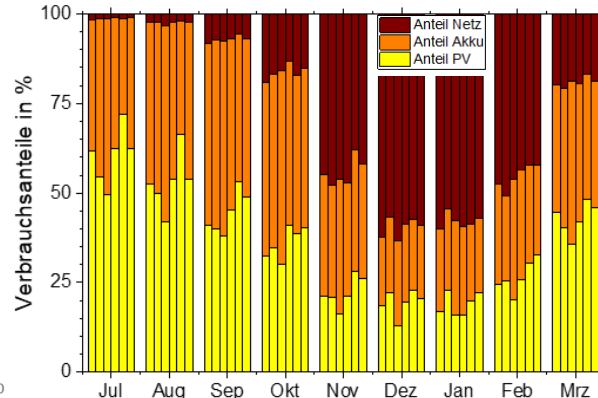
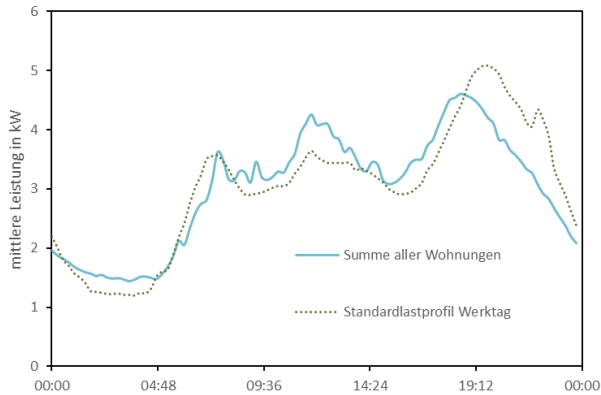


Nutzereinfluss auf den Energiebedarf über 1 ½ Jahre Monitoring



M. Sc. A. Gäbler, Sommerworkshop EVERSOL, Cottbus, 27.08.2020

Co-Autoren: Dr.-Ing. T. Storch, M. Sc. E. Reichel, Prof. Dr.-Ing. T. Fieback

Mit freundlicher Unterstützung von:

Kenndaten der beiden Häuser

Kenngroße Sonnenhaus	Haus 1	Haus 2
Heizwärmebedarf (kWh/m ² /a) *	15,58	15,59
Primärenergiebedarf (kWh/m ² /a) *	8,40	8,41
Solare Deckung Wärme (%) **	65	55
Anzahl Wohneinheiten	7	7
Wohnfläche (m ²)	634,2	634,2
Strombedarf (kWh/WE) **	2.500	2.500
Solare Deckung Strom (%) **	77	70

* Aus EnEV-Energieausweis; ** Simulationen für 6 WE-Variante

Weitere Highlights:

- Warm- und Kaltwasseranschluss an Spül- und Waschmaschinen



Heizenergie mit Nutzereinfluss

Energieausweis: 15,6 kWh/m²

Randbedingung: T_{Raum} 19 °C

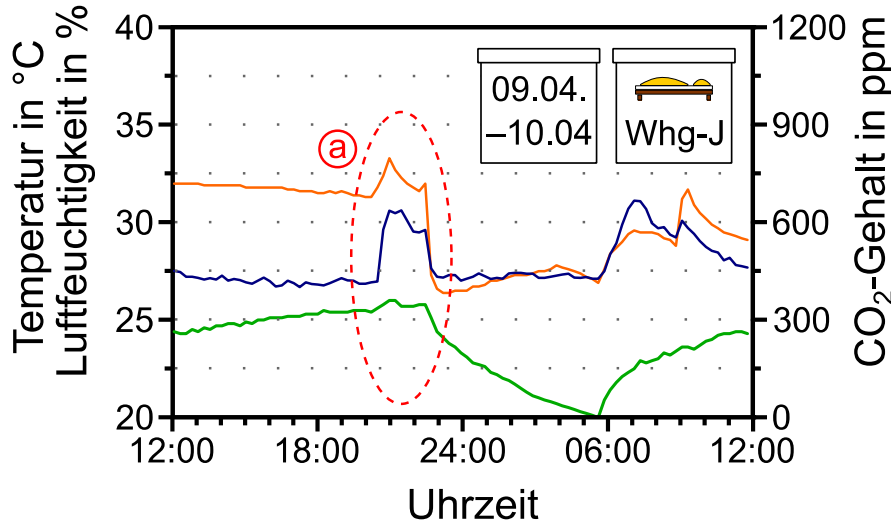
Messungen: T_{Raum} 22 – 25 °C

Simulation: 17,6 kWh/m²

(jeweils bei geschlossenen Fenstern)

