

bioenergy2020+

# Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

Klaus Lichtenegger<sup>1ab</sup>

Andreas Leitner<sup>2</sup>

Andreas Moser<sup>1b,3</sup>

Daniel Muschick<sup>1b</sup>

Ernst Höftberger<sup>1a</sup>

Markus Gölles<sup>1b</sup>

<sup>1</sup> BIOENERGY2020+ GmbH

<sup>a</sup> Area 1 (Biomasse-Verbrennung),  
Gewerbepark Haag 3, A-3250 Wieselburg-Land,

<sup>b</sup> Area 4.2 (Regelungs- und Automatisierungstechnik)  
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur

Institut für Verfahrens- und Energietechnik  
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

<sup>3</sup> Technische Universität Graz

Institut für Regelungs- und Automatisierungstechnik  
Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Wels, 1. März 2018



# Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

- Regelungstechnische Herausforderungen:
  - Hydraulische Basisregelung
  - Energiemanagement
- Zugänge zum Energiemanagement:
  - Zentrale modellprädiktive Regelung
  - Marktorientierte Zugänge
- Ergebnisse:
  - Potenzialabschätzung anhand von Szenarien
  - Messergebnisse aus der Implementierung

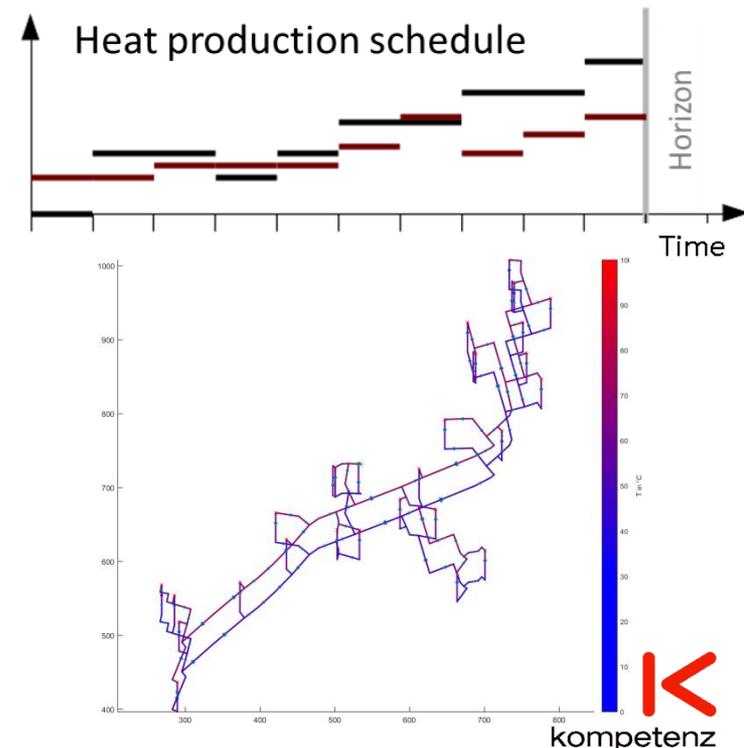


# Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

- Regelungstechnische Herausforderungen:
  - Hydraulische Basisregelung
  - Energiemanagement
- Zugänge zum Energiemanagement:
  - Zentrale modellprädiktive Regelung
  - Marktorientierte Zugänge
- Ergebnisse:
  - Potenzialabschätzung anhand von Szenarien
  - Messergebnisse aus der Implementierung

# Regelungstechnische Herausforderungen

- **Zentrale Herausforderungen:**
  - Einspeisungen müssen koordiniert werden
  - Konventionelle Strategien (z.B. “Schlechtpunktregelung”) für bidirektionale Wärmenetze unzureichend.
- **Zwei Ebenen** der Regelungstechnik:
  - **Energiemanagement** (übergeordnete Regelung): Welche Produzenten speisen wann mit welcher Leistung an?
  - **Hydraulikregelung** (unterlagerte Basisregelung): Aufrechterhaltung der hydraulischen Bedingungen (Druck, Temperatur), so dass die Leistung bei den Konsumenten ankommt.



