich habe das Gefühl, dass es in der Wohnung zieht (Luftzug).	○	○	○	○	○	○

3. Wie viele Zimmer hat Ihre Wohnung (ohne Küche, Bad und Abstellraum)?

☐☐,☐ Zimmer

4. Wie groß ist Ihre Wohnung? [Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie bitte.]

☐☐☐ m²

5. In welchem Stock liegt Ihre Wohnung? [Zutreffendes bitte ankreuzen! Ist Ihre Wohnung über 2 Geschosse verteilt? Kreuzen Sie bitte beides an.]

Untergeschoss/Souterrain	Erdgeschoss	Mittelgeschoss	Oberstes Geschoss	weiß nicht
☐	☐	☐	☐	☐

6. Grenzt Ihre Wohnung direkt – oben, unten, rechts oder links – an eine Nachbarwohnung oder den Hausflur (bzw. Treppenhaus) an? Das gilt auch, wenn sie sich Wand an Wand zum nächsten Gebäude mit eigenem Hauseingang befindet. [Zutreffendes bitte ankreuzen!]

☐ Wohnung **oben**

☐ Wohnung/Flur **links** | Ihre Wohnung | ☐ Wohnung/Flur **rechts**

☐ Wohnung **unten**

☐ weiß nicht

7. Bitte denken Sie an einen normalen Wochentag. Wie viele Stunden ist üblicherweise niemand in Ihrer Wohnung? [Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie bitte.]

☐☐ Stunden

8. Bitte denken Sie an den Winter 2017/2018. Wie viele Tage in der Heizsaison war niemand in Ihrer Wohnung (z.B. wegen einer Urlaubsreise)? [Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie bitte.]

☐☐☐ Tage

3146314002 Seite 1

9. Welche Art von Thermostatventilen haben Sie an Ihren Heizkörpern? [Zutreffendes bitte ankreuzen!]

	ja, überall	ja, teilweise	nein	weiß nicht
Thermostatventile mit Zahlenangaben	○	○	○	○
(programmierbare) Thermostatventile mit Temperaturangaben	○	○	○	○

10. Wie haben Sie in der aktuellen Heizsaison die Heizkörper in Ihrer Wohnung normalerweise eingestellt?
[Bitte geben Sie dies zimmerweise (nicht vorhandene Zimmer, z.B. Kinderzimmer, leer lassen) jeweils für tagsüber, nachts und bei Abwesenheit (wenn alle Haushaltsmitglieder längere Zeit außer Haus sind) an! Sollte Ihr Thermostatventil mehr als 5 Stufen haben oder sollten Sie Zwischenstufen (z.B. 2,5) wählen, können Sie dies bitte in der entsprechenden Spalte ergänzen.]

	bei Thermostatventil mit Zahlenangaben							bei Thermostat mit Temperaturangaben	
Wohnzimmer	0 / *	1	2	3	4	5	andere Stufe/ Zwischenstufe	(programmierte) Temperatur	weiß nicht
tagsüber (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
nachts (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
bei längerer Abwesenheit	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
Schlafzimmer	0 / *	1	2	3	4	5	andere Stufe/ Zwischenstufe	(programmierte) Temperatur	weiß nicht
tagsüber (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
nachts (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
bei längerer Abwesenheit	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
Kinderzimmer	0 / *	1	2	3	4	5	andere Stufe/ Zwischenstufe	(programmierte) Temperatur	weiß nicht
tagsüber (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
nachts (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
bei längerer Abwesenheit	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
Küche ○ kein Heizkörper vorhanden	0 / *	1	2	3	4	5	andere Stufe/ Zwischenstufe	(programmierte) Temperatur	weiß nicht
tagsüber (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
nachts (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
bei längerer Abwesenheit	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
Bad	0 / *	1	2	3	4	5	andere Stufe/ Zwischenstufe	(programmierte) Temperatur	weiß nicht
tagsüber (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
nachts (wenn jemand zuhause ist)	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○
bei längerer Abwesenheit	○	○	○	○	○	○	☐,☐	☐☐,☐ °C	○

1748314008

Seite 2

11. Falls Ihre Wohnung über einen beheizten Flur oder weitere Zimmer verfügt: Wie haben Sie dort die Heizkörper eingestellt?

Am ehesten wie
- ☐ im Wohnzimmer
- ☐ im Schlafzimmer
- ☐ im Kinderzimmer
- ☐ in der Küche
- ☐ im Bad
- ☐ weiß nicht
- ☐ kein weiteres Zimmer oder beheizter Flur vorhanden

12. Stehen die Zimmertüren in Ihrer Wohnung in der Heizsaison offen?

ja, (fast) überall ○ ja, teilweise ○ nein ○ weiß nicht ○

13. Drehen Sie die Heizkörperventile im Sommer zu?

- ○ ja, (fast) überall
- ○ ja, teilweise
- ○ nein
- ○ weiß nicht

Falls ja, ab welcher Außentemperatur (tagsüber) beginnen Sie zu heizen?
[Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie bitte.]