Abkühlung der Wohnungen durch geöffnete Fenster in der Nacht

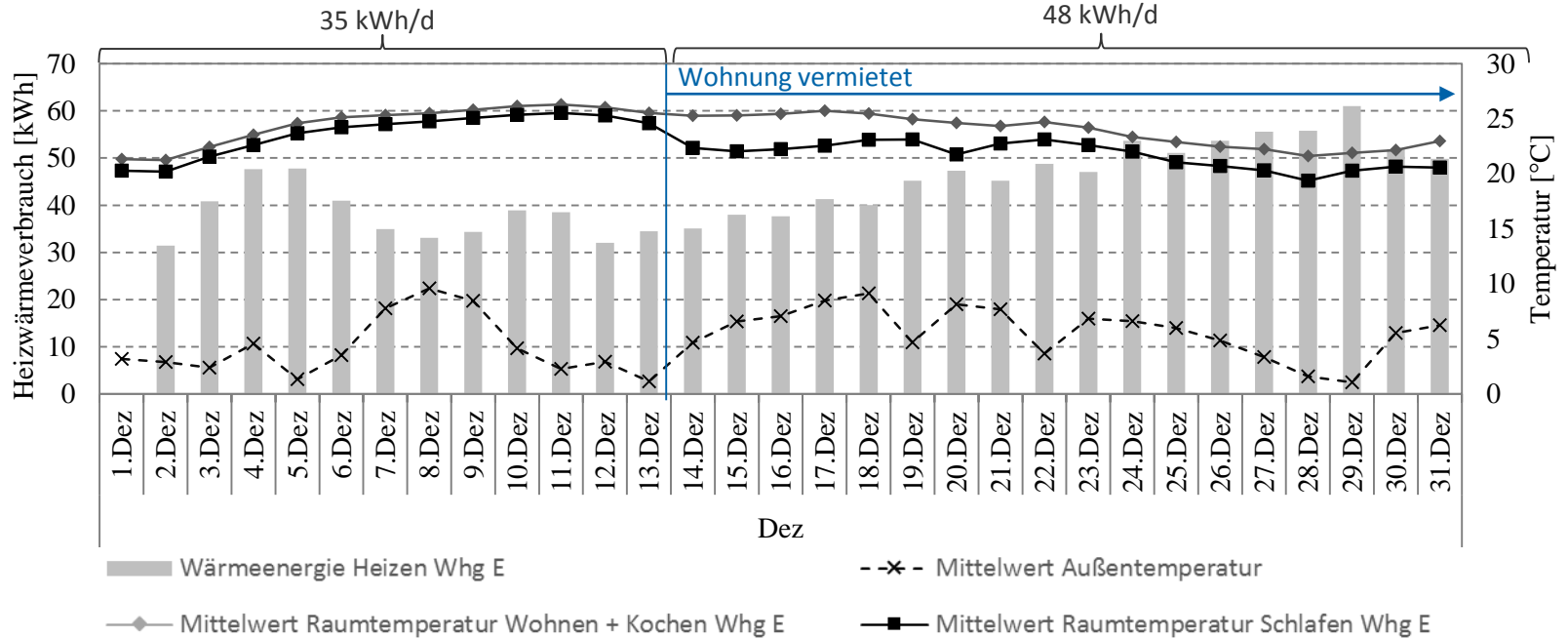
→ zusätzlicher Heizaufwand!



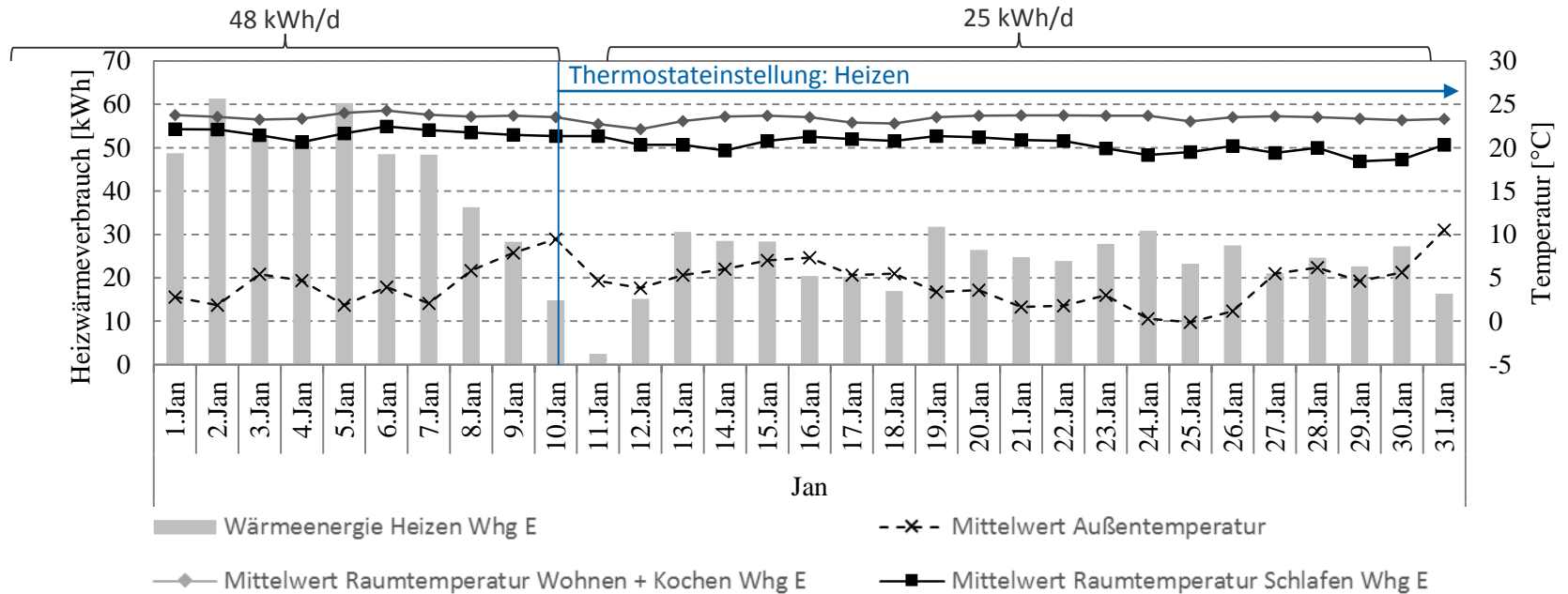
— Luftfeuchtigkeit — Raumtemperatur — CO₂-Gehalt

