



Monitoring Innsbruck Campagne PH Siedlung mit Fernwärme und Wärmepumpe

Gegründet im Jahr 1669, ist die Universität Innsbruck heute mit mehr als 28.000 Studierenden und über 5.000 Mitarbeitenden die größte und wichtigste Forschungs- und Bildungseinrichtung in Westösterreich. **Alle weiteren Informationen finden Sie im Internet unter: www.uibk.ac.at.**

Agenda

14:00 h Ankunft und Begrüßung

14:15 h Begrüßung und Vorstellung Projekt „Campagne“ NHT (NHT-GF/DI Malzer)

14:30 h Vorstellung FFG Projekt „Monitoring Campagne“ UIBK (Assoz. Prof. F.Ochs)

14:45 h Ergebnisse Monitoring

- Heizwärmebedarf Gebäude
- Trinkwarmwasserbedarf Gebäude
- Gebäudetechnik (Effizienz Wärmepumpe, Fernwärme, Verteilverluste)
- Komfort und Raumluftqualität (Gebäudeweise CO₂, Wohnungsweise T, rF Gebäude C)
- Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise) – Zapfprofile, Gleichzeitigkeitsfaktoren

15:30 h Q&A

15:45 h Pause

16:15 h Gebäude- und Anlagensimulation

- Einfluss Systemtrennung
- Zentrale vs. (Gebäudeweise) dezentrale WP
- Wärmepumpensystemvarianten

16:45 h Q&A

17:00 h kleiner Imbiss und Diskussion

18:00 h Ende der Veranstaltung

Zeit: 12.05.2025; 14:00 bis ca. 18:00 Uhr

Ort: NHT Innsbruck. 4. OG



Quelle: Neue Heimat Tirol



Quelle: Innsbruck Informiert

Projekt Campagne Monitoring (Smart City)

Fabian Ochs

Elisa Venturi

Samuel Breuss

Mara Magni

Georgios Dermentzis

LOI/Beteiligt

NHT (Kajetan Rutzinger, Harald Malzer)

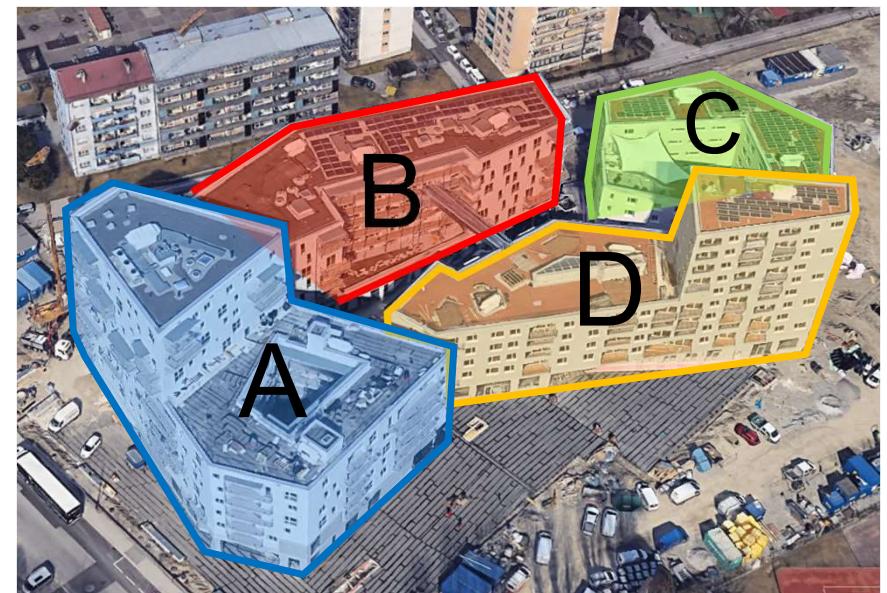
IIG (Markus Elender, Martin Franzmair, Josef Mittner, Andreas Plhak)

Stransky (Michael Stransky)



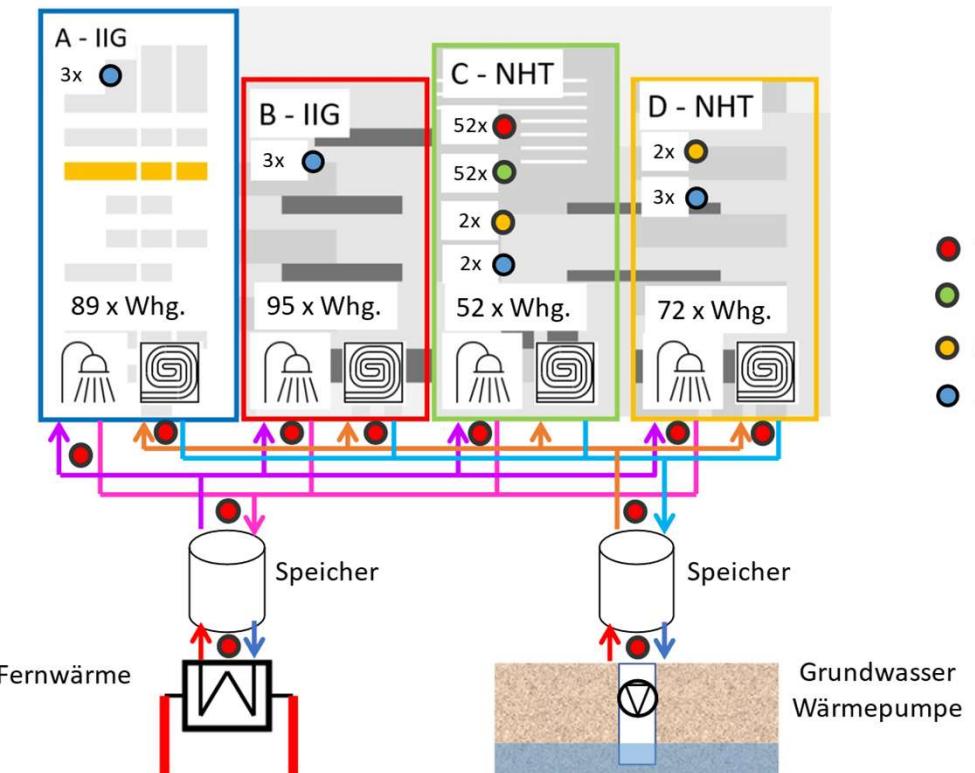
Innsbruck Campagne

	IIG		NHT	
	A	B	C	D
Stockwerke [-]	11	7	6	10
BGF [m ²]*	9635	8392	4623	6803
AEB (lt. PHPP) [m ²]	6686	6525	3587	5479
Gebäudehüllfläche [m ²]	8820	7120	5299	7051
Beheiztes Volumen [m ³]	16714	16313	9269	14246
mittl. U-Wert [W/(m ² K)]	0.325	0.316	0.277	0.300
Charakteristische Länge [m]*	3.68	3.81	2.82	3.37
n50 [1/h]	0.52	0.35	0.35	0.35
HWB [kWh/(m ² a)]	15.3	15.0	20.0	16.0
HL [W/m ²]	11.9	11.5	15.1	12.8



Google Earth

FFG Projekt „Monitoring Campagne“



Simulationsstudie in der Pre-Design-Phase

Dermentzis et. al. "Supporting decision-making for heating and distribution systems in a new residential district - An Austrian case study"

- Wärmemengen Zähler
- Raumsensoren (T, r.F.)
- Stromzähler
- Abluft (T, r.F., CO₂)

→ 2 + 2 Verteilsystem

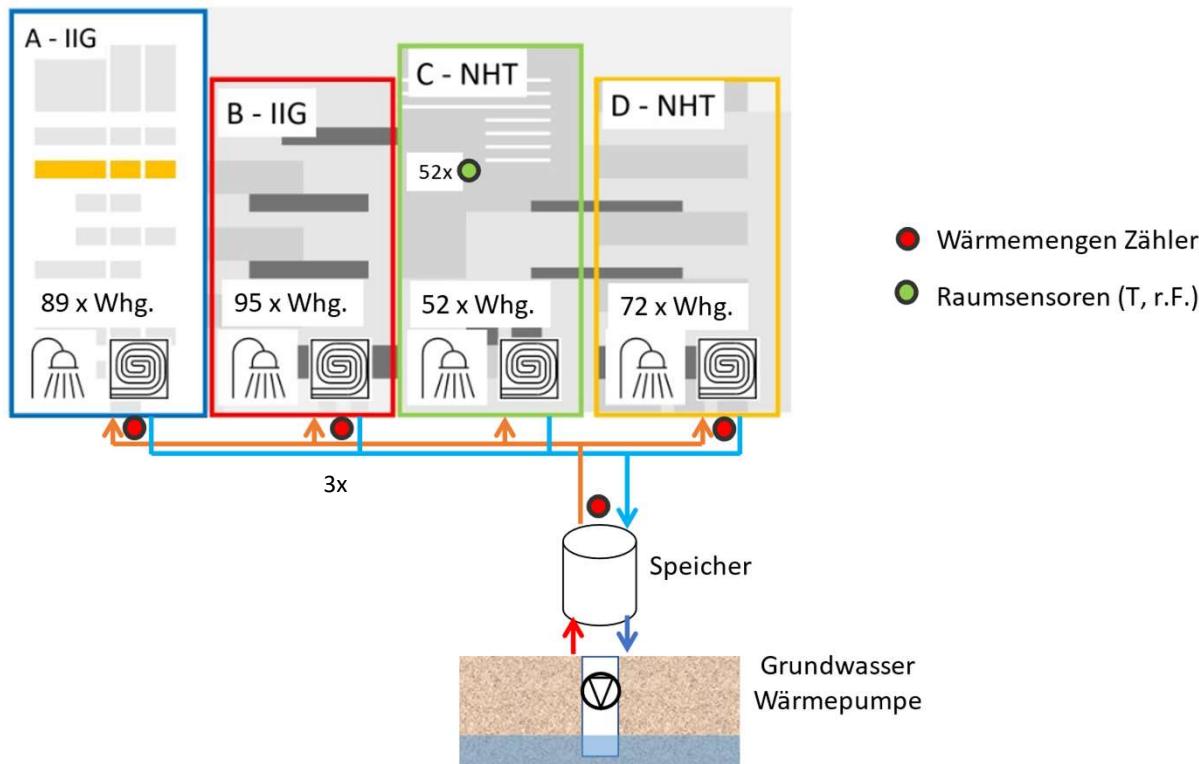
Monitoring Project

"Smart City Campagne-Areal Innsbruck" & "FFG - IBK Campagne Monitoring"

Ergebnisse Monitoring

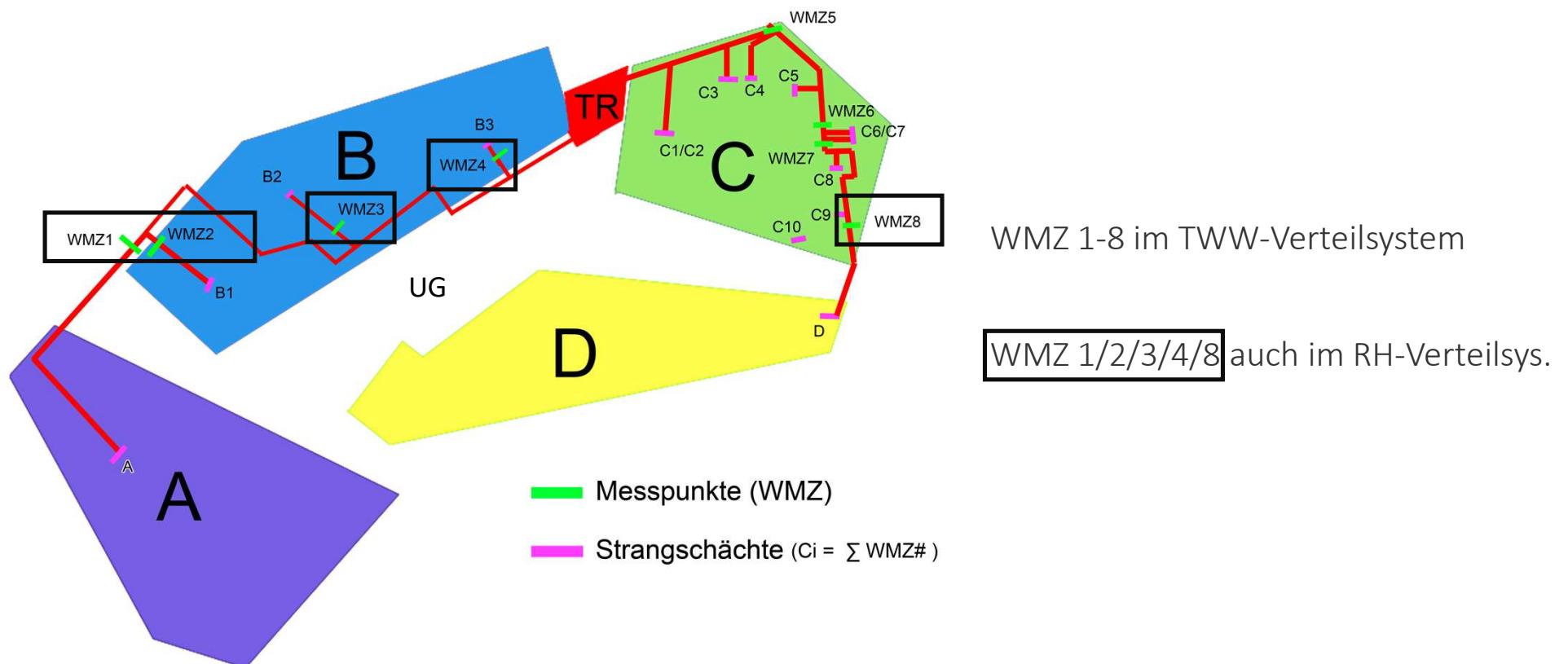
- Heizwärmebedarf Gebäude
- Trinkwarmwasserbedarf Gebäude
- Gebäudetechnik (Effizienz Wärmepumpe, Fernwärme, Verteilverluste)
- Komfort und Raumluftqualität (Gebäudeweise CO₂, Wohnungsweise T, rF Gebäude C)
- Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise) – Zapfprofile, Gleichzeitigkeitsfaktoren

Messung und Auswertung vom Heizwärmebedarf

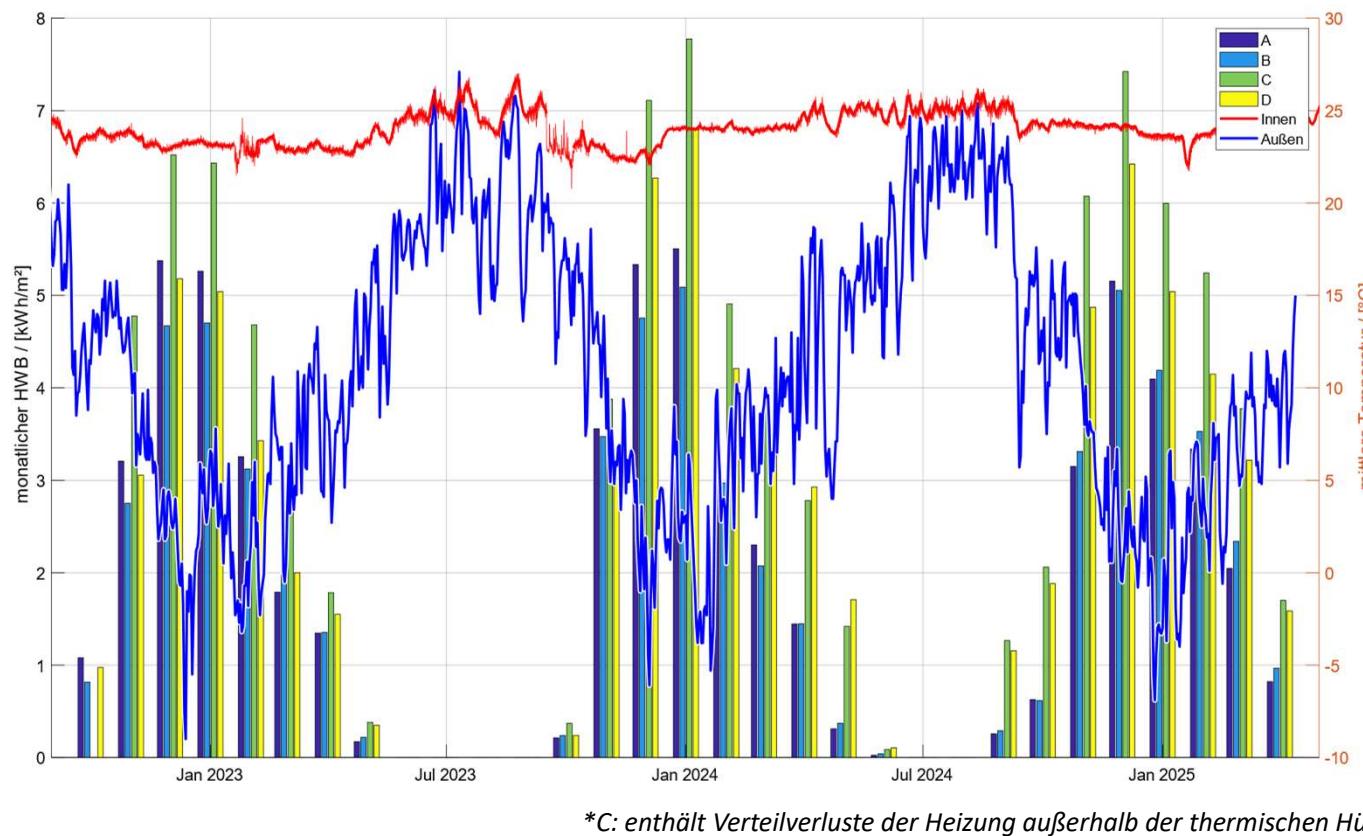


HWB für Gebäude C kann nur indirekt über den Bedarf von Gebäude D und der gelieferten Energie bestimmt werden, enthält dementsprechend Verteilverluste außerhalb der thermischen Hülle.

Messung und Auswertung vom Heizwärmebedarf

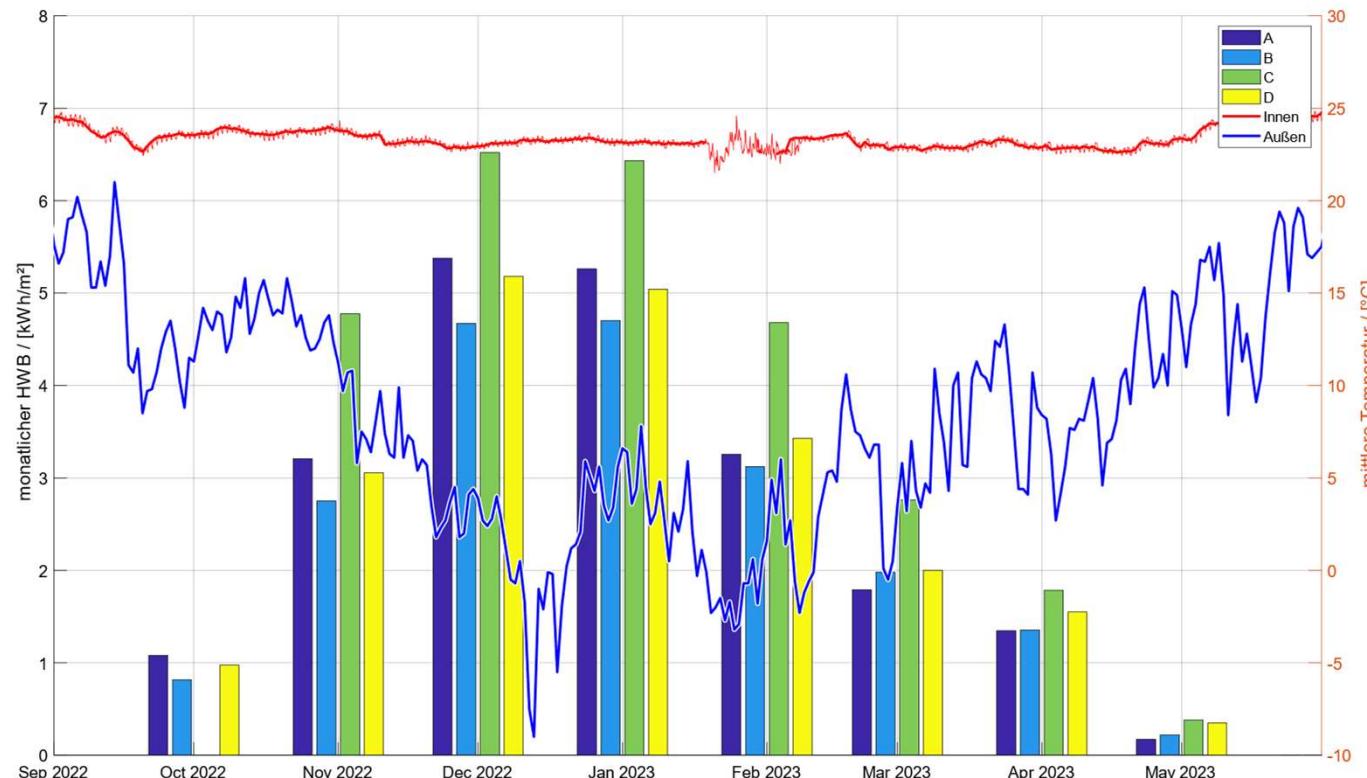


Heizwärmebedarf Gebäude (+ PHPP Vergleich)



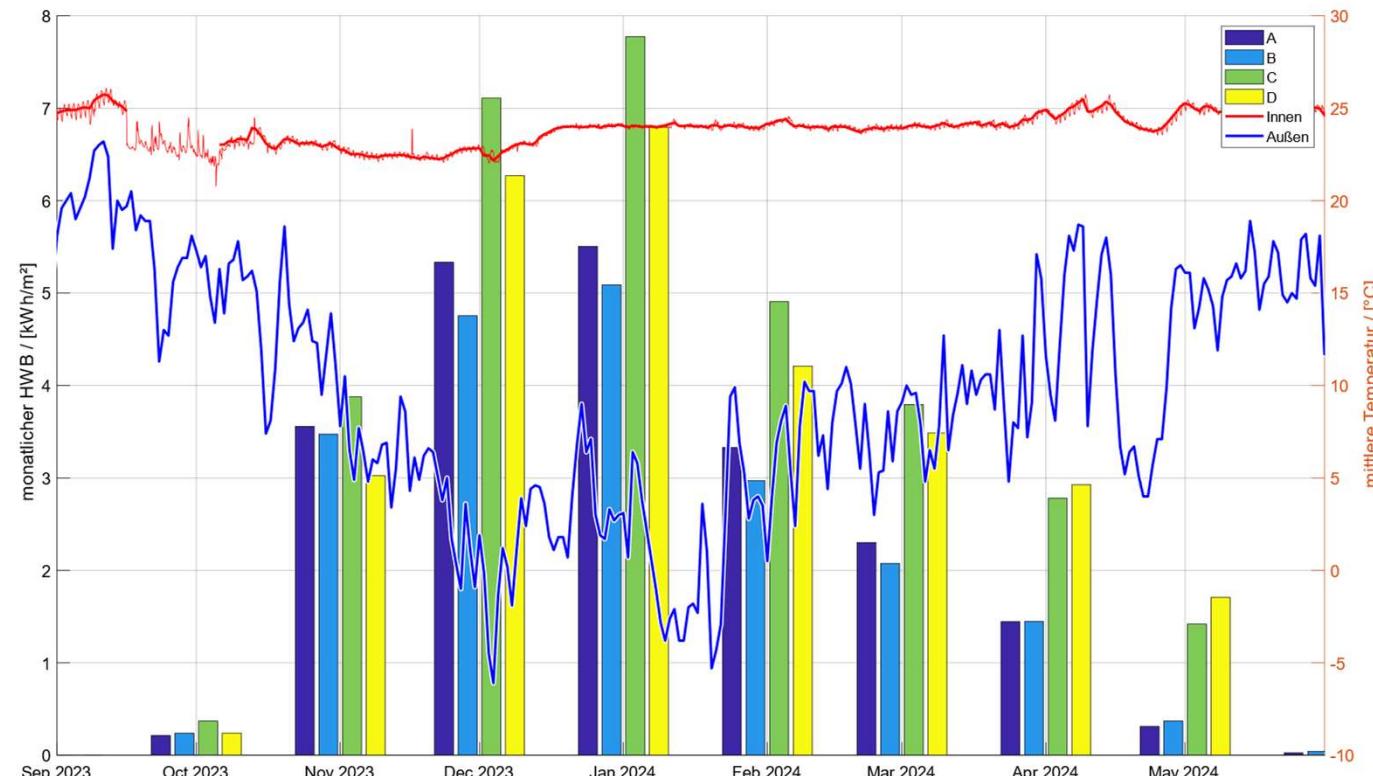
	HWB / [kWh/(m ² a)]			
	A	B	C*	D
2022/23	21,5	19,6	27,3	21,6
2023/24	22,0	20,5	32,1	28,8
2024/25	19,5	20,3	33,5	28,3
mittel	21,0	20,1	31,0	26,2

