

# ***Wärmenutzungsverhalten in unterschiedlichen Gebäudestandards***

Dr. Ina Renz, Ines Weber

*Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt*

Erstes Projekttreffen InWaMod

11. Oktober 2023

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Vorstellung IWU

- Gemeinnützige Forschungseinrichtung (seit 1971)
- Institutionelle Förderung durch die Gesellschafter Stadt Darmstadt & Land Hessen
- Interdisziplinäre Forschung
- ca. 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Drittmittel: Hessen, Bund, EU, Kommunen, Unternehmen...



# Vorstellung IWU

- 4 Forschungsfelder:
  - Wohnungspolitik & Wohnungsmärkte
  - Energetische Gebäudebewertung und -optimierung
  - Strategische Entwicklung des Gebäudebestands
  - Handlungslogiken von Akteuren im Gebäudebestand



- 
1. Fragestellungen
  2. Verwendete Datenquellen/Projekte
  3. Nutzerunabhängige Einflüsse auf Raumtemperaturen und den Energieverbrauch
  4. Wärmenutzungsverhalten
    1. Spektrum: Regulierung der Heizung, Fensteröffnung
    2. „Suboptimale“ Verhaltensweisen: Definition, Muster, mögliche Gründe
    3. Feedback, pauschale Abrechnungen
  5. Identifikation von Fehlern im Heizungssystem und Fehlverhalten
  6. Fazit

# 1. Fragestellungen

- **Ausgangslage:** Modelle erarbeiten, mit denen die Kosten des Heizenergieverbrauchs gerechter verteilt und Anreize zum Energiesparen auf Seiten Vermieter (Investitionen) und Mieter (Alltagsverhalten) gesetzt werden können
  - Darunter: Mieter:innen zahlen nicht für den Verbrauch von Heizenergie, sondern pauschal für die Bereitstellung einer festgelegten Temperatur und einer Luftwechselrate in der Wohnung
  - Dafür relevant: reale Werte zum Nutzerverhalten als Eingangsdaten für Festlegung angemessener Vergleichswerte ansetzen, dafür den energetischen Gebäudezustand sowie Gebäudetechnik berücksichtigen

## 2. Verwendete Datenquellen/Projekte

- [KOSMA](#)
  - AP 4: Wärmenutzungsverhalten: Einflussfaktoren und nutzerspezifische Verhaltensweisen
  - AP 5: Bestimmung baulich/technischer und verhaltensbedingter Anteile am (Mehr)Verbrauch
- [Mobasy](#)
  - TP A: Mieterbefragung in 3 Wohnungsunternehmen
  - TP B: Monitoring, Mieterbefragung, Verbrauchsfeedback  
PassivhausSozialPlus
- [BBSR-Bericht](#): Nutzerverhalten nach energetischen Verbesserungen
- [Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks](#)

# 3. Nutzerunabhängige Einflüsse auf Raumtemperaturen und Energieverbrauch (*KOSMA Werkstattbericht 4*)

## (Ingenieurwissenschaftliche) Diskussion von Einflüssen auf Verbrauch und Bedarf

### Nutzerunabhängige Faktoren

- Technische Verteilverluste: führen zu Wärmeeinträgen durch Verteilsystem (Verteil-, Zirkulationsleitungen) u. können zu hohem Verbrauch u. hohen Raumtemperaturen führen
- Diese sind u.a. abhängig vom Typ des Wärmeversorgungssystems / Anlagenkomponenten) u. Lage des Messpunkts des Verbrauchs
  - ➔ bereits Ermittlung von Verbrauch u. Bedarf ist dadurch stark problembehaftet
- (unzureichende) Heizleistung
- Wärmeschutzstandard bzw. Undichtigkeiten in Gebäudehülle
- (wärmere Nachbarwohnungen)

### Nutzerabhängige Faktoren

- Raumsolltemperatur und An-/Abschalten der Heizung im täglichen oder saisonalen Verlauf (gemessene Raumtemperatur nur zum Teil vom Nutzer abhängig)
- Art und Dauer der Lüftung (aber: Luftwechsel kann nicht quantitativ bestimmt werden)
- Mit zunehmenden Wärmeschutzstandard werden Möglichkeiten des Nutzers zur Reduzierung des Verbrauchs geringer

### Zwischenfazit:

- Aufgrund vielfältiger Wechselwirkungen ist quantitative Zuordnung von Mehrverbräuchen zu einem bestimmten Nutzerverhalten nicht möglich

# 3. Nutzerunabhängige Einflüsse auf Raumtemperaturen und Energieverbrauch (KOSMA)

## Stationäre Energiebilanzierung: Parameterstudie und Vergleich Verbrauch – Bedarf für 2 energetisch nicht modernisierte Gebäude

- Variation der Raumsolltemperatur, Luftwechselrate, techn. Verteilverluste führen zu sehr unterschiedlichen Bedarfen, die sich vom Minimum zum Maximum um mehr als Faktor 2 unterscheiden (WB 4, Abschnitt 3.2.2)
  - Raumsolltemperatur hat größten Einfluss auf Bedarf: mit steigender mittlerer Raumsolltemperatur steigen Bedarfe leicht überproportional an
  - Einfluss Luftwechselrate über gesamte Bandbreite etwa so hoch wie Temperaturänderung um 2 Kelvin (gering -> mittel)
  - Einfluss Verteilverluste entspricht in etwa Einfluss Luftwechselrate
- Alle untersuchten Parameter beeinflussen Bedarf deutlich; eine verallgemeinernde Quantifizierung nutzerabhängiger u. -unabhängiger Einflüsse ist nicht möglich
- Beste Übereinstimmung Bedarf – Verbrauch ergibt sich für Varianten mit geringer Raumtemperatur und mittleren bis hohen Luftwechselraten u. Verteilverlusten
- Für heute oft (teil-)modernisierten Gesamt-Gebäudebestand ist von einer schlechten Korrelation von Dämmstandard der Gebäudehülle und dem Verteilsystem auszugehen

### 3. Nutzerunabhängige Einflüsse auf Raumtemperaturen und Energieverbrauch (KOSMA)

**Ceteris-paribus-Betrachtung der Bedarfe bei Änderung von Raumtemperatur, Luftwechselrate bzw. technischen Verteilverlusten (Änderung des Energiebedarfs für 2 energetisch nicht modernisierte Gebäude in kWh/m<sup>2</sup>/a)**

	2019	2020	2021
<b>Raumtemperatur</b>			
mittel vs. gering	33 ... 39	31 ... 39	32 ... 39
hoch vs. gering	62 ... 92	62 ... 94	64 ... 95
<b>Luftwechselrate</b>			
mittel vs. gering	20 ... 28	18 ... 28	22 ... 32
hoch vs. gering	32 ... 45	30 ... 45	35 ... 51
<b>techn. Verteilverluste</b>			
mittel vs. gering	21 ... 24	21 ... 24	21 ... 24
hoch vs. gering	28 ... 41	28 ... 41	28 ... 41

- Im kalten Jahr 2021 nimmt Bedeutung der Luftwechselrate gegenüber techn. Verteilverlusten zu

