

# **Datenerhebung und Analyse der Heizenergieeffizienz mit Smart Home Technologien**

**Tobias Rehm<sup>1</sup>, Prof. Dr. Thorsten Schneiders<sup>1</sup>, Prof. Dr. Frank Scholzen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Technische Hochschule Köln | <sup>2</sup>Universität Luxembourg

**Graz, 14.-16.02.2024**

18. Symposium Energieinnovation (EnInnov2024)

Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## 1. Hintergrund & Motivation

Gesetzliche Rahmenbedingungen



## 2. Methodik

Forschungsprojekt & Untersuchungsdesign

Vorstellung des Anwendungstests



## 3. Ergebnisse

Erste Auswertungen zum Heizverhalten und -verbrauch



## 4. Zusammenfassung & Ausblick





# **Hintergrund & Motivation**

# Hintergrund zum Projekt

In privaten Haushalten werden rund 70 % für Raumwärme aufgewendet

(DENA-Gebäudereport, 2022)



Gestiegene Energiepreise



Folgen des Klimawandels & Nachhaltigkeitsbestreben



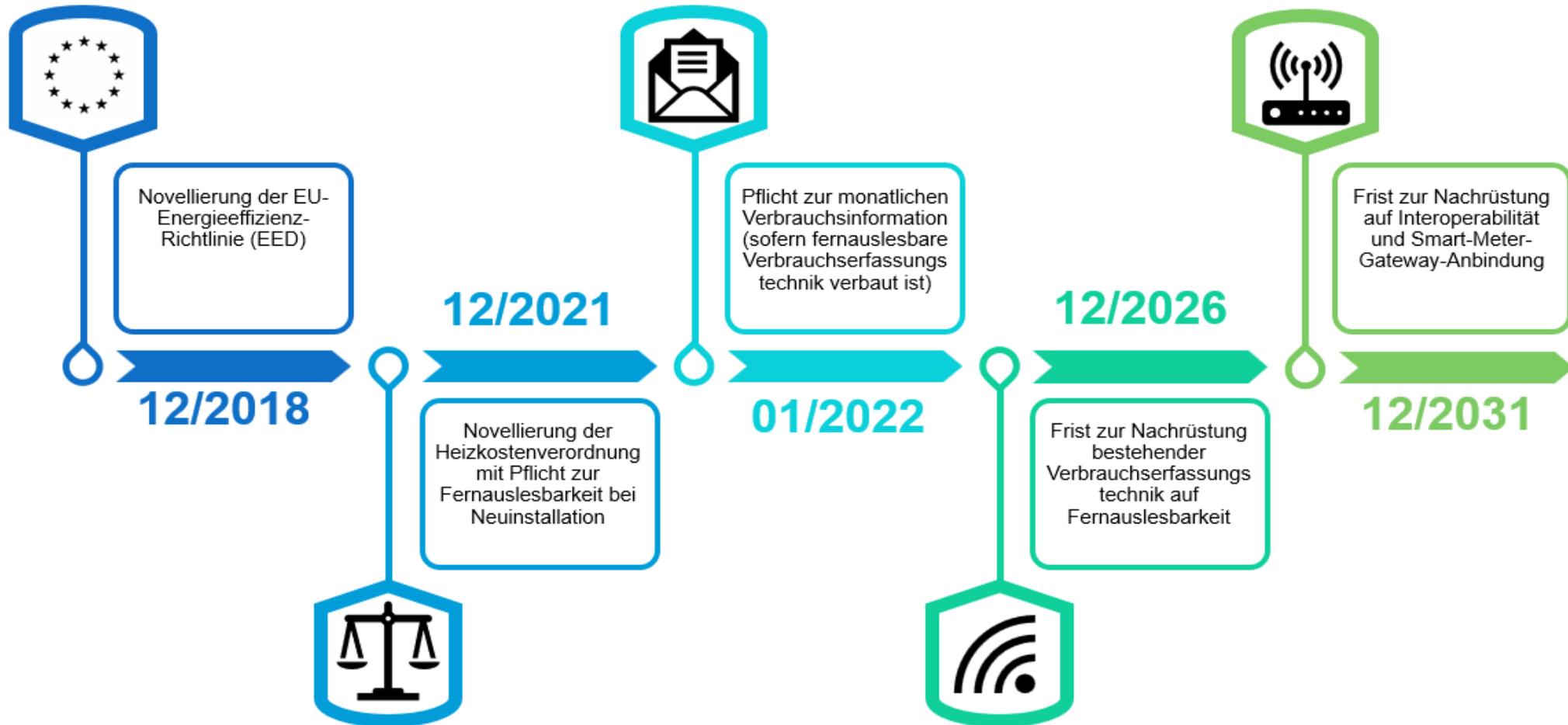
Neue Technische Lösungen durch die Digitalisierung (z.B. Smart Home-Anwendungen)