Heizwärmebedarf Gebäude



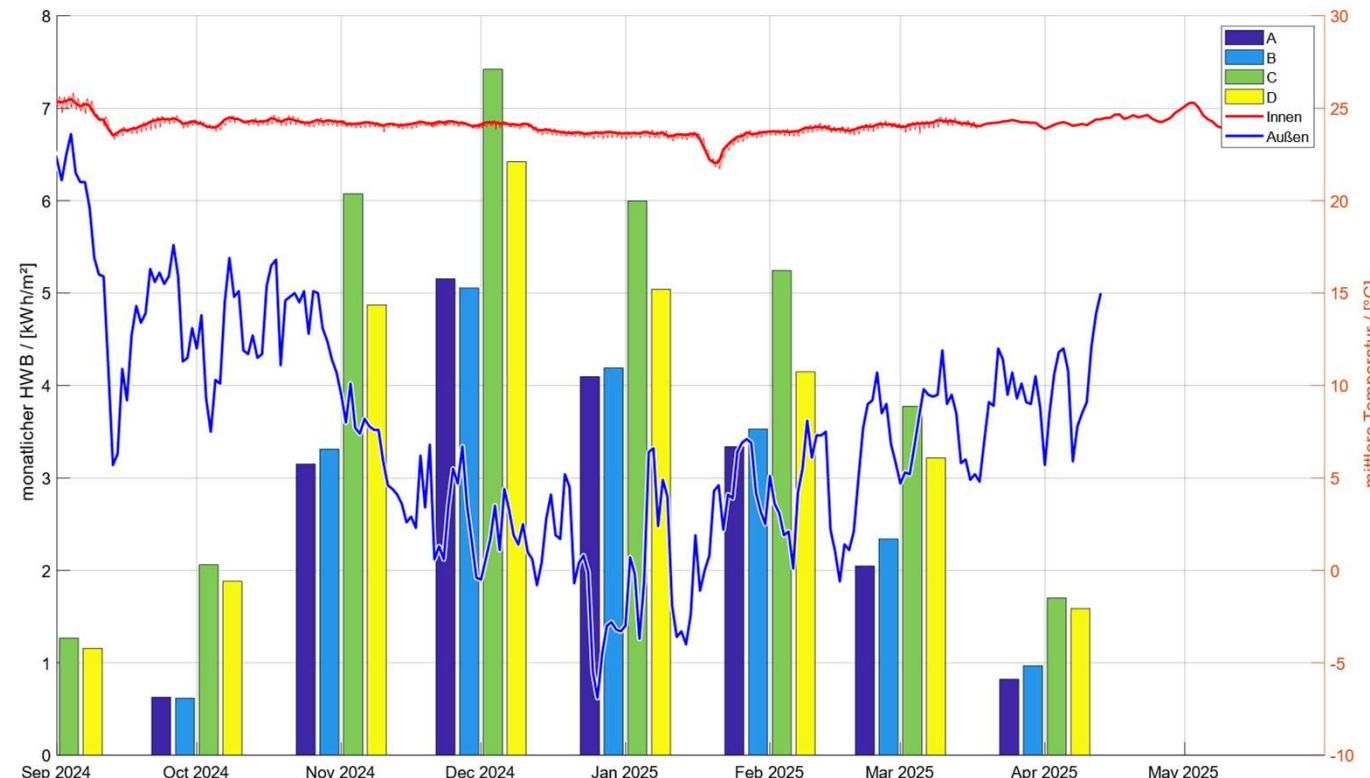
*C: enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle

Heizwärmebedarf Gebäude



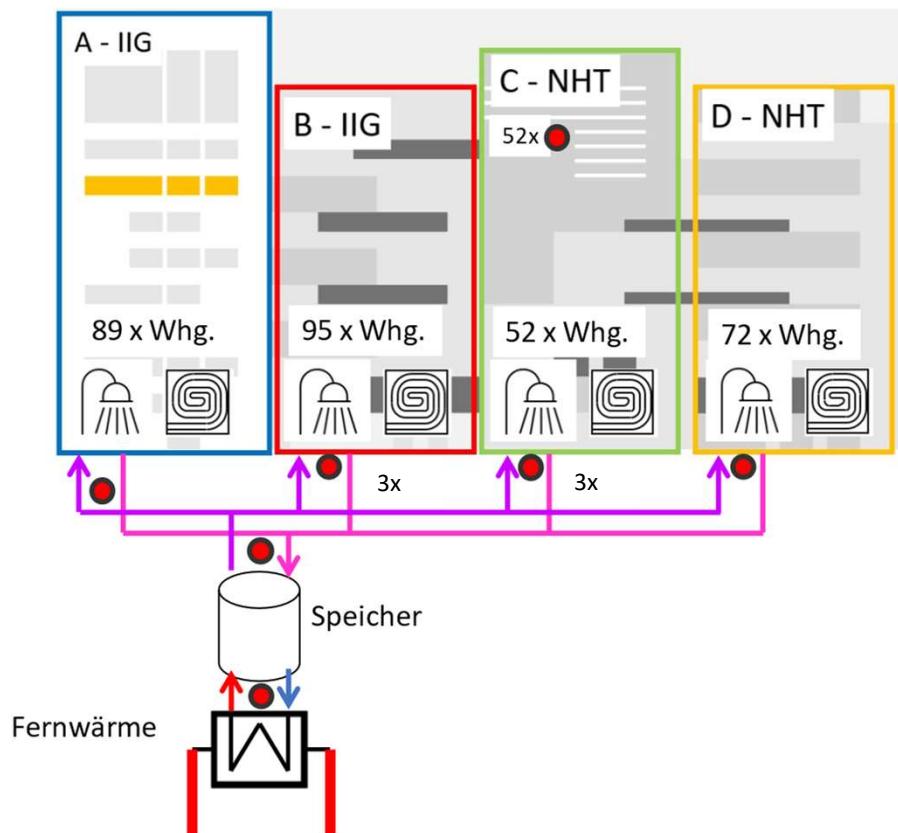
*C: enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle

Heizwärmebedarf Gebäude



*C: enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle

Trinkwarmwasserbedarfsermittlung



Trinkwarmwasseverbrauch nur in
Gebäude C direkt ermittelbar

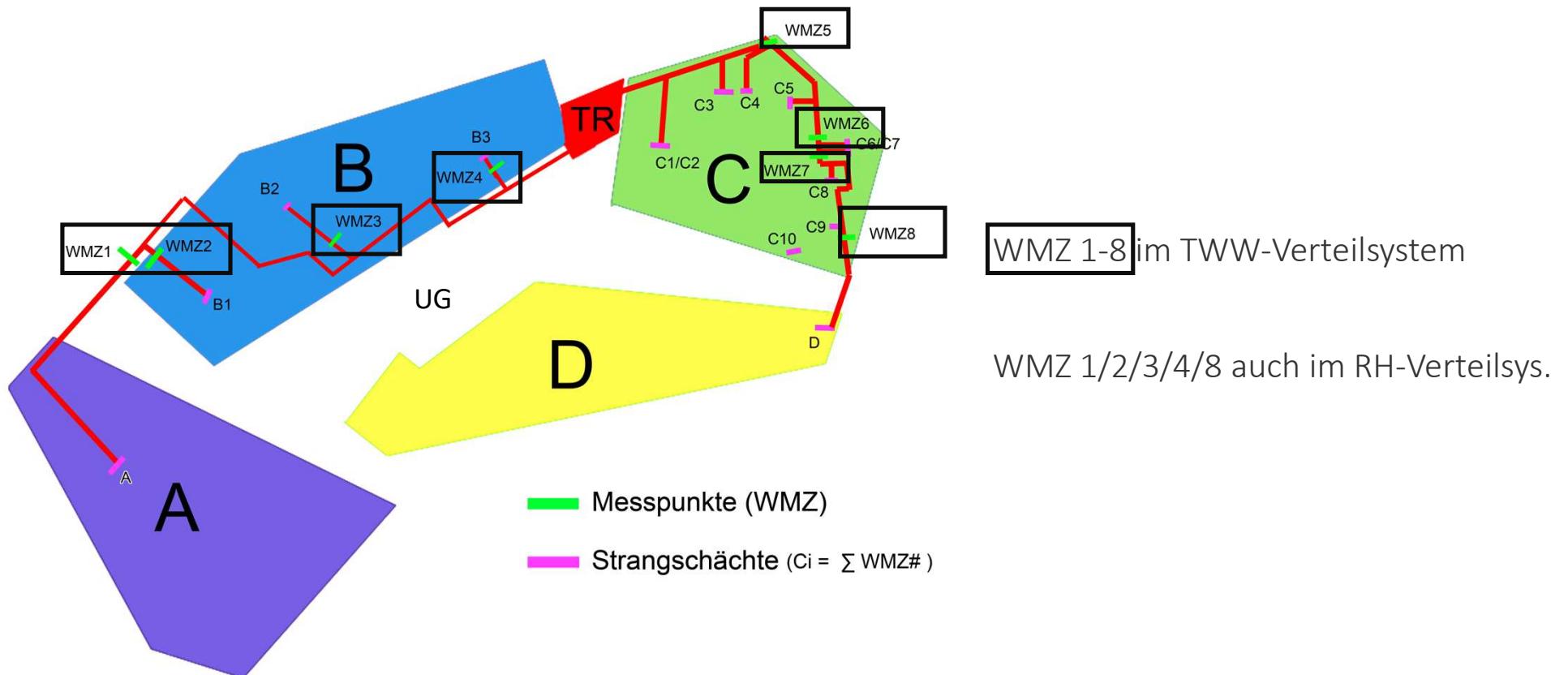
● Wärmemengen Zähler

→ Verteilverluste

→ Zapfprofile

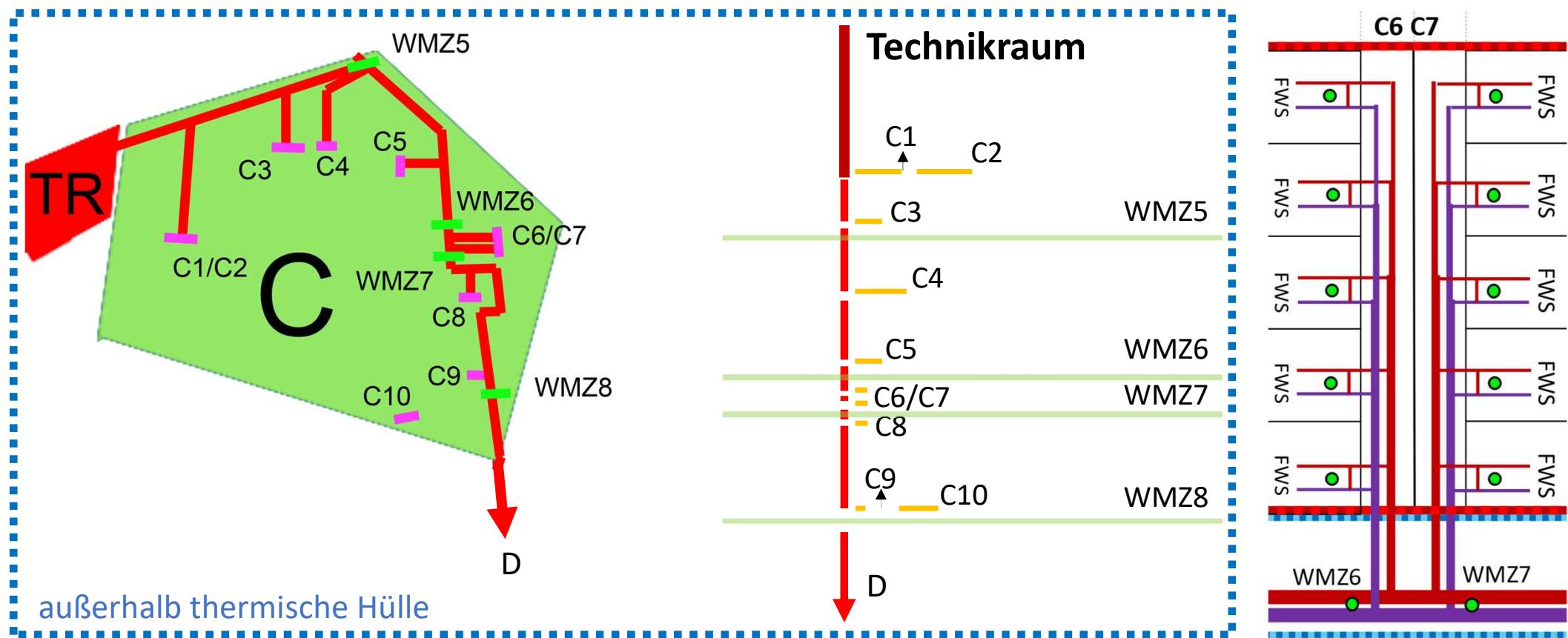
→ Gleichzeitigkeitsfaktoren

Messung und Auswertung der TWW -Vertilverluste



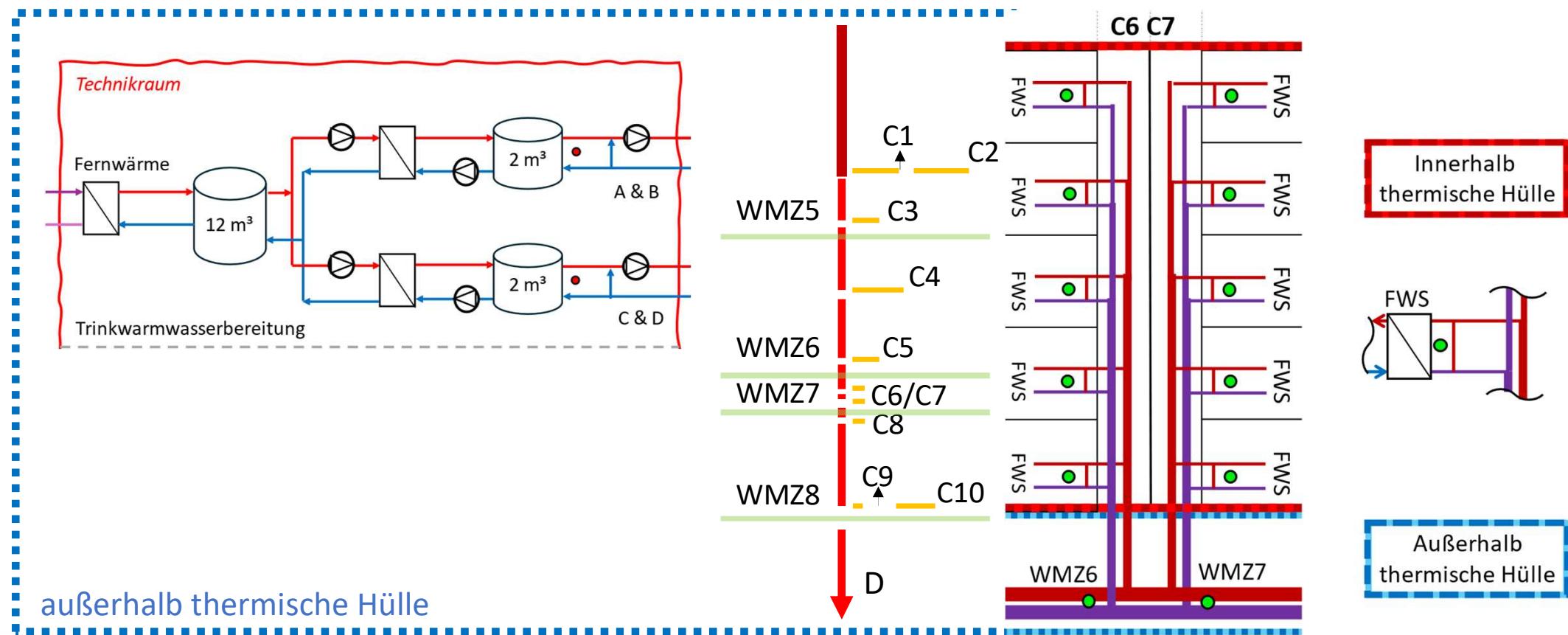
Messung und Auswertung der TWW -Verteilverluste

• Wärmemengenzähler



Messung und Auswertung der TWW - Verteilverluste

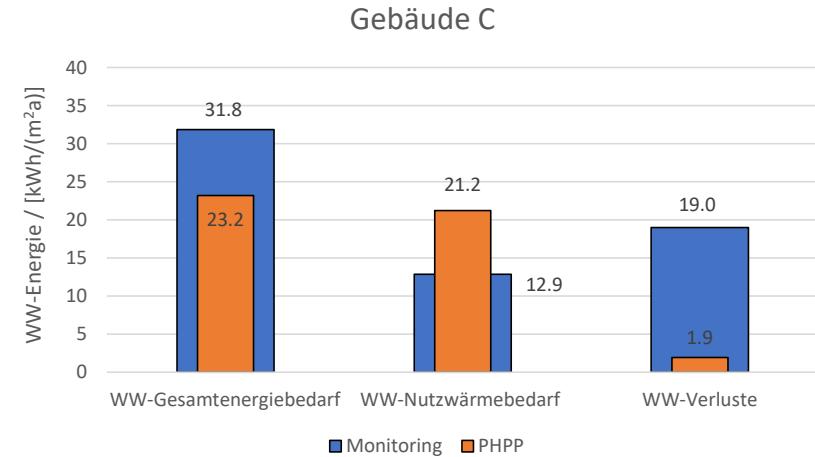
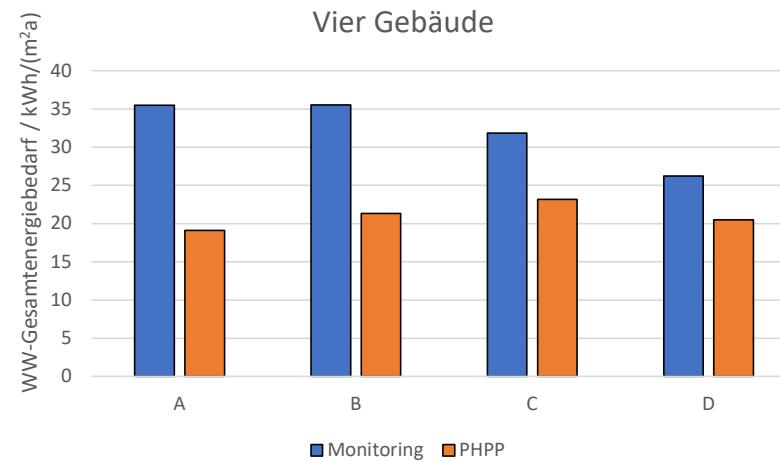
● Wärmemengenzähler



Trinkwarmwasserbedarf Gebäude

WW-Gesamtenergiebedarf = WW-Nutzwärmebedarf + WW-Verluste

Gesamte Jahre 2023



Trinkwarmwasser - Verteilverluste

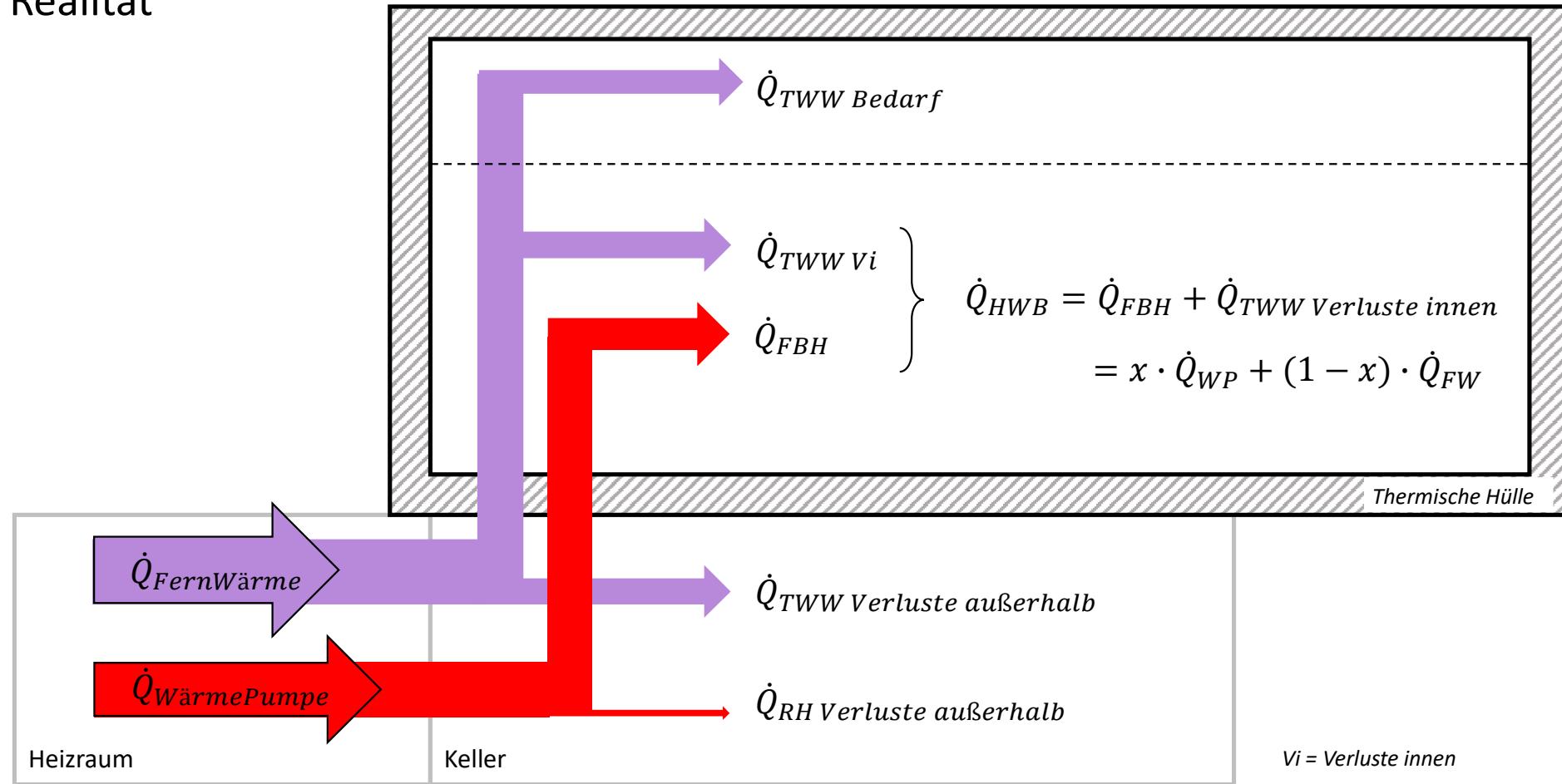
[kWh/m ²]		A		B		C		D
		HWB	HWB	HWB	TWW-Bedarf	TWW-Verlust	HWB	
2023	Jun	0	0	0	0.95	1.55	0	
2023	Jul	0	0	0	0.81	1.52	0	
2023	Aug	0	0	0	0.72	1.52	0	
2023	Sep	0	0	0	0.93	1.45	0	
2023	Oct	0.2	0.2	0.4	1.07	1.79	0.2	Die Trinkwarmwasser Verteilverluste sind vergleichsweise hoch zum Heizwärmebedarf!
2023	Nov	3.6	3.5	3.9	1.12	1.84	3	
2023	Dec	5.3	4.8	7.1	1.42	1.90	6.3	
2024	Jan	5.5	5.1	7.8	1.30	1.88	6.8	
2024	Feb	3.3	3	4.9	1.31	1.76	4.2	
2024	Mar	2.3	2.1	3.8	1.34	1.85	3.5	
2024	Apr	1.4	1.4	2.8	1.23	1.75	2.9	
2024	May	0.3	0.4	1.4	1.21	1.72	1.6	
	Σ	21.9	20.5	32.1	13.4	20.5	28.5	