Unter Verwendung des Lokalklimas und Beachtung der Gebäudegeometrie, Wärmeschutz der Gebäudehülle, Art d. Wärmeversorgungssystems

Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA; Werkstattbericht 4, Abschnitt 3.2.2

### 3. Nutzerunabhängige Einflüsse auf Raumtemperaturen und Energieverbrauch (KOSMA)

#### Quasi-stationäre Energiebilanzierung (Stundenverfahren): Einfluss Raumtemperatur in zeitlich hoch aufgelöster Betrachtung (fiktives MFH)

- Vergleich eines nicht modernisierten und modernisierten MFH mit hohem Dämmstandard
- gemittelte Raumtemperatur vor und nach energetischer Modernisierung unterscheidet sich bei gleichem Nutzerverhalten um bis zu 3 Grad Kelvin und resultiert allein aus dem verbesserten Wärmeschutz der Gebäudehülle
- Gründe:
  - Raumtemperatur sinkt langsamer ab
  - Innere und solare Gewinne übersteigen Wärmeverluste häufiger
  - (auch) bei Nachtabsenkung besteht Temperaturpuffer u. kurze Zeit später höhere Gewinne als Verluste
- Die höchste, im Tagesverlauf vorkommende Raumsolltemperatur wirkt prägend auf die mittlere Raumtemperatur
- Durch langsames Absinken der Raumtemperatur steigt nutzerunabhängiger Einfluss bei modernisierten Gebäuden (je nach Nutzertyp) deutlich; besonders bei reduzierter Luftwechselrate

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (KOSMA und MOBASY)

## Deskriptive Analyse

- Erfassung der Thermostatstufen in beiden Projekten vergleichbar
- Alle Thermostatstufen (0 bis 5) vertreten, insgesamt aber überwiegend sparsames Heizverhalten
  - Je höher der energetischer Standard, desto höher ist der Anteil der HH, die ihre Wohnung gar nicht beheizen (ca. 20 % bei PH)
  - Wohnung tagsüber bei Anwesenheit: **MW 1,5**
  - Wohnzimmer am meisten beheizt bei Anwesenheit: **MW 2,4**
  - MW der Max-Einstellung bei Anwesenheit in der Wohnung: **2,6 bzw. 2,65**

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (MOBASY TP A)

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)

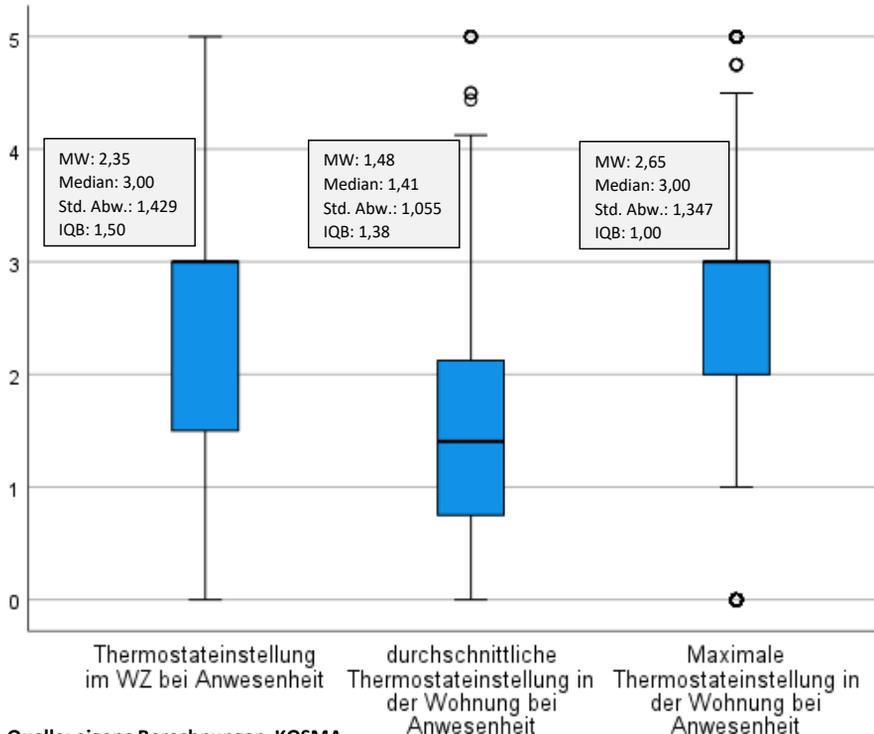
→ Im Mittel eher geringe Thermostateinstellungen, aber auch „Vielheizer“

→ Wohnzimmer tagsüber: höchste Thermostateinstellungen

Quelle: Weber et al. (2022): Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden. Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung. [LINK](#)

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (KOSMA)

Lagemaße für Thermostateinstellungen im Wohnzimmer und der Wohnung bei Anwesenheit (n = 778)

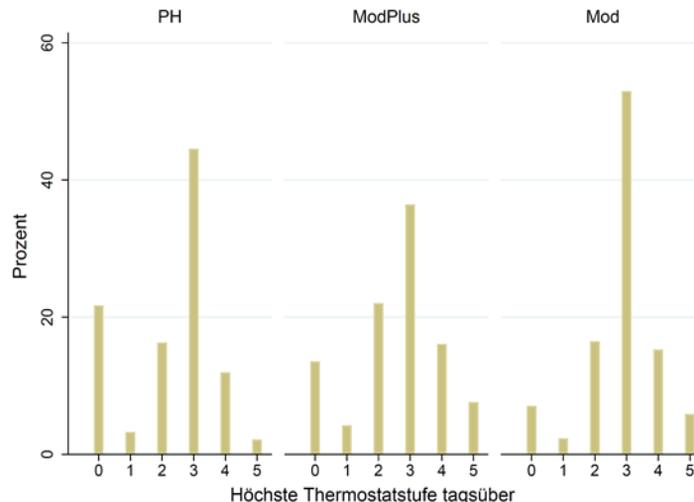


- WZ: breite Verteilung, Mittelwert deutet auf sparsames Heizen
- Wohnung: maximale Einstellung deutlich höher als mittlere Einstellung

Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (MOBASY)