08.04.–14.04. Whg-L	
Messwerte	Profil 1
184,03 kWh	009,71 kWh

Änderung bei Einzug



Anpassung Thermostat



Veränderung Heizwärme nach Ereignissen

13.12.2019: Einzug

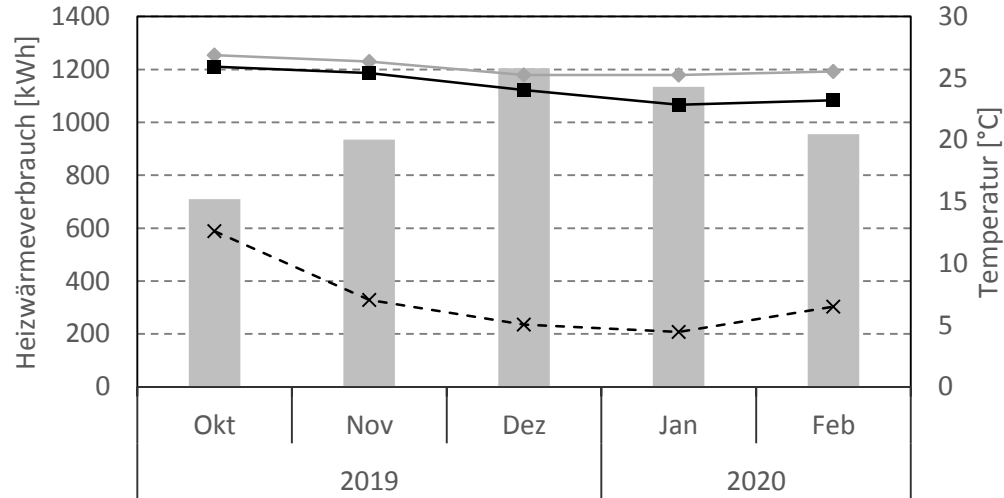
- häufigere Fensterlüftung
- Raumtemperatur sinkt
- Wärmeverbrauch steigt
- Änderung: +37%

10.01.2020: Einstellung Thermostat:
Kühlen → Heizen

- Raumtemperatur bleibt konst.
- Wärmeverbrauch sinkt
- Änderung: - 48%

■ Wärmeenergie Heizen Whg E

—◆— Mittelwert Raumtemperatur Wohnen + Kochen Whg E



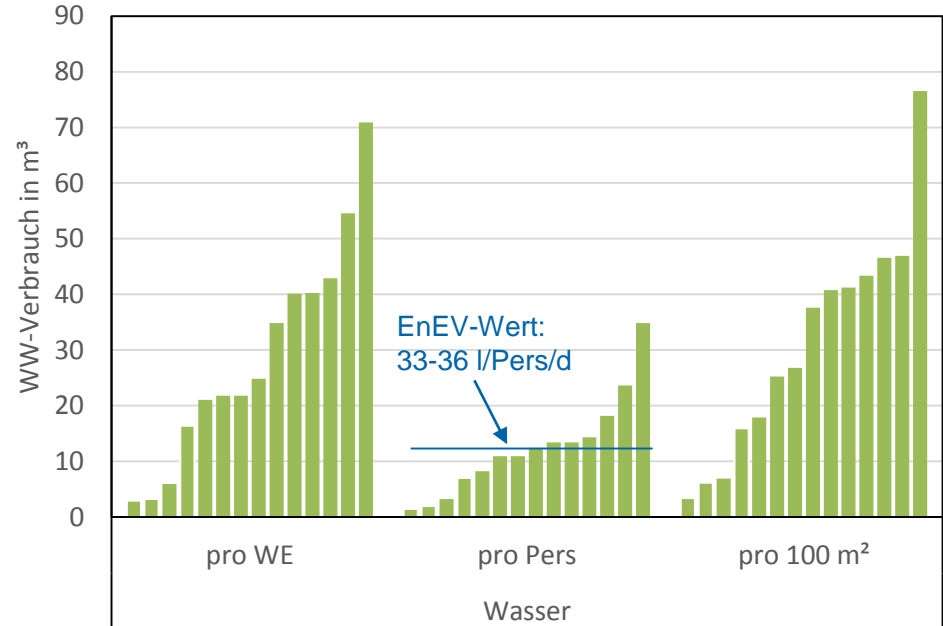
- -x- - Mittelwert Außentemperatur

—■— Mittelwert Raumtemperatur Schlafen Whg E

Bandbreite des individuellen Verbrauchs: Wasser

Verbrauchsprognose aus Messwerten im vermieteten Zustand (ohne saisonale Effekte)

