

Projekt LEWASEF

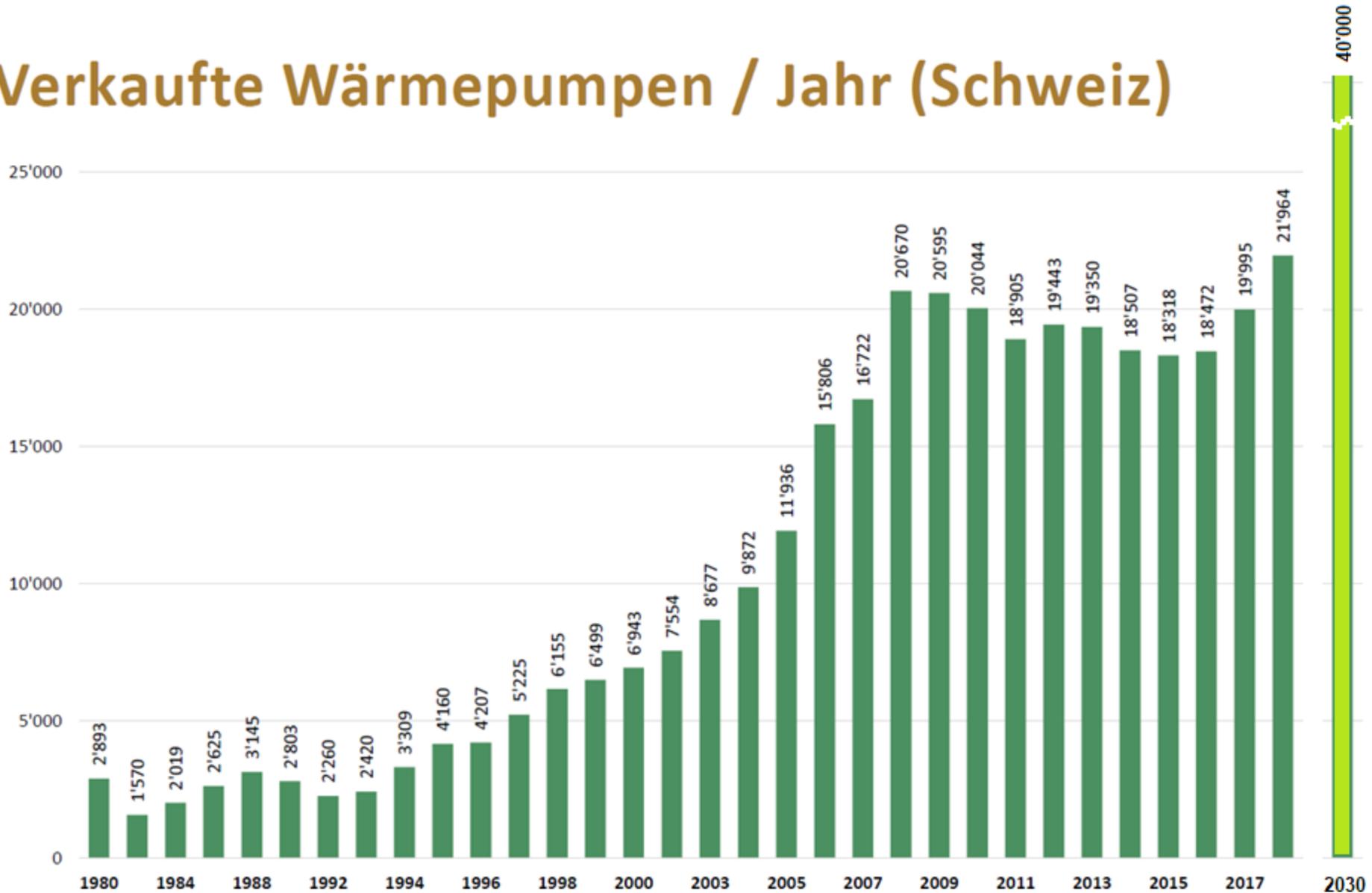
Wärmepumpenheizsysteme mit PV und weiteren Komponenten

Ralf Dott, Christoph Messmer, Christof Ackermann, Manuel Koch, Thomas Afjei, Ralph Eismann

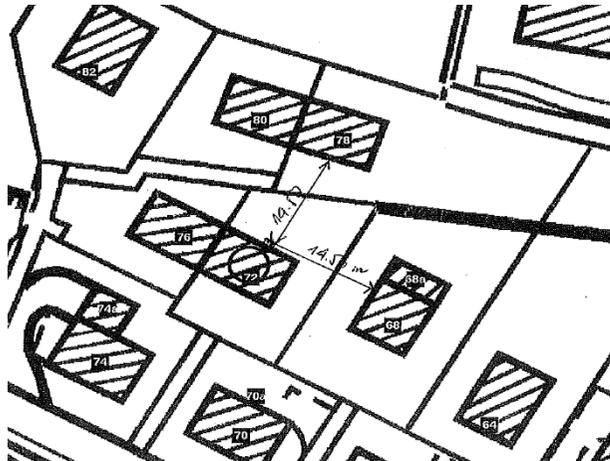
Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik
Institut Energie am Bau
IEBau – FHNW

Zürich, 07. Mai 2019

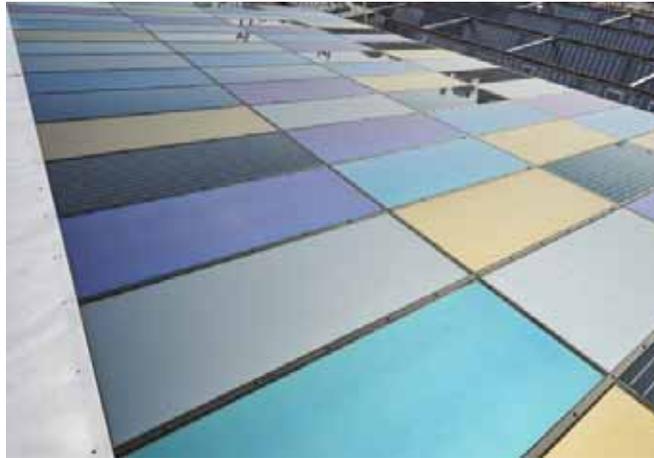
Verkaufte Wärmepumpen / Jahr (Schweiz)



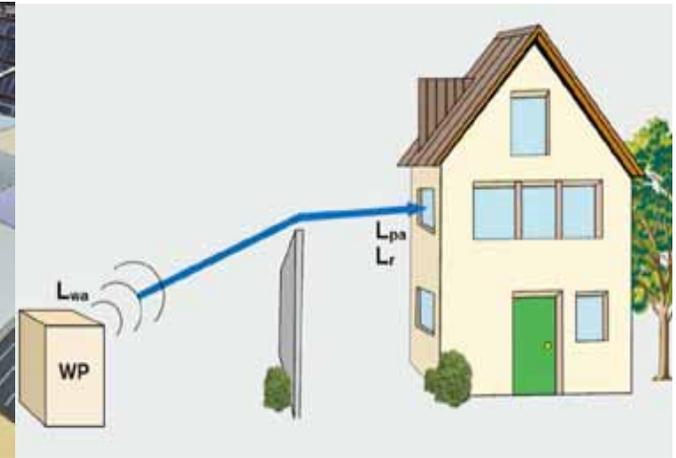
zukünftige Anforderungen



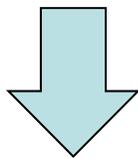
Städtische Entwicklung
& Energie Strategie 2050



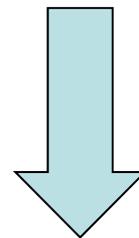
Regelung



Akustische Integration



Ersatz fossiler Energieträger
von 20'000 WP pro Jahr
zu 40'000 WP pro Jahr

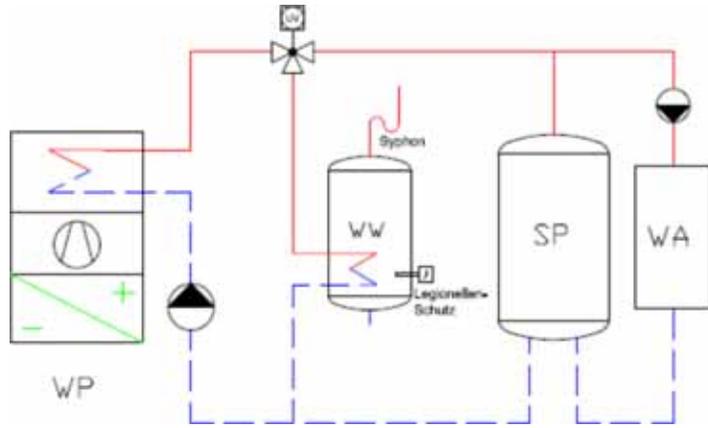


Weiterentwicklung von
WP und Gewohnheiten

komplexere, multidimensionale Regler-Anforderungen
für leistungsgeregelte Wärmepumpen

Energieeffizienz, Langlebigkeit, Eigenverbrauch, Netz-Interaktion, Spitzenleistung,
hohe Temperaturen, WÜ-Fläche bei WW-Ladung, Wärmequelle EWS, Schallpegel, ...

zukünftige Anforderungen



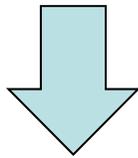
hydraulische Integration
& Qualitätssicherung



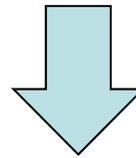
Kältemittel / ChemRRV



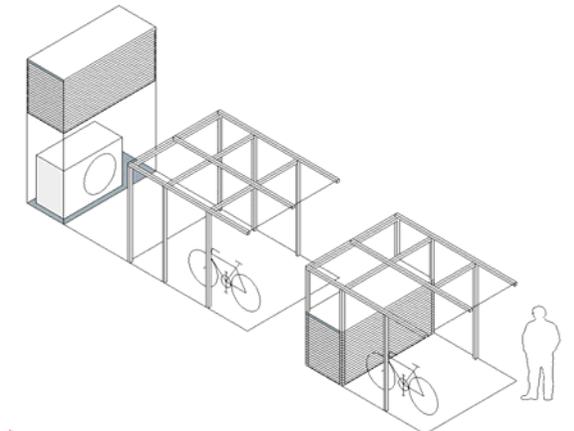
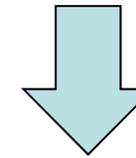
Design & Positionierung



neue & breitere Anwendung



ab 2020 GWP < 2100



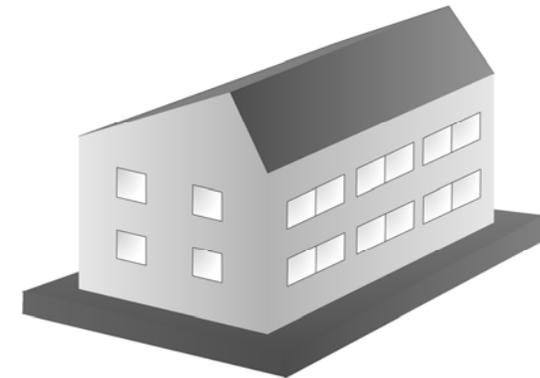
L/W-WP
als universeller Wärmeerzeuger

häufiger Mehrfamilienhäuser,
komplexe, grössere Gebäude,
industrielle Anwendungen