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

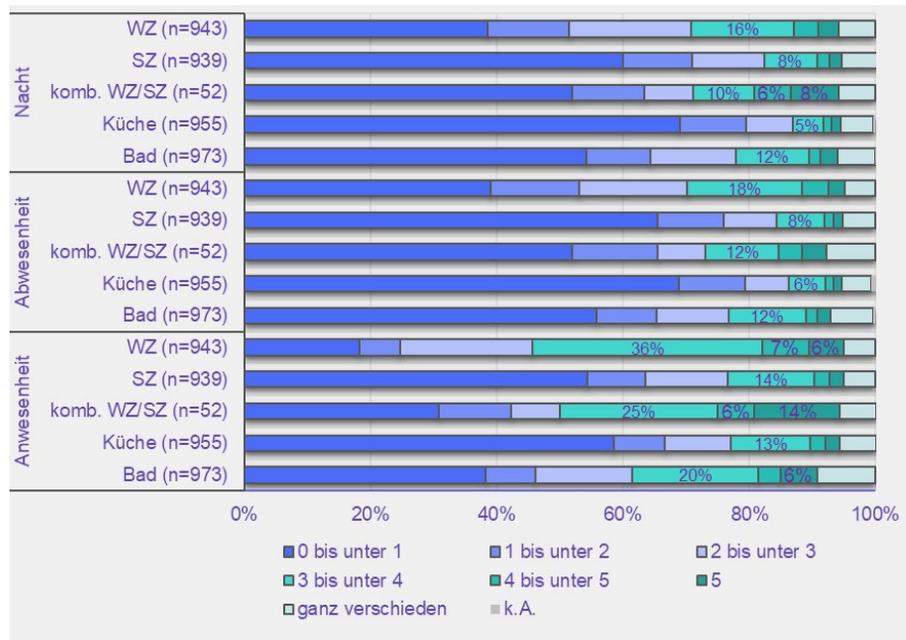


Quelle: Weber et al. (2022): Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden. Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung. [LINK](#)

→ Hoher energetischer Standard: Anteil der HH, die nicht heizen, steigt.

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (KOSMA)

## Thermostateinstellungen nach Situationen für Hauptzimmer in Wohnungen mit Fernwärme/Zentralheizung



- Insgesamt sparsames Heizverhalten
- Im WZ wird am meisten geheizt, insbesondere bei Anwesenheit
- Bei Nacht, im Bad, komb. WZ/SZ auch häufig „ganz verschieden“

Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA, Werkstattbericht 3, Abbildung 7-2

## 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (KOSMA und MOBASY)

### Multivariate Analyse mit höchster Thermostateinstellung in der Wohnung als AV

- Geringe Aufklärungskraft in MOBASY, nutzerspezifische Faktoren haben kaum einen Einfluss ( $R^2$  ca. 10 %), homogenes Gebäudesample (nur saniert und Neubau)
  - Unterschied zw. Passivhausstandard und verbessertem bzw. normalen Modernisierungsstandard (-)
  - Eckwohnung (+)
  - Geschosslage kein Einfluss
  - Person > 65 Jahre im HH (+)
- Höhere Aufklärungskraft in KOSMA ( $R^2$  ca. 25 %), heterogenes Gebäudesample, u.a. Erfassung von Verhaltensroutinen und psychologischen Faktoren, die sich in der multivariaten Analyse als signifikant erwiesen

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (KOSMA)

**KOSMA: Höchste Thermostateinstellung in der Wohnung in Abhängigkeit von baulich-technischen und nutzerbedingten Parametern** (lineare Regression; Darstellung signifikanter Ergebnisse)

		Modell 1		Modell 2	
		Koeff. (B)	Std.-Fehler	Koeff. (B)	Std.-Fehler
externer Kontext	kalter vs. milder Tag	0,663**	0,120	0,670**	0,120
baulich-technische Merkmale	verbessert bis ambitionierter Standard vs. unsaniert	-0,581**	0,145	-0,508**	0,145
	teilsaniert Standard vs. unsaniert	-0,470**	0,144	-0,423**	0,143
	Vorhandensein Abluftanlage	0,759**	0,197	0,689**	0,196
Haushaltsmerkmale	Durchschnittsalter im Haushalt 65 Jahre und älter vs. 18 bis 24 Jahre	0,274*	0,136	0,168	0,139
	mehrheitlich männlicher Haushalt vs. ausgewogen	-0,352*	0,143	-0,318*	0,142
psychologische Faktoren	bedeutet mir viel so zu leben, dass Umwelt wenig geschädigt wird	-0,133*	0,056	-0,133*	0,056
	personale Norm	-0,136**	0,047	-0,129**	0,047
	Verantwortungszuschreibung an Vermieter	0,075*	0,033	0,077*	0,033
Verhaltensroutinen	unterschiedliches heizen nach Bedarf: ja vs. nein	-0,379*	0,152	-0,384*	0,150
	heizen nach festen Gewohnheiten: ja vs. nein	0,587**	0,141	0,533**	0,140
	heizen nach festen Gewohnheiten: teilweise vs. nein	0,675**	0,151	0,608**	0,150
	Merkmale der Person	Personen mit gesundheitlich bed. höherem Wärmebedürfnis im HH			0,483**
	Konstante	3,829**	0,486	3,741**	0,481
	<b>N</b>	<b>537</b>		<b>535</b>	
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,278</b>		<b>0,295</b>	
	<b>Adjusted R<sup>2</sup></b>	<b>0,243</b>		<b>0,258</b>	

- Vielschichtige Einflüsse
- Ähnlich MOBASY: energetische Gebäudequalität (-), Senioren (+), Geschosslage (n.s.)
- Auffallend: kalter Tag, Abluftanlage, heizen nach festen Gewohnheiten (+), aber situativ (-)
- Gesundheitl. bedingt höheres Wärmebedürfnis (+)
- Mehrheitl. männl. Haushalt (-)
- Nur kleine Effekte bei psychologischen Merkmalen
- Außerdem: ohne Verhaltensvariablen signifikanter Effekt von Rollläden (+)
- Mittelhohe Erklärungskraft deutet auf weitere Einflussfaktoren

\* P < 0,05, \*\* p < 0,01; Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Regulierung Heizung (MOBASY TP A)

Tab. 8: Thermostatsteufe 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 <sup>2</sup>	0.103	0.104
Adjusted R <sup>2</sup>	0.081	0.078

- Geringe Aufklärungskraft durch geringe Varianz in AV, Heizen verliert an Relevanz in gut gedämmten Gebäuden
- Nutzerspezifische Faktoren kaum/keinen sichtbaren Einfluss

t statistics in parentheses

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

Quelle: Eigene Auswertung

Quelle: Weber et al. (2022): Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden. Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung. [LINK](#)

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Lüften (MOBASY TP A)