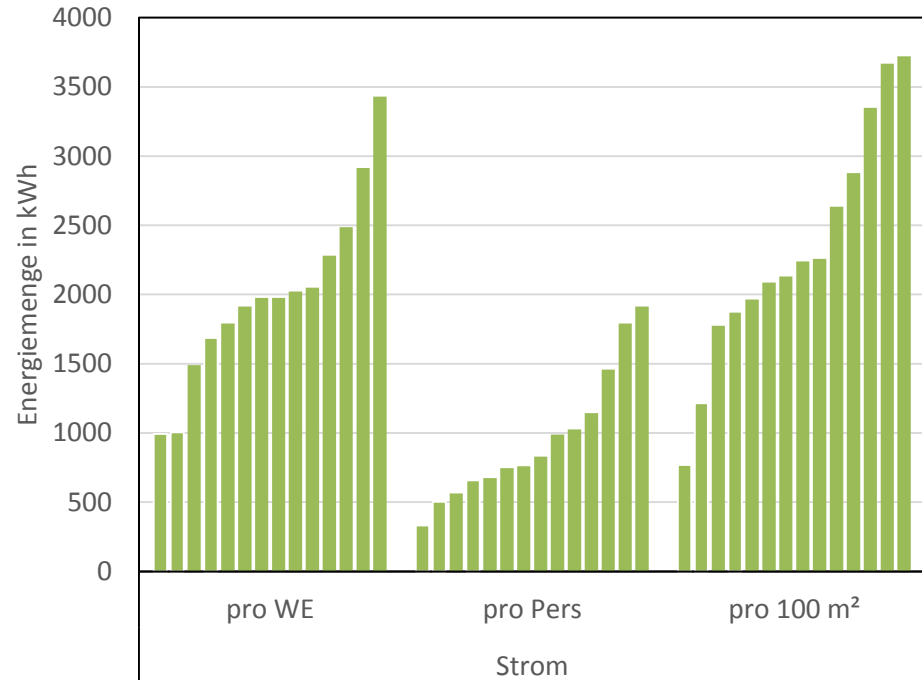
- Verteilungsfunktion unterscheidet sich nach Bezugsgröße
- Plateau bei mittleren Werten
- Viel- und Geringverbraucher vorhanden, gleichen sich aus
- Keine besonderen Ausreißer, die auf missbräuchliches Verhalten hindeuten



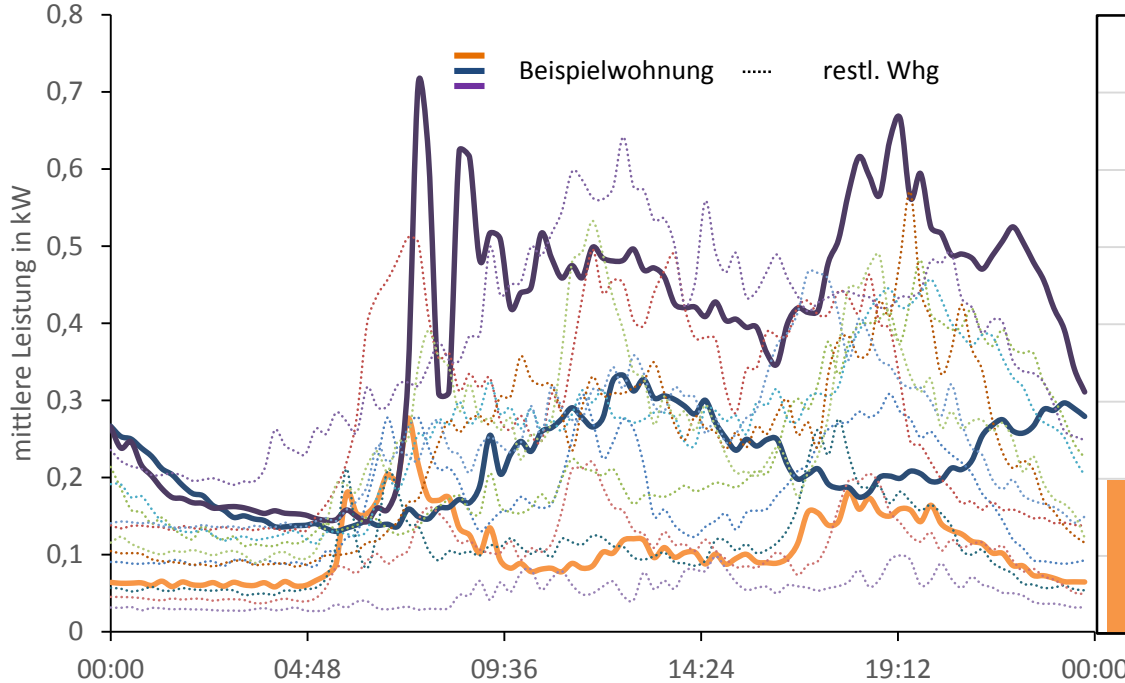
Bandbreite des individuellen Verbrauchs: Strom

Verbrauchsprognose aus Messwerten im vermieteten Zustand (ohne saisonale Effekte)

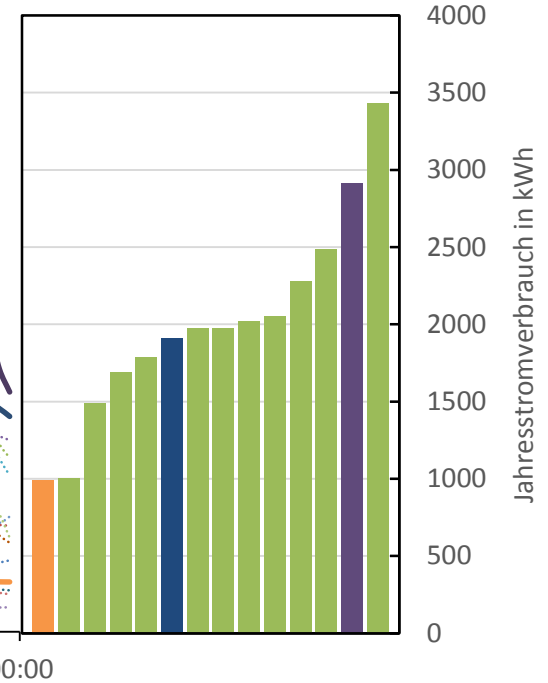
- Verteilungsfunktion unterscheidet sich nach Bezugsgröße
- Plateau bei mittleren Werten
- Viel- und Geringverbraucher vorhanden
- Keine besonderen Ausreißer, die auf missbräuchliches Verhalten hindeuten