Unter ☐☐ Grad Celsius (°C) ○ weiß nicht

14. Wie zufrieden sind Sie mit den Raumtemperaturen in Ihrer Wohnung im Winter?
[Zutreffendes bitte ankreuzen!]

	zu warm	genau richtig	zu kalt	weiß nicht
im Wohnzimmer	○	○	○	○
im Schlafzimmer	○	○	○	○
im Kinderzimmer	○	○	○	○
im Bad	○	○	○	○
in der Küche	○	○	○	○
weiteres Zimmer (wenn vorhanden)	○	○	○	○

15. Wie lange haben Sie in der aktuellen Heizsaison Ihre Fenster normalerweise ganz geöffnet oder gekippt? [Bitte unterscheiden Sie dabei wieder nach Zimmer und nach tagsüber und nachts! Sollten Sie mehrmals täglich lüften, zählen Sie die Öffnungsdauer bitte zusammen! Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie bitte.]

		ganz geöffnet		gekippt			Fenster nicht geöffnet	weiß nicht
		unter 15 Min	15 Min u. mehr	unter 1 Std	1 bis 6 Std	mehr als 6 Std		
Wohnzimmer	tagsüber	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	nachts	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schlafzimmer	tagsüber	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	nachts	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kinderzimmer	tagsüber	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	nachts	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Küche*	tagsüber	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	nachts	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bad*	tagsüber	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	nachts	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges Zimmer	tagsüber	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	nachts	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

*Sie haben kein Fenster im Bad oder in der Küche? ○ kein Fenster im Bad ○ kein Fenster in der Küche

6629314001

16. Lassen Sie im Winter einzelne Fenster gekippt, wenn sich niemand in der Wohnung aufhält?

ja, (fast) immer ○ ja, teilweise ○ nein ○ weiß nicht ○

17. Drehen Sie in der Heizsaison die Heizkörper ab, wenn Sie das Fenster öffnen?

ja, (fast) immer ○ ja, teilweise ○ nein ○ weiß nicht ○

18. Wird Ihre Wohnung zusätzlich durch eingebaute Anlagen (z.B. Lüftungsanlage) belüftet?

○ ja ➡ **Welcher Art?**
- ○ Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (immer in Betrieb, Frischluft wird vorerwärmt)
- ○ Abluftanlage (oft im Bad, immer in Betrieb, Frischluft besitzt Außentemperatur)
- ○ Badezimmerentlüftung (nur in Betrieb, wenn im Badezimmer z. B. das Licht angeschaltet ist)
- ○ weiß nicht

○ nein
○ weiß nicht
➡ **Machen Sie bitte bei Frage 22 weiter!**

19. Können Sie Ihre Lüftungsanlage selbst einstellen, z.B. mit einem Schalter? Das Bild zeigt ein Beispiel für einen solchen Schalter.

○ ja
○ nein
○ weiß nicht
➡ **Machen Sie bitte bei Frage 22 weiter!**

20. Wie viele Stufen hat Ihre Lüftungsanlage?

○ 3 Stufen
○ 4 Stufen
○ mehr als 4 Stufen, nämlich: ☐ ○ weiß nicht

21. Welche Lüftungsstufe haben Sie in der aktuellen Heizsaison normalerweise eingestellt? [Bitte geben Sie dies jeweils für tagsüber, nachts und bei Abwesenheit (wenn alle Haushaltsmitglieder längere Zeit außer Haus sind) an!]

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	andere Stufe, nämlich:	weiß nicht
tagsüber	○	○	○	○	☐	○
nachts	○	○	○	○	☐	○
bei Abwesenheit	○	○	○	○	☐	○

22. Haben Sie <u>außen</u> vor den Fenstern Rollläden, Schiebeläden oder Jalousien?

- ○ ja, (fast) überall
- ○ ja, teilweise
- ○ nein
- ○ weiß nicht

Haben Sie diese <u>an sonnigen Wintertagen</u> geschlossen?

- ○ ja, fast immer
- ○ ja, teilweise
- ○ nein
- ○ weiß nicht

23. Bezogen auf Ihren gesamten Haushalt: Wie oft duschen und baden Sie (und – bei Mehrpersonen-haushalten – die anderen Haushaltsmitglieder) in einer normalen Woche insgesamt zu Hause?
Beispiel: In einem Haushalt mit 2 Personen duscht jede Person täglich. Insgesamt wird in dem Haushalt in der Woche 2×7 = 14 Mal geduscht.

☐☐ mal duschen (Summe) ☐☐ mal baden (Summe)

○ Die Wohnung hat keine Badewanne.

24. Wie lange stehen Sie (und die anderen Personen Ihres Haushalts) für gewöhnlich bei laufendem Warmwasser unter der Dusche? [Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie bitte.]