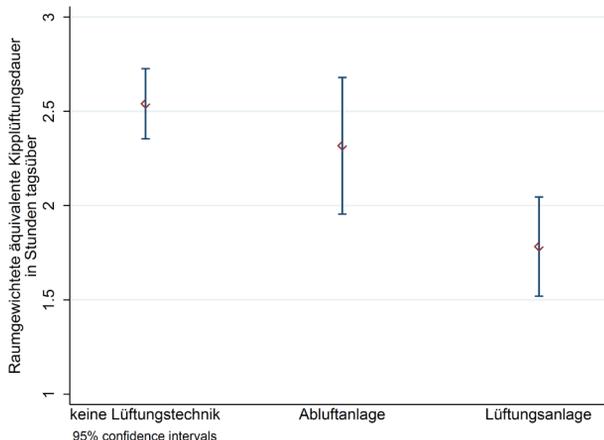
Ausstat- tung	Art Fensteröff- nung	Anzahl Angaben (Haus- halte)	MW Raum- größe [m <sup>2</sup> ]	Öffnung in Stunden pro Tag pro Raum						
				MW	SD	Max	Q <sub>3</sub>	Me- dian	Q <sub>1</sub>	Min
keine Lüftungsanlage	ganz geöffnet / tagsüber	281		0,23	0,17	0,63	0,38	0,18	0,13	0,00
	gekippt / tagsüber	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
	<b>ganz</b>	<b>502</b> <b>(303)</b>		<b>0,25</b>	<b>0,20</b>	<b>1,20</b>	<b>0,38</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>
	<b>gekippt</b>	<b>408</b> <b>(249)</b>		<b>1,93</b>	<b>2,75</b>	<b>20,00</b>	<b>2,80</b>	<b>0,88</b>	<b>0,13</b>	<b>0,00</b>
	Ganz + gekippt ungewichtet <sup>15</sup>	910 (328)		1,58	2,32	20,00	1,9	0,56	0,29	0,00
	Ganz + ge- kippt <sup>16</sup>	910 (328)	<b>14,08</b>	3,30	2,50	20,00	4,30	3,00	1,38	0,00
	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
Abluftanlage	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
	<b>ganz</b>	<b>113 (68)</b>		<b>0,28</b>	<b>0,19</b>	<b>0,78</b>	<b>0,39</b>	<b>0,24</b>	<b>0,13</b>	<b>0,00</b>
	<b>gekippt</b>	<b>95 (56)</b>		<b>1,41</b>	<b>1,88</b>	<b>8,00</b>	<b>2,08</b>	<b>0,55</b>	<b>0,13</b>	<b>0,00</b>
	Ganz + gekippt ungewichtet	208 (75)		1,25	1,64	8,5	1,56	0,5	0,32	0,06
	Ganz + gekippt	208 (75)	<b>13,84</b>	3,05	2,20	12,00	4,00	2,80	1,30	0,50
	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
Lüftungsanlage mit WRG	<b>ganz</b>	<b>172 (99)</b>		<b>0,24</b>	<b>0,20</b>	<b>0,88</b>	<b>0,35</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>	<b>0,00</b>
	<b>gekippt</b>	<b>117 (76)</b>		<b>0,66</b>	<b>1,63</b>	<b>11,00</b>	<b>0,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Ganz + gekippt ungewichtet	289 (105)		0,67	1,34	11,00	0,50	0,32	0,13	0,00
	Ganz + gekippt	289 (105)	<b>14,32</b>	2,30	1,85	11,00	3,30	1,90	1,00	0,00

- Fenster in einer Wohnung bzw. (fast) aller Räume sind fast durchgängig gekippt
- ohne Lüftungstechnik: Fenster  $\varnothing$  15 min lang ganz geöffnet und  $\varnothing$  2 h lang gekippt. Beachten: hohe Standardabweichung, rechtsschiefe Verteilung bzw. Ausreißer bei Kipplüftung
- Unterschiede nach Gebäudetechnik: große Unterschiede bei „gekippt“, kaum Unterschied bei Fenster „ganz geöffnet“

Quelle: Weber et al. (2022): Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden. Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung. [LINK](#)

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Lüften (MOBASY)

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

Quelle: Weber et al. (2022): Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden. Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung. [LINK](#)

- Unterschied zwischen Haushalten in Wohnungen ohne Lüftungsanlage und Haushalten in Wohnungen mit einer Lüftungsanlage statistisch signifikant ( $p < 0.001$ )

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Lüften (MOBASY TP A)

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 (-1,11)	-0,172 (-0,76)
Lüftungsanlage	-0,686*** (-3,71)	-0,580** (-2,83)
Anzahl WE in Gebäude	0,00764* (2,05)	0,00857* (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*** (15,01)	2,852* (2,16)
N	508	425
R <sup>2</sup>	0,041	0,081
Adjusted R <sup>2</sup>	0,035	0,063

t statistics in parentheses

+ p < 0,10, \* p < 0,05, \*\* p < ,01, \*\*\* p < 0,001

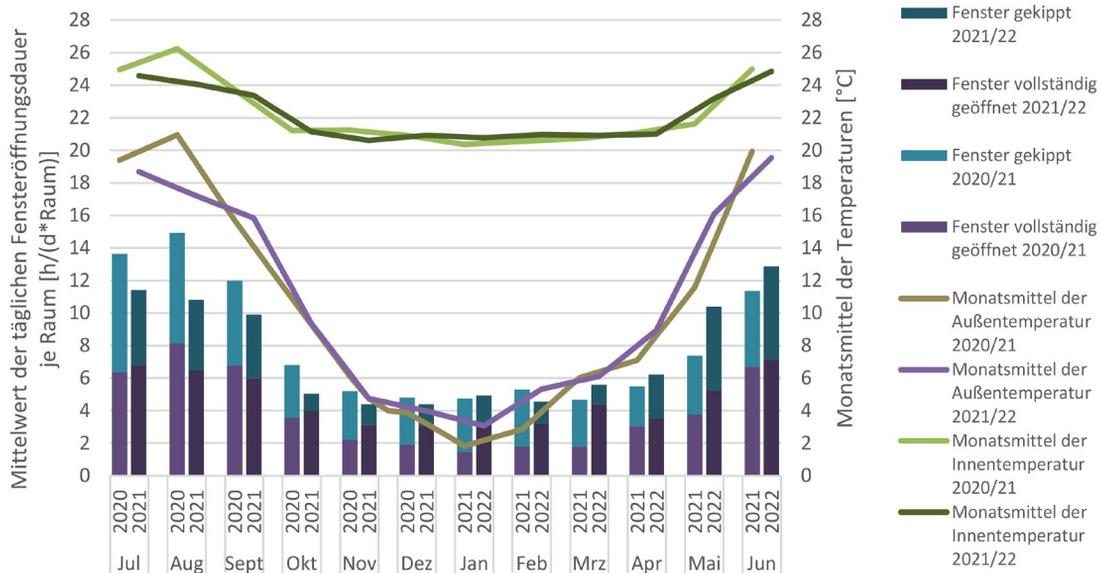
Quelle: Eigene Auswertung

Quelle: Weber et al. (2022): Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden. Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung. [LINK](#)

- Einfluss der Lüftungsanlage signifikant
- Darüber hinaus nur wenig Erklärungskraft des Modells
- Möglicher Grund: Lüften geschieht situativ und/oder unbewusst?  
→ TP B

# 4.1 Spektrum Wärmenutzungsverhalten: Lüften (MOBASY TP B)

Modernisierung (BT A + B): Mittlere tägliche Fensteröffnungsdauer je Monat  
 Messjahre 2020/21 und 2021/22, jeweils von Juli bis Juni



Quelle: MOBASY PassivhausSozialPlus – Endbericht (unveröffentlichter Bericht, in Arbeit).