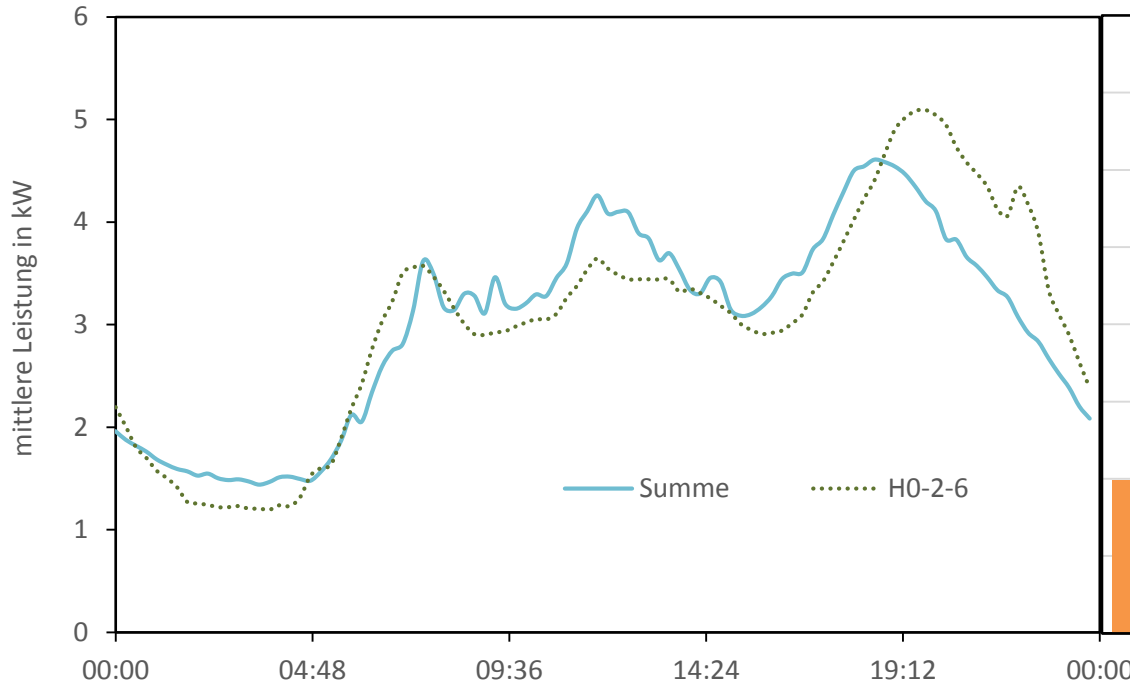
Lastverlauf an Wochentagen



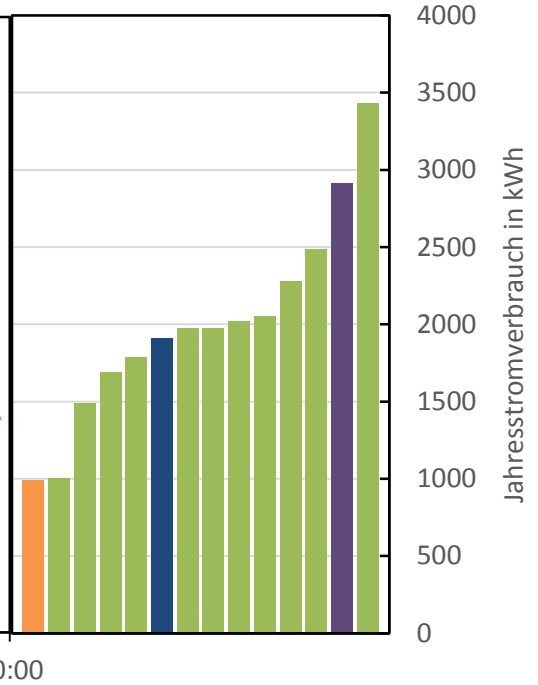
Jahresverbrauch Prognose



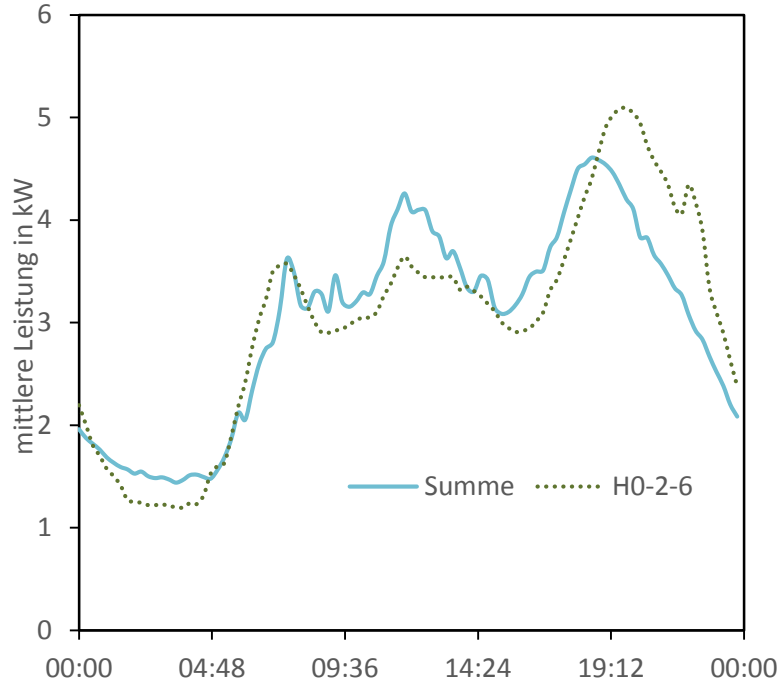
Verbrauchsprofil im Vergleich zum SLP
(normiert auf 2.000 kWh/WE/a)