Heizgradtag - Bereinigung

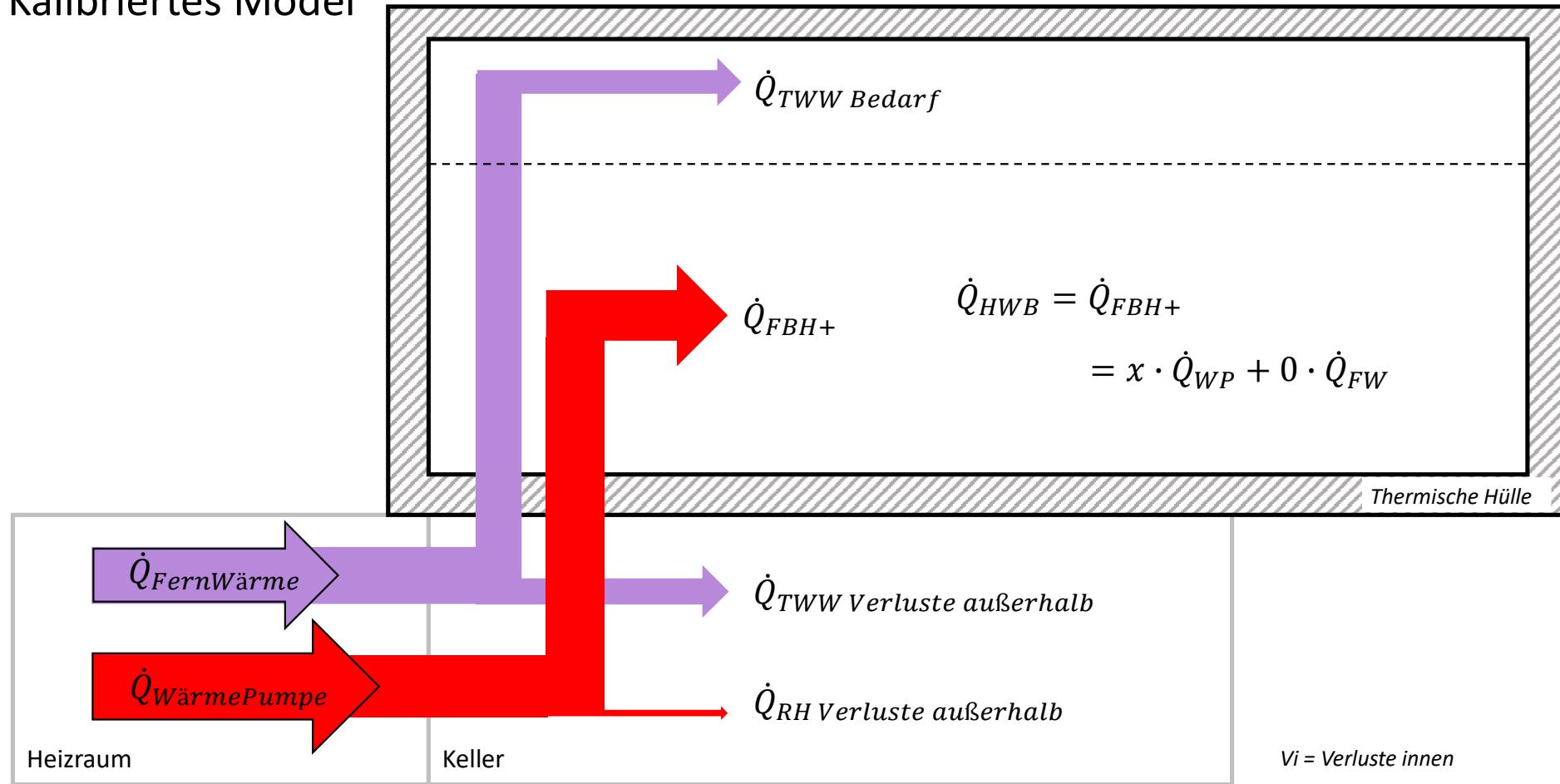
Bezugsfläche [m ²]	6686	6525	3587	5479		
HWB [kWh/(m ² a)]	A	B	C	D	ϑ_i	Klima
Design PHPP	15.3	15.0	20.0	16.0	20°C	AT0032b
HGT bereinigtes PHPP	15.7	16.7	23.4	14.9	23.7°C	2023/24
Messung	21.9	20.5	32.1*	28.5	23.7°C	2023/24

**enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle*

“Realität”



“Kalibriertes Model”



Heizgradtag – Bereinigung & Einfluss Verteilverluste Trinkwarmwasser

Bezugsfläche [m ²]	6686	6525	3587	5479		
HWB [kWh/(m ² a)]	A	B	C	D	ϑ_i	Klima
Design PHPP	15.3	15.0	20.0	16.0	20°C	AT0032b
HGT bereinigtes PHPP	15.7	16.7	23.4	14.9	23.7°C	2023/24
Messung	21.9	20.5	32.1*	28.5	23.7°C	2023/24
Kalibriertes Model	30.1	27.7	39.0	32.2	23.7°C	2023/24

*enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle

Heizgradtag – Bereinigung & Einfluss Verteilverluste Trinkwarmwasser

Bezugsfläche [m ²]	6686	6525	3587	5479		
HWB [kWh/(m ² a)]	A	B	C	D	ϑ_i	Klima
Design PHPP	15.3	15.0	20.0	16.0	20°C	AT0032b
HGT bereinigtes PHPP	15.7	16.7	23.4	14.9	23.7°C	2023/24
Messung	21.9	20.5	32.1*	28.5	23.7°C	2023/24
Kalibriertes Model	30.1	27.7	39.0	32.2	23.7°C	2023/24
Anteil Fernwärme	+ 40 %	+ 35%	+ 22%	+ 13%	-	-

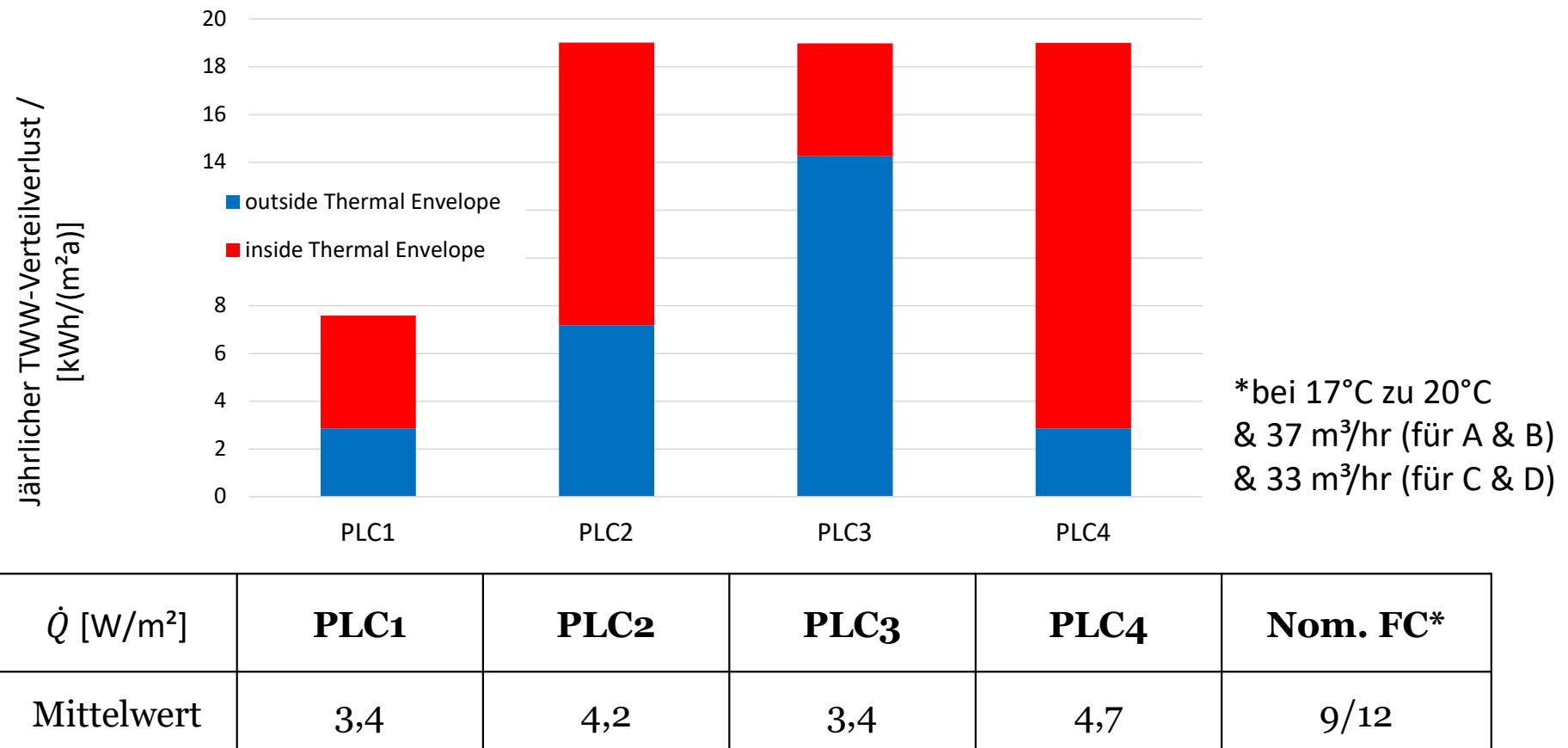
*enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle

Heizgradtag – Bereinigung & Einfluss Verteilverluste Trinkwarmwasser

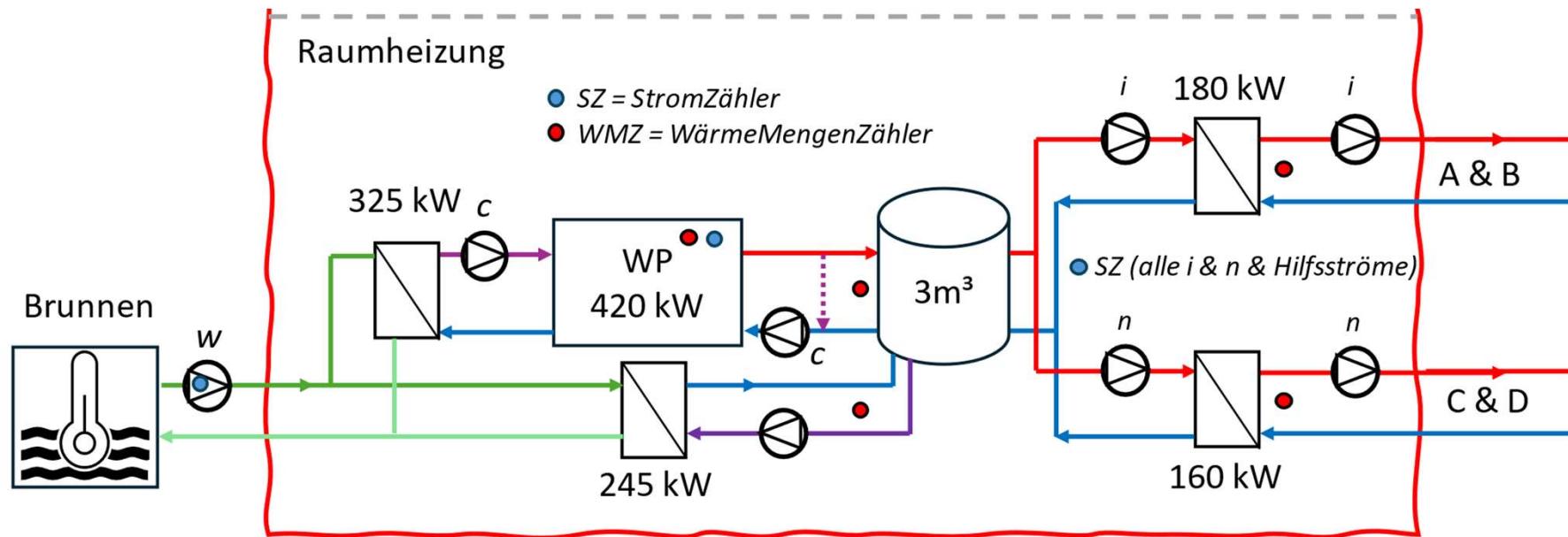
Bezugsfläche [m ²]	6686	6525	3587	5479		
HWB [kWh/(m ² a)]	A	B	C	D	ϑ_i	Klima
Design PHPP	15.3	15.0	20.0	16.0	20°C	AT0032b
HGT bereinigtes PHPP	15.7	16.7	23.4	14.9	23.7°C	2023/24
Messung	21.9	20.5	32.1*	28.5	23.7°C	2023/24
Kalibriertes Model	30.1	27.7	39.0	32.2	23.7°C	2023/24
	20.0	18.4	25.6	20.0	20°C	2023/24

*enthält Verteilverluste der Heizung außerhalb der thermischen Hülle

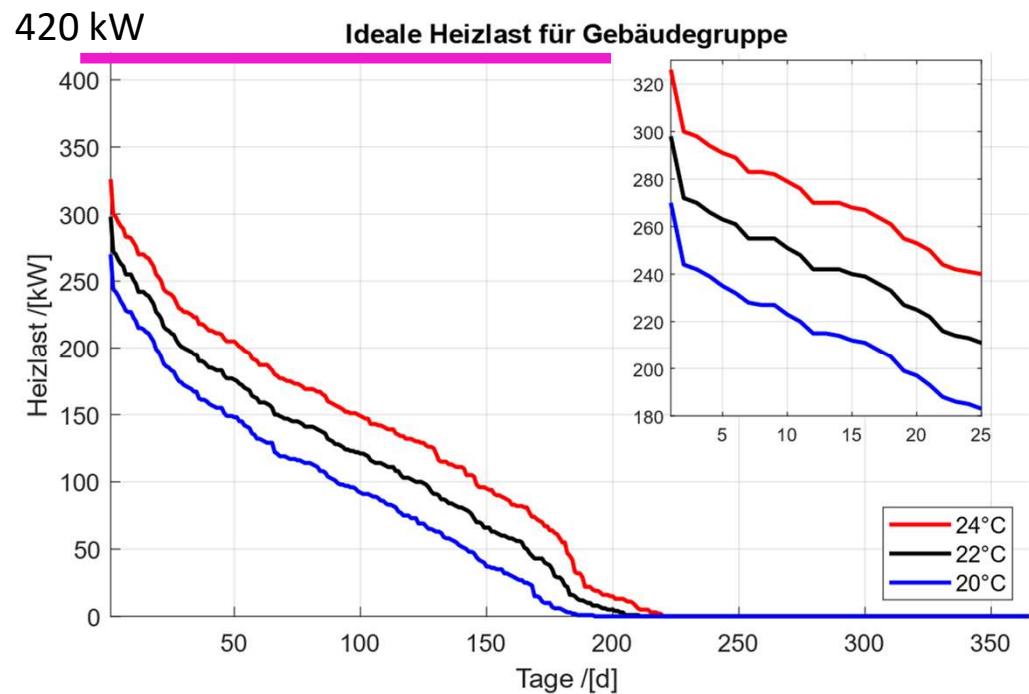
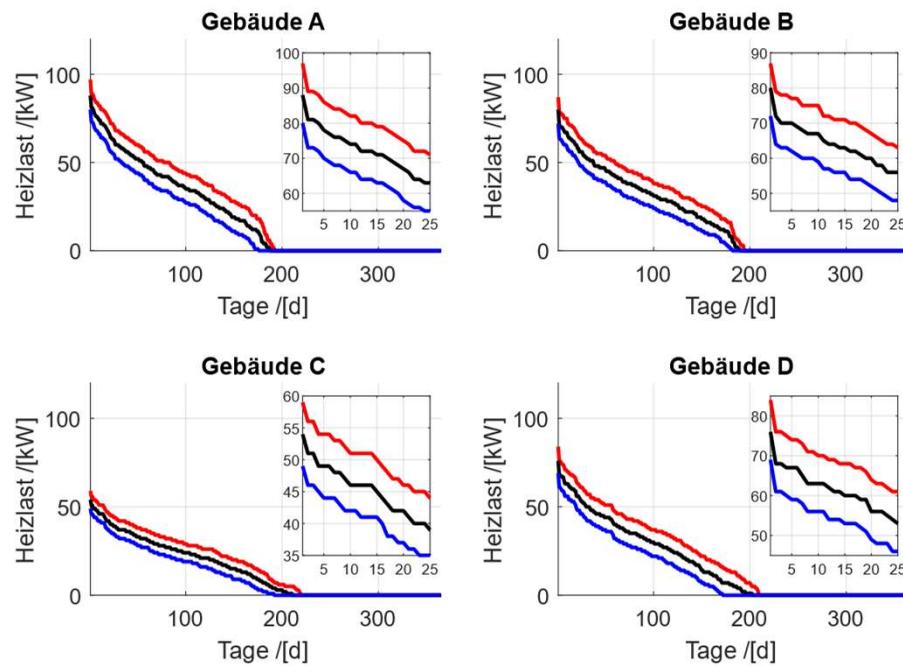
Trinkwarmwasser-Verteilerverluste als innerer Gewinn



Gebäudetechnik



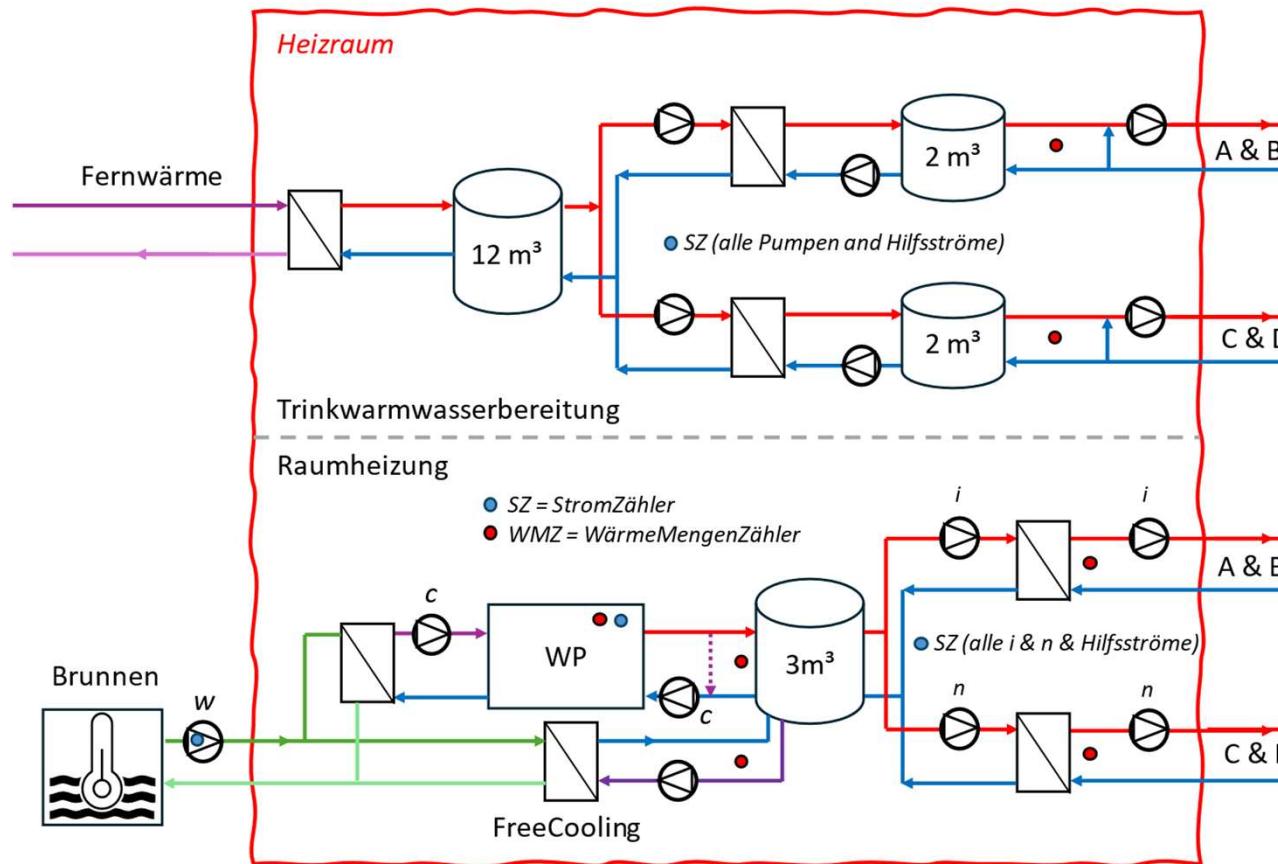
Ideale tägliche Heizlast des Kalibrierten Gebäudemodells