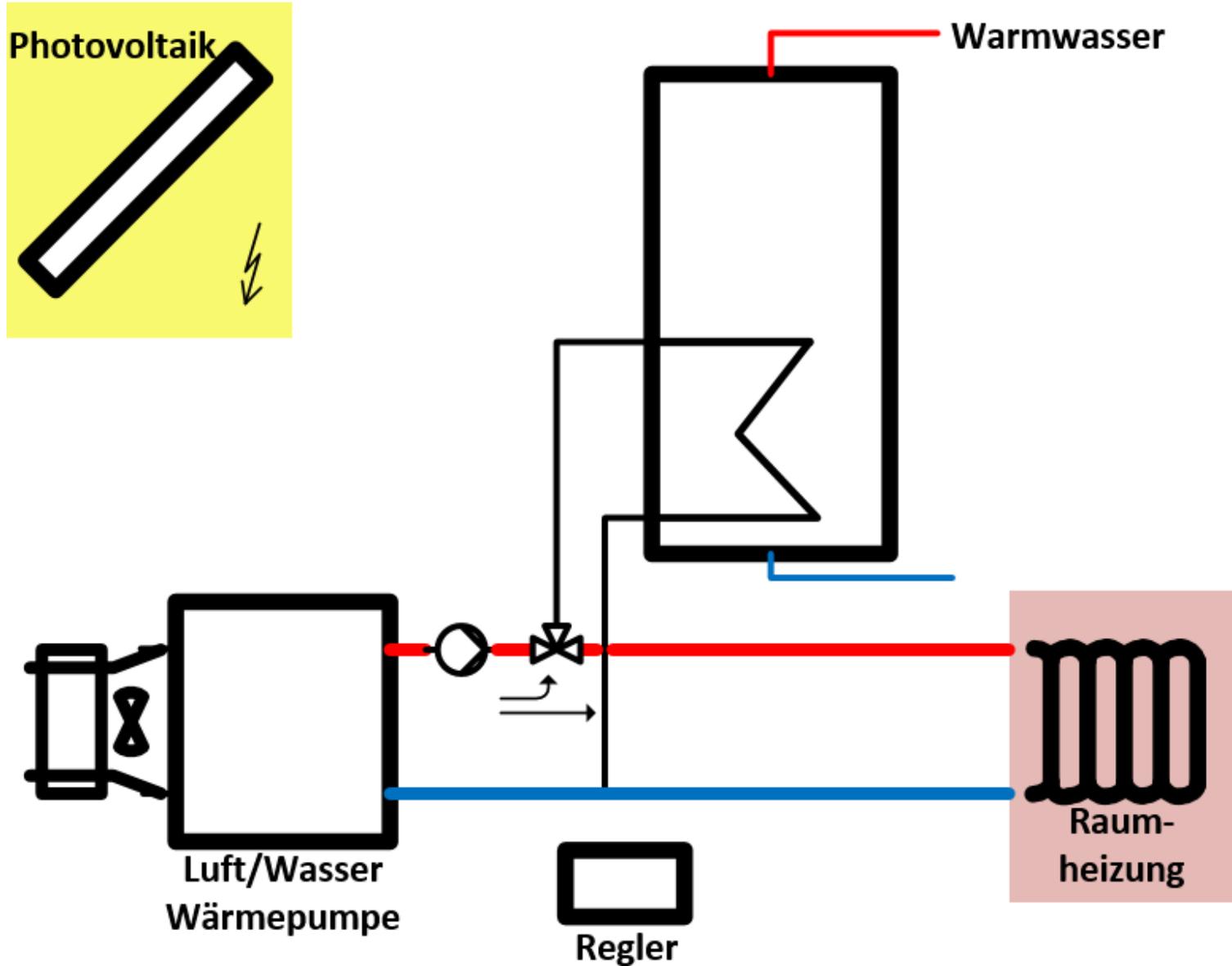
AP1 - PV+WP - Systemaufbau

Eckdaten

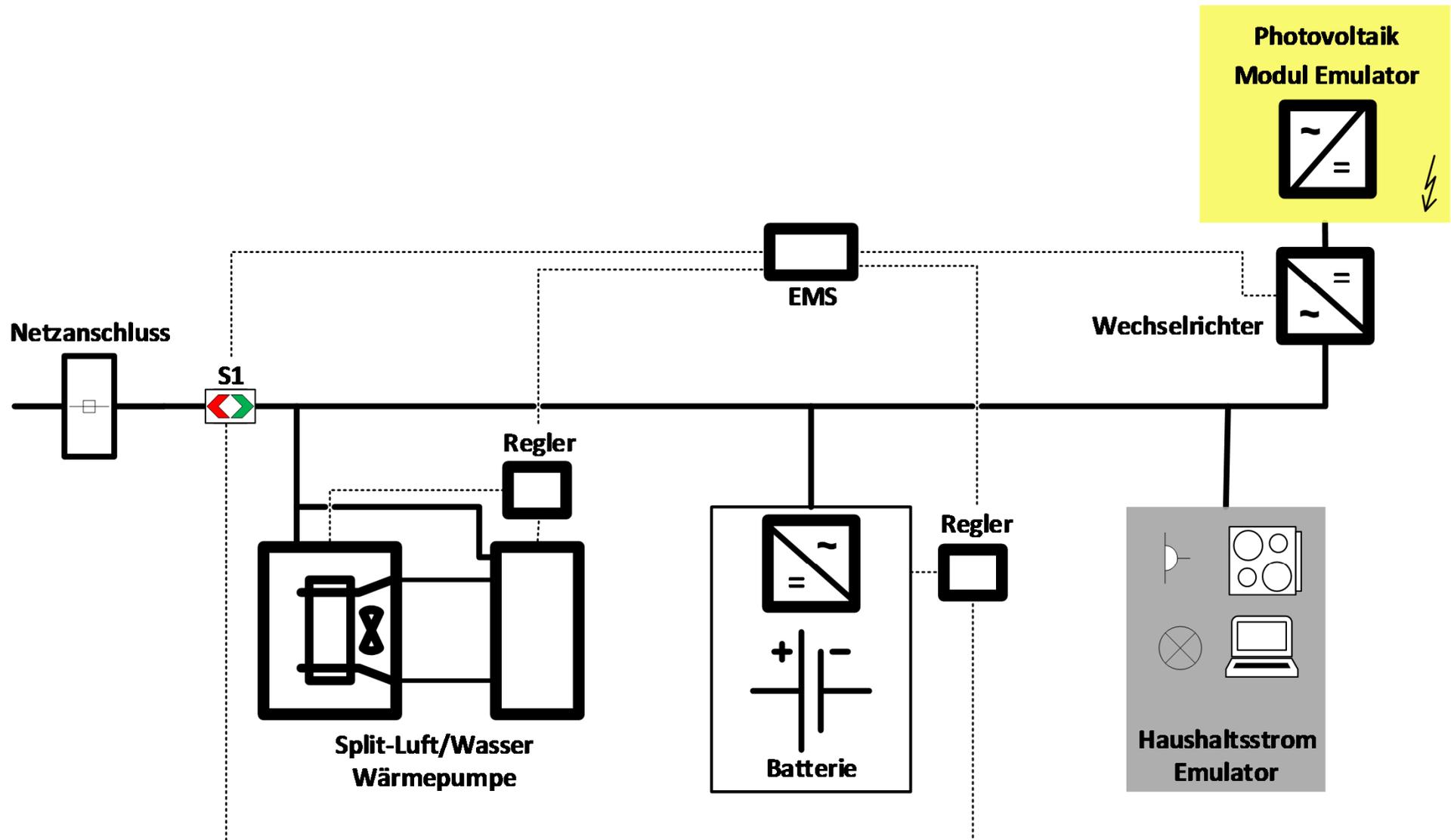
Gebäude	SFH15, SFH45, SFH100 (IEA-SHC-Task44)
Wärmepumpe	aktuelle Split-L/W-WP 6 kW_{th}
PV-Anlage	5 kW_{peak}
WW-Speicher	390 Liter, 4 m² Register
Klima	Straßburg
HH-Strom	stochastisch 2500 – 3385 kWh/a
WW-Entnahmen	4.2 – 11.6 kWh/d