Jahresverbrauch Prognose



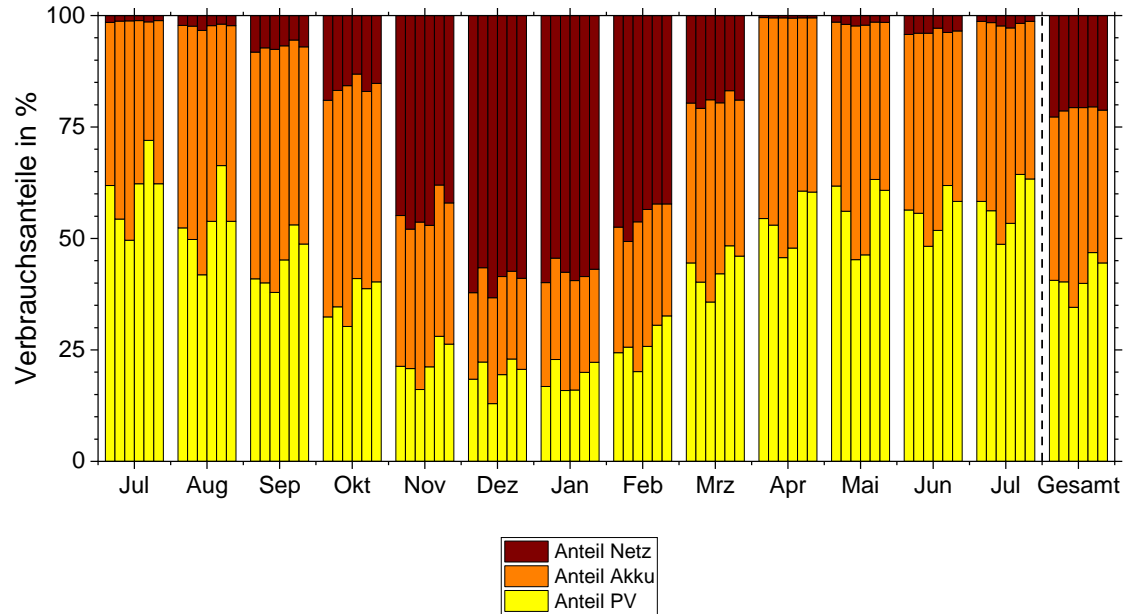
Verbrauchsprofil im Vergleich zum SLP
(normiert auf 2.000 kWh/WE/a)



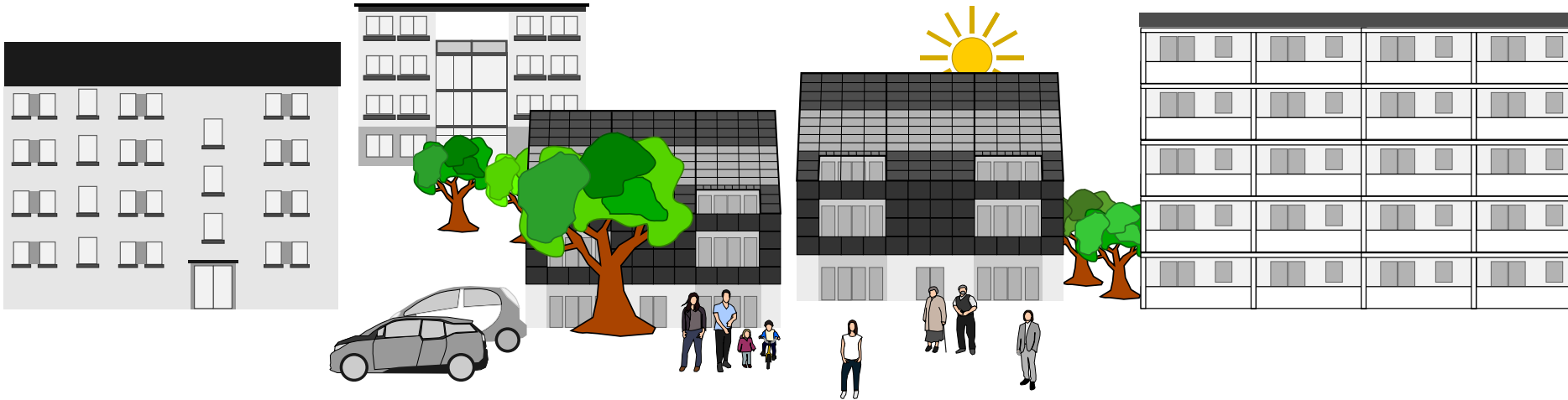
- Unterschiedliche Grund- und Spitzenlasten in Wohnungen
- Sehr individuelles Zeitverhalten
- Lastausgleich zwischen Wohnungen
- Tagesverlauf entspricht Standardlastprofil bei 2.000 kWh/WE/a
- Grundlast entspricht Standardlastprofil bei ca. 2.400 kWh/WE/a

Unterschiede im individuellen Strommix je Whg

- Datenbasis: 15-Minuten; 6 WE
- Sortierung nach Jahresverbrauch (aufsteigend)
- PV-Direktverbrauch: deutliche, aber nicht extreme Unterschiede
- Übergangszeit: leichter Trend zu höherem Direktverbrauch bei höherem Strombedarf
- Ausgleich durch Akku (Abendspitze)