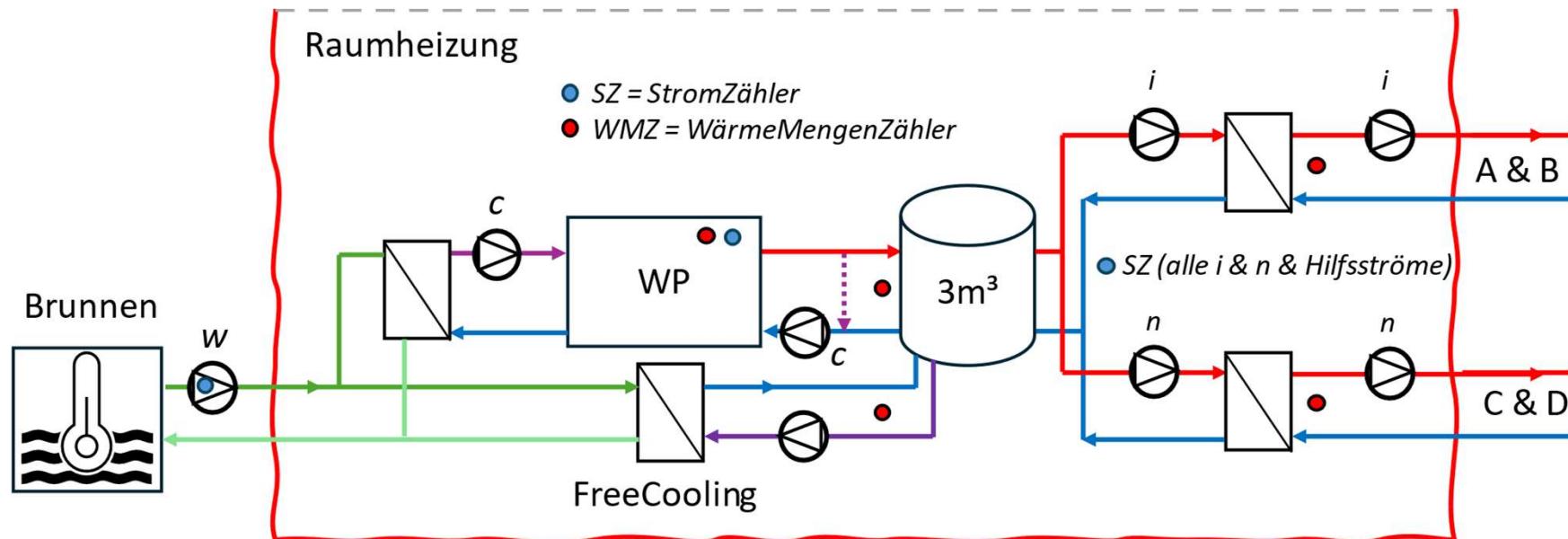
Gebäudetechnik

(Effizienz Wärmepumpe, Fernwärme, Verteilverluste)

Monitoring Konzept



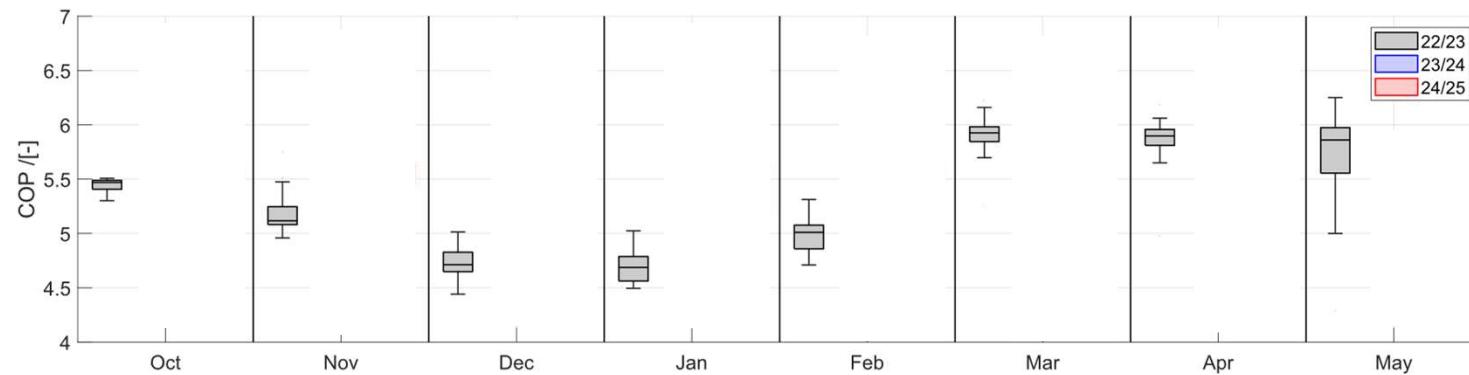
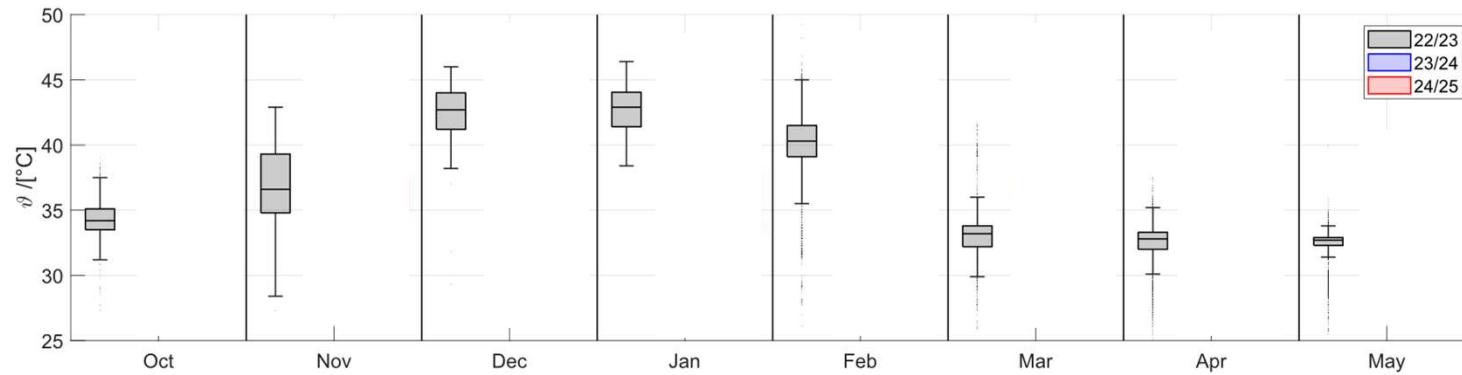
Monitoring Konzept



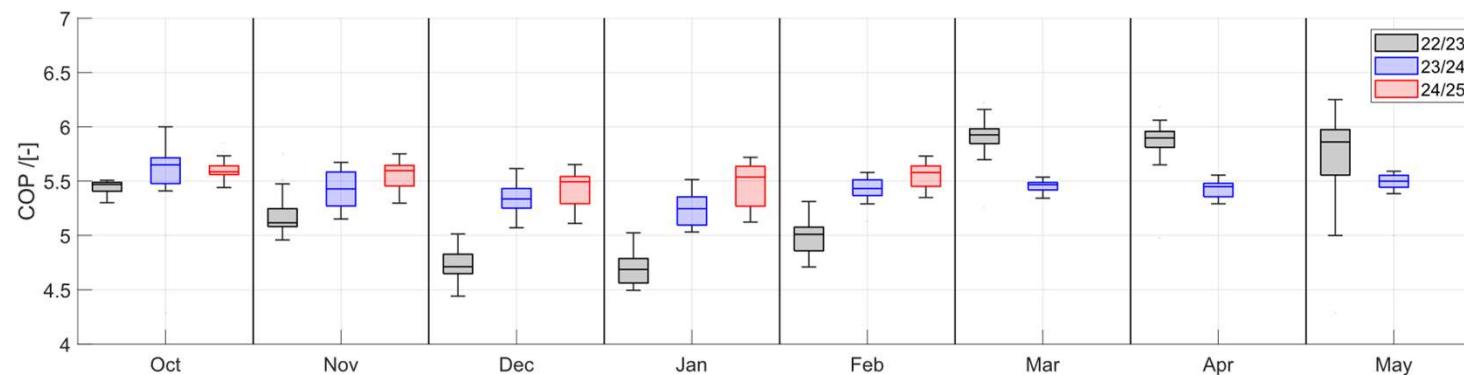
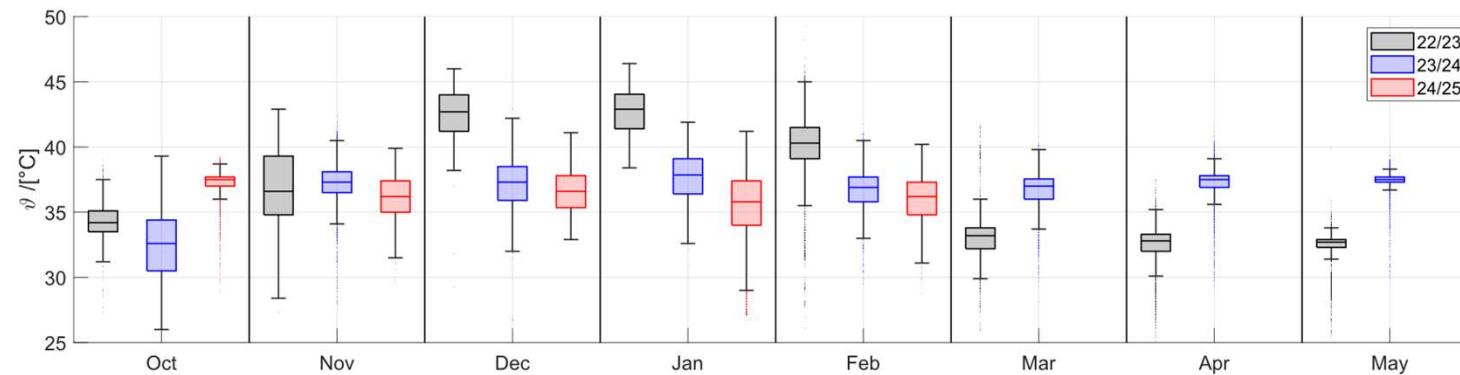
$$COP_{WP} = \frac{\dot{Q}_{thWP}}{P_{elWP}}$$

$$COP_{Sys} = \frac{\dot{Q}_{thWP}}{\sum P_{el,i}}$$

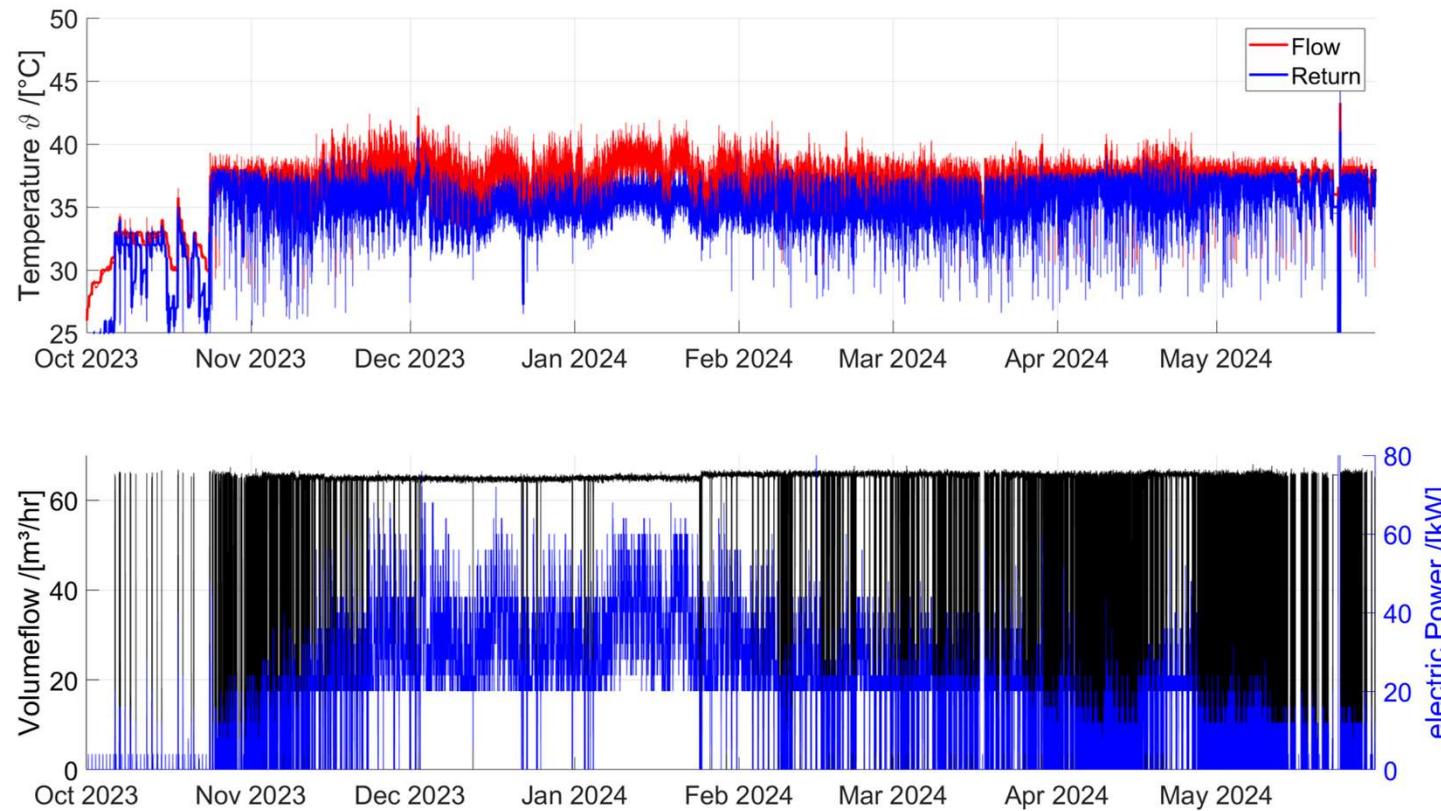
COP und Senkentemperatur



COP und Senkentemperatur



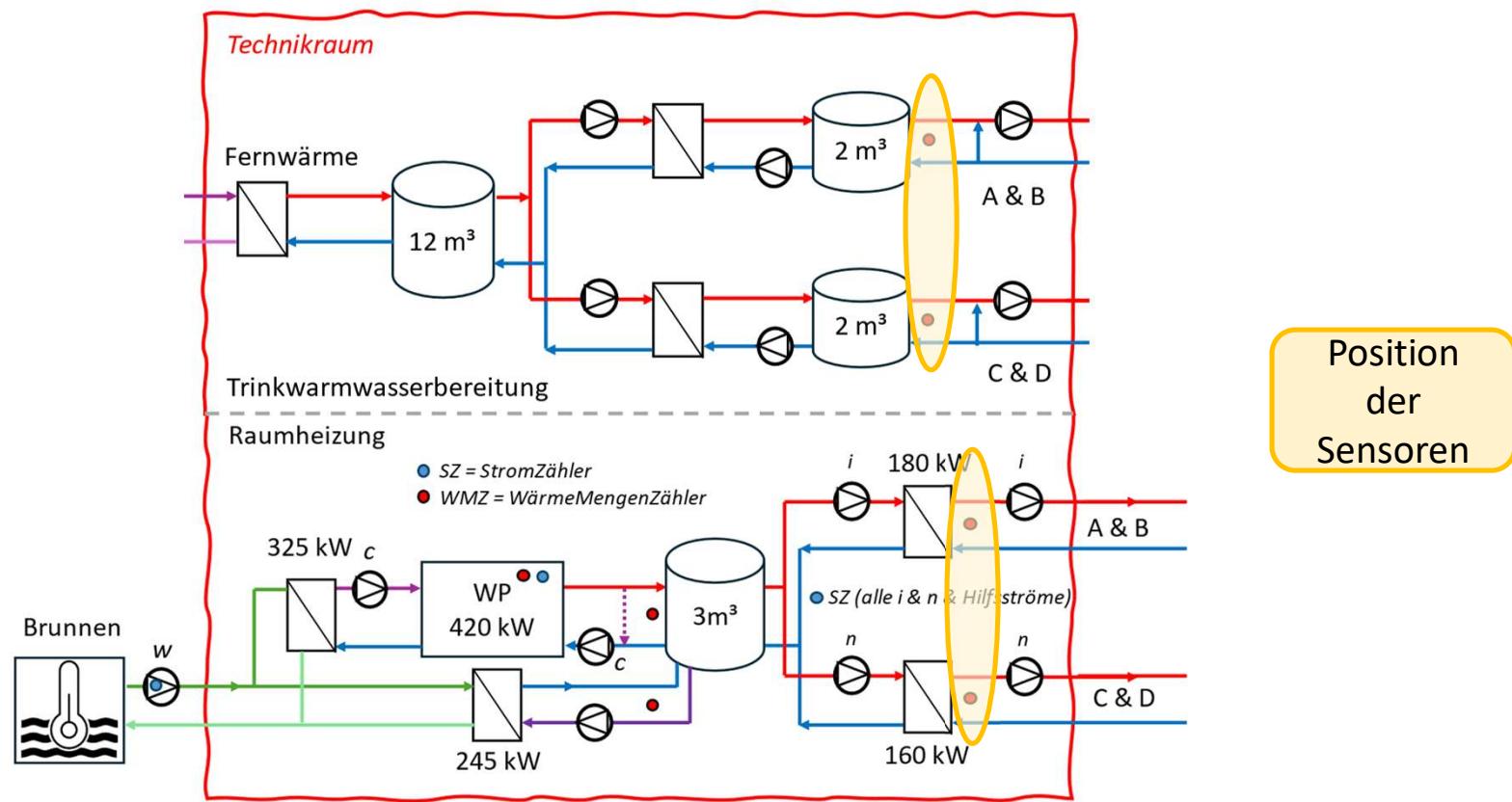
Wärmepumpe



COP je Systemgrenze



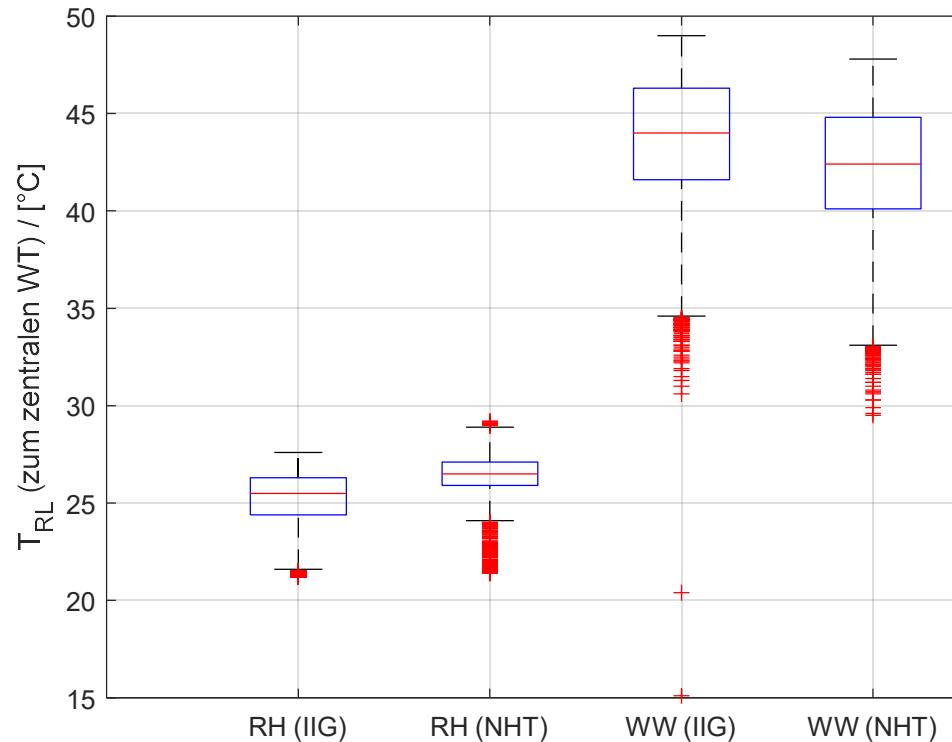
Vor- und Rücklauftemperaturen der zentralen Wärmetauscher



Temperaturen

(Rücklauftemperatur zum zentralen Wärmetauscher)

Gesamte Messperiode:
Mai 2022 – Apr 2025

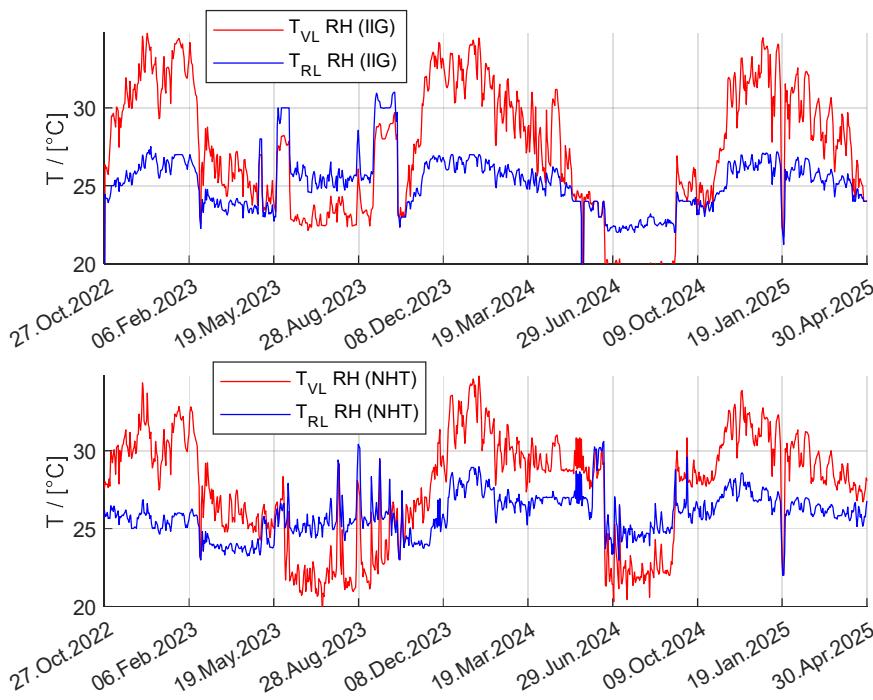


RH = Raumheizung
WW = Warmwasser

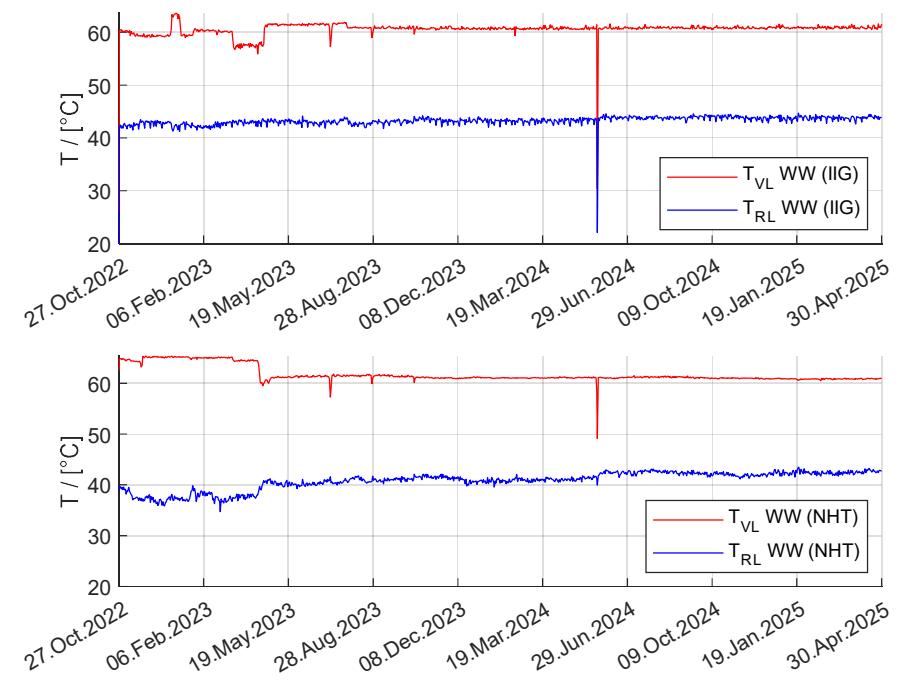
Temperaturen

Vor- und Rücklauftemperaturen von zentralen Wärmetauschern

Raumheizung:



Warmwasser:



IIG

NHT

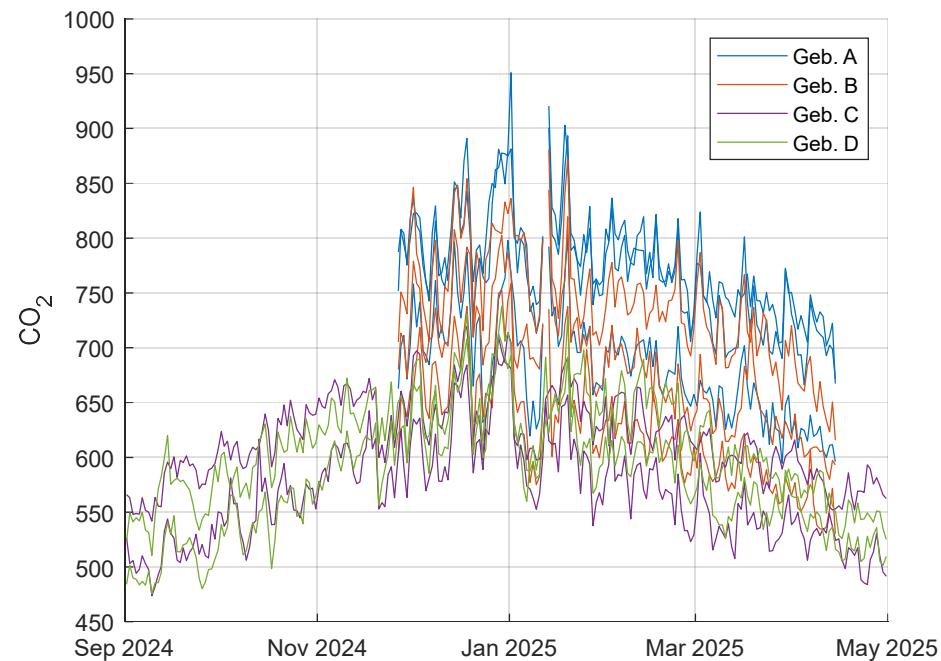
Komfort und Raumluftqualität

(Gebäudeweise CO₂, Wohnungsweise T, rF Gebäude C)



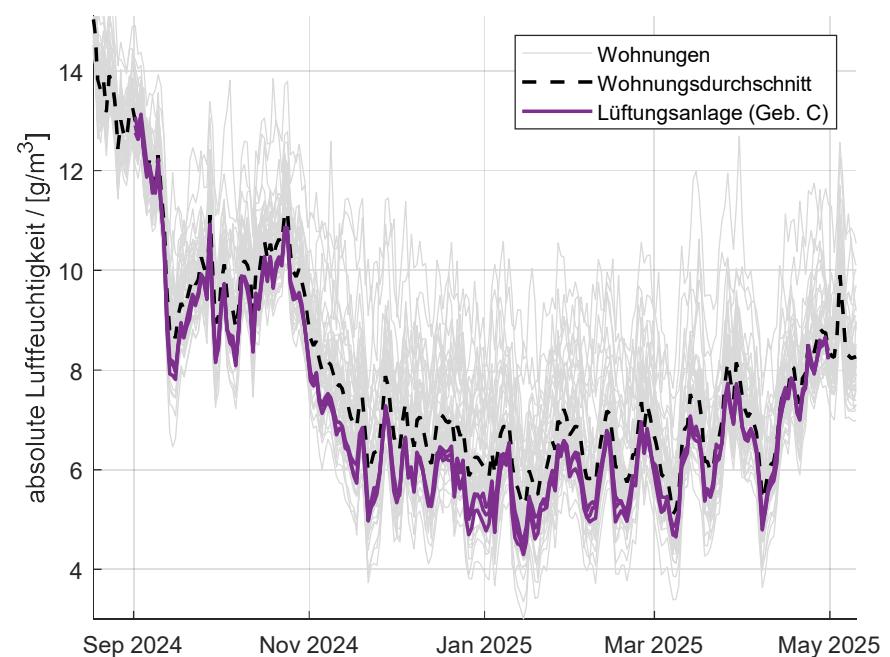
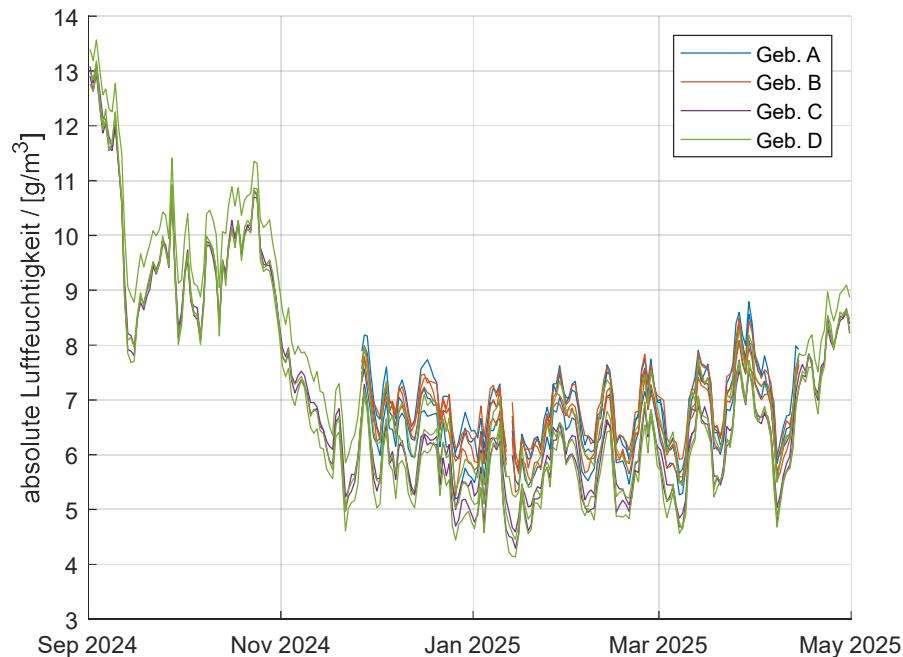
Gebäudeweise CO2

Tagesmittelwerte CO₂



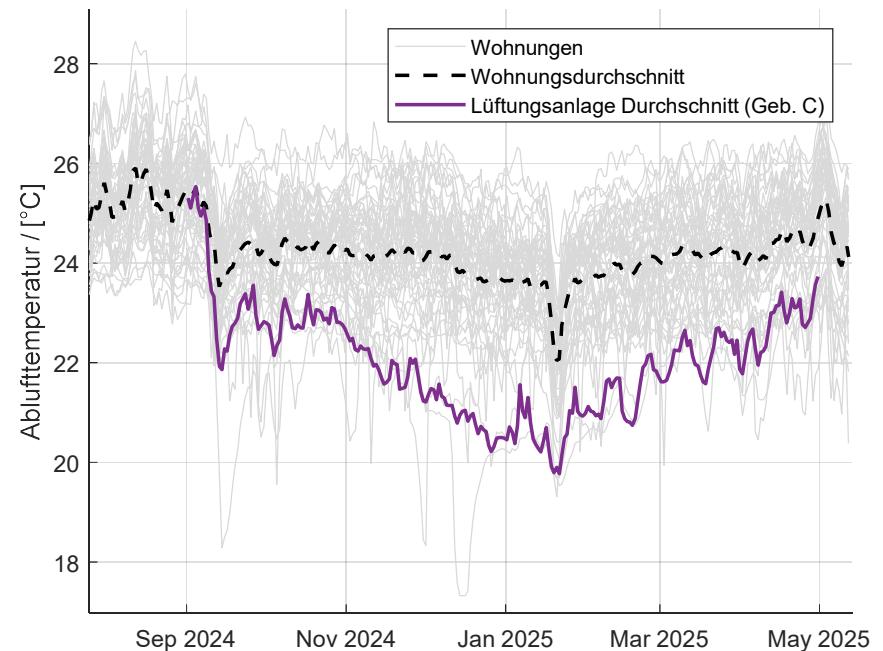
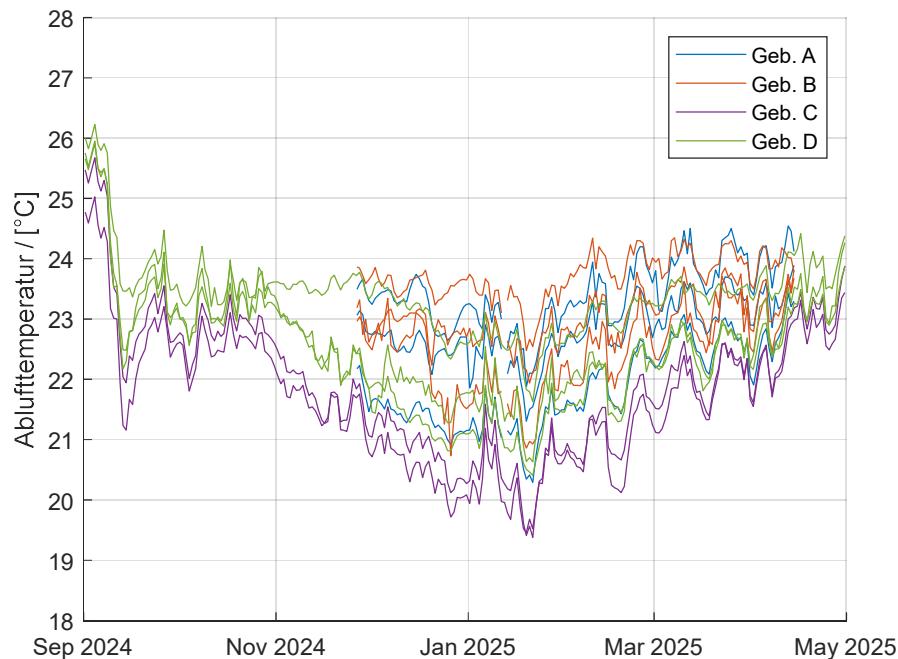
Gebäudeweise absolute Luftfeuchtigkeit

Tagesmittelwerte absolute Luftfeuchtigkeit



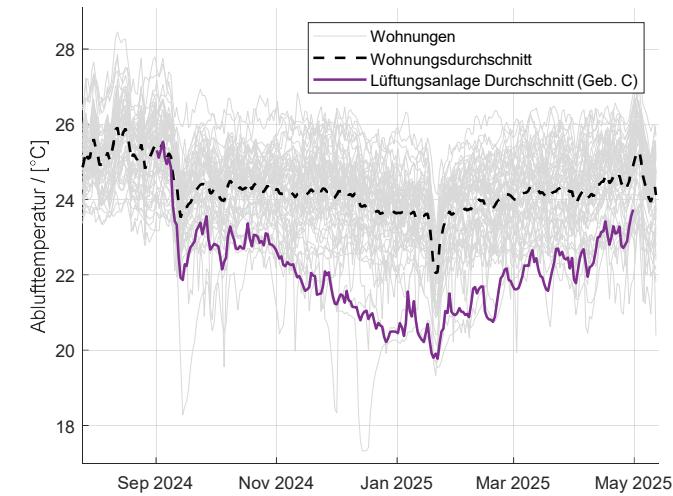
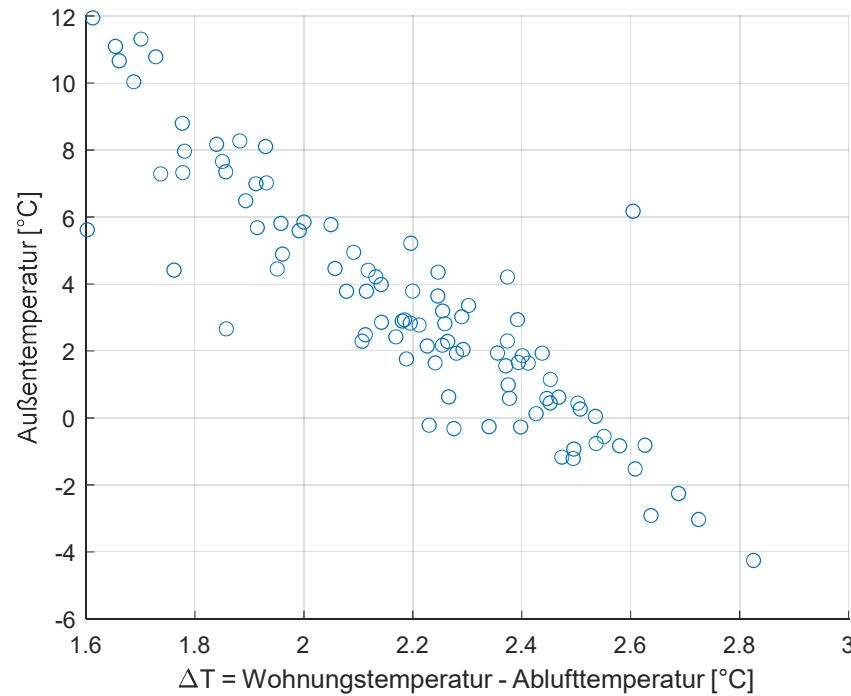
Gebäudeweise Ablufttemperatur