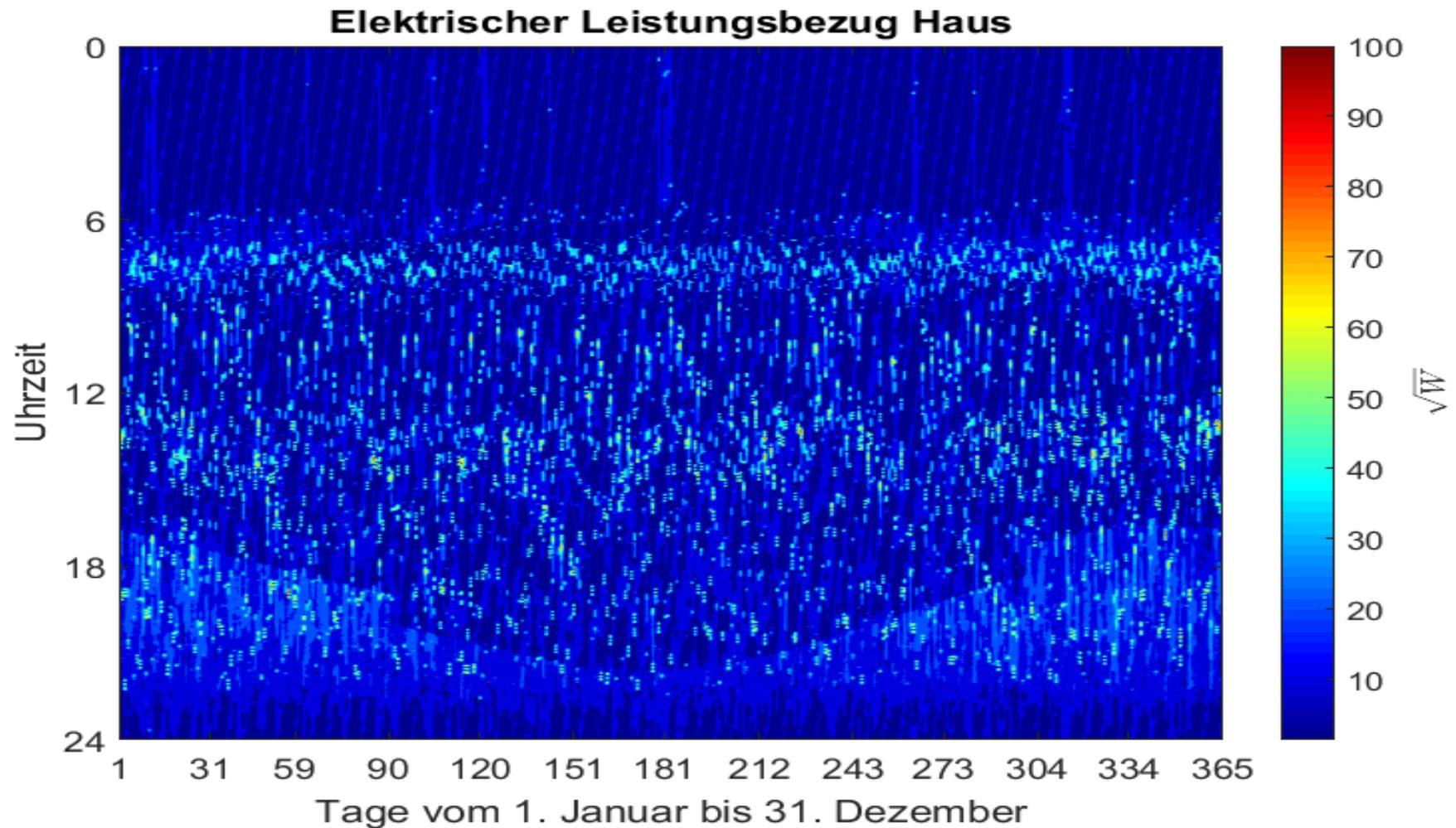
AP1 - PV+WP - Systemaufbau



AP1 - PV+WP - Systemaufbau

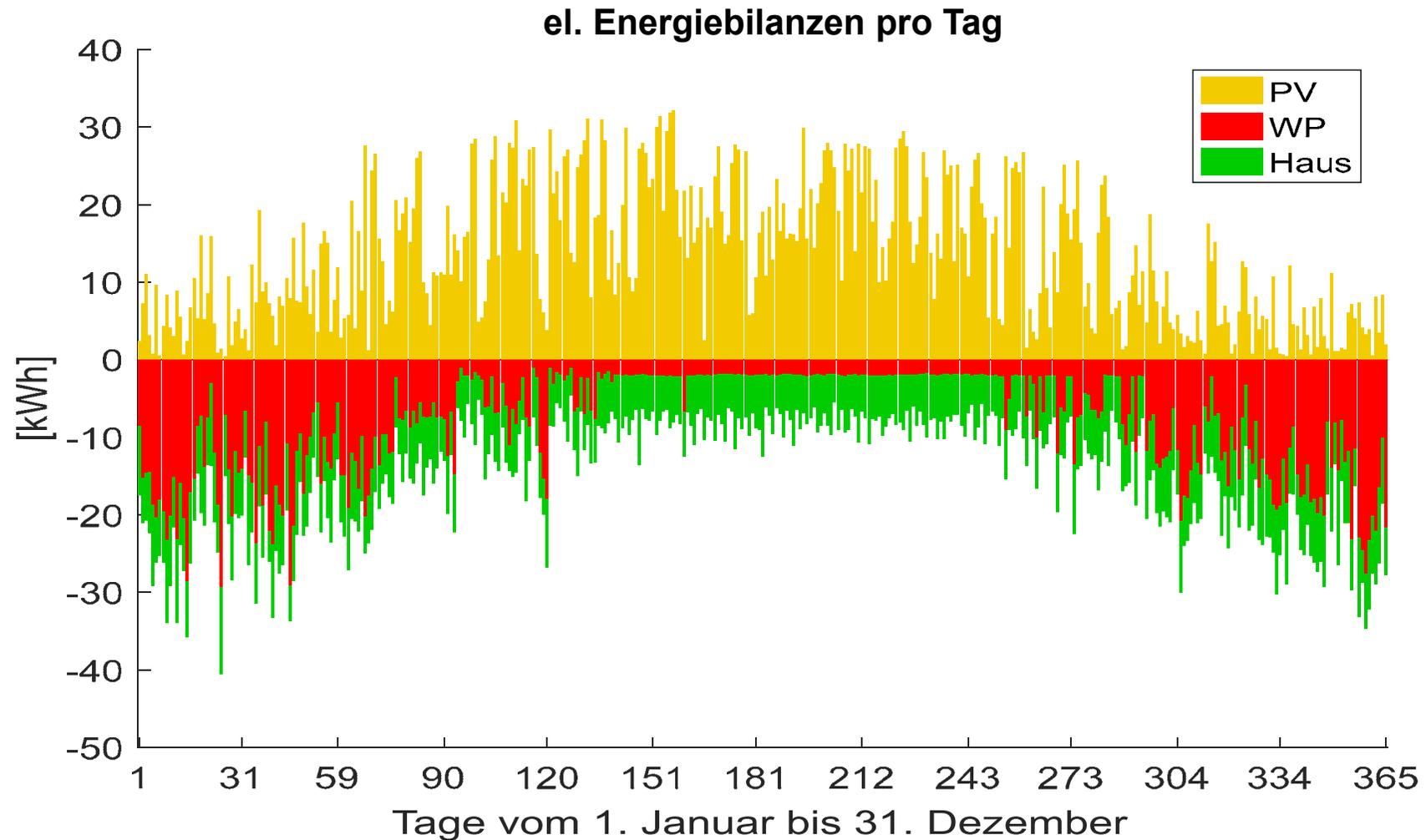


AP1 - PV+WP - Lastanalyse



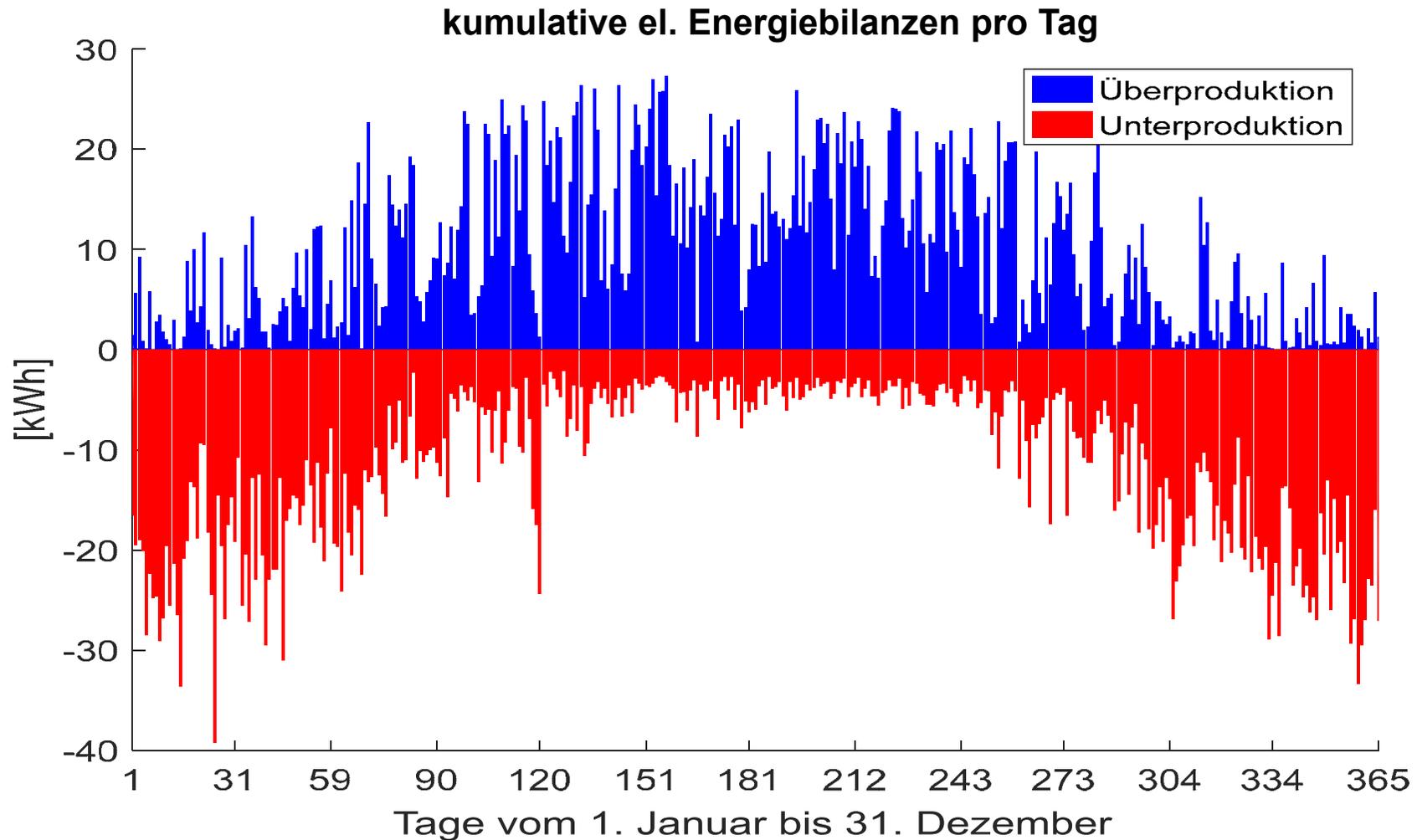
Haushaltsstrom-Profil: 2500 kWh/a, Spitzenleistung 11.34 kW

AP1 - PV+WP - Lastanalyse



Zwischenergebnis für wärmebedarfsorientierten Wärmepumpen-Betrieb

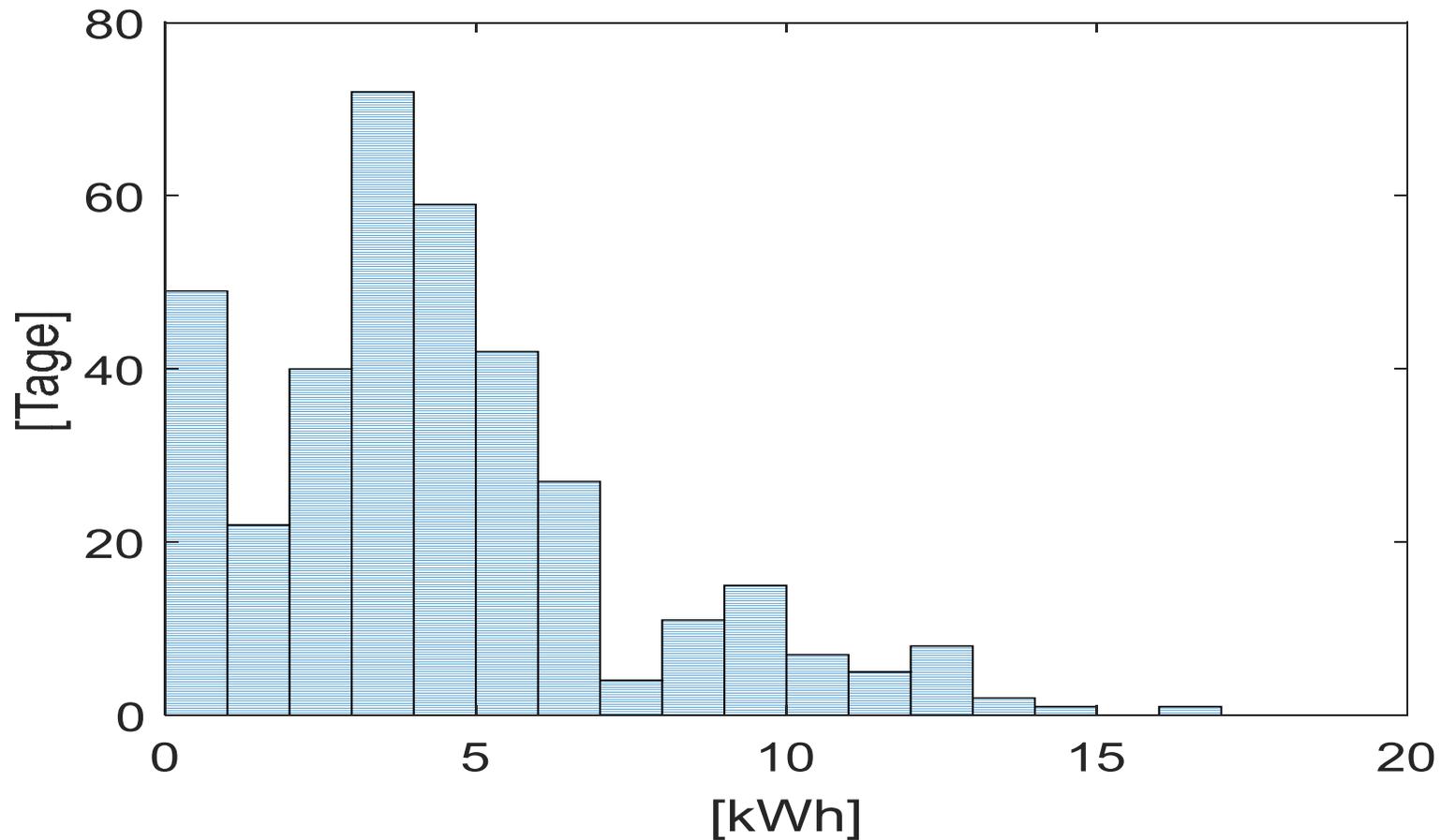
AP1 - PV+WP - Lastanalyse



Zwischenergebnis für wärmebedarfsorientierten Wärmepumpen-Betrieb

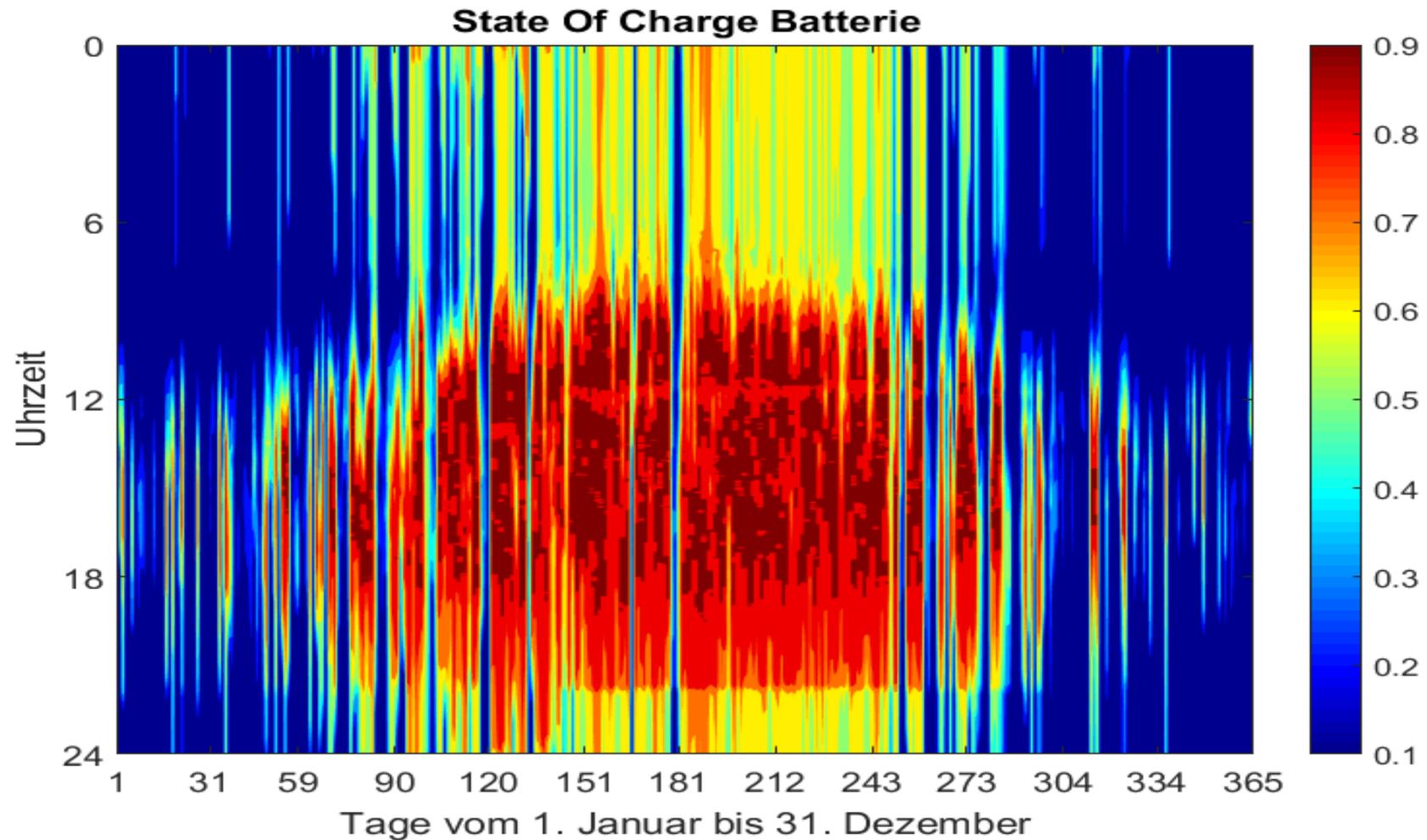
AP1 - PV+WP - Lastanalyse

Verteilung Minimalwert Über-/Unterproduktion pro Tag



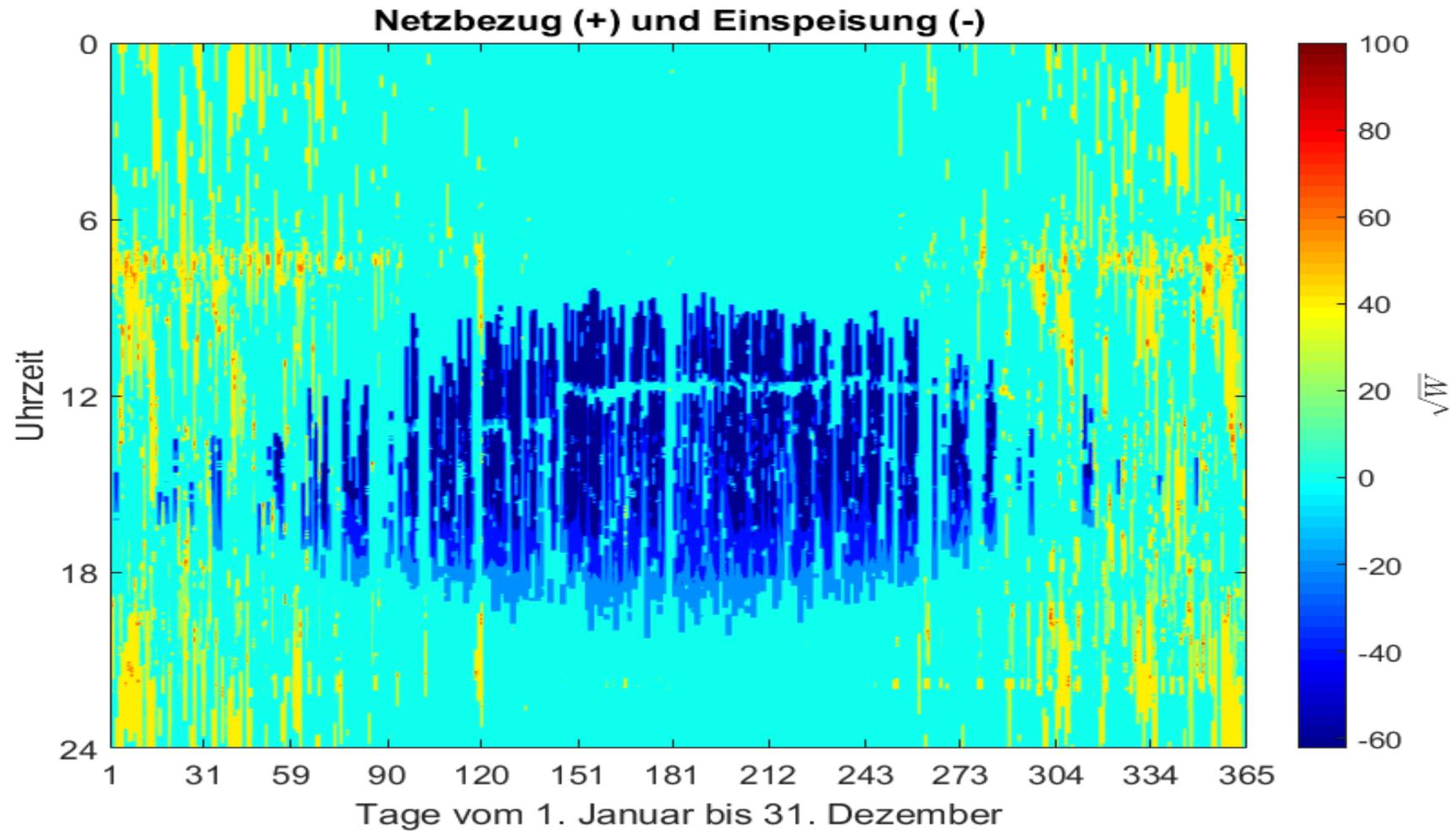
Zwischenergebnis für wärmebedarfsorientierten Wärmepumpen-Betrieb