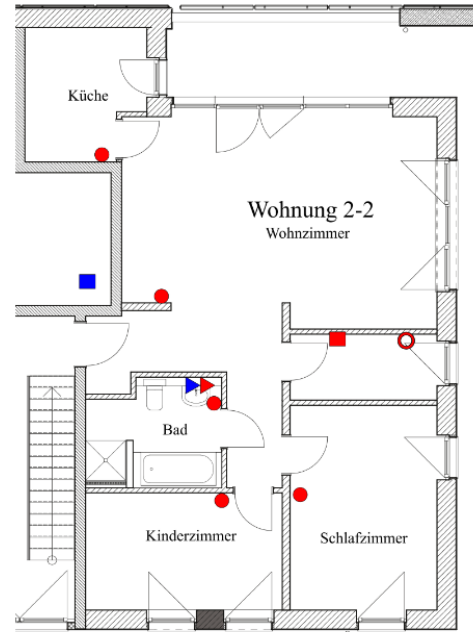


Mieterkommunikation



Aufbau Mieterseiten

- Übersicht eigener Wohnung mit allen Messpunkten
- Gliederung der Unterseiten
- Kontaktformular



Zeichnung	Gerätetyp
●	Raumluftsensor
○	Wärmemengenzähler
■	Stromzähler (Wohnung)
■	Stromzähler (Lüftung)
▶	Wasserzähler (warm)
▶	Wasserzähler (kalt)

Hinweis: Alle folgenden Messwerte entstammen verschiedener anderer Wohnungen


Aufbau Darstellungen

- Automatische Analyse der Verbrauchsänderungen, um Effekte „live“ zu verfolgen
- Tägliche Analysen des Vortages
- Vergleiche zum Hausdurchschnitt
- Allgemeine Erläuterungen

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch wird in jeder Wohnung gemessen. Eine Analyse mit den eigenen Verbrauchsdaten zeigt Ihren persönlichen Verbrauchstrend im kurz- und mittelfristigen Vergleich. In der Tabelle wird gezeigt, um wie viel Prozent Ihr gestriger Tagesverbrauch vom Vortagesverbrauch abweicht, bzw. von Ihrem Tagesdurchschnitt der letzten 2 Wochen. Ein Wert von "-10 %" bedeutet, dass Sie gestern 10 % weniger verbraucht haben als am Tag davor, bzw. im Durchschnitt der letzten 2 Wochen. So können Sie Änderungen in Ihrem Verbrauchsverhalten feststellen. Es wird immer der vergangene Tag analysiert.

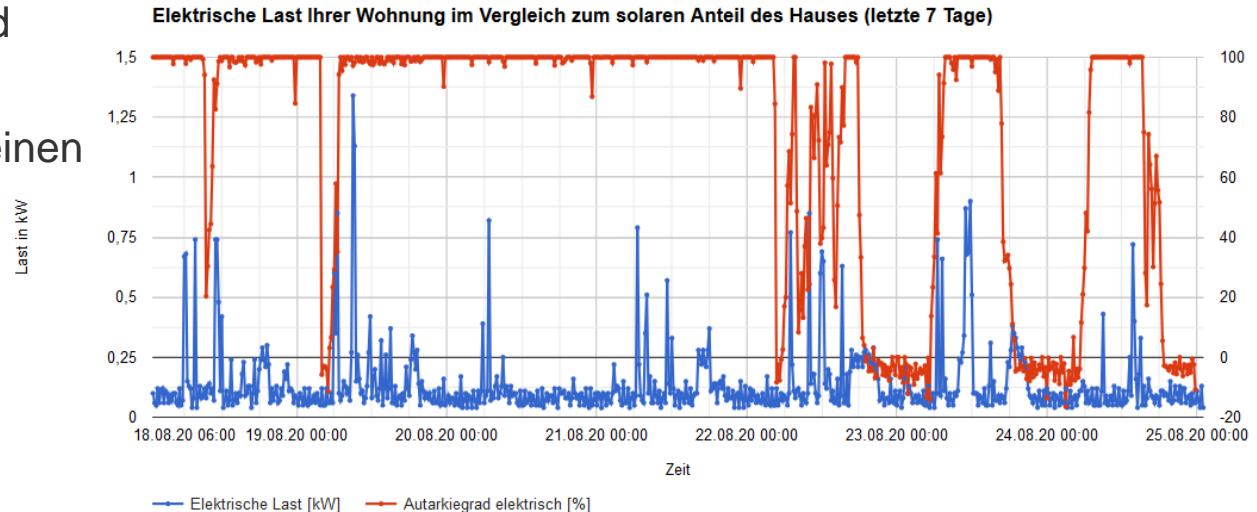
Im Diagramm können Sie für jeden Tag sehen, um wie viel Prozent Ihr Wohnungsverbrauch vom Hausdurchschnitt der letzten 2 Wochen abweicht. Dieser Verbrauch ist anhand der Wohnfläche gewichtet, um eine Vergleichbarkeit zwischen großen und kleinen Wohnungen zu gewährleisten. Der Wert steigt, wenn sich Ihr Verbrauch erhöht, oder wenn sich der Hausverbrauch langfristig reduziert.