Tagesmittelwerte Temperatur



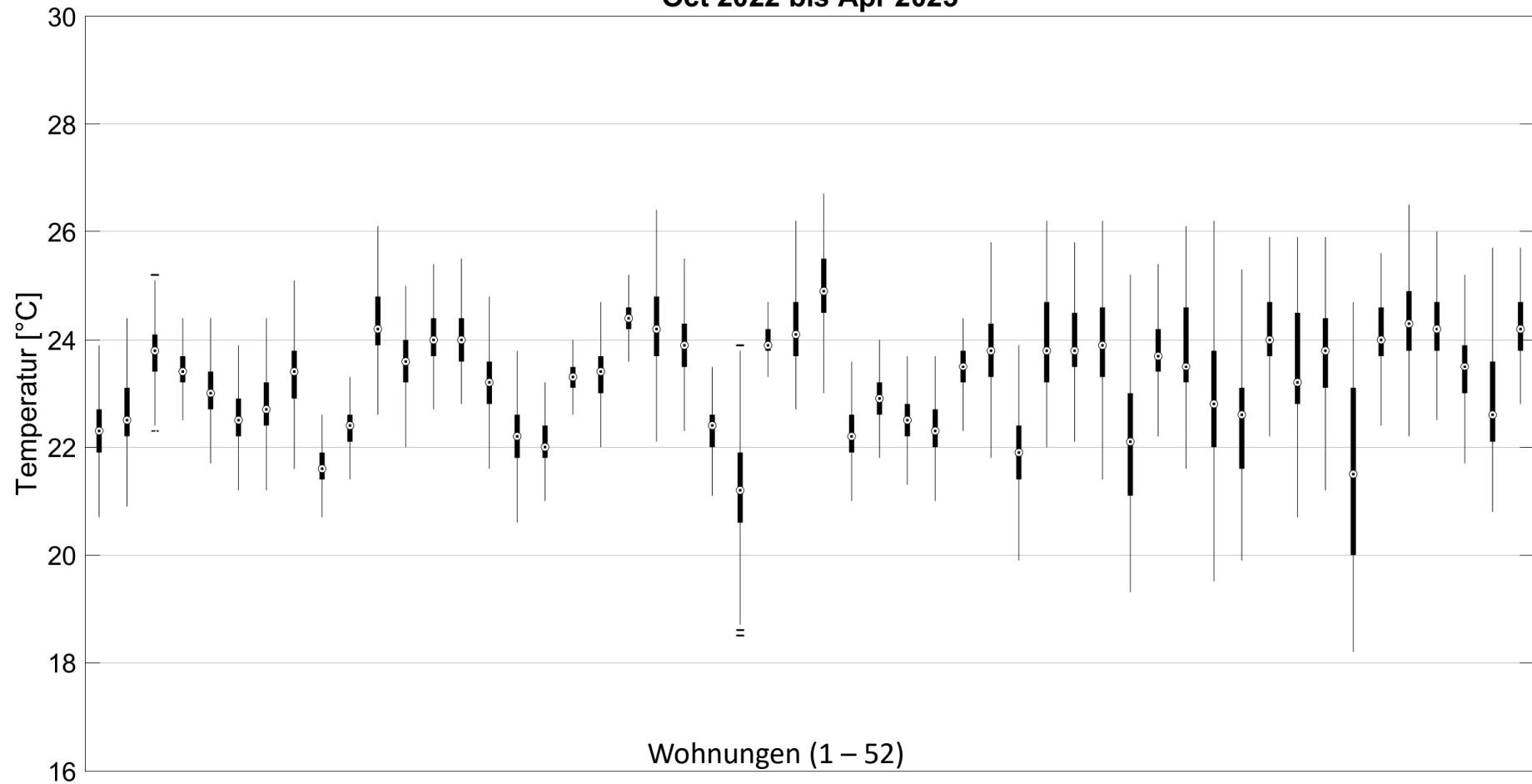
Gebäudeweise Ablufttemperatur

Tagessmittelwerte T



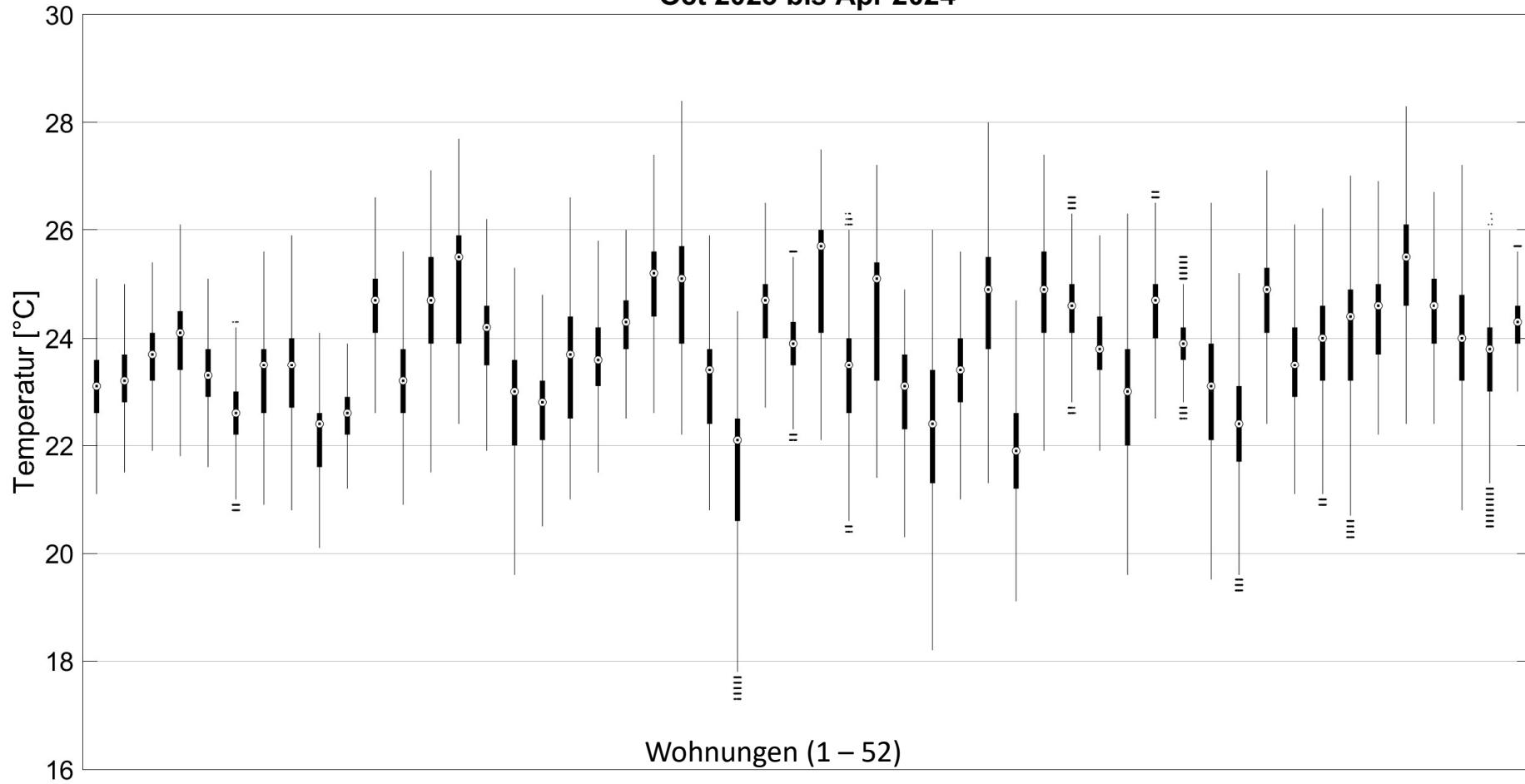
Temperatur in den Wohnungen

Oct 2022 bis Apr 2023



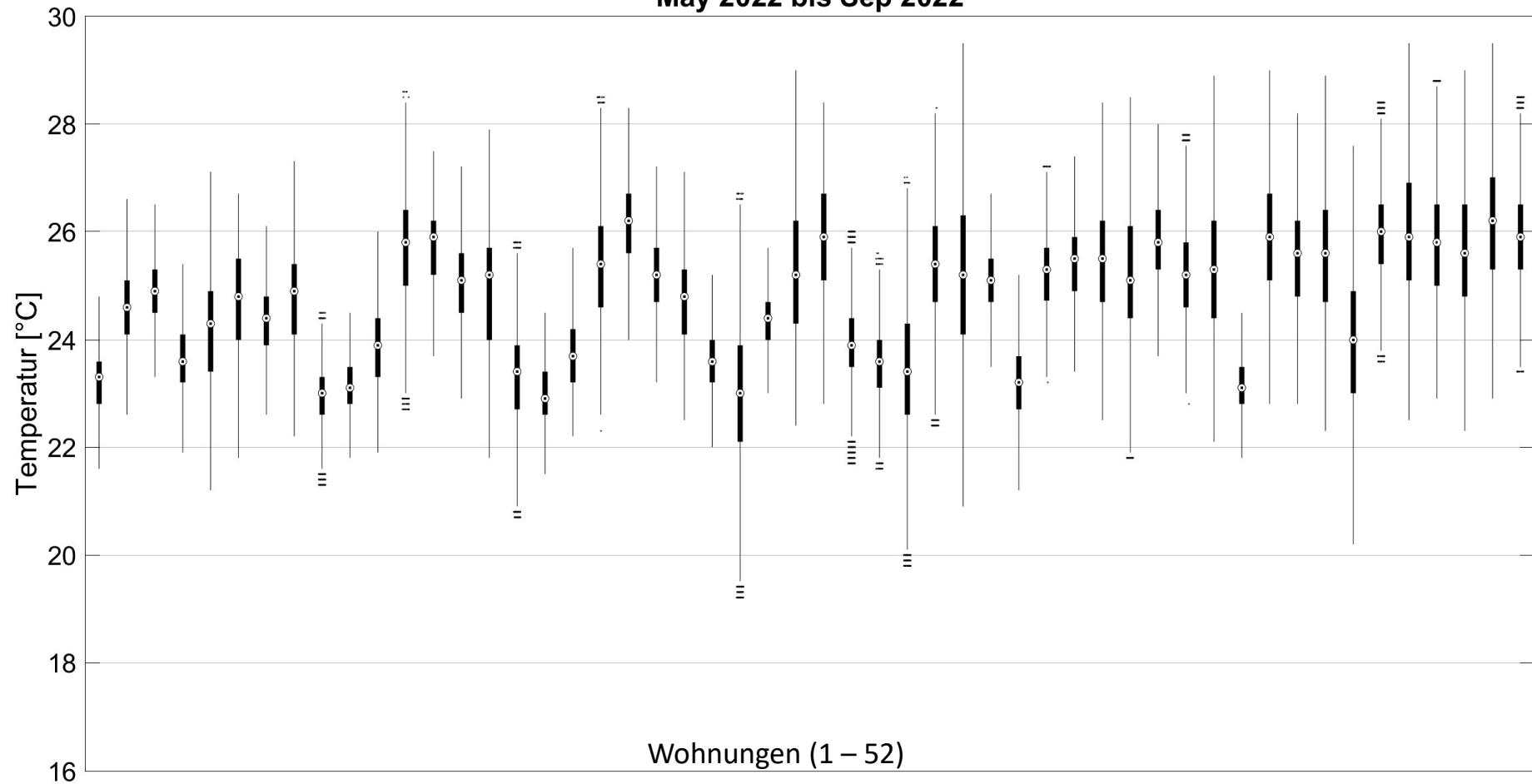
Temperatur in den Wohnungen

Oct 2023 bis Apr 2024



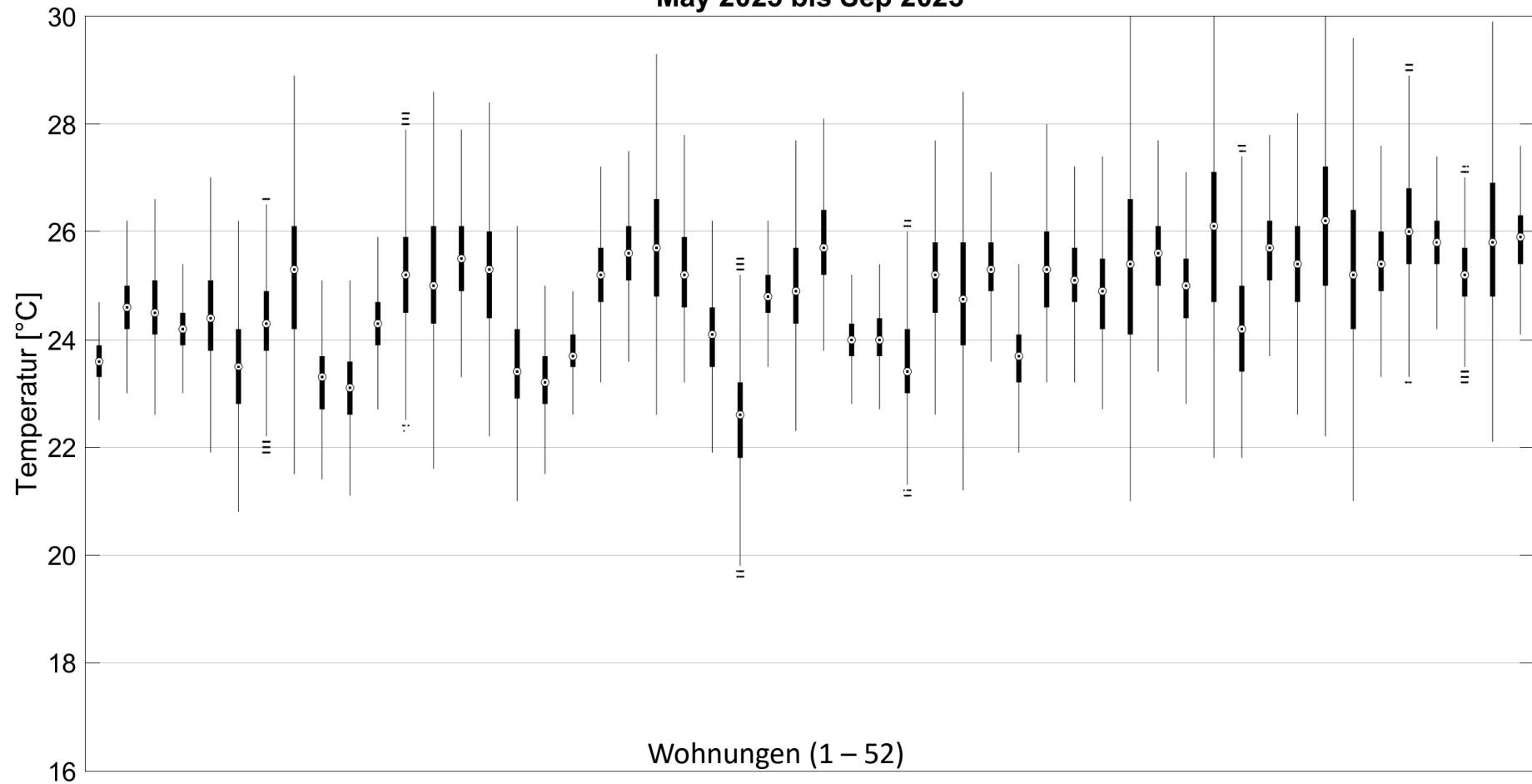
Temperatur in den Wohnungen

May 2022 bis Sep 2022



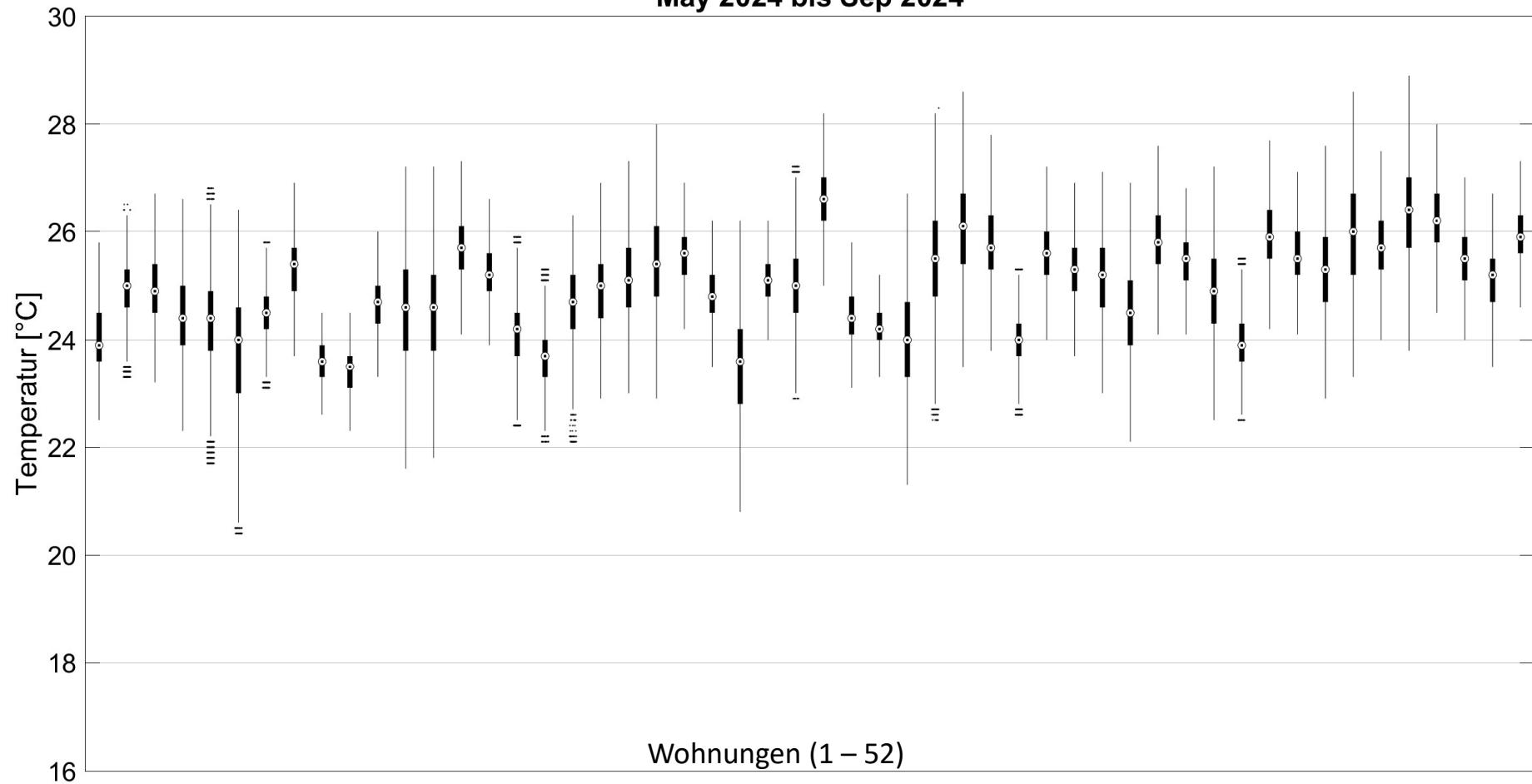
Temperatur in den Wohnungen

May 2023 bis Sep 2023



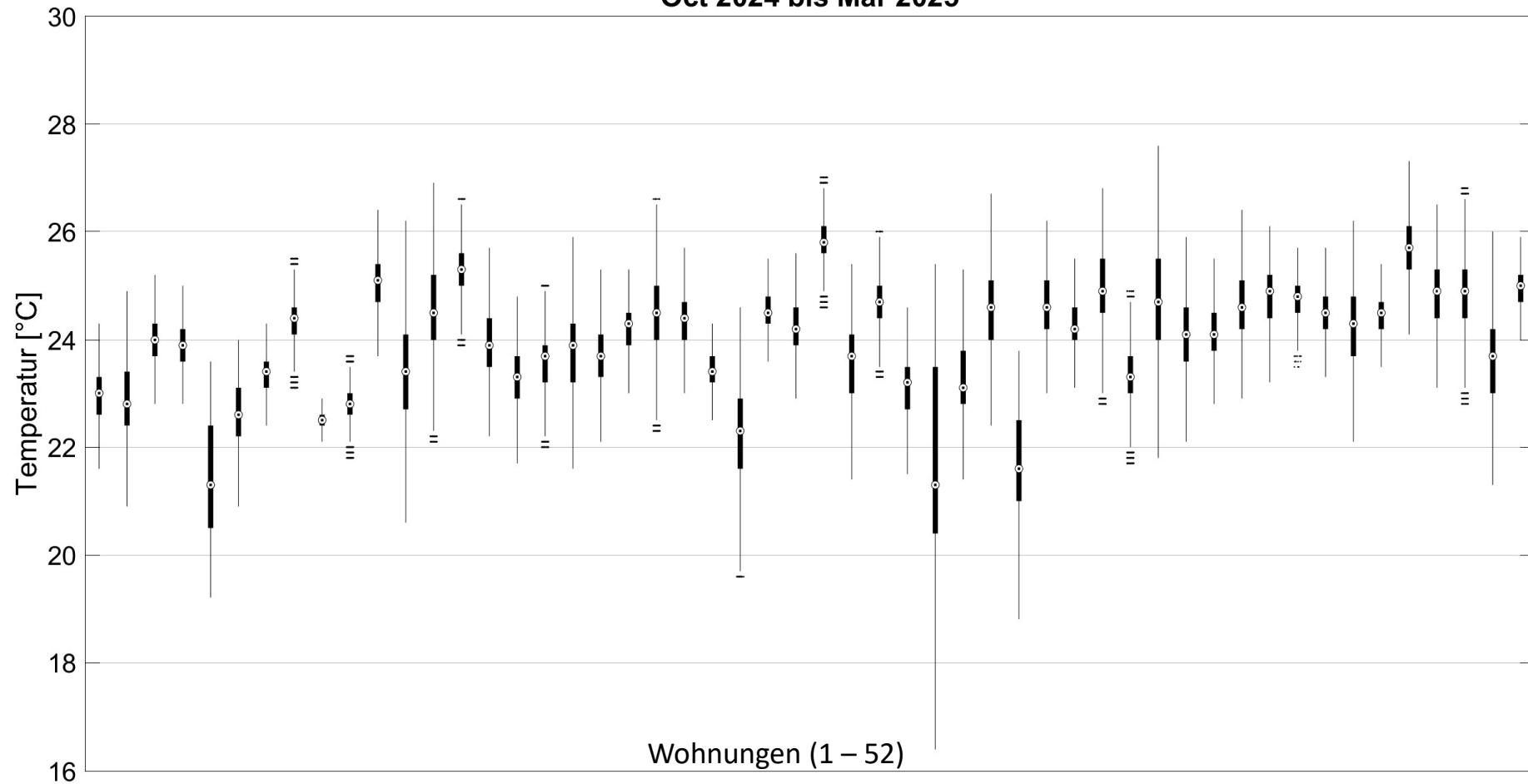
Temperatur in den Wohnungen

May 2024 bis Sep 2024

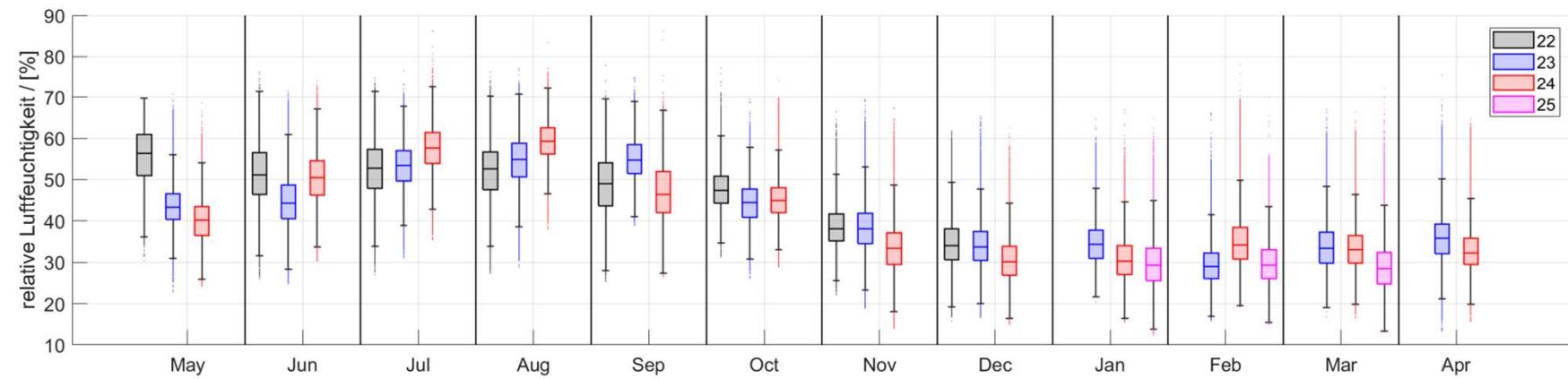
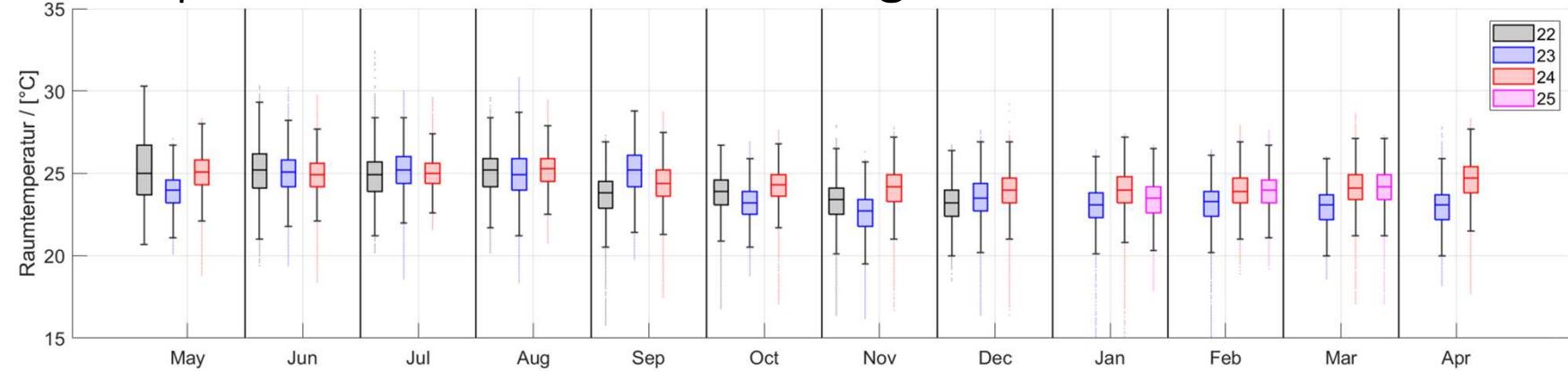


Temperatur in den Wohnungen

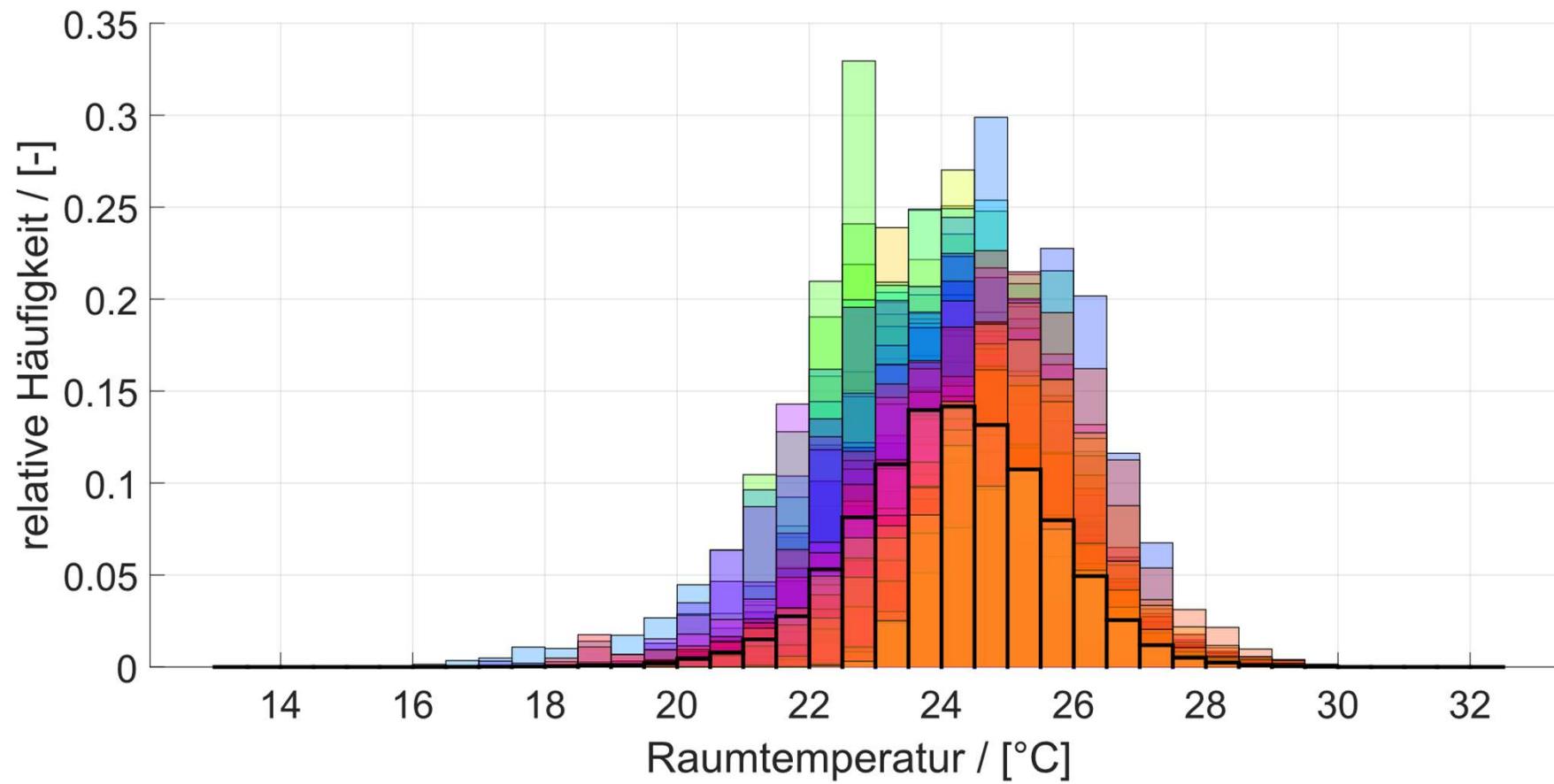
Oct 2024 bis Mar 2025



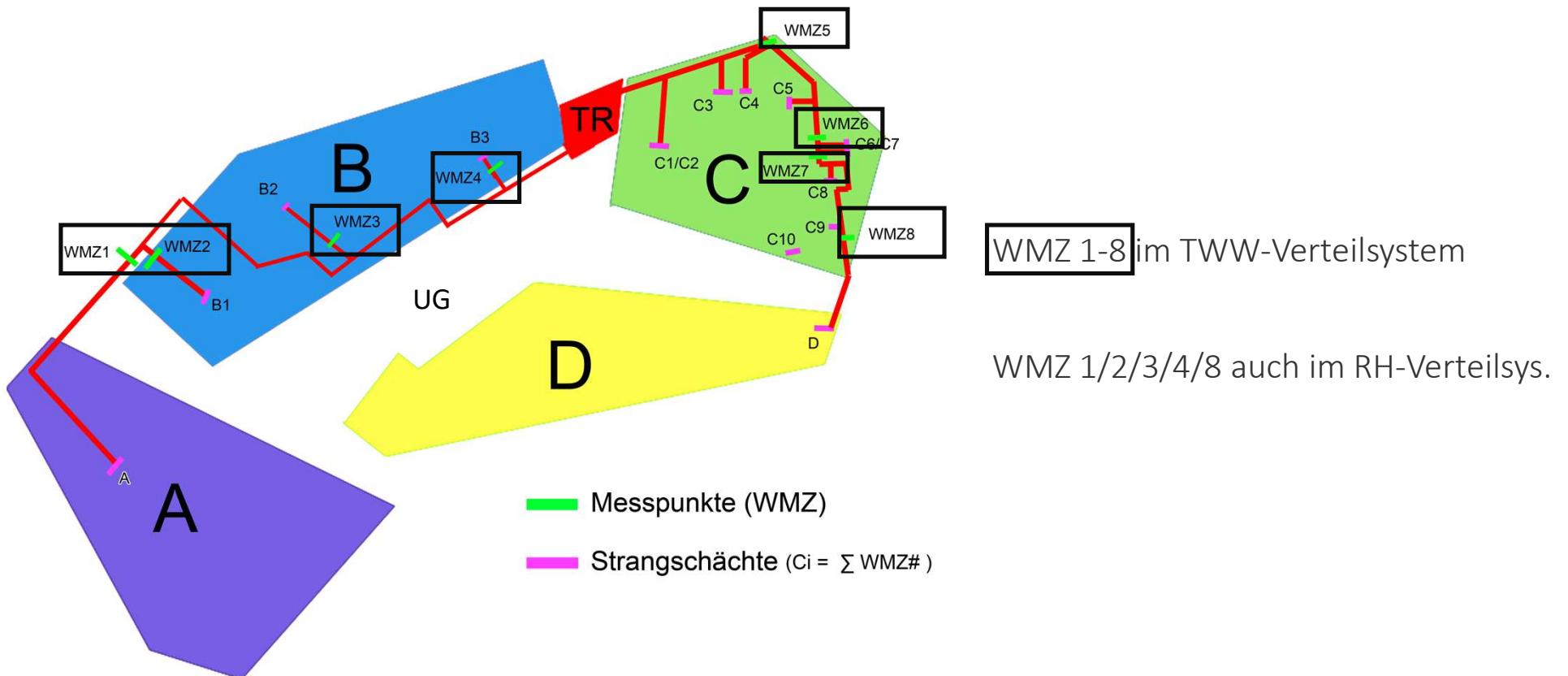
Raumtemperatur und relative Feuchtigkeit