AP1 - PV+WP - Lastanalyse



Zwischenergebnis für wärmebedarfsorientierten Wärmepumpen-Betrieb

AP1 - PV+WP - Lastanalyse

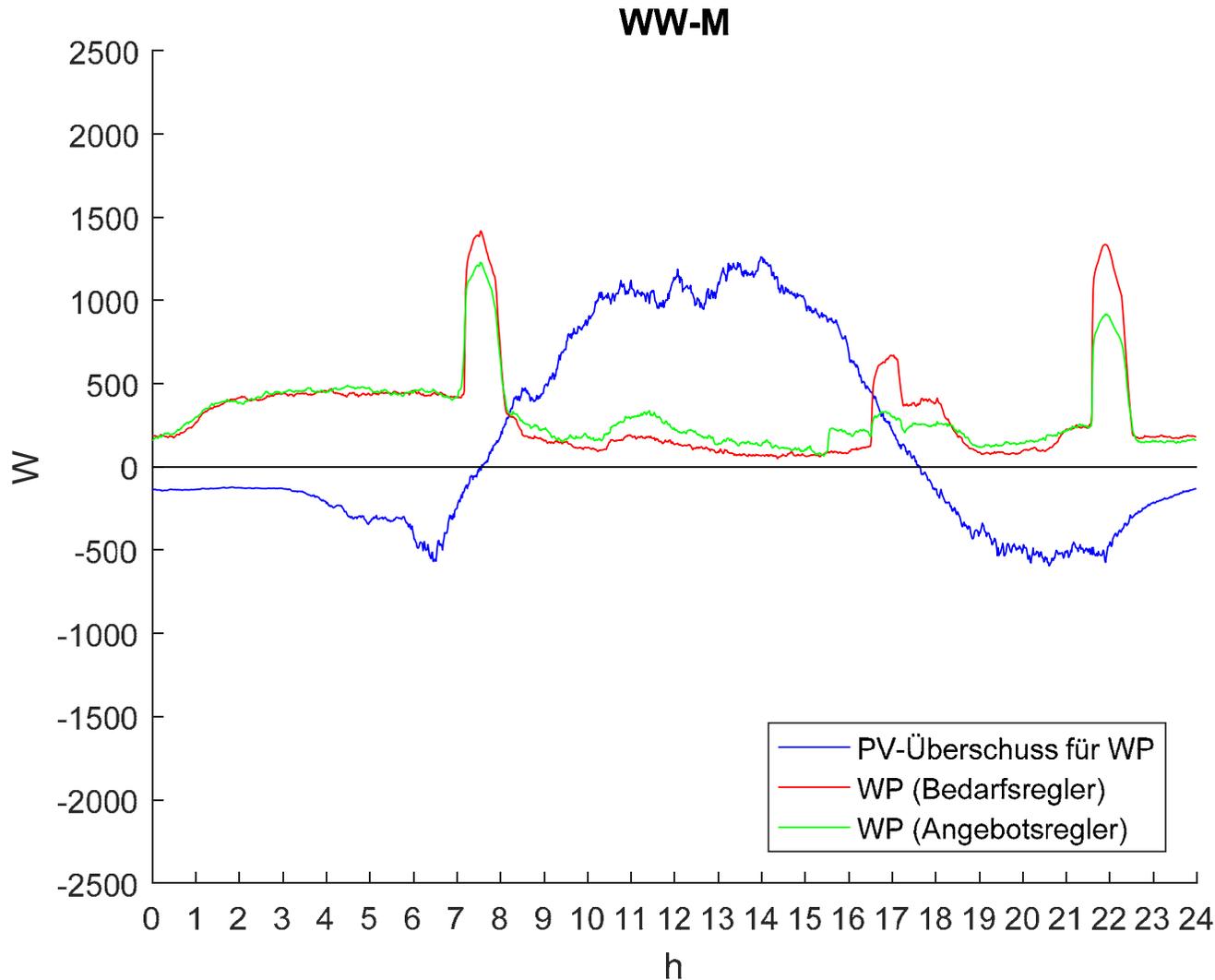


Zwischenergebnis für wärmebedarfsorientierten Wärmepumpen-Betrieb

AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

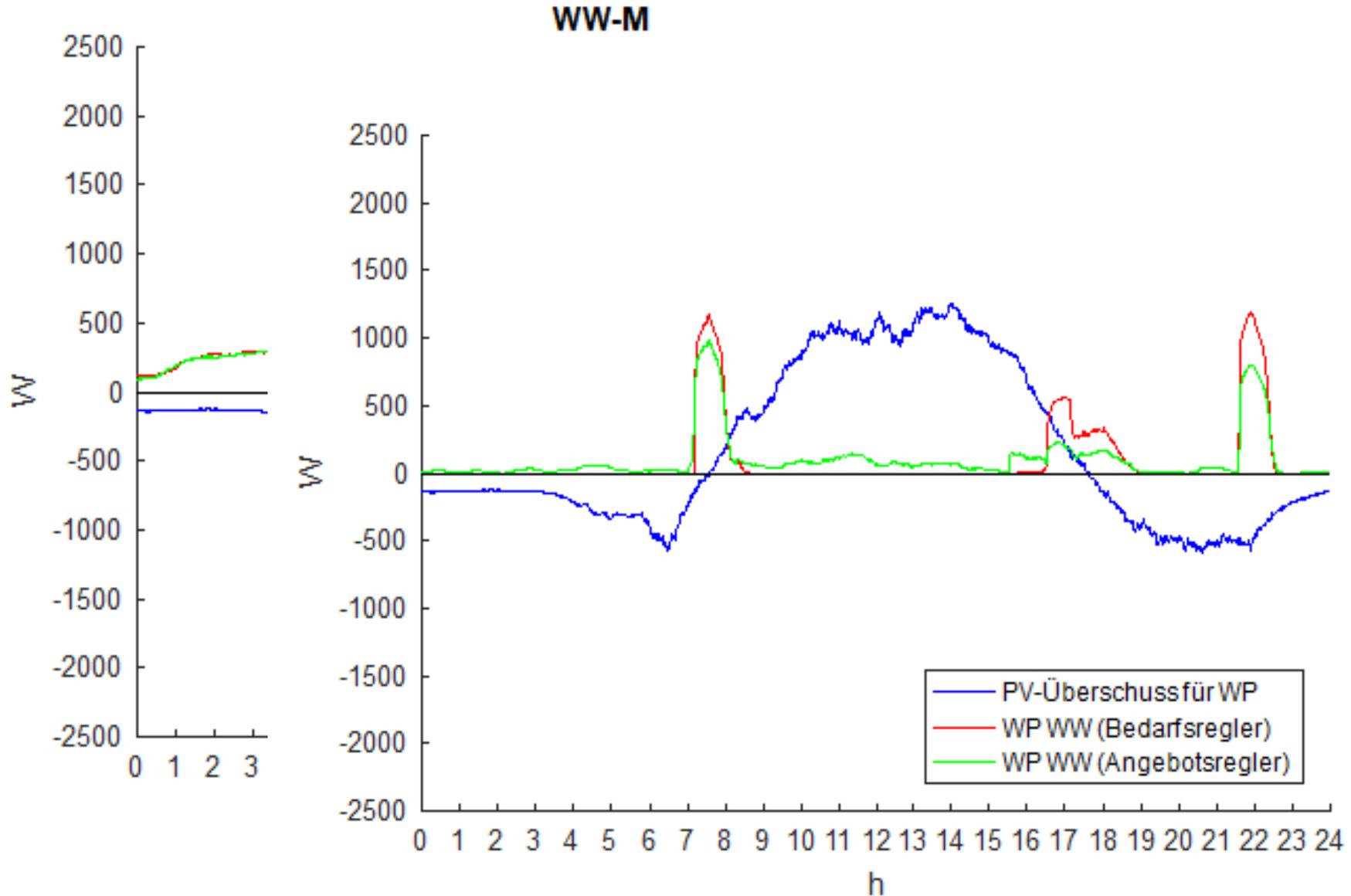
Abhängigkeit der Reglerwirkung von WW-Entnahme

übers Jahr gemittelter Tagesverlauf el. Leistung



AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

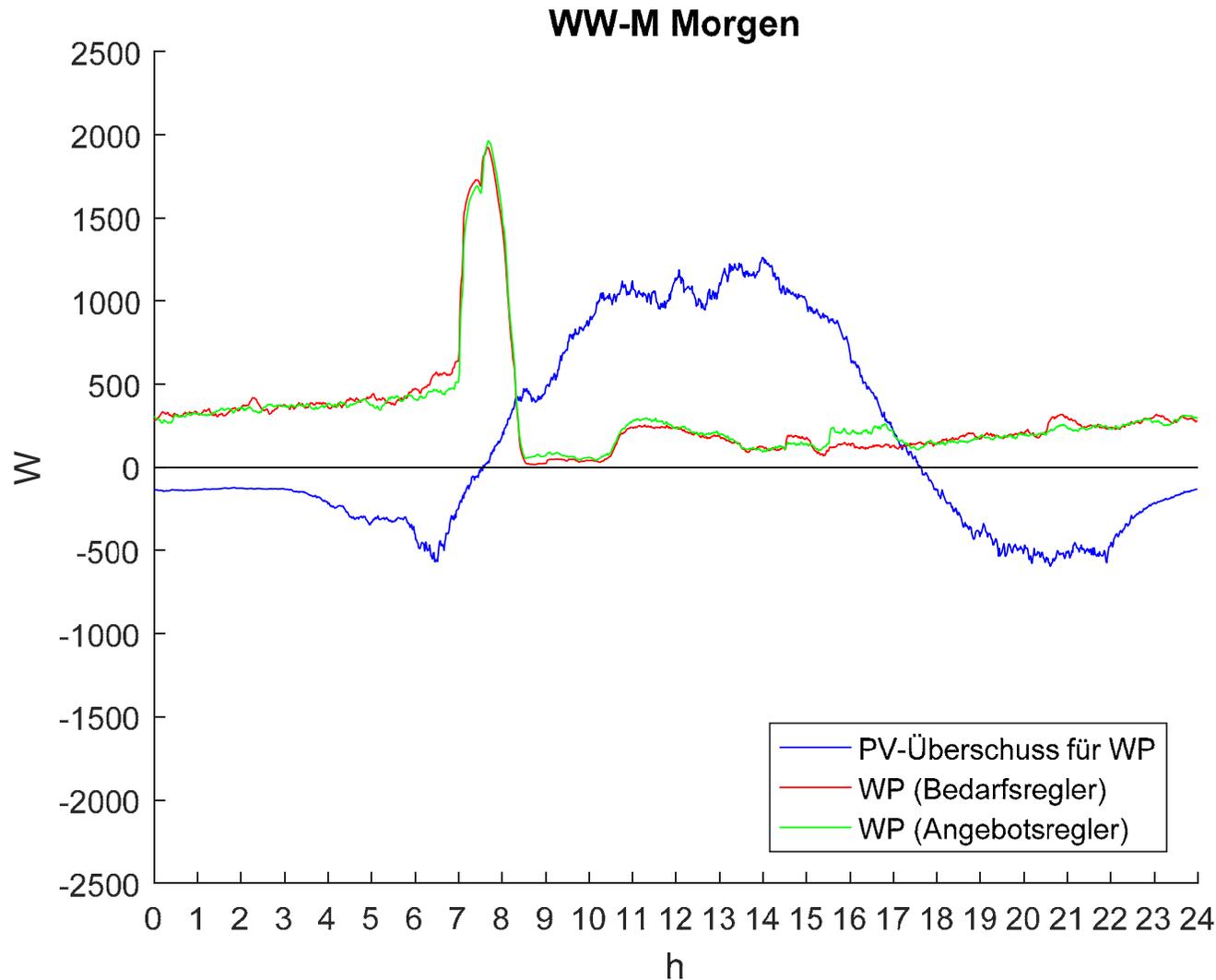
übers Jahr gemittelter Tagesverlauf el. Leistung



AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

Abhängigkeit der Reglerwirkung von WW-Entnahme

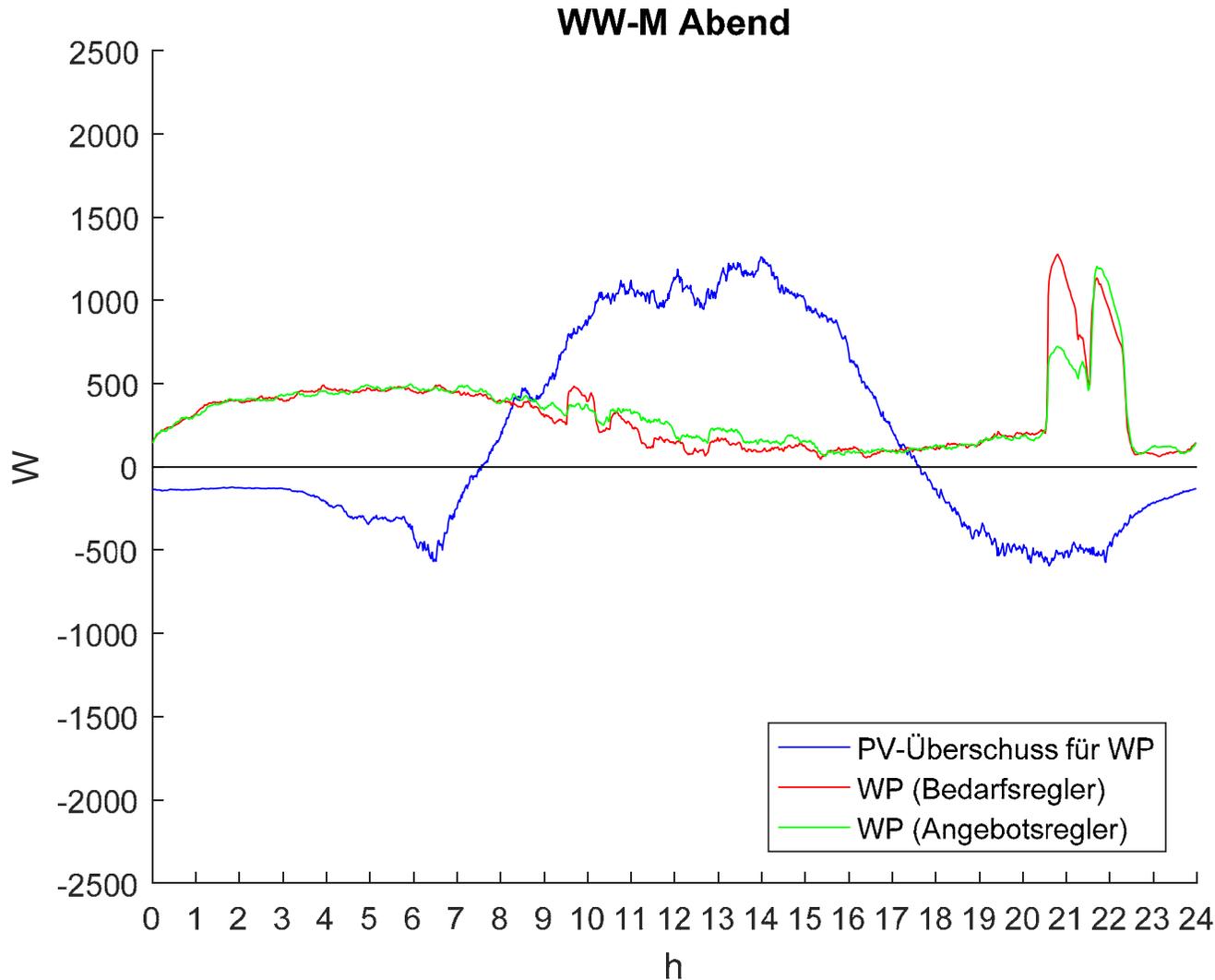
übers Jahr gemittelter Tagesverlauf el. Leistung



AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

Abhängigkeit der Reglerwirkung von WW-Entnahme

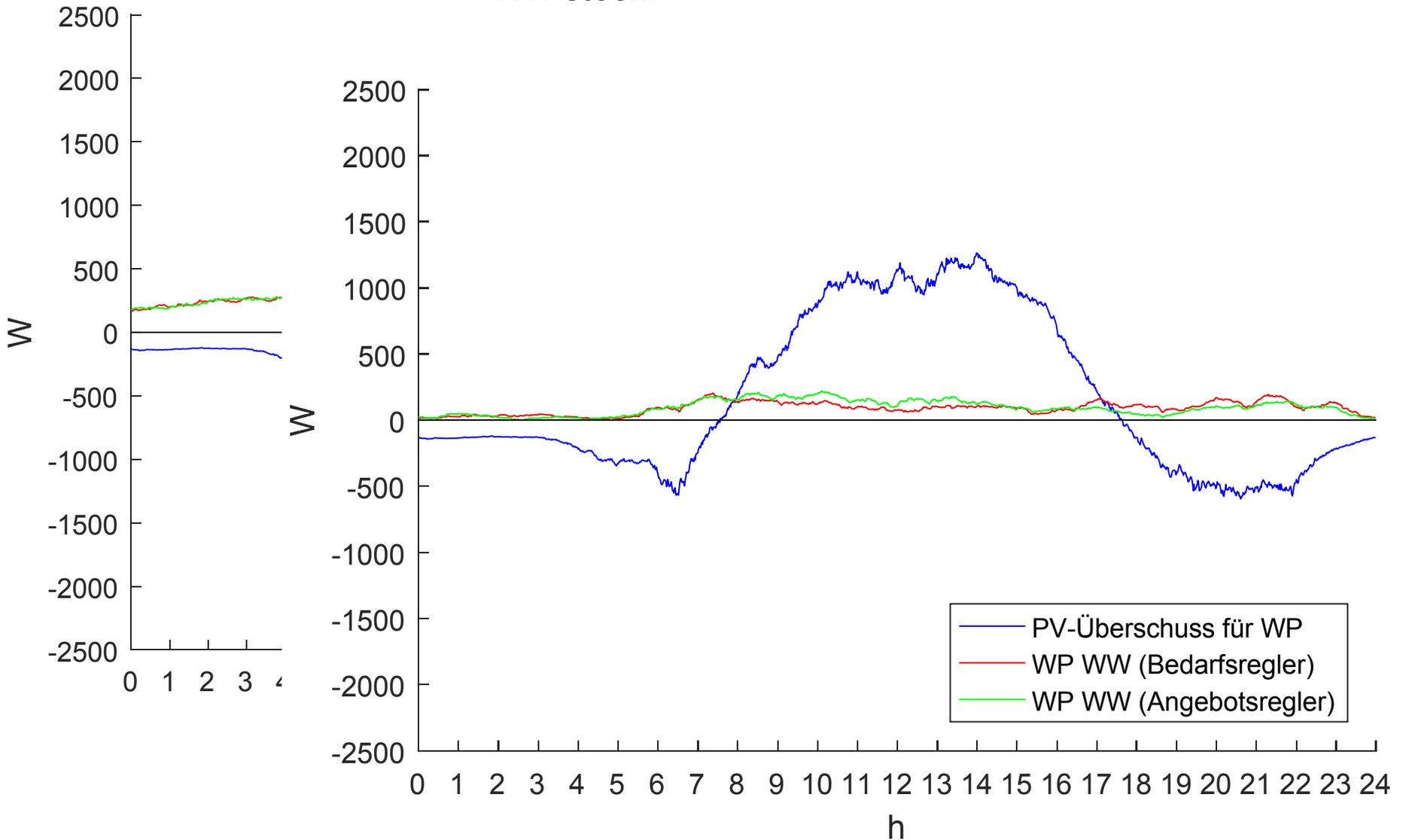
übers Jahr gemittelter Tagesverlauf el. Leistung



AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

WW stoch.

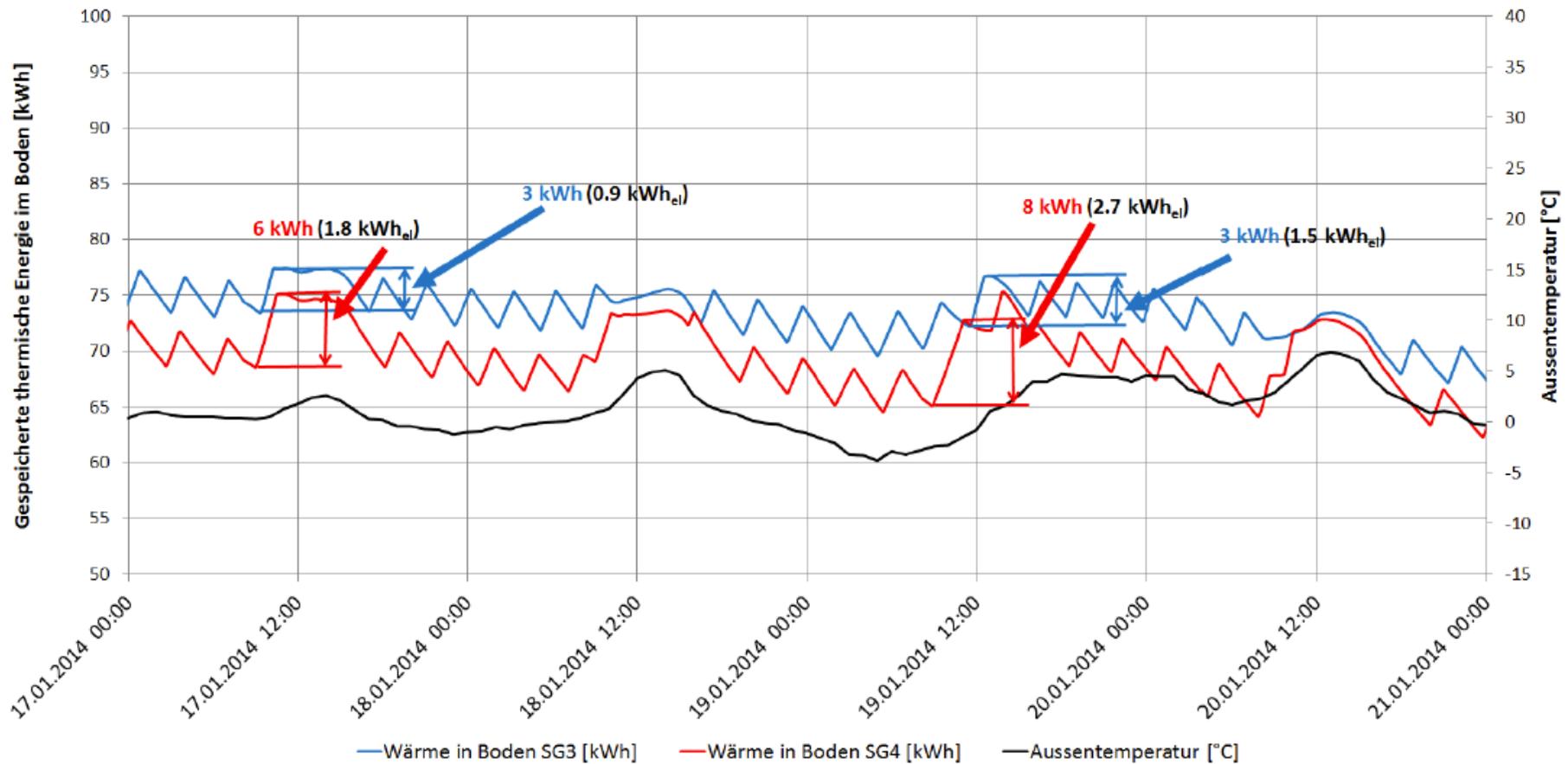
übers Jahr gemittelter Tagesverlauf el. Leistung



AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

Wirkung eines Angebotsreglers auf den Heizbetrieb

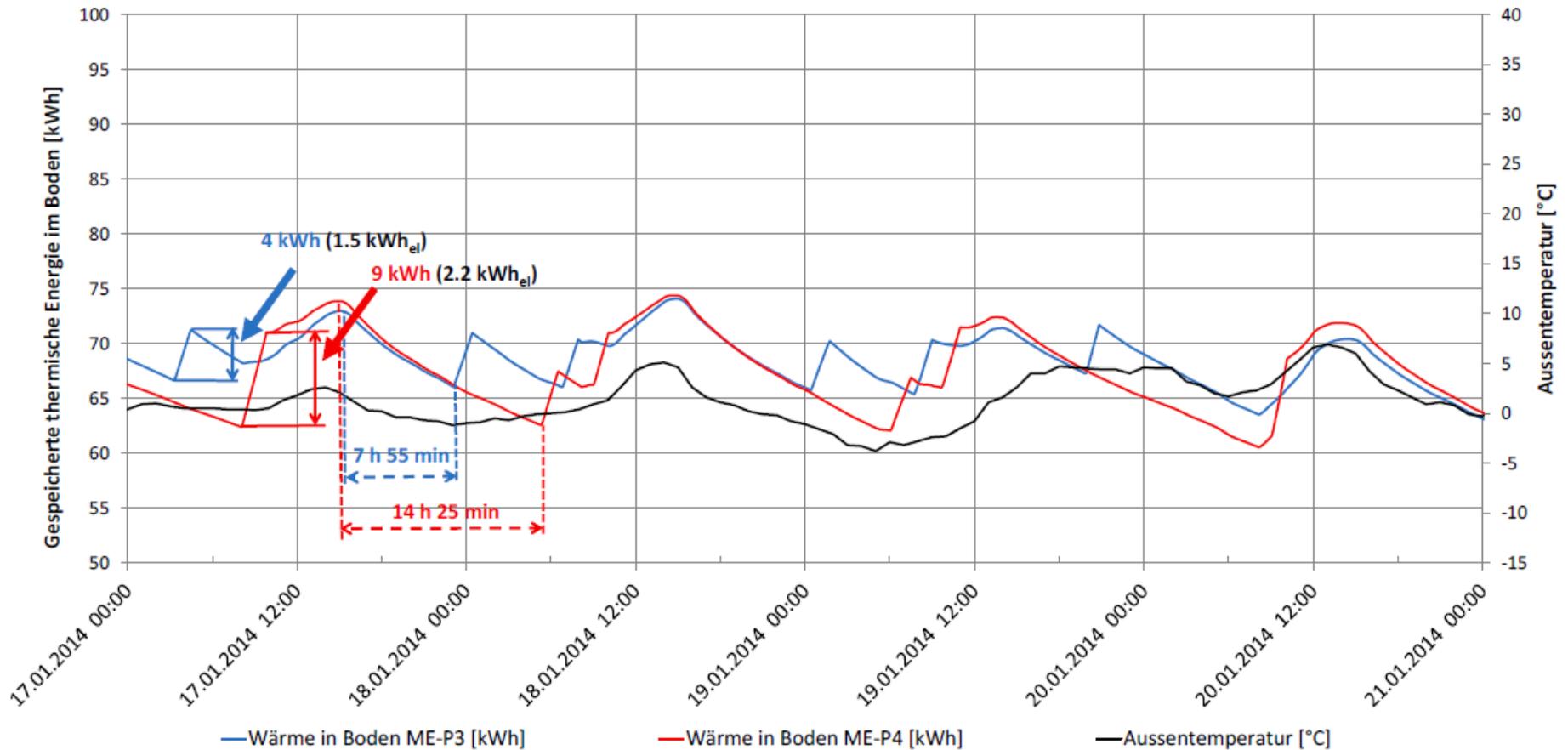
Gespeicherte Energie im Boden - Sanierteres Gebäude - FBH (SG3/SG4) - Rücklaufsteuerung



AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

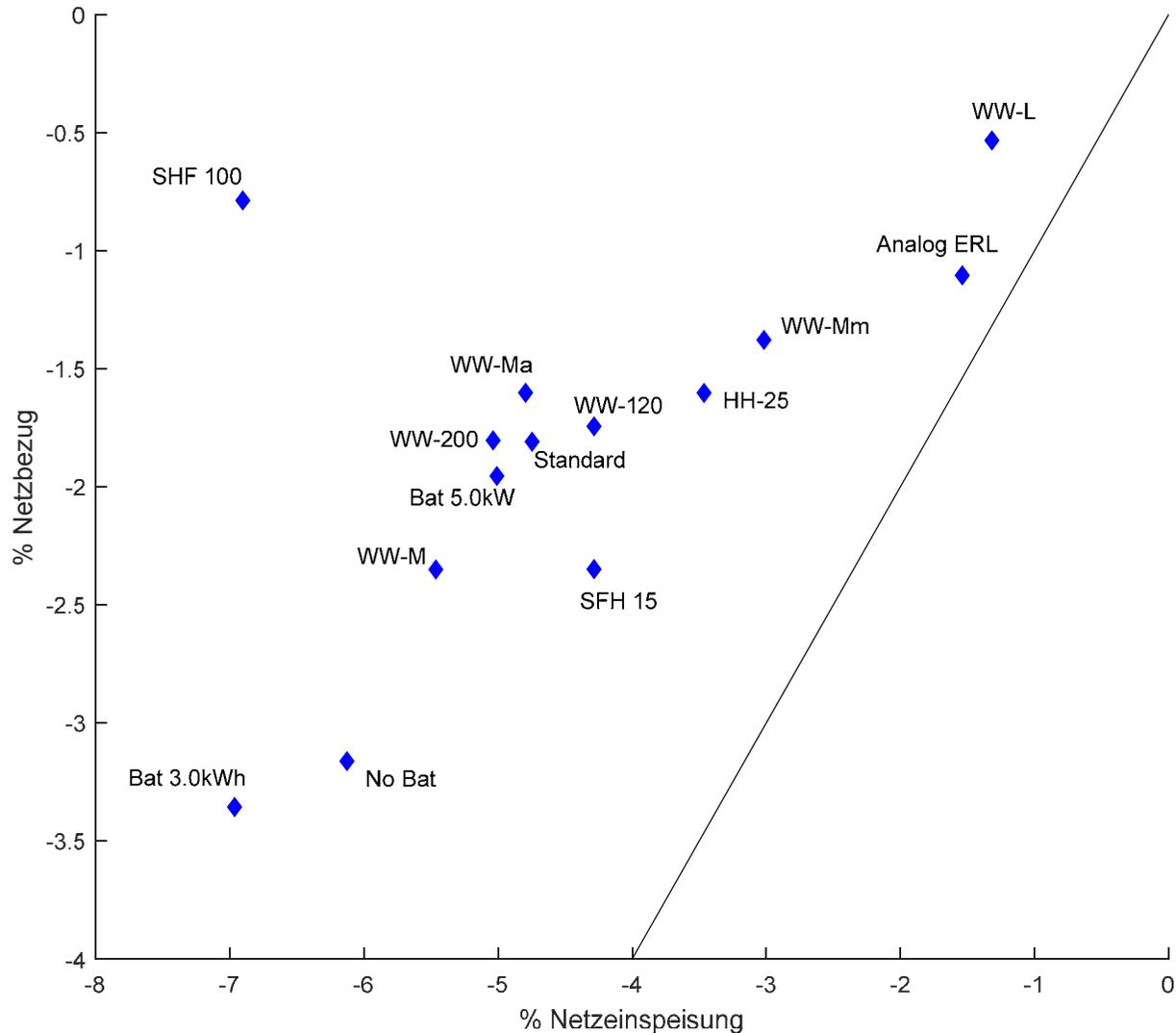
Wirkung eines Angebotsreglers auf den Heizbetrieb

Gespeicherte Energie im Boden - MINERGIE-P-eco® Gebäude - FBH (ME-P3/ME-P4)

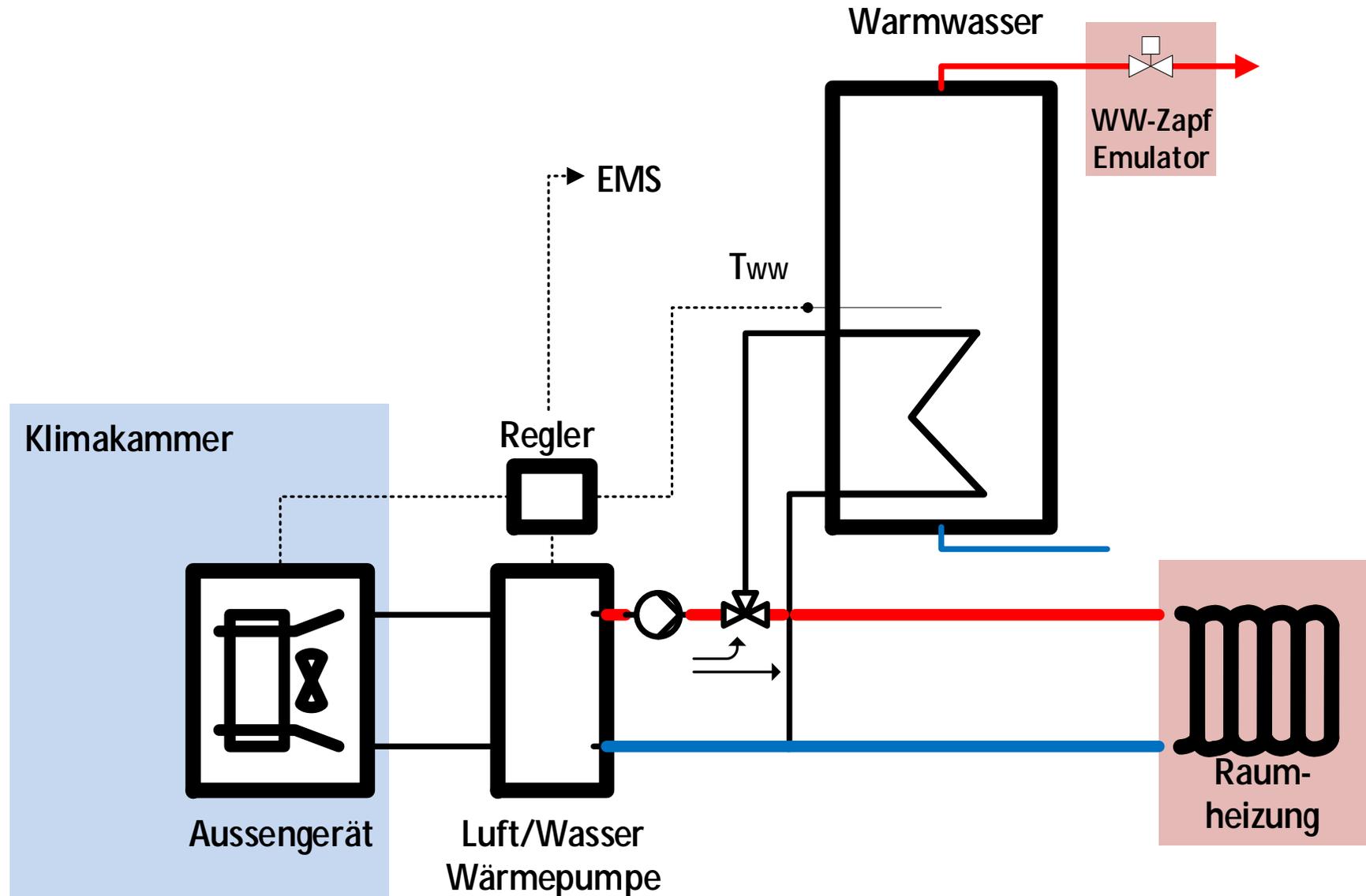


AP1 - PV+WP - Systemsimulationen

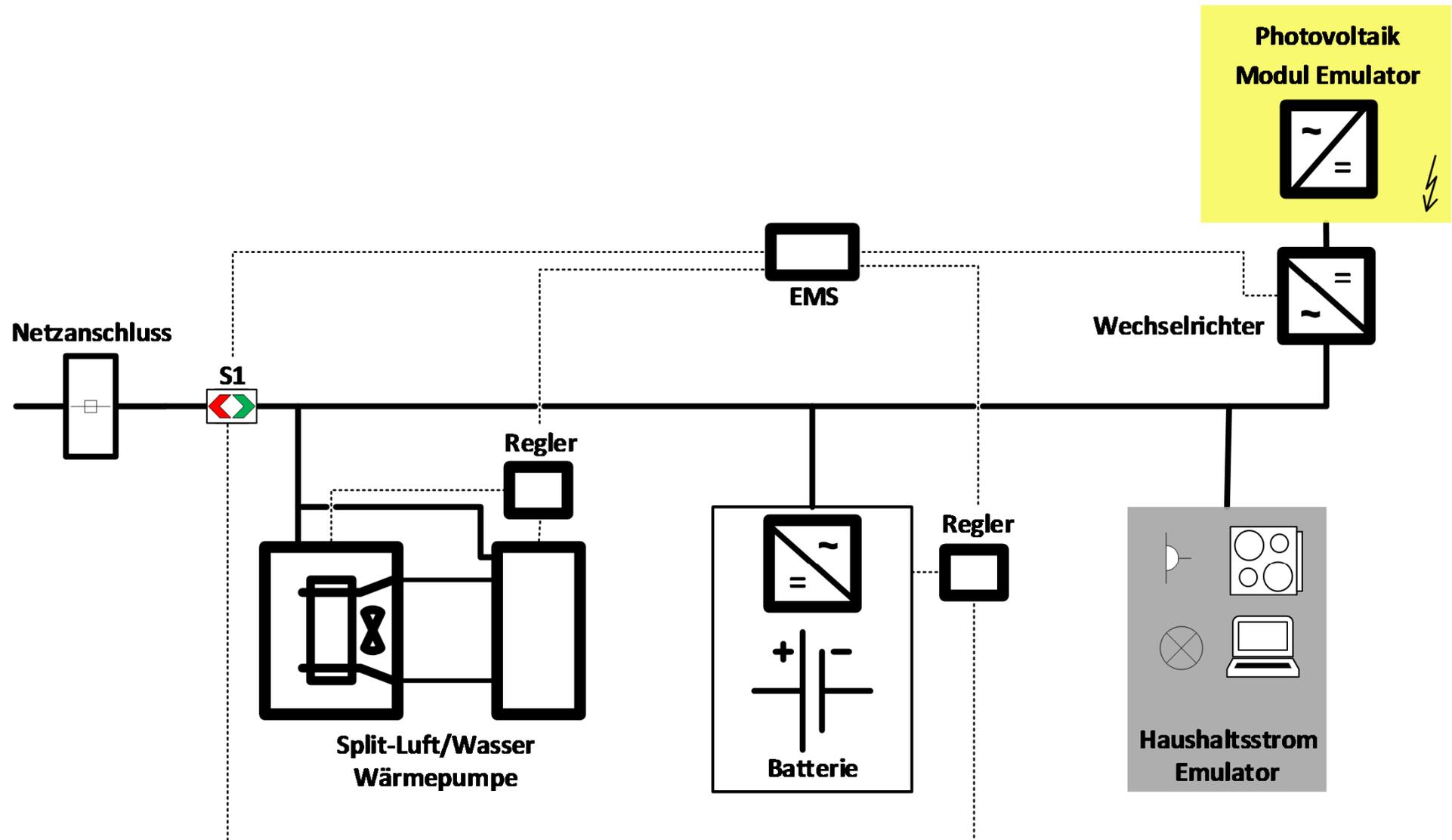
Wirkung eines Angebotsreglers auf jährlichen Netzbezug & -einspeisung