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen

### – Heizen

#### **Suboptimales Heizverhalten**

##### Operationalisierung Variante 1

- suboptimal, wenn mind. eine Thermostateinstellung tagsüber  $> 3$ , dies entspricht in KOSMA und MOBASY in etwa dem 3. Quartil (obere 25 %)

##### Operationalisierung Variante 2

- suboptimal, wenn keine manuelle Nachtabenkung vorgenommen wird

##### Operationalisierung Variante 3

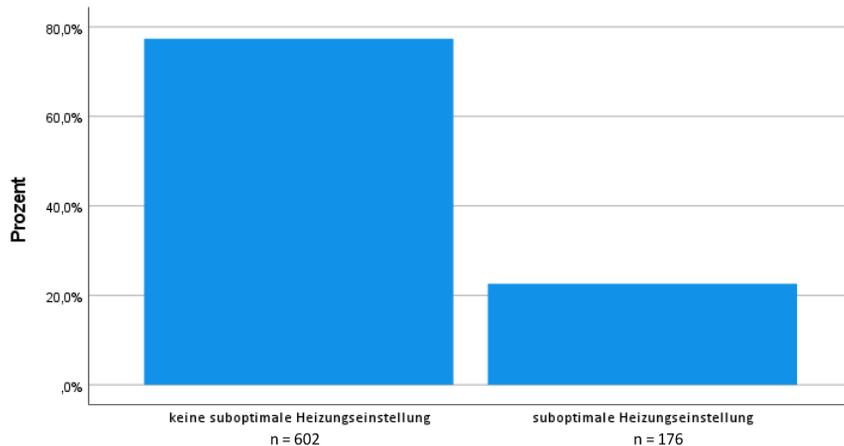
- suboptimal, wenn keine manuelle Absenkung bei Abwesenheit vorgenommen wird

##### Operationalisierung Variante 4

- suboptimal, wenn die Wohnung nicht beheizt wird, Wärmeflüsse von Nachbarwohnungen (auf Basis von KOSMA und MOBASY nicht zu untersuchen)

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen – Heizen (KOSMA)

Suboptimales Heizen in der Normalwohnung tagsüber bei Anwesenheit (nur Fernwärme/Zentralheizung, höchste Thermostateinstellung > 3; n = 778)



Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

➤ Anteil Vielheizer in Normalwohnung ist bezogen auf die höchste Thermostateinstellung deutlich höher als bei durchschnittlicher Einstellung (6,4 %, n = 50)

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen – Heizen (KOSMA)

**Suboptimales Heizen in der Normalwohnung tagsüber bei Anwesenheit (nur Fernwärme/Zentralheizung, höchste Thermostateinstellung > 3; logistische Regression, Darstellung signifikanter Ergebnisse)**

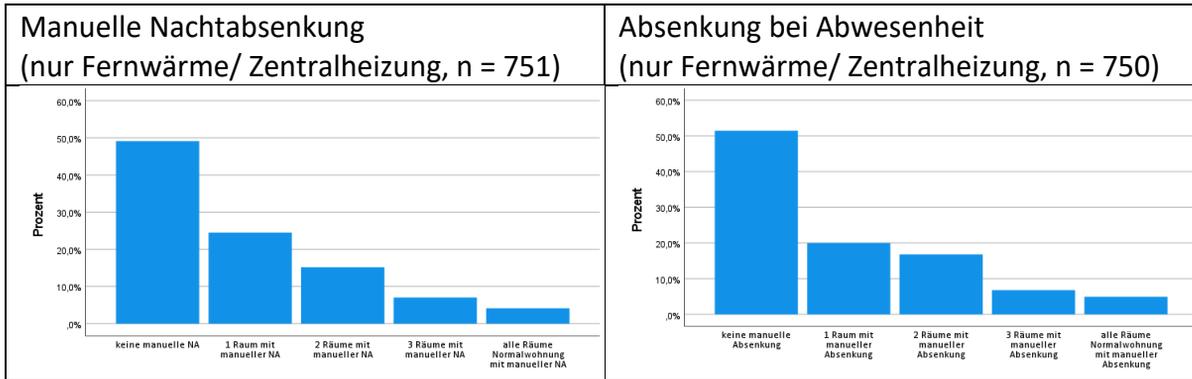
		Modell 1	
		Exp(B)	Std.-Fehler
externer Kontext	kalter vs. milder Tag	4,074**	0,289
baulich-technische Merkmale	verbessert bis ambitionierter Standard vs. unsaniert	0,213**	0,358
	teilsanierter Standard vs. unsaniert	0,272**	0,361
	Vorhandensein Abluftanlage teilweise vs. keine Rollläden vorhanden	0,204**	0,426
	3,292*	0,526	
psychologische Faktoren	Verantwortungszuschreibung an Vermieter	1,214*	0,077
Verhaltensroutinen	unterschiedliches heizen nach Bedarf: ja vs. nein	0,317**	0,355
	unterschiedliches heizen nach Bedarf: teilweise vs. nein	0,420*	0,400
	heizen nach festen Gewohnheiten: teilweise vs. nein	3,008**	0,402
	Konstante	45,660**	1,270
<b>N</b>		<b>505</b>	
<b>Pseudo R<sup>2</sup> (Nagelgerke)</b>		<b>0,415</b>	

Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

- Signifikante Effekte entsprechen weitgehend höchsten Thermostateinstellungen, aber Abluftanlage jetzt mit neg. Effekt
- Zusätzlich: teilweise Rollläden (+)
- Auffallend ist erneut großer Einfluss von Verhaltensroutinen und externem Kontext
- gute Erklärungskraft des Modells

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen – Heizen (KOSMA)

### Manuelle Nachtabsenkung und Absenkung bei Abwesenheit in der Normalwohnung



Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

- Suboptimales Verhalten beim Absenken ist stark verbreitet
- Nachtabsenkung: es gibt eine zentrale Nachtabsenkung auf 18 Grad, die den meisten Befragten jedoch nicht bewusst ist; Wissen hat keinen Einfluss auf manuelle Absenkung

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen – Heizen (KOSMA)

**Auftreten suboptimaler Verhaltensweisen: KEINE Absenkung in der Wohnung in Abhängigkeit von baulich-technischen und nutzerbedingten Parametern (log. Regressionen; Darstellung signifikanter Ergebnisse)**

		Manuelle Nachtabsenkung		Absenkung bei Abwesenheit	
		Modell 1		Modell 1	
		Exp(B)	Std.-Fehler	Exp(B)	Std.-Fehler
	Max. Thermostateinstellung in Whg. bei Anwesenheit	0,363**	0,117	0,422**	0,108
baulich-technische Merkmale	verbessert bis ambitionierter Standard vs. unsaniert	0,822	0,300	0,929	0,291
	teilsanierter Standard vs. unsaniert	0,493*	0,315	0,580+	0,306
	teilweise vs. keine Rollläden vorhanden	2,793*	0,498	2,213	0,488
Haushaltsmerkmale	(Fach-)Hochschulreife (Abitur) (Ref. Kein Abschluss)	0,371*	0,484	0,912	0,482
Psycholog. Faktoren	Verantwortungszuschreibung an Vermieter	1,164*	0,069	1,229**	0,067
	Kosteneinsparung als Motiv für Energiesparen	0,786	0,094	0,765**	0,093
Verhaltensroutinen	heizen nach festen Gewohnheiten: ja vs. nein	2,453**	0,305	1,850*	0,294
	heizen nach festen Gewohnheiten: teilweise vs. nein	1,903*	0,327	1,214	0,319
	Konstante	40,384**	1,220	45,318**	1,202
	<b>N</b>	<b>482</b>		<b>481</b>	
	<b>Pseudo R<sup>2</sup> (Nagelkerke)</b>	<b>0,342</b>		<b>0,291</b>	

Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

\* P < 0,05, \*\* p < 0,01; Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA

- Mittlere Erklärungskraft
- Kalter Tag n.s.
- Suboptimales Verhalten wird begünstigt durch heizen nach festen Gewohnheiten, Verantwortungszuschreibung an Vermieter
  - Nur bei Nachtabsenkung: teilweise Rollläden
- Hemmende Effekte: mittlere energet. Gebäudezustand, höchste Thermostateinstellung
  - Nur bei Nachtabsenkung: Bildungsstand
  - Nur bei Abwesenheit: Kosteneinsparung

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen

### – Lüften

#### Suboptimales Lüftungsverhalten

##### Operationalisierung Variante 1

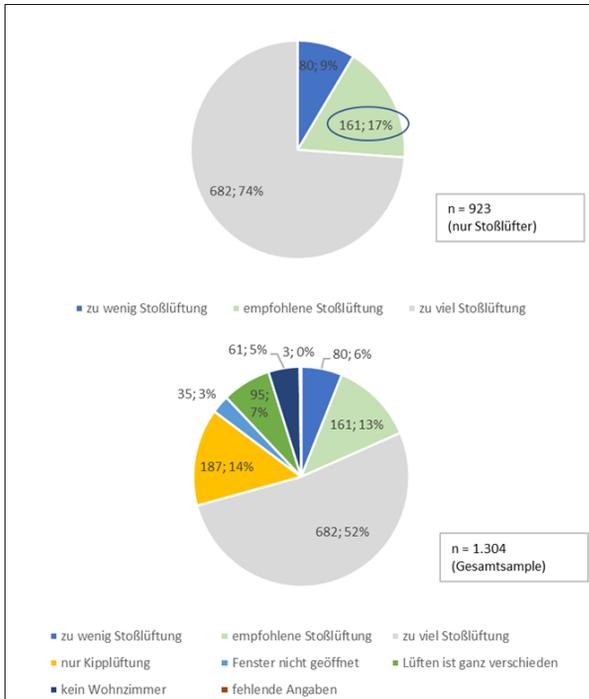
- suboptimal, wenn die Luftwechselraten aus raumhygienischer Sicht nicht sinnvoll sind (übermäßiges Lüften als auch zu wenig/gar kein Lüften)
- empfohlene tägliche (Stoß-)Lüftungsdauer nach CO2online:  
Dezember bis Februar: 5 Minuten gesamt  
November und März: 10 Minuten gesamt  
(dafür jeweils 3-4 Mal öffnen)

##### Operationalisierung Variante 2

- suboptimal, wenn der Heizenergieverbrauch infolge des Lüftens unnötig hoch ausfällt (nur überdurchschnittlich häufiges/langes Lüften betrachten)
- suboptimal, wenn durch das Lüftungsverhalten eines Haushaltes der Heizenergieverbrauch eines anderen Haushaltes unnötig hoch ausfällt (auf Basis von KOSMA und MOBASY nicht zu untersuchen)

## 4.2 „Suboptimale“ Verhaltensweisen – Lüften (KOSMA)

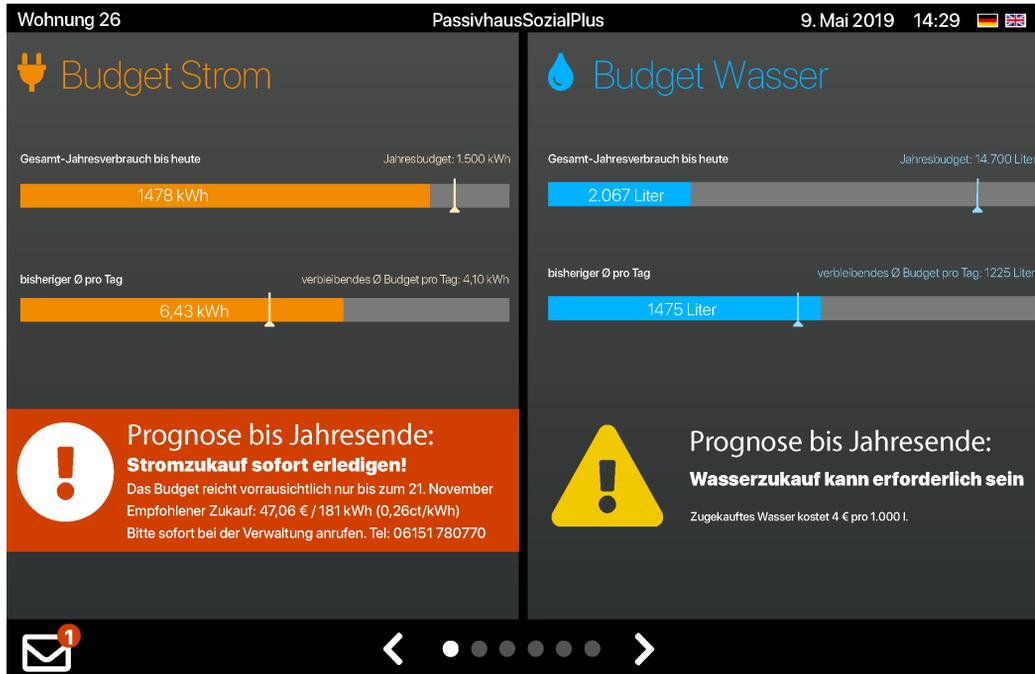
### Anteil der Befragten, die ihr Wohnzimmer in empfohlener Art und Weise lüften



Quelle: eigene Berechnungen, KOSMA; Werkstattbericht 3, Abb. 7-42

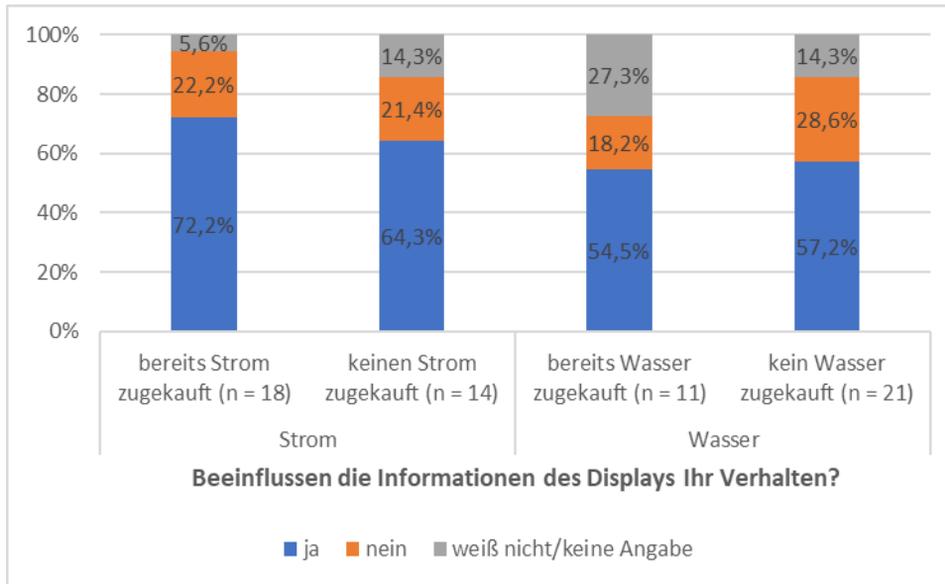
- Nur 17 % der Stoßlüfter lüften wie empfohlen; nur 13 % des Gesamtsamples
- 74 % der Stoßlüfter und 52 % des Gesamtsamples lüften länger als aus raumhygienischer Sicht notwendig
- 9 % der Stoßlüfter lüften zu wenig; bezogen auf das Gesamtsample sind es ebenfalls 9 % bei Berücksichtigung von Haushalten, die gar nicht lüften
- **Multivariate Analyse** (log. Reg. mit AV suboptimal = länger als empfohlen; nur Stoßlüfter) ergibt geringe Erklärungskraft von < 20 %
- Suboptimales Verhalten begünstigt durch:
  - Kalter Tag
  - Verbessertes Standard, Abluftanlage
  - Heizen nach Bedarf, nach festen Gewohnheiten