Aktuelle Gesetze (z.B. EED, HKVO-Novelle, GEG)

# Hintergrund und Gesetzesgrundlage

Die unterjährige Verbrauchsinformation (UVI) entstammt aus der novellierten Heizkostenverordnung in 2021 als Folge der Erneuerung der EU-Energieeffizienzrichtlinie in 2018



Quellen: HKVO, 2021 ; Starcevic (2023); TH Köln

# Methodik

Datenerhebung & Anwendungstest  
im Forschungsprojekt Smart User Interfaces



Wuppertal  
Institut



EBZ Business  
School  
University of Applied Sciences

Technology  
Arts Sciences  
TH Köln

# Forschungslücke & Projektziele

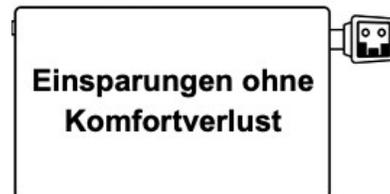
Mensch-Technik-Schnittstellen (User Interface) für Energieeffizienz und -suffizienz gestalten

## Forschungslücke:

### Mensch-Technik Interaktion verstehen

- **(Wärme-) Energiesparpotential:** Bis zu -30% in Bestandsgebäuden, ohne Komfortverlust
- **User Interface für Energie-Produkte:** Bislang kleine Zielgruppe, Energie wenig attraktiv im Konsumenten-Markt, noch weniger für Mietende
- **Bedürfnisse und Erwartungen:** Neben Energieeffizienz und -suffizienz wird mittelfristig auch Flexibilisierung von Energienachfrage relevant

Ich kann 30 %  
Energie einsparen



## Projektziele:

Mensch-Technik Schnittstellen gestalten

- **Gestalterische Ansätze für Feedback-Funktionen:** Prototypen für optimale User Interfaces explorieren und gestalten
- **Praxisnahe Tests:** Umsetzung eines UseLAB, qualitative und quantitative Befragungen
- **Hersteller-Guidelines:** Austausch mit Expert\*innen aus Politik, Wirtschaft und Technik
- **Wohnungswirtschaft-Konzept:** Möglichkeiten für die Implementierung

Dann mach auch!



# WISE-I: Forschungsdesign

Projektaufbau und empirische Zugänge

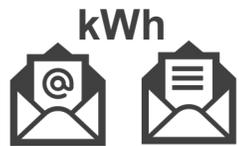
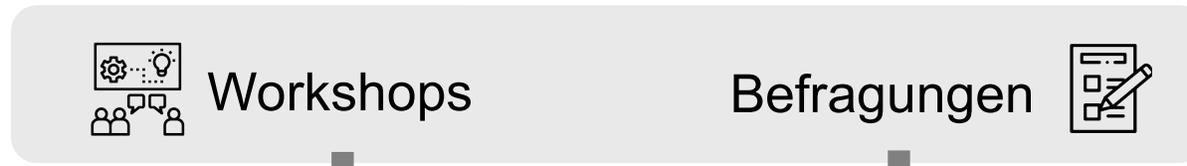
Technology  
Arts Sciences  
TH Köln