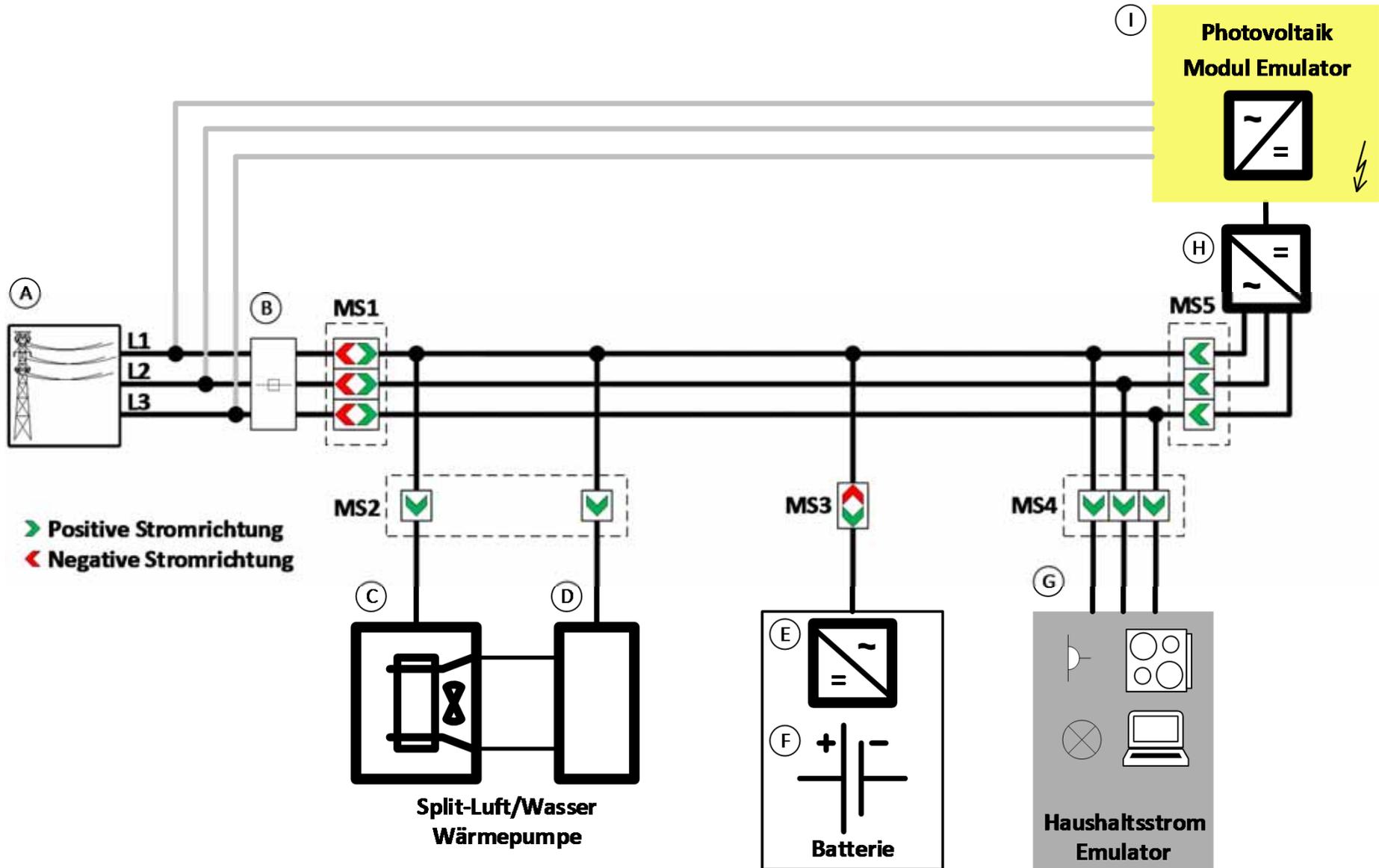
AP1 - PV+WP - Labormessung



AP1 - PV+WP - Systemaufbau



AP1 - PV+WP - Labormessung

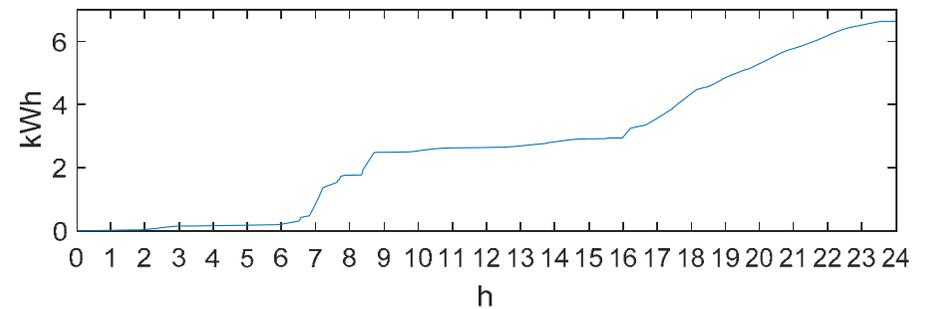
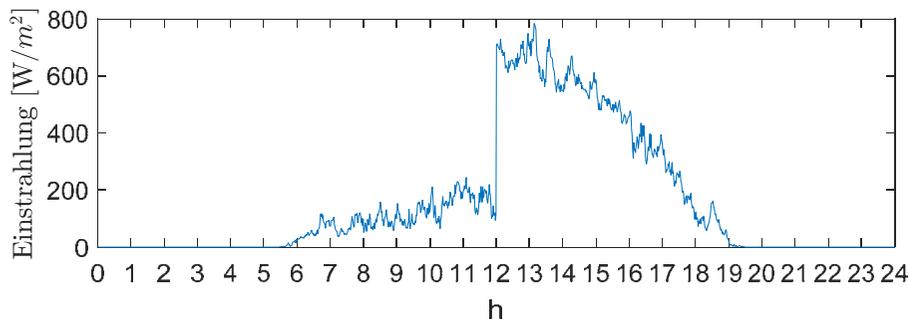
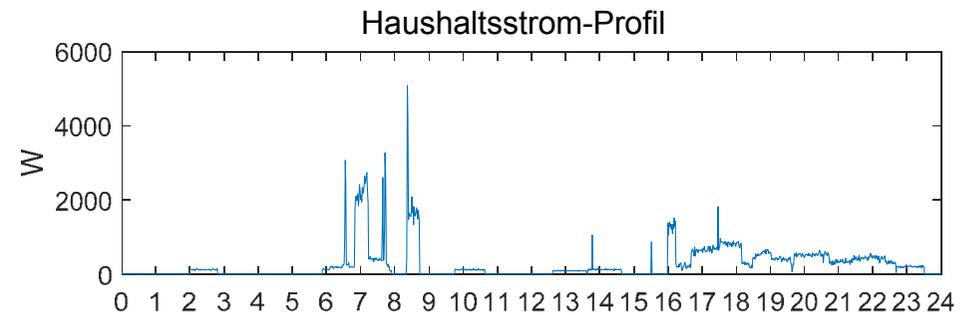
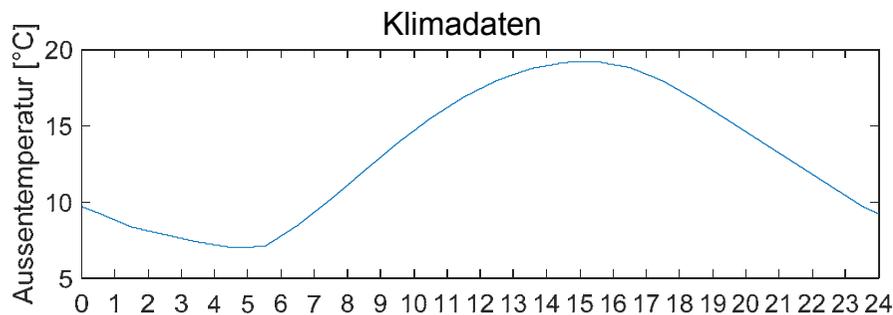


AP1 - PV+WP – Labormessung

Randbedingungen - Profile

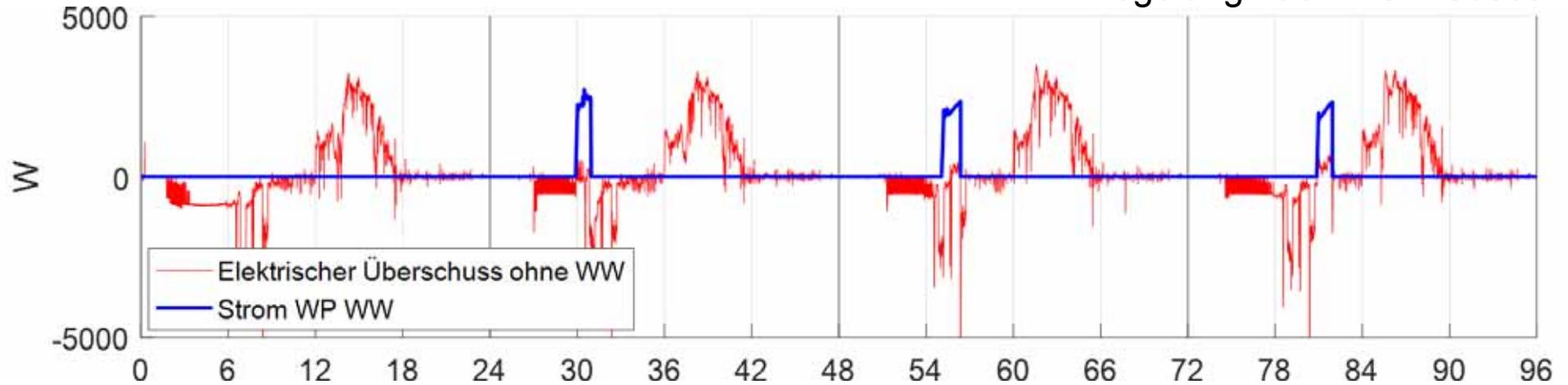
Fall		Randbedingungen			Einstellungen		
		Wetter	Wasser	Strom	Batterie	Regler	Testdauer
A	Ohne EMS	Ü-sN	WW-M	HH-M	5.9 kWh	Ohne EMS	4 d
B	Mit EMS	Ü-sN	WW-M	HH-M	5.9 kWh	Mit EMS	4 d

Wetter	PV-Produktion [kWh/Tag]	HH-Strom [kWh/Tag]	WP-Strom [kWh/Tag]	Bilanz [kWh/Tag]
Ü-sN	18	6.6	3.0	+8.4