## 4.3 Feedback, Pauschale Abrechnungen (MOBASY TP B)



Quelle: Bewohnerzufriedenheit und Nutzerverhalten im PassivhausSozialPlus in Darmstadt. Ergebnisse einer Mieterbefragung (unveröffentlichter Bericht, in Arbeit).

## 4.3 Feedback, Pauschale Abrechnungen (MOBASY TP B)

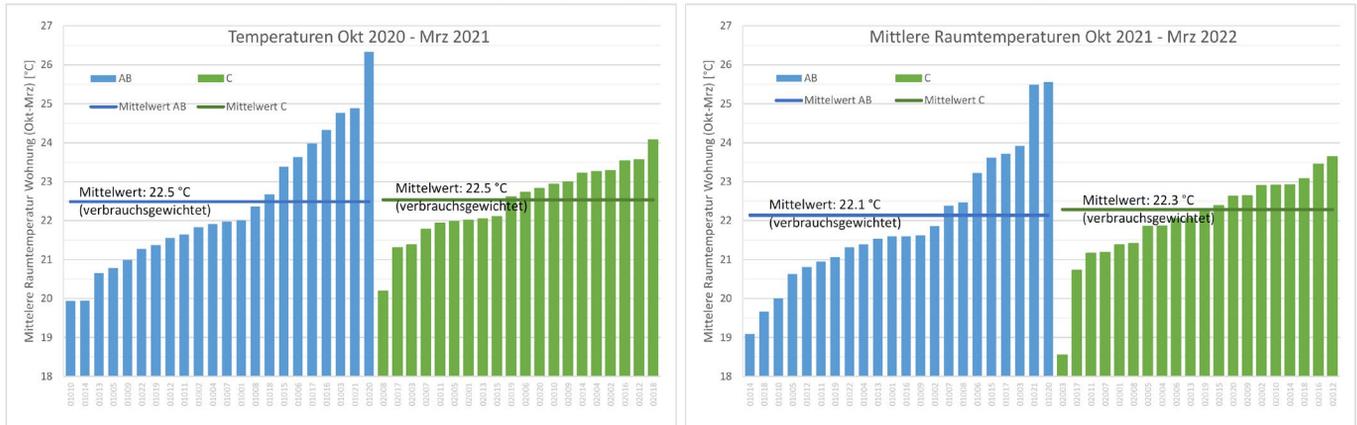


Quelle: Bewohnerzufriedenheit und Nutzerverhalten im PassivhausSozialPlus in Darmstadt. Ergebnisse einer Mieterbefragung (unveröffentlichter Bericht, in Arbeit).

- 2/3 der Befragten finden das Display sehr bzw. eher sinnvoll
- Nach Eigenaussage beeinflussen die Informationen des Displays das Strom- bzw. Wassernutzerverhalten bei mindestens die Hälfte der Befragten

## 4.3 Feedback, Pauschale Abrechnungen (MOBASY TP B)

**Bild 31:** Mitteltemperaturen der Wohnungen in der Heizperiode aufsteigend sortiert (Bestandsgebäude in blau, Neubau in grün) 2020/21 (links) und 2021/22 (rechts)

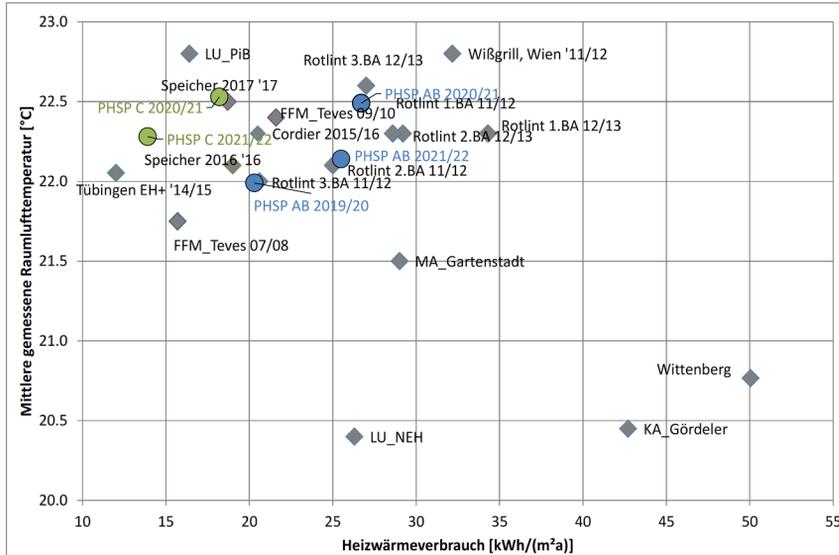


Quelle: MOBASY PassivhausSozialPlus – Endbericht (unveröffentlichter Bericht, in Arbeit).