In Kooperation mit:



tado° Asset Hub



Quelle: WISE-I

# Datenerhebung im Testgebäude

Ausstattung jeder zweiten Wohnung mit Smart Home Thermostaten (n=63)  
Heizperiode (2023/2024)

Smart Home Thermostaten (SHT)  
an jedem Heizkörper:

- Ist-Temperatur [°C]
- Soll-Temperaturen [°C]
- Ventilstellung am Heizkörper [0-100%]
- Rel. Luftfeuchtigkeit [%]

Heizkostenverteiler und Wärmemengenzähler auf Wohnungsebene:

- Heizenergieverbrauch [kWh/Monat]
- Warmwasserverbrauch [kWh/Monat]

Lage der ausgestatteten  
Wohnungen im Gebäude

Etage	Links (75,52 m <sup>2</sup> )	Links-Mitte (63,12 m <sup>2</sup> )	Rechts-Mitte (63,12 m <sup>2</sup> )	Rechts (75,52 m <sup>2</sup> )
7	5 SHT			
6	5 SHT			
5	4 SHT	4 SHT		5 SHT
4	5 SHT			5 SHT
3	5 SHT	4 SHT		4 SHT
2	4 SHT	4 SHT		5 SHT
1	4 SHT			



Ausgestattet



Nicht ausgestattet

# Ergebnisse

Auswertung der gesammelten Daten von Smart Home Thermostaten und der unterjährigen Verbrauchsinformationen für Dezember 2023

# Analyse der Temperaturen

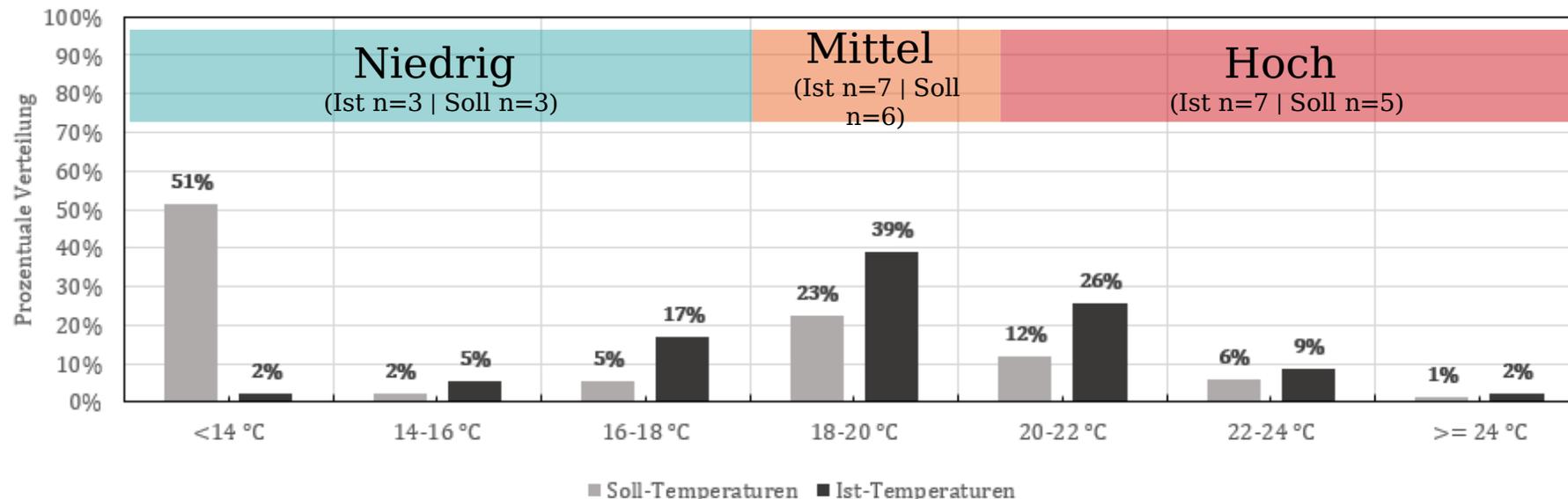
Mehr als die Hälfte der Räume wird nicht beheizt