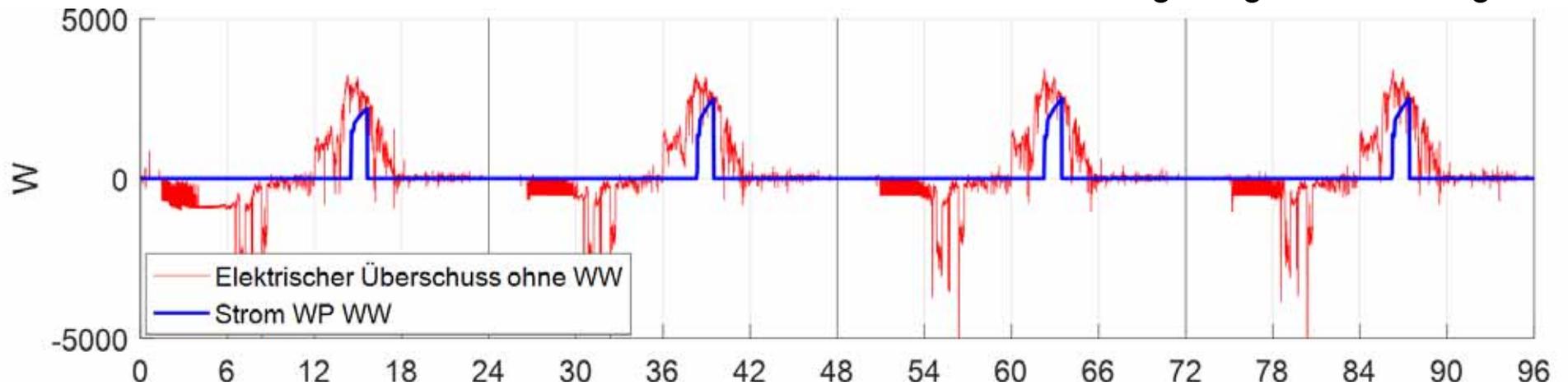


AP1 - PV+WP - Labormessung

Regelung nach Wärmebedarf

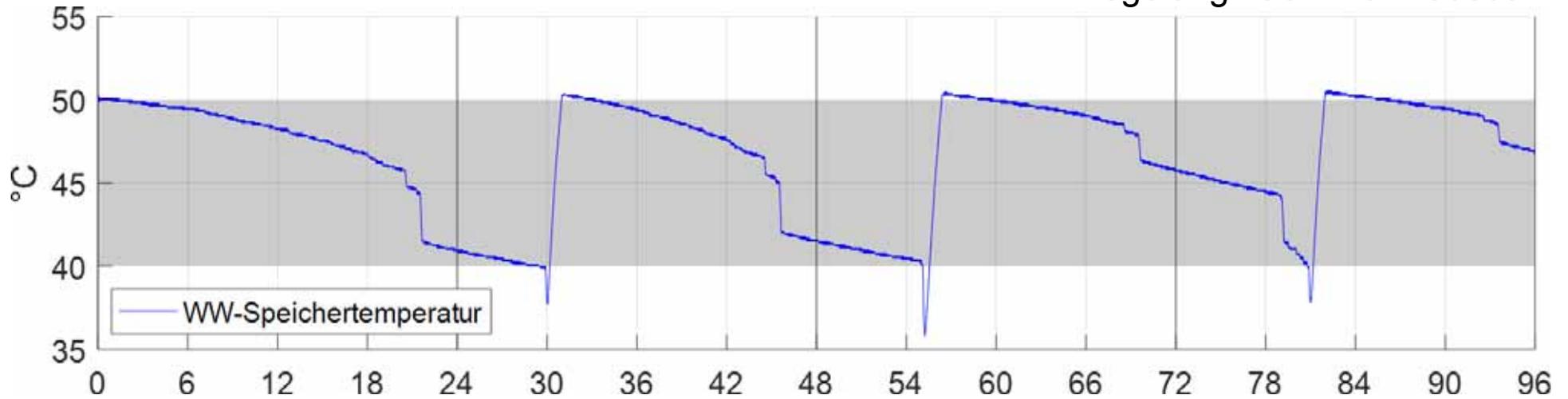


Regelung nach PV-Angebot

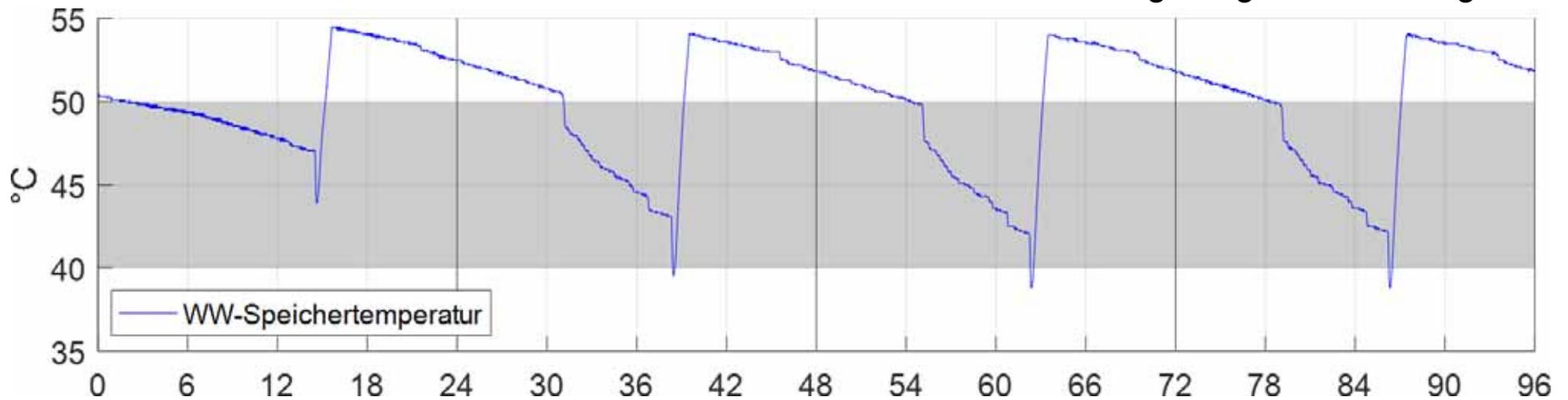


AP1 - PV+WP - Labormessung

Regelung nach Wärmebedarf

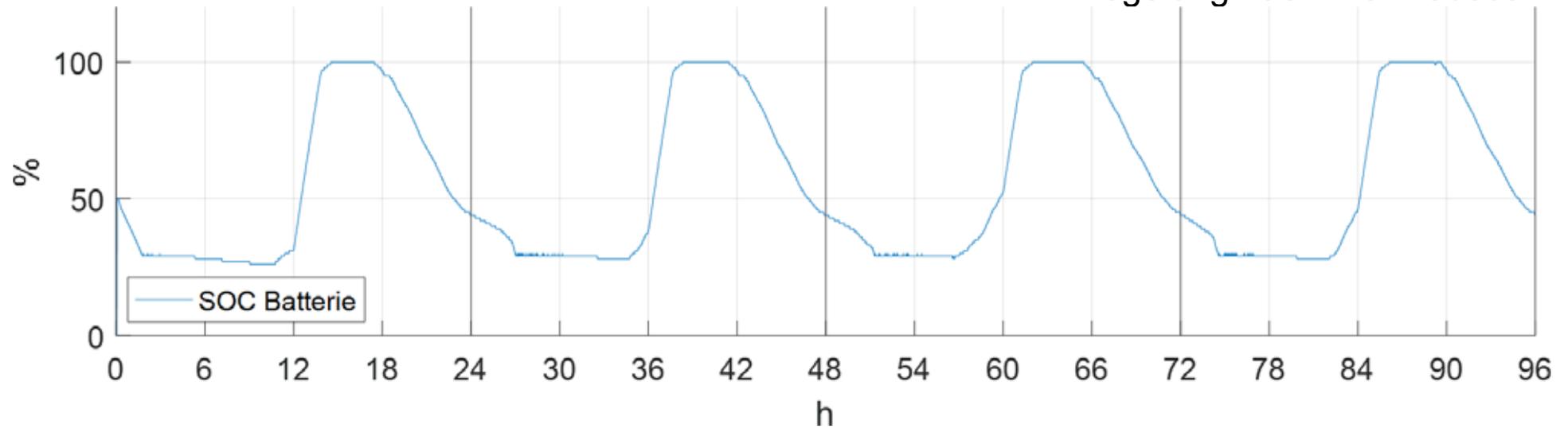


Regelung nach PV-Angebot

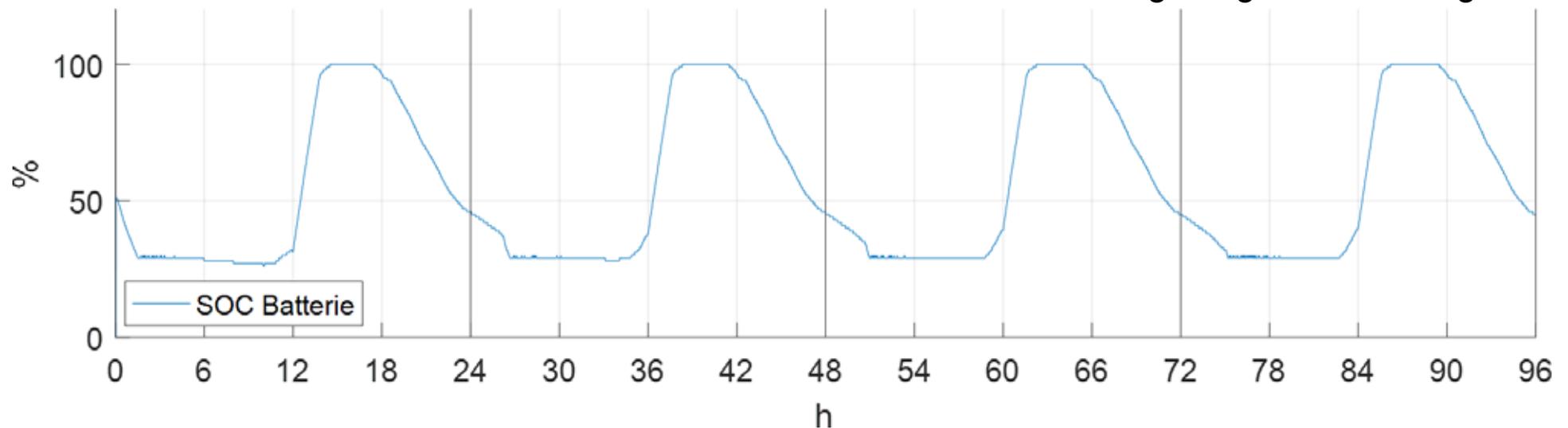


AP1 - PV+WP - Labormessung

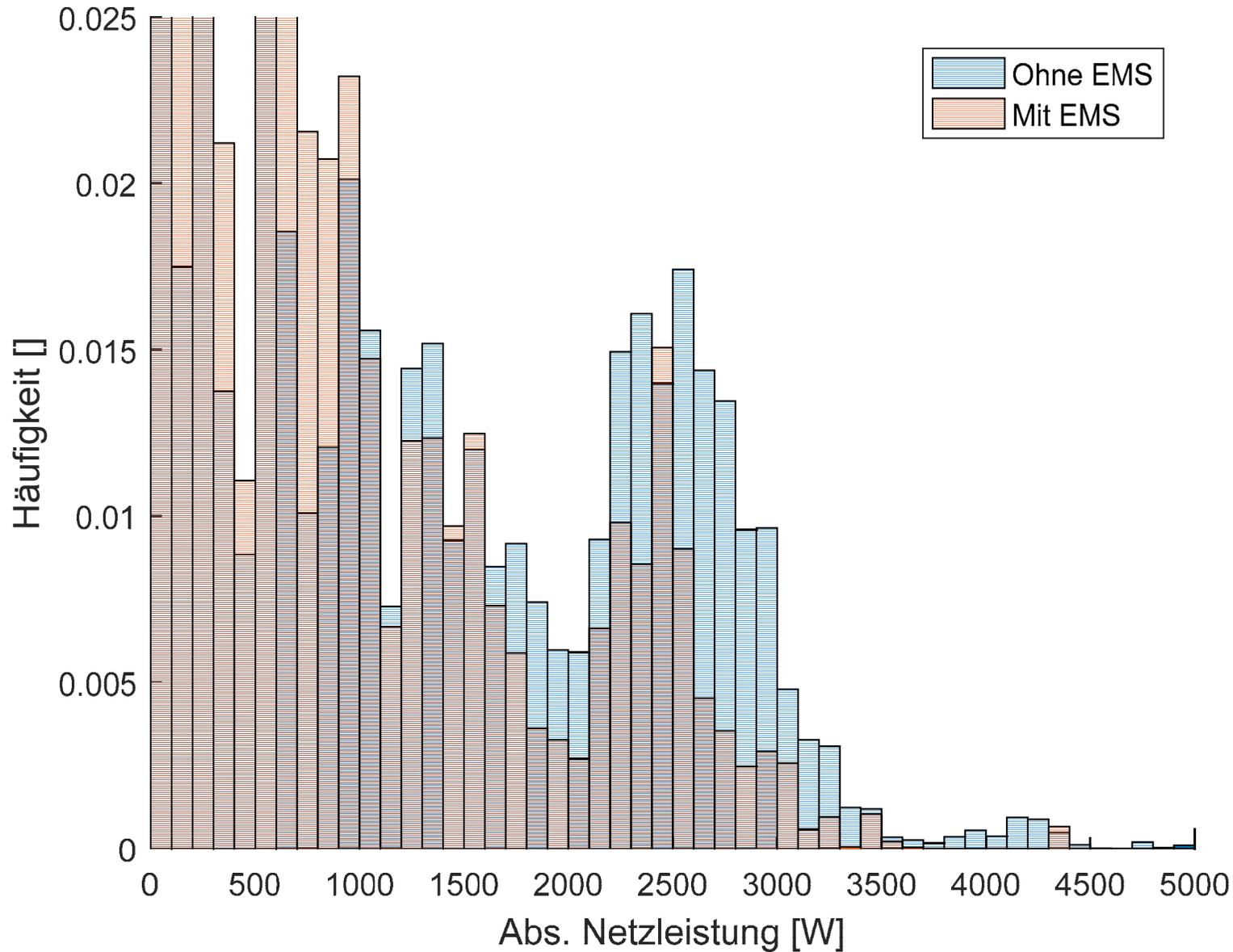
Regelung nach Wärmebedarf



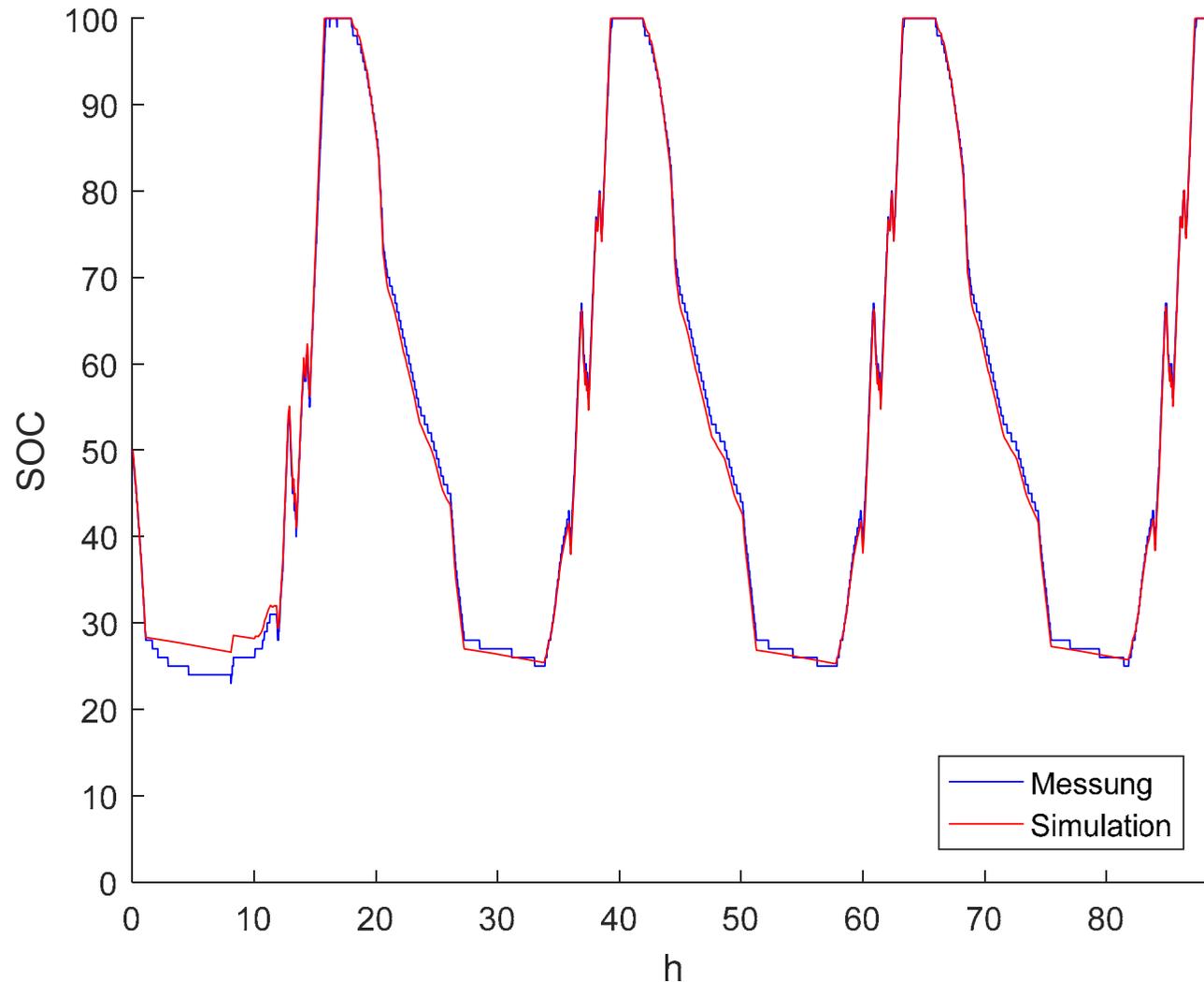
Regelung nach PV-Angebot



AP1 - PV+WP - Labormessung



AP1 - PV+WP - Labormessung Batterie-Wirkungsgrad



Ladeeffizienz	96 %
Entladeeffizienz	88 %
Stand-by-Leistung	15 W

AP1 - PV+WP - Labormessung

Eigennutzung [%]

Fall	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4
Messung A (ohne EMS)	52	49	45	47
Messung B (mit EMS)	62	61	61	61

Eigendeckung [%]

Fall	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4
Messung A (ohne EMS)	53	53	52	52
Messung B (mit EMS)	57	66	67	67

Zusammenfassung Projektteil WP+PV

Lastanalyse zeigt

Dimensionierung der Speicherkapazitäten

Simulationen zeigen

begrenzten Effekt in der jährlichen Energiebilanz

aber positiven Effekt auf den Leistungsbezug

Abhängigkeit der Flexibilität von Dimensionierung & Nutzerverhalten

Labortests zeigen

erfolgreiche Implementierung einer prädiktiven Regelstrategie

Herausforderungen bei der digitalen Kommunikation

Ausblick

Im Markt / im Bestand

- bisher vor allem WP-Regler mit PV-Ansteuerung einer ersten Generation
- sowohl in Bezug auf die Funktionalitäten
- als auch in Bezug auf die Kommunikation

ein sinnvoller WP+PV-Betrieb berücksichtigt

- Ein-/Ausschaltzyklen bzw. Modulation der Heizleistung
- sinnvolle Betriebstemperaturen
- Energieeffizienz, Betriebssicherheit & Langlebigkeit

Umsetzung erfordert

- qualifiziertes / geschultes Personal (therm. & elektr. & Regler Kenntnisse)
- weiterentwickelte Anwendungsregeln / -standards
- weiterentwickelte, digitale Kommunikation zwischen Regler & Komponenten
- ggf. weiterentwickelte «Sicherheitsfunktionen» (Dauerbetrieb <> Betriebsgrenzen)

A solid yellow vertical bar is located on the left side of the slide.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!