Energieverbrauch		
Vergleich zum Vortag	-35,2 %	--- %
Vergleich zum Durchschnitt der letzten 14 Tage	-23,3 %	--- %

[MEHR DETAILS: LASTPROFIL IHRER WOHNUNG >](#)

Detailwerte für Interessierte

- Grafiken zum Lastverlauf auf 15-Minuten-Basis
 - Aktualisierung alle 6 h
 - Vergleich zu Autarkiegrad
-
- Weitere Links zu allgemeinen Messwerten des Hauses



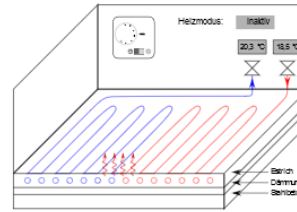
Lastprofil

Am elektrischen Lastprofil können Sie den Verlauf der bezogenen elektrischen Leistung ablesen. So können Sie sehen, wann Sie hohen Strombedarf eventuell erkennen, welche Geräte dafür verantwortlich sind. Außerdem sehen Sie am Autarkiegrad Ihres Hauses, welcher Anteil des Stromverbrauch

Informationsseite

- Weiterführende Informationen zum Heiz- und Kühlsystem
- Es wird Wert auf eine Erklärung der korrekten Thermostateinstellung gelegt
- Skizzen zeigen „live“ Zustand des zentralen Heizsystems
- Weitere Informationen zu:
 - Lüftungssystem
 - Spartipps

Heizen



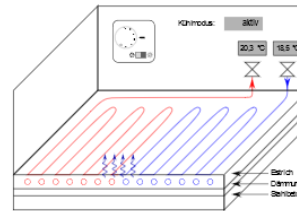
Da die Wärme über den Estrich im Fußboden übergeben wird, ist dies gleichzeitig ein sehr träges Heizsystem. Ein ständiges Nachregeln am Raumthermostat ist damit kaum nötig, wenn einmal die passende Temperatur eingestellt ist. Dennoch ist es ratsam, bei längerer Fensterlüftung, die Heizung über den Raumthermostat abzustellen, oder bei längerer Abwesenheit auf eine geringere Zieltemperatur zu regeln, um Heizenergie einzusparen.

Der Energieverlust über Nacht durch ein geöffnetes Fenster wurde im Rahmen des Forschungsprojektes beispielhaft aus Vergleichsdaten der beiden Häuser bestimmt. Dabei konnte festgestellt werden, dass ca. die Hälfte des Energieverlustes durch Abregelung des Heizthermostats (Stellung *) vermieden werden könnte. In den untersuchten Fällen wurde die zugeführte Heizwärme direkt durch die Fenster an die Umgebung abgegeben. Wenn das Heizthermostat währenddessen auf * gestellt wird, erfolgt in der Nacht keine Nachheizung durch die Fußbodenheizung und es wird nur die Wärme durch Abkühlung des Raumes und der Wände verloren.

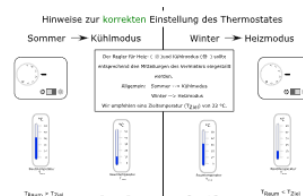
Das Prinzip der Fußbodenheizung ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Unter dem Laminat besteht der Fußboden aus drei Schichten: Die tragende Stahlbetonschicht, die Polystyrol-Dämmung zur Reduzierung von Wärmeströmen nach unten und der Heizestrich mit eingegossenen Rohrschleifen, die das Heizungswasser führen.

Das Heizungswasser kühlt sich beim Durchfließen des Fußbodens ab und gibt seine Wärme gleichmäßig an den Raum. Das Ventil, das den Durchfluss durch diesen Heizkreis steuert, wird direkt vom Raumthermostat an der Wand bedient. Ist der Raum warm genug, kann das Ventil geschlossen werden. Jeder Raum in Ihrer Wohnung hat einen eigenen Heizkreis mit Thermostat und Ventil und kann somit individuell temperiert werden.

Kühlen



Die Kühlung der Wohnungen erfolgt durch die selben Rohrschleifen, die auch für die Heizung verwendet werden. Nur öffnet der Thermostat das Ventil nun, wenn der Raum zu warm ist. Die Umstellung der anliegenden Temperaturen in den Heizrohren erfolgt zentral durch die Haussteuerung. Durch die Leitungen im Fußboden zirkuliert dann im Erdreich abgekühltes Wasser.



Für eine korrekte Steuerung muss den Raumthermostaten dieser Modus wie in der Abbildung links dargestellt mitgeteilt werden, indem im Sommer der Kippschalter auf den Kühlmodus (Symbol: Schneeflocke) eingestellt wird.

Fazit

Wärme:

- Einsparpotential bis zu ~48 % (Heizwärme) möglich
- Trotzdem recht hohe Raumtemperaturen zu beobachten

Warmwasser:

- Sehr hohe individuelle Schwankungen

Strom:

- Sehr geringer Jahresverbrauch
- Ausgeglichene Lastgänge
- Verbrauchsverhalten allgemein autarkiefördernd

Ausblick

Wärme:

- Einfluss Raumtemperaturen auf Heizwärme untersuchen
- Analyse Lüftungsverhalten (unzureichende Datengrundlage)

Wasser:

- Vergleich Warm- und Kaltwasser
- Analyse Zirkulationsverluste (unzureichende Datengrundlage)

Strom:

- Weitere Detailanalysen zu Verbrauch über Tagesgang
- Potential Warmwasseranschlüsse an Spül- / Waschmaschine

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Kontakt

M. Sc. Andreas Gäbler / Dr.-Ing. Thomas Storch

andreas.gaebler@ttd.tu-freiberg.de

thomas.storch@ttd.tu-freiberg.de

TU BERGAKADEMIE FREIBERG
Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik
Gustav-Zeuner Straße 7
09599 Freiberg

Wir danken für die Zusammenarbeit:

- eG Wohnen 1902
- Mensura Immobilienservice GmbH
- G&B Zentralheizungsbau / ESA Cottbus
- Helma Eigenheimbau AG / Fa. Timo Leukefeld