## Häufigkeiten der eingestellten (Soll) und gemessenen (Ist) Temperaturen

- Mehrheit der Ist-Temperaturen liegt zwischen 18-20°C
- Mehr als die Hälfte der Solltemperaturen sind unter 14°C (unbeheizte Räume)

## Bewertung des Temperatur-Niveaus aller Wohnungen

- Bewertung der mittleren Soll- und Ist-Temperaturen je Wohnung (hoch, mittel, niedrig)
- Grenzwerte basieren auf empfohlenen Raumtemperaturen Quellen: Umweltbundesamt (2023), Verbraucherzentrale NRW (2023), Verivox (2023)
- Außentemperatur im Mittel 6,8°C für Dez. 2023



### Bewertung der Standardabweichung

- Niedrige Standardabweichung: Geringe Varianz, geringe Temperaturschwankungen
- Hohe Standardabweichung: Hohe Varianz, hohe Streuung der Temperaturen

Heizverhalten (Einordnung)	Ist-Temperatur (Anzahl Wohnungen)	Soll-Temperatur (Anzahl Wohnungen)
Schwankend ( $\sigma > 2$ )	2	4
Moderat ( $\sigma \geq 0,8 \mid \sigma \leq 2$ )	11	7
Konstant ( $\sigma < 0,8$ )	1	3

### Ist-Temperaturen

- Zwei Wohnungen als Ausreißer (schwankend)
  - sprunghafte Veränderungen
  - häufiges Lüften

### Soll-Temperaturen

- Deutlich stärkere Schwankungen
  - Manuelle Bedienung
  - Nutzung von Zeitplänen (Planprofil)
- Konstante Solltemperaturen sprechen für Durchheizprofil

### Offset

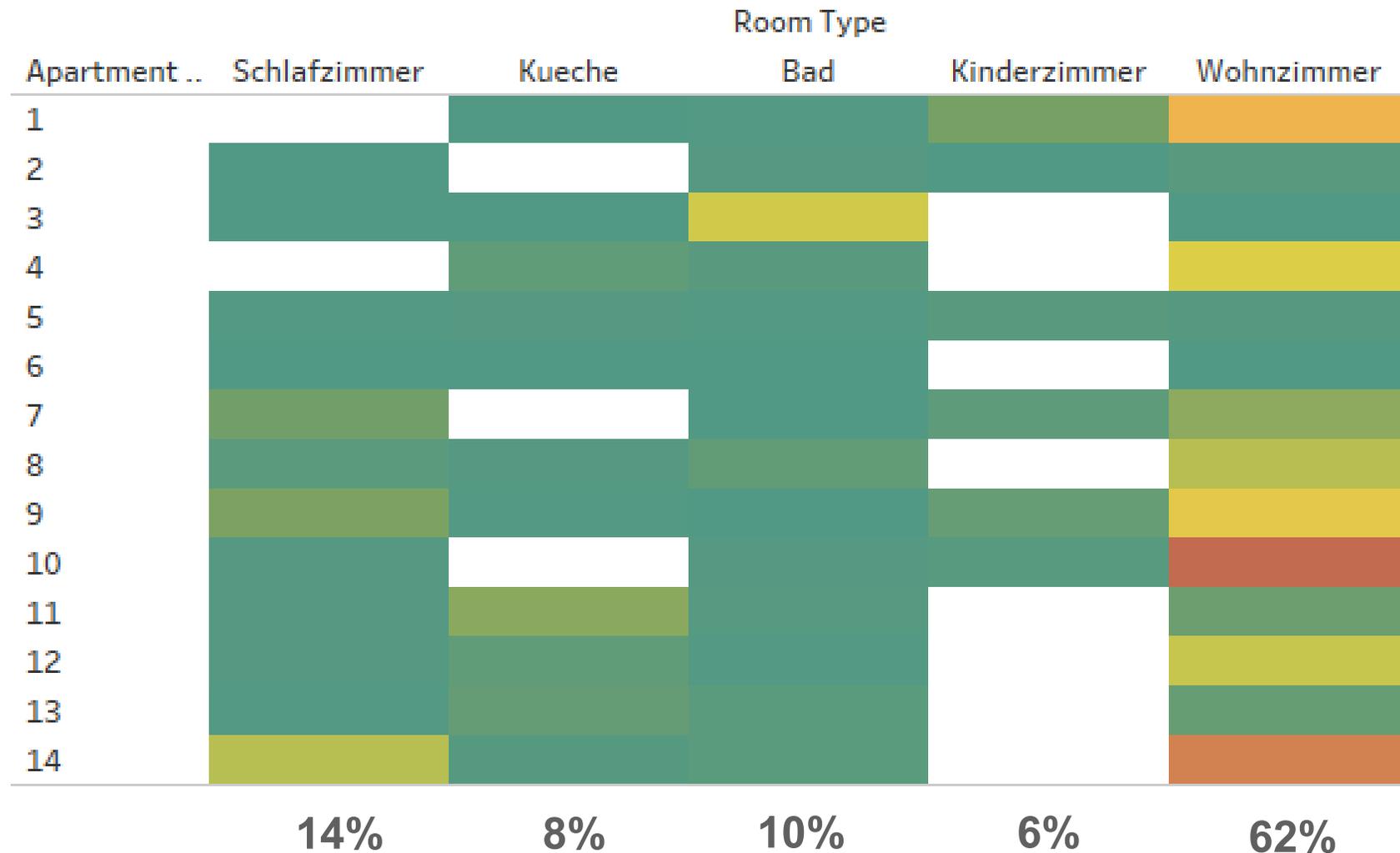
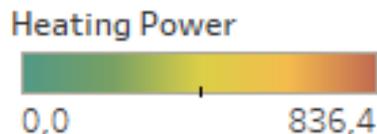
- Versatz zwischen Soll- und Ist-Temperatur zeigt Regelverhalten der Thermostate