	Sie selbst	Person 2	Person 3	Person 4	Person 5	Person 6
bis 5 Minuten	○	○	○	○	○	○
5 bis 10 Minuten	○	○	○	○	○	○
11 bis 15 Minuten	○	○	○	○	○	○
mehr als 15 Minuten	○	○	○	○	○	○
weiß nicht	○	○	○	○	○	○

25. Nutzen Sie wassersparende Duschköpfe in Ihrer Wohnung?

ja ○ nein ○ weiß nicht ○

26. Spülen Sie Ihr Geschirr regelmäßig von Hand?

ja, (fast) immer ○ ja, teilweise ○ nein ○ weiß nicht ○

Zum Schluss haben wir noch ein paar Fragen für die Statistik:

27. In welchem Jahr sind Sie in Ihre jetzige Wohnung eingezogen?

☐☐☐☐

28. Wie viele Personen wohnen in Ihrer Wohnung, Sie eingeschlossen?

☐☐ Personen

29. Welches Geschlecht haben die Personen in Ihrem Haushalt?

	Sie selbst	Person 2	Person 3	Person 4	Person 5	Person 6
weiblich	○	○	○	○	○	○
männlich	○	○	○	○	○	○
divers	○	○	○	○	○	○

2239314004

Seite 5

30. Welcher der folgenden Altersgruppen gehören die Personen in Ihrem Haushalt an?

	Sie selbst	Person 2	Person 3	Person 4	Person 5	Person 6
0-5 Jahre	○	○	○	○	○	○
6-17 Jahre	○	○	○	○	○	○
18-29 Jahre	○	○	○	○	○	○
30-49 Jahre	○	○	○	○	○	○
50-64 Jahre	○	○	○	○	○	○
65-74 Jahre	○	○	○	○	○	○
75 Jahre und älter	○	○	○	○	○	○

31. Sind Ihre Eltern oder Sie nach Deutschland zugewandert?

☐ ja, meine Eltern
☐ ja, ich selbst

Falls ja, aus welchem Land? ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

Falls Sie selbst zugewandert sind, wie lange leben Sie schon in Deutschland? ☐☐ Jahre

☐ nein

32. Treffen die genannten Aspekte auf Sie zu? [Zutreffendes bitte jeweils ankreuzen.]

	ja	nein
Die Stadt oder das Jobcenter bezahlt meine Miete.	○	○
Ich erhalte Wohngeld.	○	○
Ich bin nicht erwerbstätig.	○	○
Ich arbeite häufig von zuhause aus.	○	○

33. Wie hoch ist das durchschnittliche monatliche Netto-Einkommen Ihres Haushalts insgesamt?

○ unter 900 €
○ 900 € bis unter 1.300 €
○ 1.300 € bis unter 1.500 €
○ 1.500 € bis unter 2.000 €
○ 2.000 € bis unter 2.600 €
○ 2.600 € bis unter 3.600 €
○ 3.600 € bis unter 5.000 €
○ 5.000 € und mehr
○ weiß nicht

34. Welches ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

○ (noch) kein Schulabschluss
○ Haupt-/Volksschulabschluss
○ Realschulabschluss (mittlere Reife)
○ (Fach-)Hochschulreife (Abitur)
○ (Fach-)Hochschulabschluss

35. Haben Sie noch Anmerkungen zur Befragung? Bitte nutzen Sie den hierfür vorgesehenen Kasten.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Befragung!

5500314008

Seite 6

Anhang C Ergänzende Auswertungen

Tab. 1: Mittlere Thermostatstufe tagsüber je Wohnung in Abhängigkeit von nutzerspezifischen sowie gebäude- und wohnungsspezifischen Faktoren

	Modell 1	Modell 2
Passivhausstandard vs. verbesserter Modernisierungsstandard	-0,455**	-0,452**
	(-3,14)	(-3,12)
Normaler vs. verbesserter Modernisierungsstandard	-0,158	-0,155
	(-1,07)	(-1,05)
Lage der Whg: EG vs. MG	0,453**	0,444**
	(2,93)	(2,87)
Lage der Whg: OG vs. MG	0,0937	0,0769
	(0,62)	(0,51)
Eckwohnung	0,556***	0,549***
	(4,02)	(3,97)
Anzahl WE in Gebäude	0,00515	0,00566
	(1,22)	(1,34)
Person > 65 im HH	0,324*	0,364**
	(2,52)	(2,74)
Kind < 6 im HH		0,236
		(1,20)
Constant	1,151***	1,104***
	(6,92)	(6,46)
N	290	290
R^2	0,122	0,126
Adjusted R^2	0,100	0,101

t statistics in parentheses

+ p < 0.10, * p < 0.05, ** p < .01, *** p < 0.001

Quelle: Eigene Darstellung