Raumtemperaturverteilung

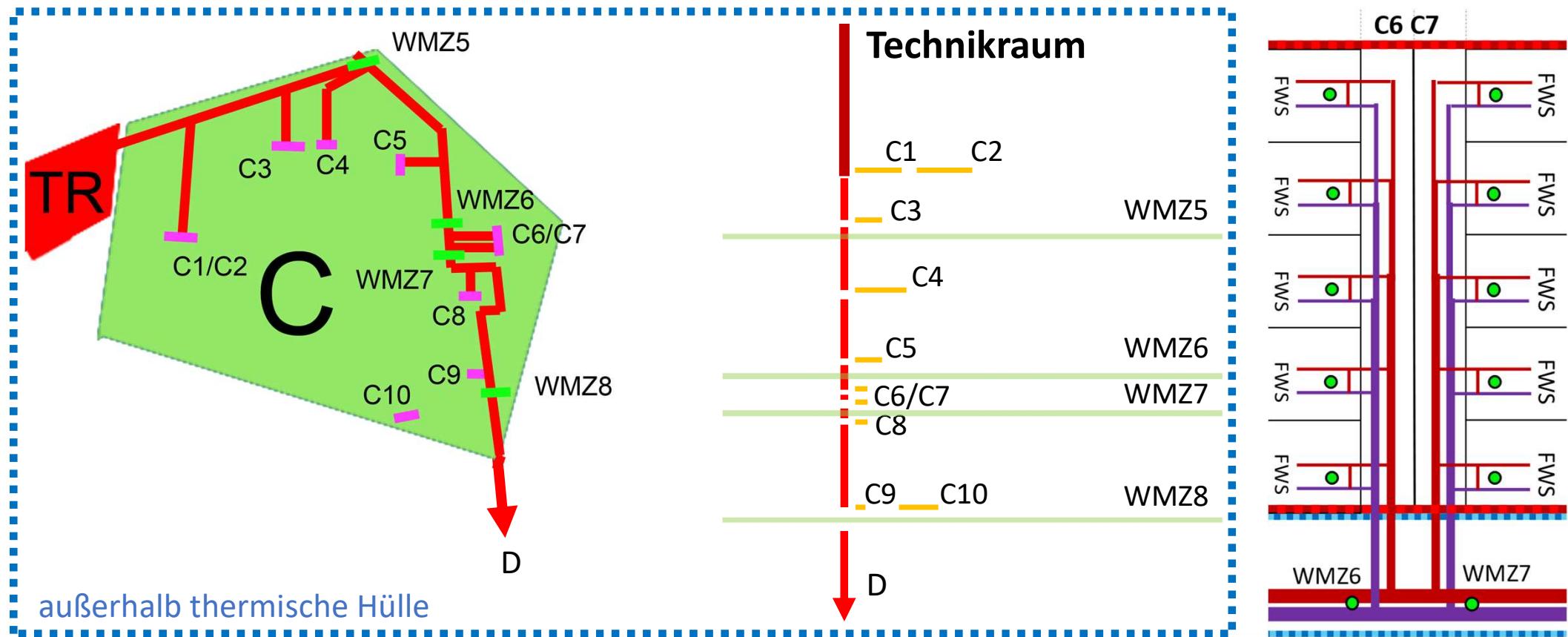


Messung und Auswertung der TWW -Vertilverluste



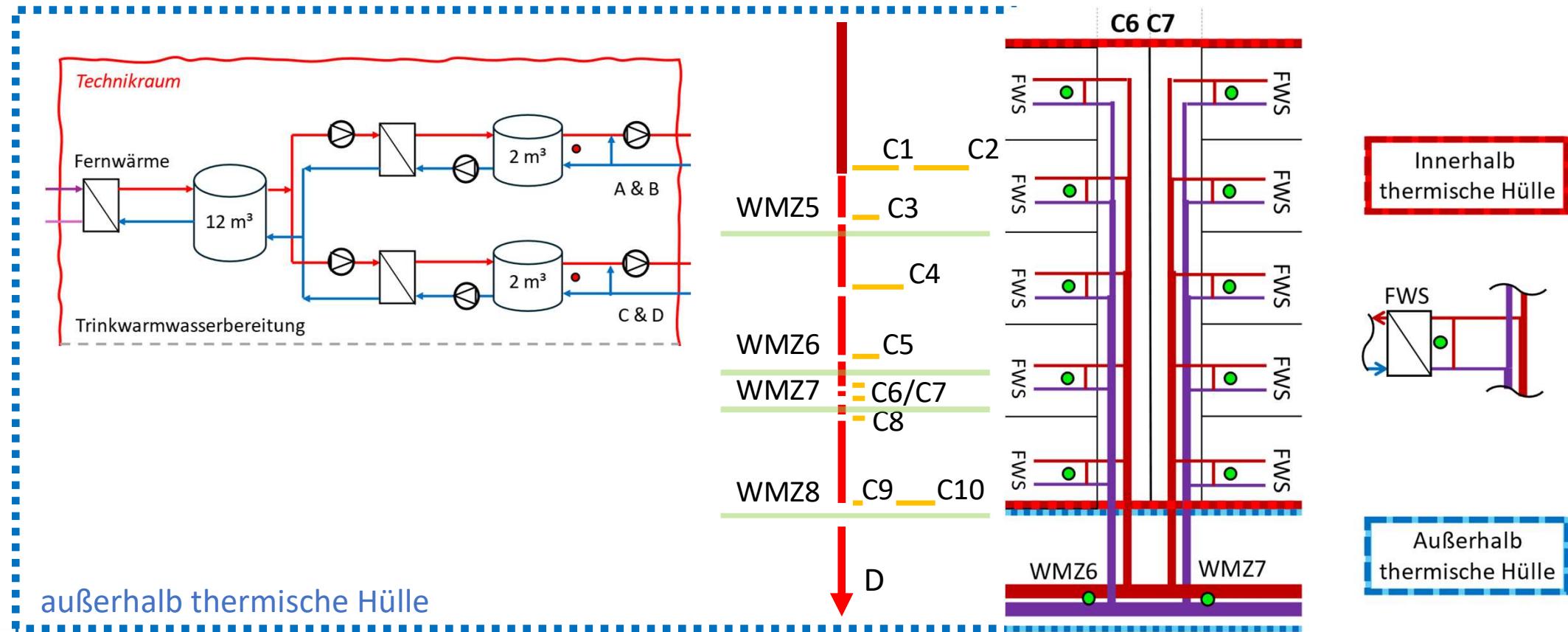
Messung und Auswertung der TWW -Verteilverluste

● Wärmemengenzähler



Messung und Auswertung der TWW - Verteilverluste

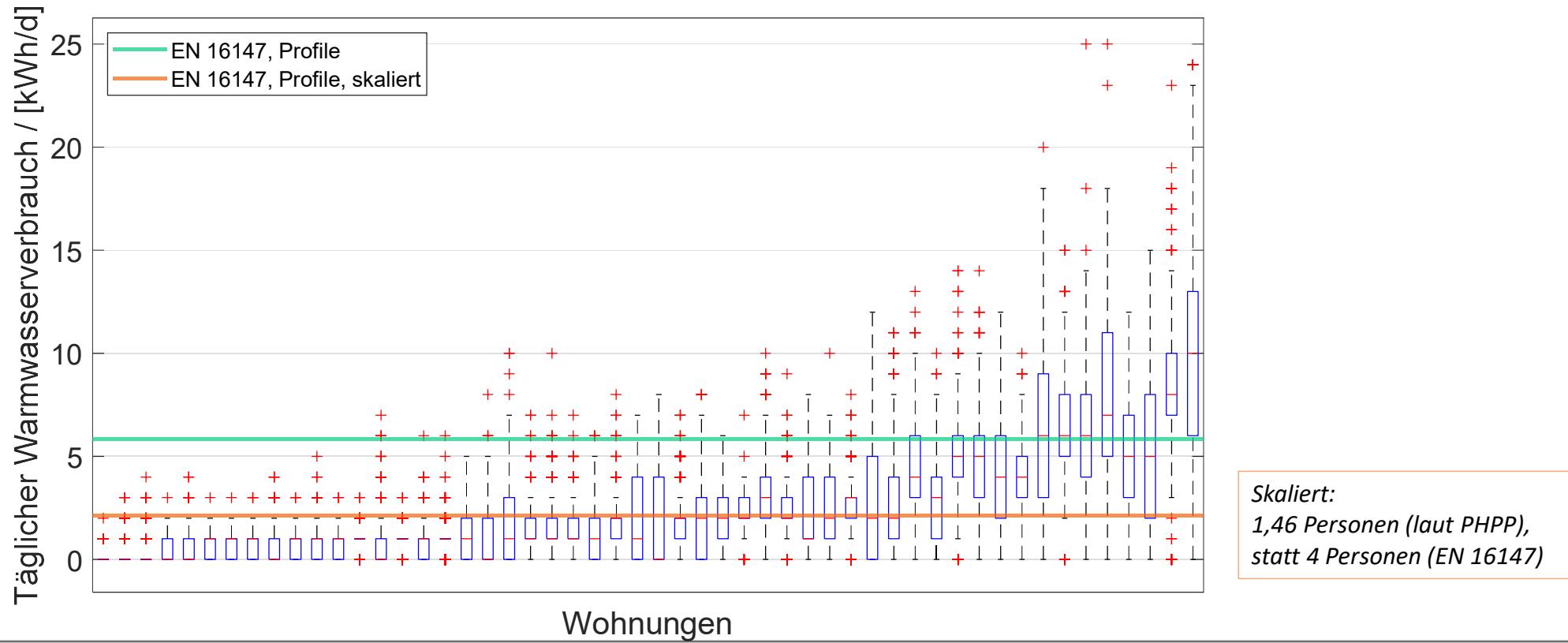
● Wärmemengenzähler



Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise)

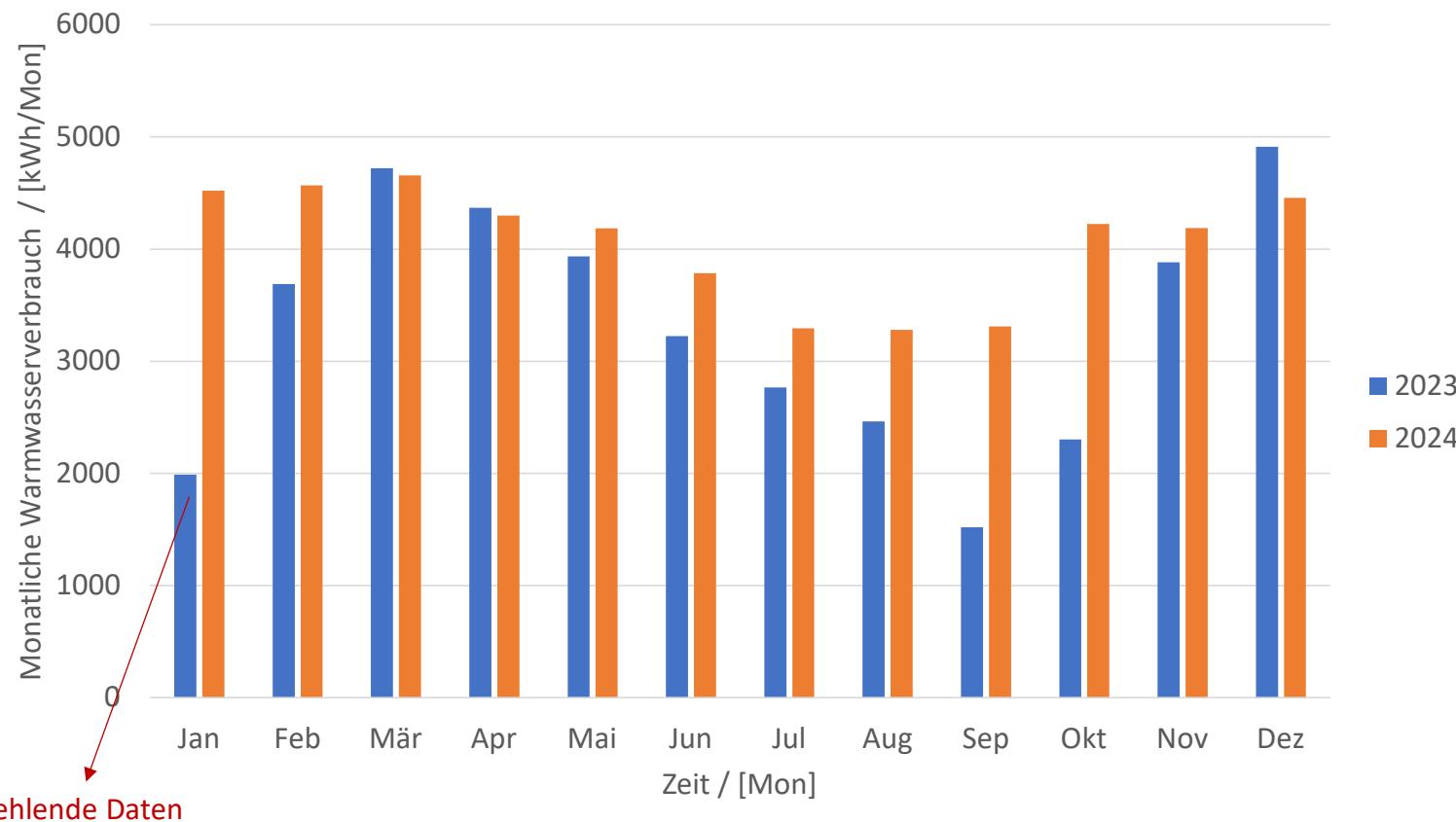
Messdaten aus einem Jahr (**2024**)

Wohnungen sortiert nach steigendem jährlichen spezifischen Warmwasserverbrauch im Jahr 2024



Venturi et. al., Monitoring-Based Analysis of Decentralized Domestic Hot Water Preparation in Large Multi-Family Buildings, CLIMA Conference 2025

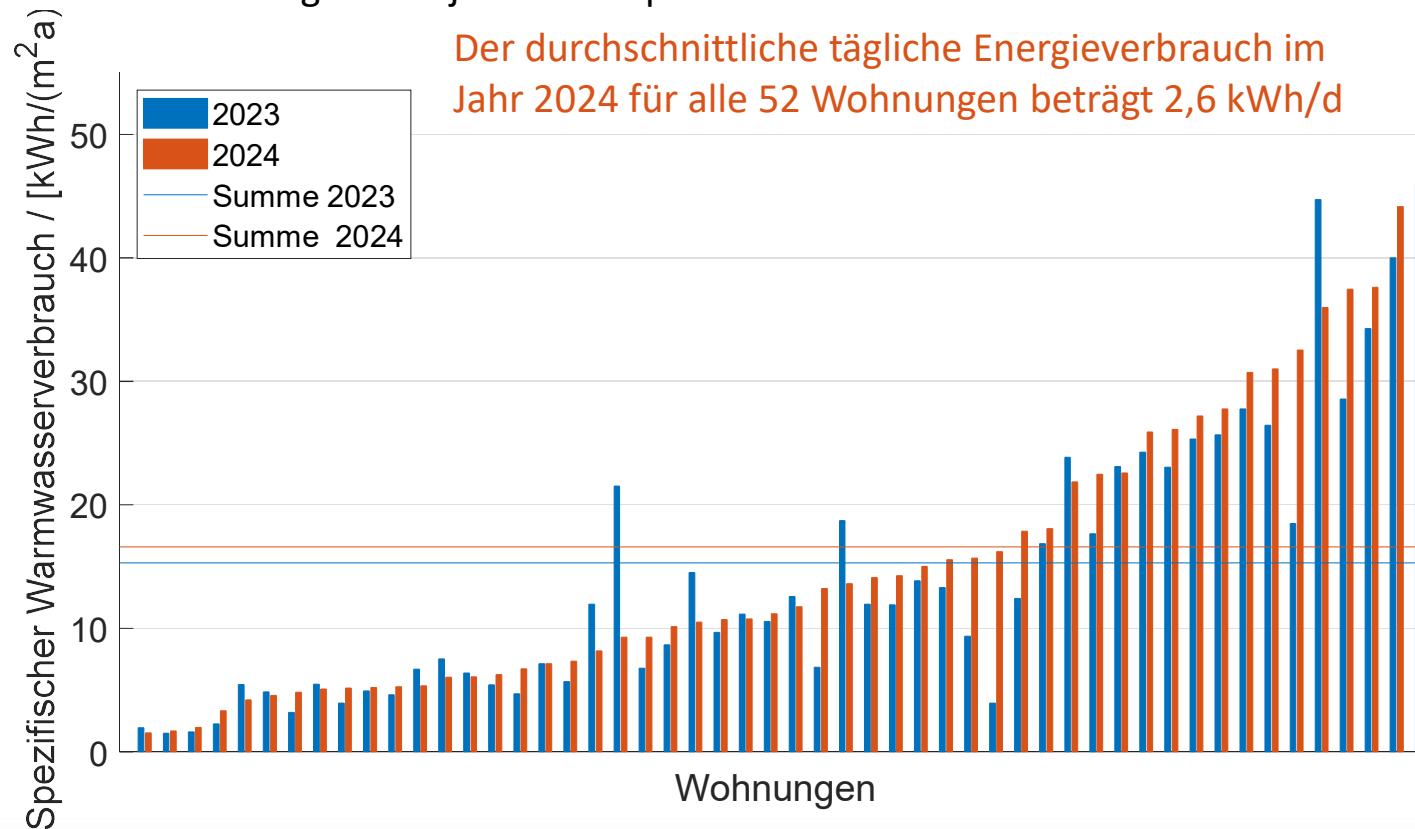
Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise)



Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise)

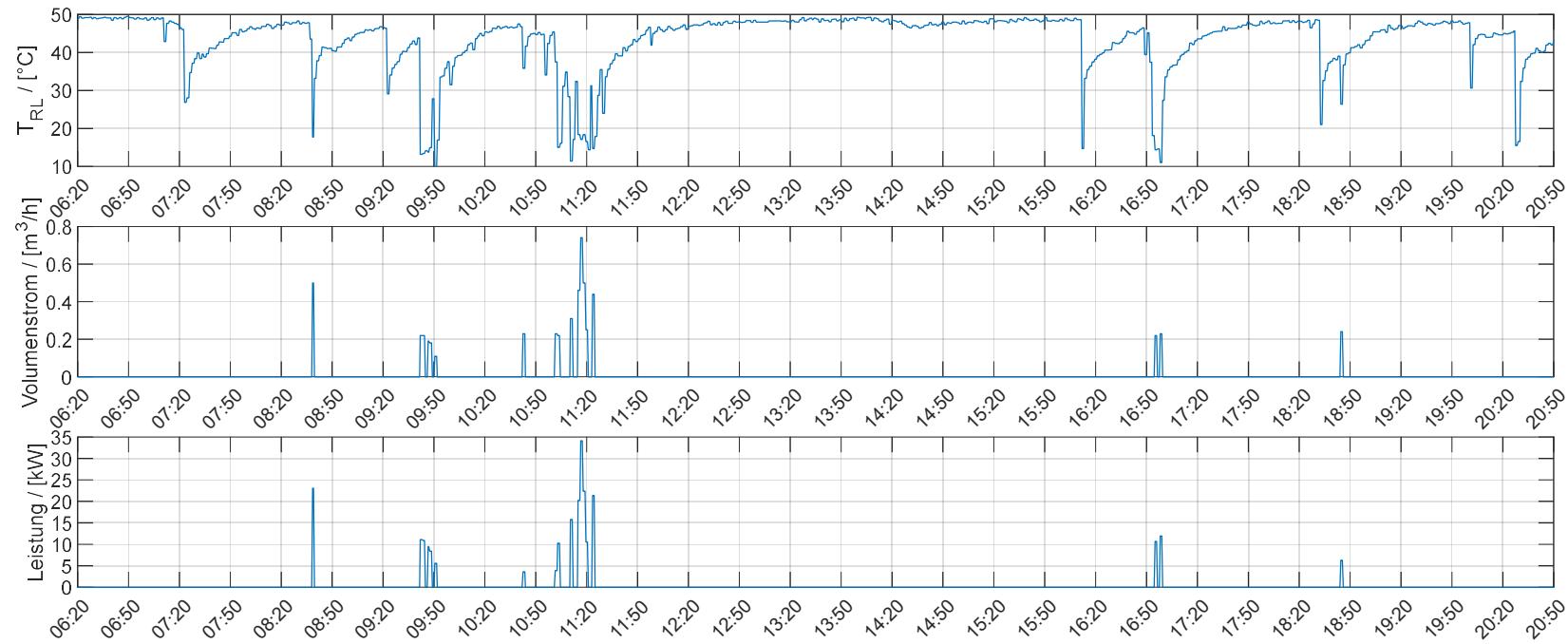
Messdaten aus einem Jahr (2024)

Wohnungen sortiert nach steigendem jährlichen spezifischen Warmwasserverbrauch im Jahr 2024