# Heizleistung (Ventilstellung am Heizkörper)

Smarte Thermostate als Indikator für die Verteilung der Wärme in der Wohnung

## Heatmap

- Visualisierung der Räume die am meisten beheizt werden
- Aufsummierte Heizleistungen (0-100%) der Smart Home Thermostate
- Wohn- und Schlafräume werden vorrangig beheizt, Bad und Küche zu einem geringen Anteil

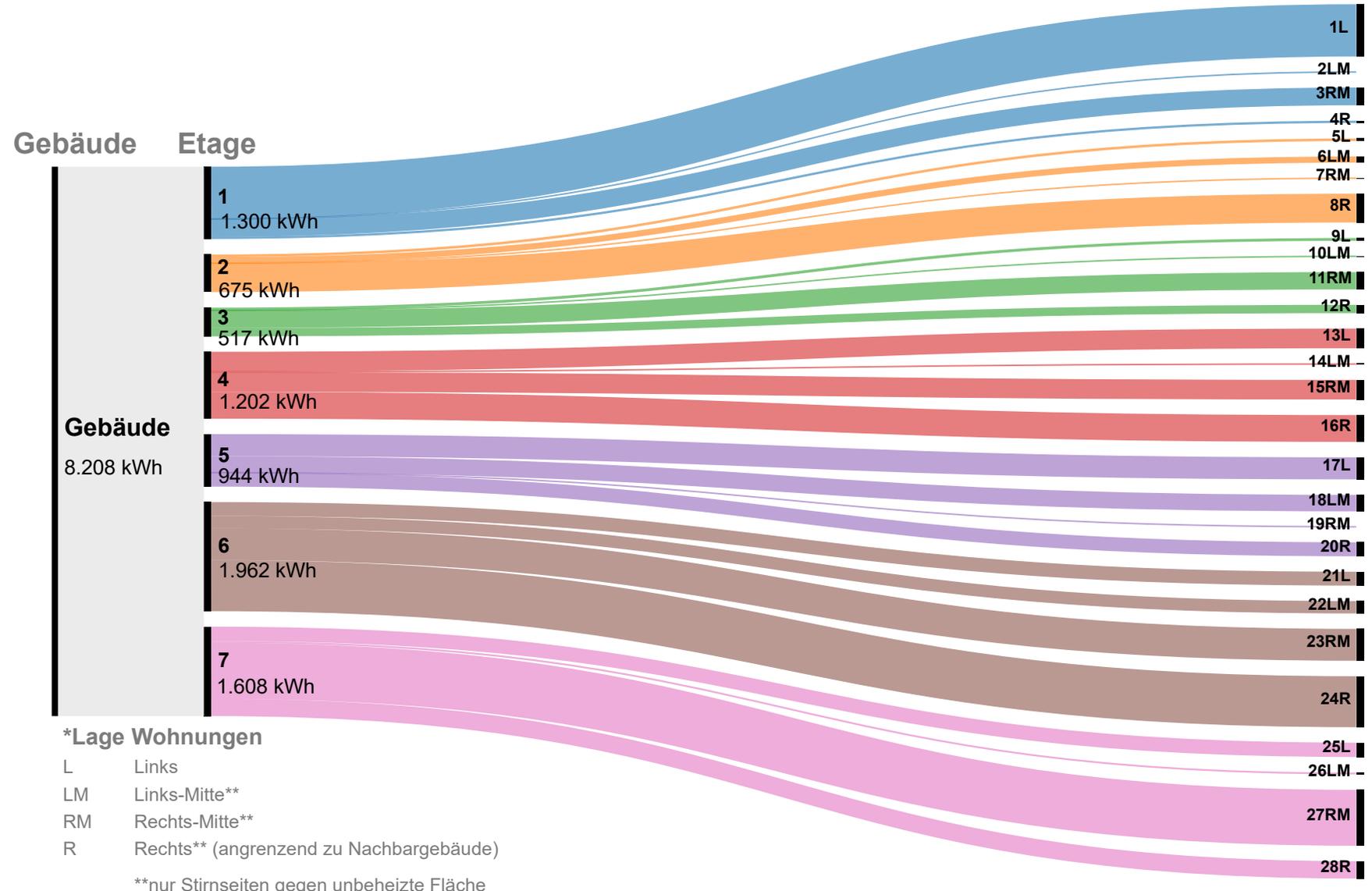


# Heizenergieverbräuche Dezember 2023

Benchmarking der Wohnungen nach Verbrauch und Lage

Wohnung\*

- Lage der Wohnung hat keinen direkten Einfluss auf den Verbrauch
- Vermutung individuelles Heizverhalten
- Weitere Kategorisierung nach Verbrauchstypen



\*Lage Wohnungen

- L Links
- LM Links-Mitte\*\*
- RM Rechts-Mitte\*\*
- R Rechts\*\* (angrenzend zu Nachbargebäude)

\*\*nur Stirnseiten gegen unbeheizte Fläche

## Normierung des Verbrauchs für Vergleich verschiedener Wohnungen

- Normierter flächenbezogener Verbrauchswert nach VDI 2077 (Blatt 3.5)
- Vergleich des Energieverbrauchs, unabhängig von der Wohnungsgröße
- Klassifizierung des Verbrauchs nach Verbrauchstypen (nach BaltBest-Studie)
  - 32% ohne oder geringfügiger Verbrauch
  - 7% sparsamer Verbrauch
  - 39% normaler Verbrauch
  - 22% überdurchschnittlicher Verbrauch
- Kontrollgruppe nicht ausgestattete Wohnungen (n=14) im selben Gebäude
  - Durchschnittlicher Mehrverbrauch von ca. 10% im Dezember 2023 ohne Ausstattung

Verbrauchstypen (Einordnung)	Verteilung in Gebäude (Anzahl Wohnungen)
Nicht-Heizer ( < 0,2)	9
Sparfüchse ( >= 0,2   < 0,5)	2
Normal-Verbraucher ( >= 0,5   < 1,5)	11
Viel-Verbraucher ( >= 1,5   < 2,5)	3
Power-User ( >= 2,5)	3

$$\hat{v}_j = \frac{v_j}{\bar{v}} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n v_j$$