- Größere Streuung der mittleren Raumtemperaturen innerhalb des modernisierten Bestandsgebäudes (Heizkörper und damit individ. Regelung vorhanden)
- Im Neubau (PH, keine individuelle Heizkostenabrechnung, Heizkörper nur im Bad vorhanden): geringere Streuung
- **Aber: MW nahezu identisch**, BewohnerInnen überwiegend zufrieden mit Raumtemperaturen, höhere Zufriedenheit in Neubau

## 4.3 Feedback, Pauschale Abrechnungen (MOBASY TP B)

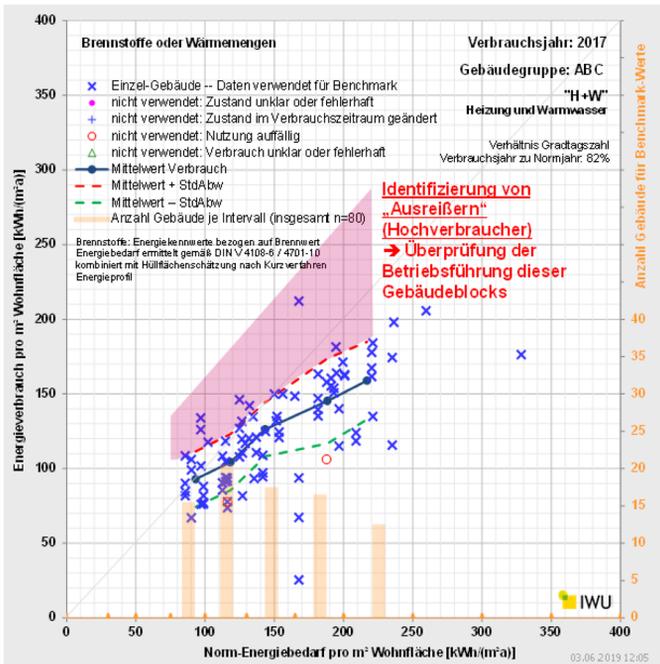
**Bild 59:** Auswertung unterschiedlicher energieeffizienter Gebäude: gemessene Raumtemperatur in Abhängigkeit des gemessenen Heizwärmeverbrauchs



Quelle: MOBASY PassivhausSozialPlus – Endbericht (unveröffentlichter Bericht, in Arbeit).

- Farbige markierte Messpunkte identifizieren die PassivhausSozialPlus Gebäude (PHSP)
- Sie liegen im unteren Bereich der Heizwärmeverbräuche und im mittleren Bereich bei den Raumtemperaturen, d.h. kein Einfluss der pauschalen Heizkostenabrechnung auf die Höhe der Verbräuche sichtbar

# 5. Identifikation von Fehlern im Heizungssystem und Fehlverhalten



Zusammenhang zwischen dem gemessenen Energieverbrauch (y-Achse) und dem berechneten Energiebedarf (x-Achse) für die untersuchten Gebäude  
© IWU

Quelle: Loga, Tobias; Swiderek, Stefan; Grafe, Michael: Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks. Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens. [LINK](#)

## Beschaffung und Prüfung zusätzlicher Unterlagen

- Verbrauchsdaten Vorjahre, Verbrauchsdaten Wohnungsebene, Verbrauchsdaten auf Monatsbasis oder halbmonatlich
- Modernisierte Gebäude: Baustellendokumentation, Abrechnungen

## Begehung

- Monatswerte Zähler auslesen
- Aktueller Betriebszustand (Vorlauf-/Rücklauftemperaturen der Heizungs-, Warmwasser- und ggf. Solarkreise)
- Einstellung der Regelung (Logbuch für Regelungs- und Pumpeinstellungen): Heizkurven, Umschalttemperatur Sommer/Winterbetrieb
- Vgl. des baulichen Zustands mit Zustandsdatenbank
- in Heizzeit: Anteil der geöffneten Fenster erfassen, ggf. Hinweis auf Übertemperaturen

## 6. Fazit

- Vielzahl an Gründen, die zu einer fehlenden Übereinstimmung von Bedarf und Verbrauch führen
  - Einfaches Modell zur Bedarfsanpassung nach standardisierten Parametern (z.B. Soziodemographie) daher nicht realistisch; techn. Verteilverluste müssen beachtet werden
- Hinweise auf suboptimale Verhaltensweisen
- Festlegung von Grenzwerten sollte von energetischem Gebäudezustand/ Gebäudetechnik abhängen; maßgeblich ist v.a. die maximale (Soll)Temperatur im Tagesverlauf

# 6. Fazit

**Tab. 1: Tabelle zu Kap. 2.3 – Aus den Parameterstudien abgeleitete und vereinfachte Aussagen zum Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch von Gebäuden („Daumenregeln“)**

Einflussgröße	Aktivität	Änderung des Parameters um	Altbau unsaniert	Altbau modernisiert / Niedrigenergiehaus**	Passivhaus
			Änderung des <b>Endenergiebedarfs</b> (Annahme: Zentralheizung mit Kombikessel)		
Raumtemperatur	Thermostat einstellen	+ 1 K	+ 29 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Luftwechsel	über Fensterlüftung	+ 0,1 1/h	+ 8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 6 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Anlagenluftwechsel einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	+ 0,1 1/h	+ 0,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 0,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 0,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Fensteröffnung	Balkontür kippen	+ 1 h/d	+ 3 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 3 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Balkontür ganz öffnen	+ 1 h/d	+ 16 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 16 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 12 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Balkontür kippen	8 h/d, z.B. nachts	+ 23 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 23 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 16 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	(kleines) Fenster kippen	8 h/d, z.B. nachts	+ 10 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 10 kWh/(m <sup>2</sup> a)*	+ 7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Teilbeheizung	Nachtabsenkung gesamte Wohnung	- 3 K	- 30 kWh/(m <sup>2</sup> a)	- 12 kWh/(m <sup>2</sup> a)	- 2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Teilbeheizung	30 % der Wohnfläche	- 15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	- 3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	- 1 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Wärmequellen	Personenbelegung	+ 1 Bewohner			- 1,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Verschattung/ Verschmutzung	Abminderungsfaktor: - 0,1	- 1,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)	- 1,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)	- 1,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Innere Wärmequellen	- 1 W/m <sup>2</sup>	+ 7 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	+ 3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Warmwasser	Personenbelegung EFH	+ 1 Bewohner	+ 898 kWh/a	+ 898 kWh/a	+ 898 kWh/a
	Personenbelegung MFH	+ 1 Bewohner	+ 793 kWh/a	+ 793 kWh/a	+ 793 kWh/a

\*) grobe Abschätzung/ Hochrechnung auf Basis von Vergleichswerten

\*\*) „Niedrigenergiehaus“: vergleichbar mit dem Neubaustandard nach EnEV 2009

Zusätzlich relevant:

- Personen, mit erhöhtem Wärmebedürfnis (Alter, Gesundheit)
- Eckwohnungen
- Wenig genutzte Zweit-/Ferienwohnungen (u.a. wg. Wärmever-schiebungen Nachbarn)

Quelle: Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen (2019). [Link](#)

## 6. Fazit

- Wo/Wie könnte Kairos ansetzen, um Fehlverhalten zu „detektieren“ und zu optimieren bzw. wodurch könnten Sparanreize gesetzt werden (Feedback)?
  - Engmaschiges Monitoring zum Zusammenspiel Raumtemperatur, Solltemperatur u. Fensteröffnung (= Knackpunkt u. größtes Sparpotenzial)
  - Information: kalte Tage, Absenkung
  - Feedback: ggf. mittlere Raumtemperatur u. Thermostateinstellung, Temperaturabfall (Fensteröffnung) bzw. Anspringen Heizung, Status Budget/Nachzahlung
  - Frostschutz: Mindesttemperatur festlegen

# ***Wärmenutzungsverhalten in unterschiedlichen Gebäudestandards***

**Dr. Ina Renz, Ines Weber**  
***Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt***

[i.renz@iwu.de](mailto:i.renz@iwu.de)

[i.weber@iwu.de](mailto:i.weber@iwu.de)

11. Oktober 2023