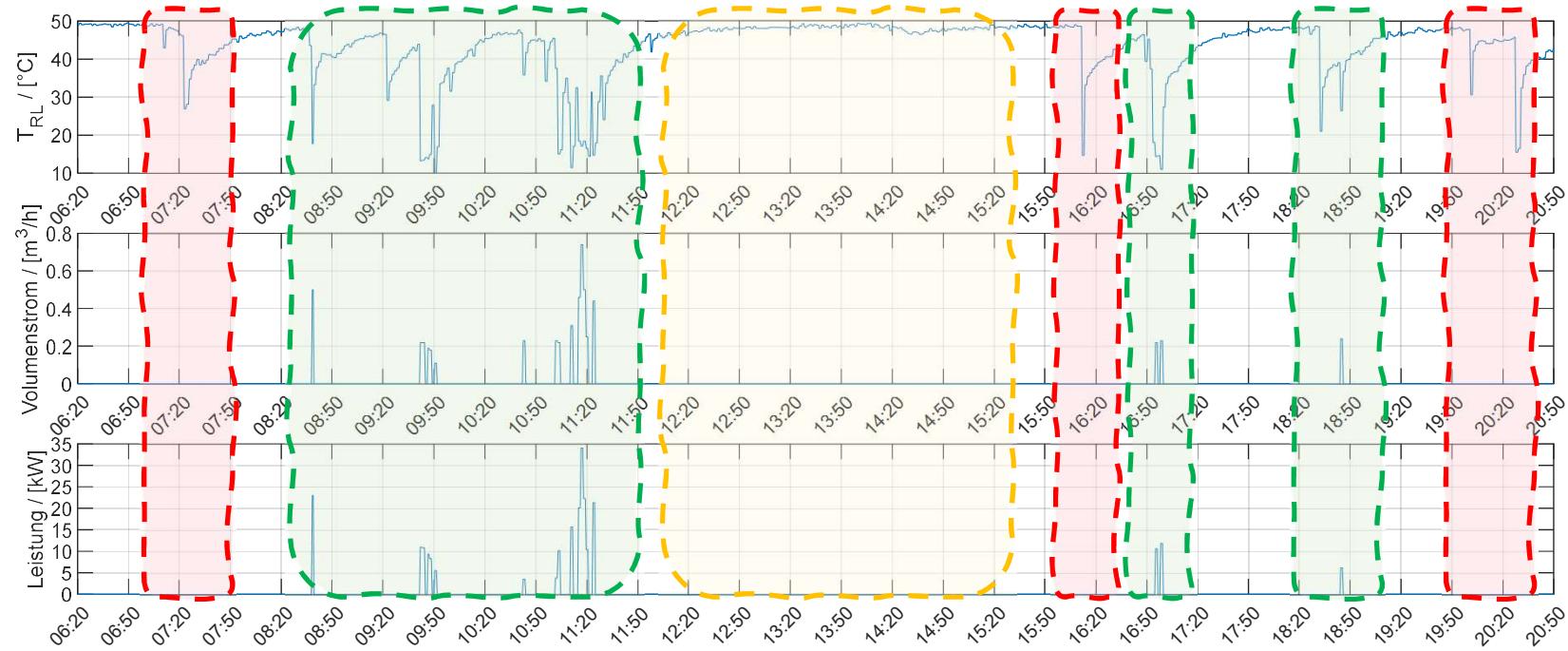


Venturi et. al., Monitoring-Based Analysis of Decentralized Domestic Hot Water Preparation in Large Multi-Family Buildings, CLIMA Conference 2025

Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise)

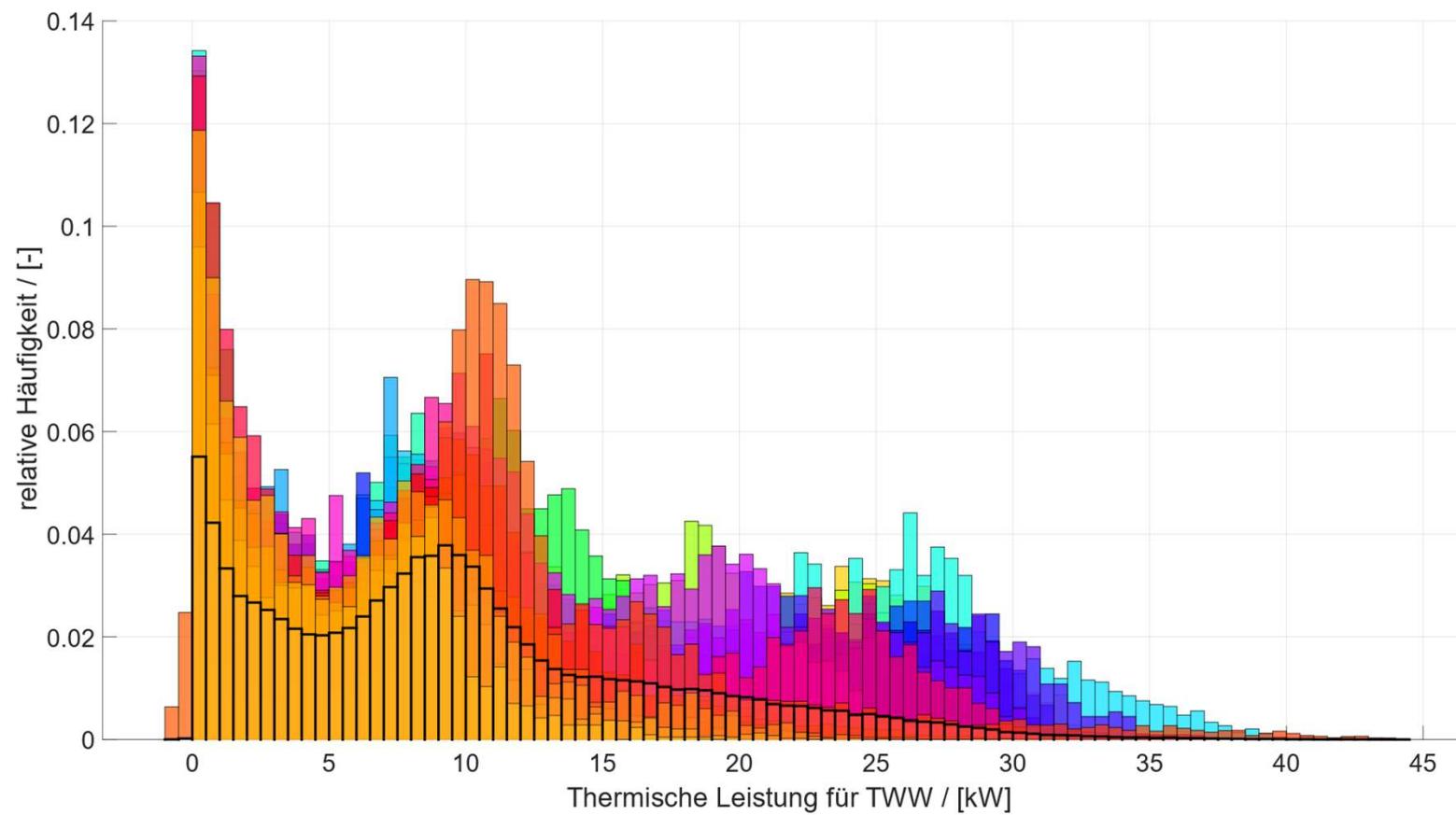


Detailanalyse Trinkwarmwasser Gebäude C (Wohnungsweise)



→ im Durchschnitt: 54% der Anzapfungen werden nicht erkannt
(min: 24%, max: 72% je nach Wohnung)

Zapfprofile



Zapfprofile

Art der Zapfung (Dauer)	Beispiel	durchschnittliche Anzahl pro Tag	durchschnittlicher Volumenstrom* [m ³ /h]	durchschnittliche Leistung* [kW]	Verhältnis der Jahresenergie [%]
< 2,5 min	Händewaschen	8,9	0,18	6,4	47%
≥ 2,5 min und < 4,5 min	Händewaschen	2,2	0,21	7,8	11%
≥ 4,5 min und < 8 min	Duschen	0,8	0,30	12,5	24%
≥ 8 min	Badewannen	0,2	0,35	15,5	18%

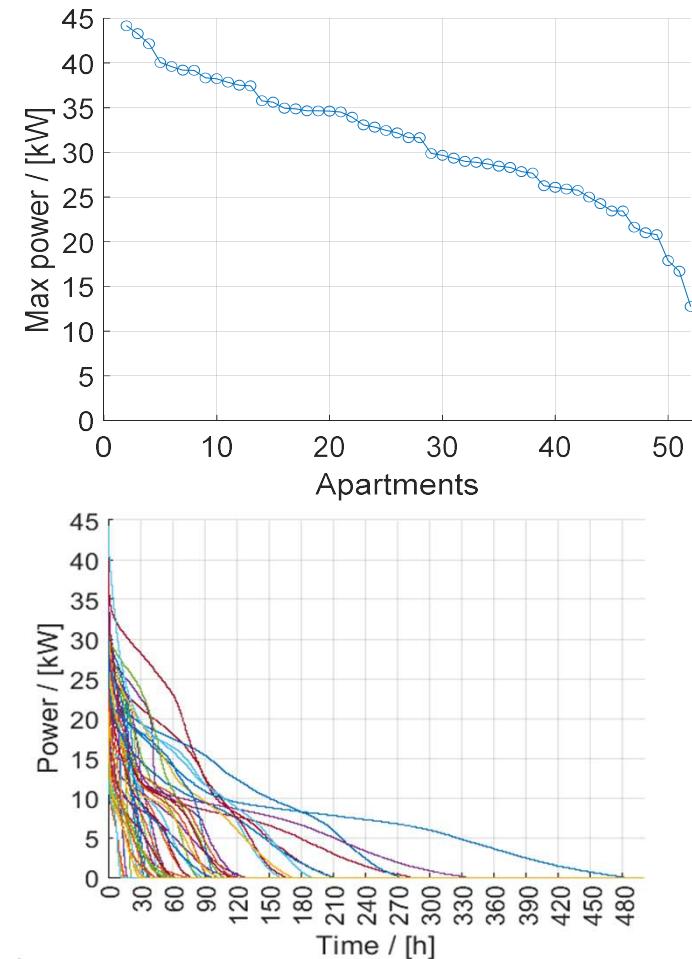
* auf der Primärseite der FWS

Gleichzeitigkeitsfaktoren

$$\varphi = \frac{\max(\sum_{i=1}^N \dot{Q})}{\sum_{i=1}^N \max(\dot{Q})}$$

Gleichzeitigkeitsfaktoren

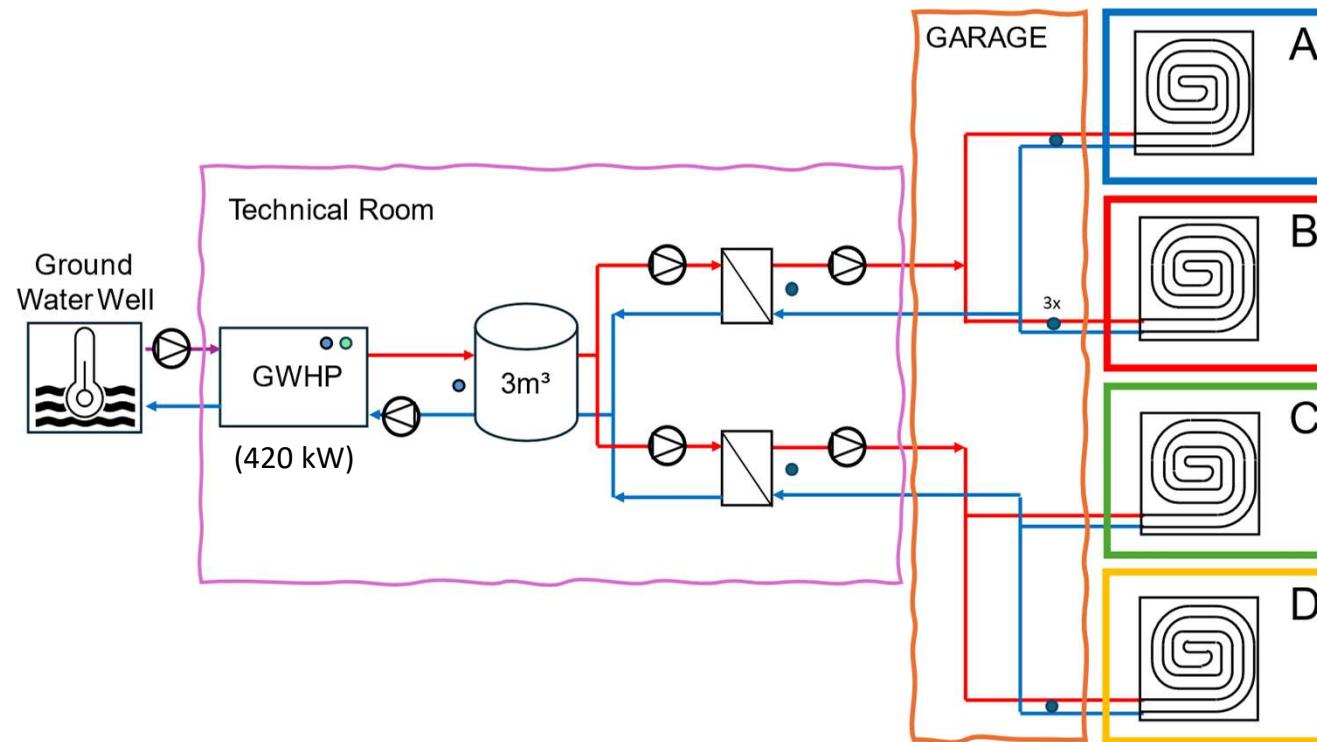
ohne unerkannte Zapfungen (unterschätzt)	0,08
mit unerkannte Zapfungen (überschätzt)	0,22



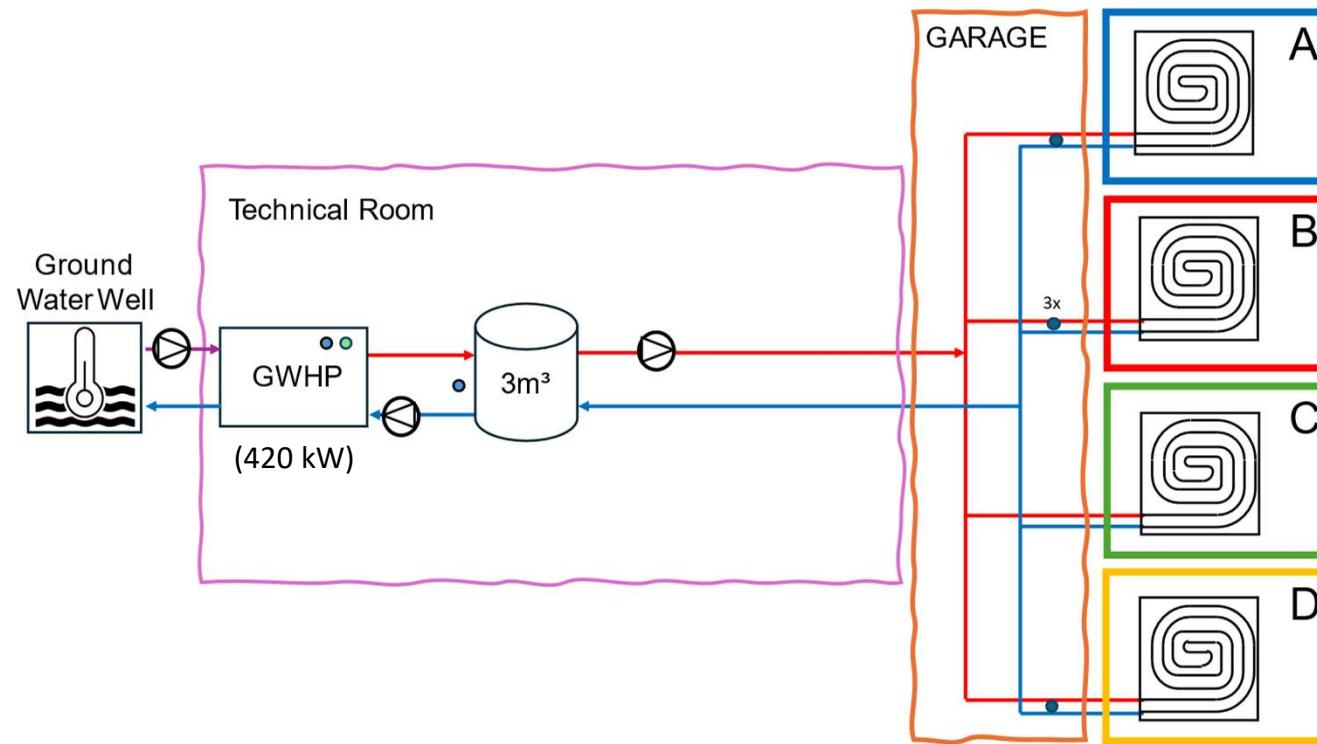
Gebäude- und Anlagensimulation

- Einfluss Systemtrennung
- Zentrale vs. (Gebäudeweise) dezentrale WP
- Wärmepumpensystemvarianten

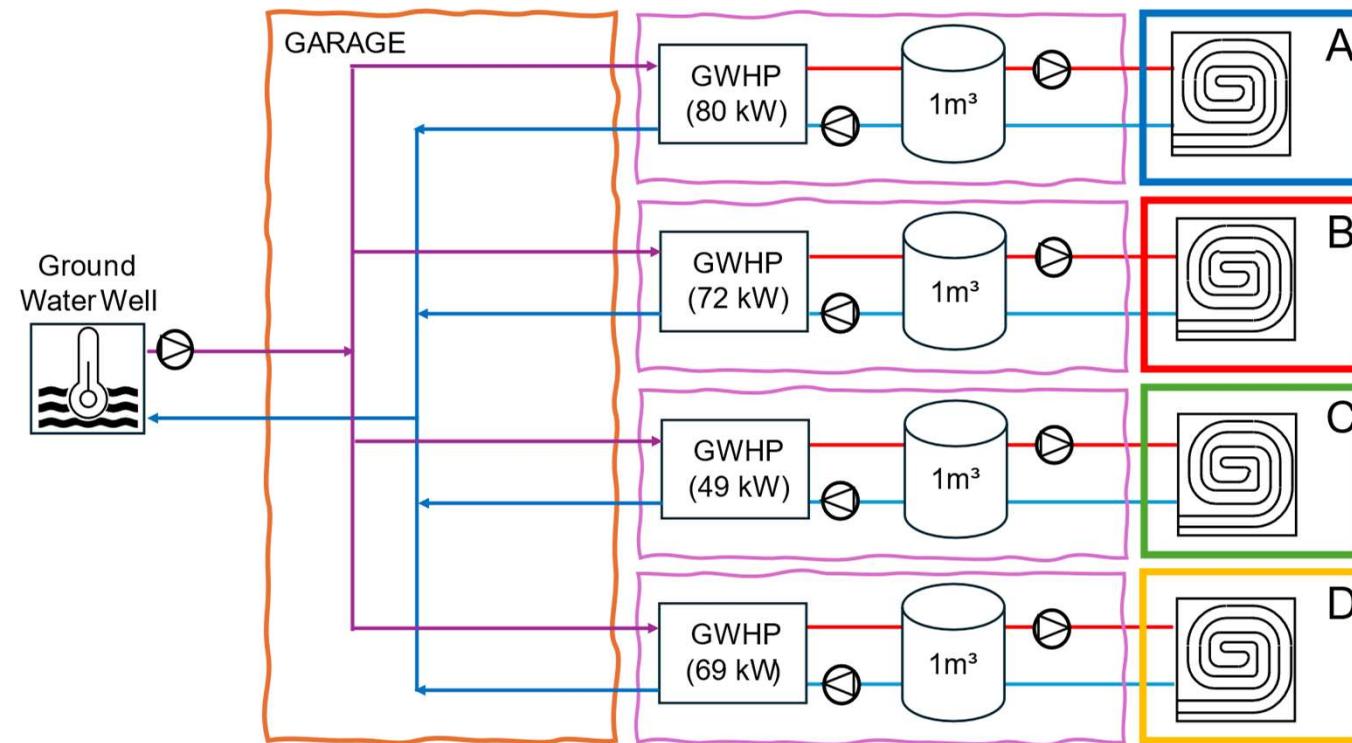
Gebäude- und Anlagensimulation: originales System / Variante 1



Gebäude- und Anlagensimulation: ohne Systemtrennung / Variante 2



Gebäude- und Anlagensimulation: Gebäudeweise WP / Variante 3



Variantenvergleich – Einfluss RH-Verteilverluste

	Monitoring (23.7°C)	Variant 1 (Original)	Variant 2 (ohne Trennung)	Variant 3 (Gebäudeweise)	Variant 3 limitierte \dot{Q}_{WP}
HWB [MWh/a]	551.5	461.2	461.7	457.4	455.4
Q_{WP} [MWh/a]	564.2	479.9	479.4	461.7	460.3
Q_{loss} [MWh/a]	12.7	18.7	17.7	4.3	4.9
$Q_{loss} / HWB [\%]$	2.3	4.1	3.8	0.9	1.1

$$Q_{loss} = Q_{WP} - SHD$$



~75 % Reduktion möglich

Variantenvergleich – Effizienz der Wärmepumpe

	Monitoring (23.7°C)	Variant 1 (Original)	Variant 2 (ohne Trennung)	Variant 3 (Gebäudeweise)	Variant 3 limitierte \dot{Q}_{WP}
HWB [MWh/a]	551.5	461.2	461.7	457.4	455.4
Q_{WP} [MWh/a]	564.2	479.9	479.4	461.7	460.3
W_{WP} [MWh/a]	105.7	70.2	64.9	59.6	59.3
W_{WP} / W_{WP_v1} [%]	151	100	92	85	84



~ 8 % durch die Systemtrennung
~ 15 % mit gebäudeweise WP

Variantenvergleich - Systemeffizienz

	Monitoring (23.7°C)	Variant 1 (Original)	Variant 2 (ohne Trennung)	Variant 3 (Gebäudeweise)	Variant 3 limitierte \dot{Q}_{WP}
HWB [MWh/a]	551.5	461.2	461.7	457.4	455.4
Q_{WP} [MWh/a]	564.2	479.9	479.4	461.7	460.3
W_{WP} [MWh/a]	105.7	70.2	64.9	59.6	59.3
W_{Sys} [MWh/a]	153.1	117.6	112.3	107.0	106.7
SPF_{WP} [-]	5.3	6.8	7.4	7.7	7.8
SPF_{Sys} [-]	3.7	4.1	4.3	4.3	4.3
SPF_{Sys^*} [-]	-	-	4.6	4.7	4.7

$$SPF_{Sys} = \frac{Q_{HP}}{W_{Sys}}$$

$$SPF_{Sys^*} = \frac{Q_{HP}}{W_{Sys} - W_{ZP}}$$

Breuss et. al., Optimization of a multi-apartment HVAC system using simulation and monitoring data, CLIMA Conference 2025

Variantenvergleich - Systemeffizienz

	Monitoring (23.7°C)	Variant 1 (Original)	Variant 2 (ohne Trennung)	Variant 3 (Gebäudeweise)	Variant 3 limitierte \dot{Q}_{WP}
HWB [MWh/a]	551.5	461.2	461.7	457.4	455.4
Q_{WP} [MWh/a]	564.2	479.9	479.4	461.7	460.3
W_{WP} [MWh/a]	105.7	70.2	64.9	59.6	59.3
W_{Sys} [MWh/a]	153.1	117.6	112.3	107.0	106.7
SPF_{WP} [-]	5.3	6.8	7.4	7.7	7.8
SPF_{Sys} [-]	3.7	4.1	4.3	4.3	4.3
SPF_{Sys^*} [-]	-	-	4.6	4.7	4.7



~ 0.5 bis 1.0 erhöhter SPF

Zusammenfassung

- Heizwärmebedarf ist höher als erwartet ($32,1$ vs. $23,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$; *Gebäude C: Messung vs. HGT ber. PHPP*)
- Trinkwarmwasserbedarf in Gebäude C weniger als erwartet ($12,3$ vs. $21,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$), Verteilverluste aber deutlich höher ($19,0$ vs. $1,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$)
- Fernwärme deckt ~20% der Heizwärme (*in Gebäude C*)
- Senkung der Senken-Soll-Temperatur verbesserte COP und SPF der WP deutlich ($42,5^\circ\text{C}$ zu $36^\circ\text{C} \rightarrow 4,6$ zu $5,5 \text{ COP}$ vergleich Jänner 2023 vs. 2025)
- Komfortbedingungen durchgehend gedeckt
- Kurze Zapfungen ~58% des TWW-B ($< 4,5 \text{ min}$)
- Min. 8% des jährlichen Strombedarfs der WP zufolge Systemtrennung (min. + 0.5 SPF möglich)
- Min. 15% des jährlichen Strombedarfs der WP durch gebäudeweise Wärmepumpen reduzierbar



www.uibk.ac.at