: Normierter Verbrauchswert  
: Flächenbezogener Verbrauchswert je Wohneinheit [kWh/m<sup>2</sup>]  
: Mittelwert flächenbezogenen Verbrauchswerte der Wohneinheiten [kWh/m<sup>2</sup>]

# **Zusammenfassung & Ausblick**

### Zusammenfassung

- ✓ 14 von 28 Mietwohnungen mit Smart Home Thermostaten (n=63) ausgestattet
- ✓ Erste Auswertungen und Kategorisierung des Heizverhaltens durchgeführt

### Untersuchte Parameter

- ✓ Bewertung der Temperatur-Niveaus
- ✓ Soll-Ist-Vergleich (Offset) der Raumtemperaturen
- ✓ Heizleistung (Ventilöffnungen am Heizkörper)
- ✓ Heizenergieverbrauch (Verbrauchsverhalten)

### Ausblick

- Korrelation diverser Parameter mit dem Verbrauch und Untersuchung von Langzeiteffekten geplant
- Berücksichtigung externer Faktoren wie Außentemperaturen, Wohnungslage und Smart Home Automation
- Aufdeckung von Fehlverhalten und Ableitung von Feedback
- Durchführung von weiteren Experimenten zum Feedback (Nudges, Gamification-Ansätze)

## Danksagung

Wir danken dem Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie (MWIKE) des Landes Nordrhein-Westfalen (DE) für die Förderung dieses Projektes (Förderkennzeichen: EFO/0150B).

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Tobias Rehm, M.Sc.**

Technische Hochschule Köln

[tobias.rehm@th-koeln.de](mailto:tobias.rehm@th-koeln.de)

+49 0221 8275 2417

Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



DeWaters, J., & Powers, S. (2013). Establishing Measurement Criteria for an Energy Literacy Questionnaire. *The Journal of Environmental Education*, 44(1), 38–55. <https://doi.org/10.1080/00958964.2012.711378>

Nicholls, L., Strengers, Y., & Sadowski, J. (2020). Social impacts and control in the smart home. *Nature Energy*, 5(3), 180–182. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0574-0>

Öko-Institut. (2019). Smart Home—Energieverbrauch und Einsparpotenzial der intelligenten Geräte. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Smarthome-Stromverbrauch.pdf>

Umweltbundesamt (Hg.) (2021): Leitfaden für Heizenergie-Verbrauchsinformationen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/leitfaden-fuer-heizenergie-verbrauchsinformationen>, zuletzt aktualisiert am 01.11.2022, zuletzt geprüft am 01.11.2022.

Rehm, T. W., Schneiders, T., Strohm, C., & Deimel, M. (2018). Smart Home Field Test – Investigation of Heating Energy Savings in Residential Buildings. 2018 7th International Energy and Sustainability Conference (IESC), 1–8. <https://doi.org/10.1109/IESC.2018.8439985>

Wright, D., & Shank, D. B. (2020). Smart Home Technology Diffusion in a Living Laboratory. *Journal of Technical Writing and Communication*, 50(1), 56–90. <https://doi.org/10.1177/0047281619847205>

Umweltbundesamt. "Richtiges Heizen schützt das Klima und den Geldbeutel." Zugriff am: 30. Oktober 2023. [Online.] Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/heizen-bauen/heizen-raumtemperatur#gewusst-wie>

Verbraucherzentrale NRW e.V. "Heizung optimieren und Heizkosten sparen | Verbraucherzentrale.de." Zugriff am: 30. Oktober 2023. [Online.] Verfügbar: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/heizen-und-warmwasser/heizung-optimieren-und-heizkosten-sparen-30096>

Verivox GmbH. "Optimale Raumtemperatur – Überall die ideale Temperatur | VERIVOX." Zugriff am: 30. Oktober 2023. [Online.] Verfügbar: <https://www.verivox.de/gas/themen/raumtemperatur/>

V. Grinewitschus, H. Kubitzka, K. Fransen und S. Jurkschat, "BaltBest - Einfluss der Betriebsführung auf die Effizienz von Heizungsanlagen im Bestand: Abschlussbericht," 2022.