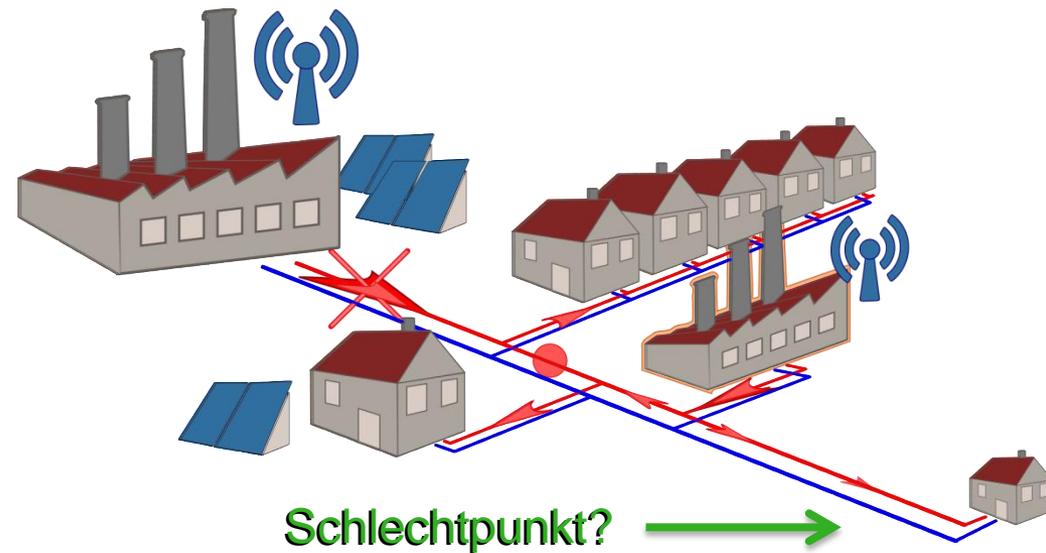
# Regelungstechnische Herausforderungen: Hydraulische Ebene

## ■ Zentrale Aufgabe:

- Alle Einspeiser müssen gemeinsam ausreichenden Differenzdruck aufbauen; die Einhaltung der minimalen Vorlauftemperaturen muss sichergestellt sein

## ■ Herausforderungen:

- “Schlechtpunkt” (minimaler Differenzdruck und niedrige Vorlauftemperatur) ist zeitabhängig
- Mögliche Druckoszillationen durch Wechselwirkung zwischen den Pumpen
- Gefahr der Bildung von Stagnationsbereichen, in denen der Vorlauf auskühlt





# Regelungstechnische Herausforderungen: Energiemanagement

## ■ Ansätze/Ausgangspunkte für Energiemanagement:

- **Zentraler Durchgriff:** Zentrale Instanz hat vollständige Kontrolle über alle Stellgrößen
- **Zentrale Vorgaben:** Zentralinstanz gibt Richtgrößen vor, Umsetzung in unterlagerten Regelungen
- **Zentrale Entscheidung:** Prosumer melden Wärmebedarf & Gestehungskosten, zentrale Entscheidung
- **Dezentrale Entscheidung:** Zentralinstanz legt fairen Einspeisepreis fest, Einspeiser entscheiden autonom
- **Freier Markt:** Teilsysteme melden Wärmebedarf & Gestehungskosten, Transaktionen, ggf. Re-Dispatch

autoritär

autonom

# Regelungstechnische Herausforderungen: Energiemanagement

- Im Projekt BiNe2+ verwendete Zugänge:

autoritär

- **Zentrale Vorgaben**

Globale Optimierung  
mit stochastischen  
Methoden

Modellprädiktive globale  
Optimierung auf Basis  
von *Mixed Integer Linear  
Programming* (MILP)

implementiert

für Potenzial-  
Analyse

- **Freier Markt**

Modellprädiktive lokale  
Optimierung (stochastisch) +  
Handel zwischen den Akteuren

autonom



# Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

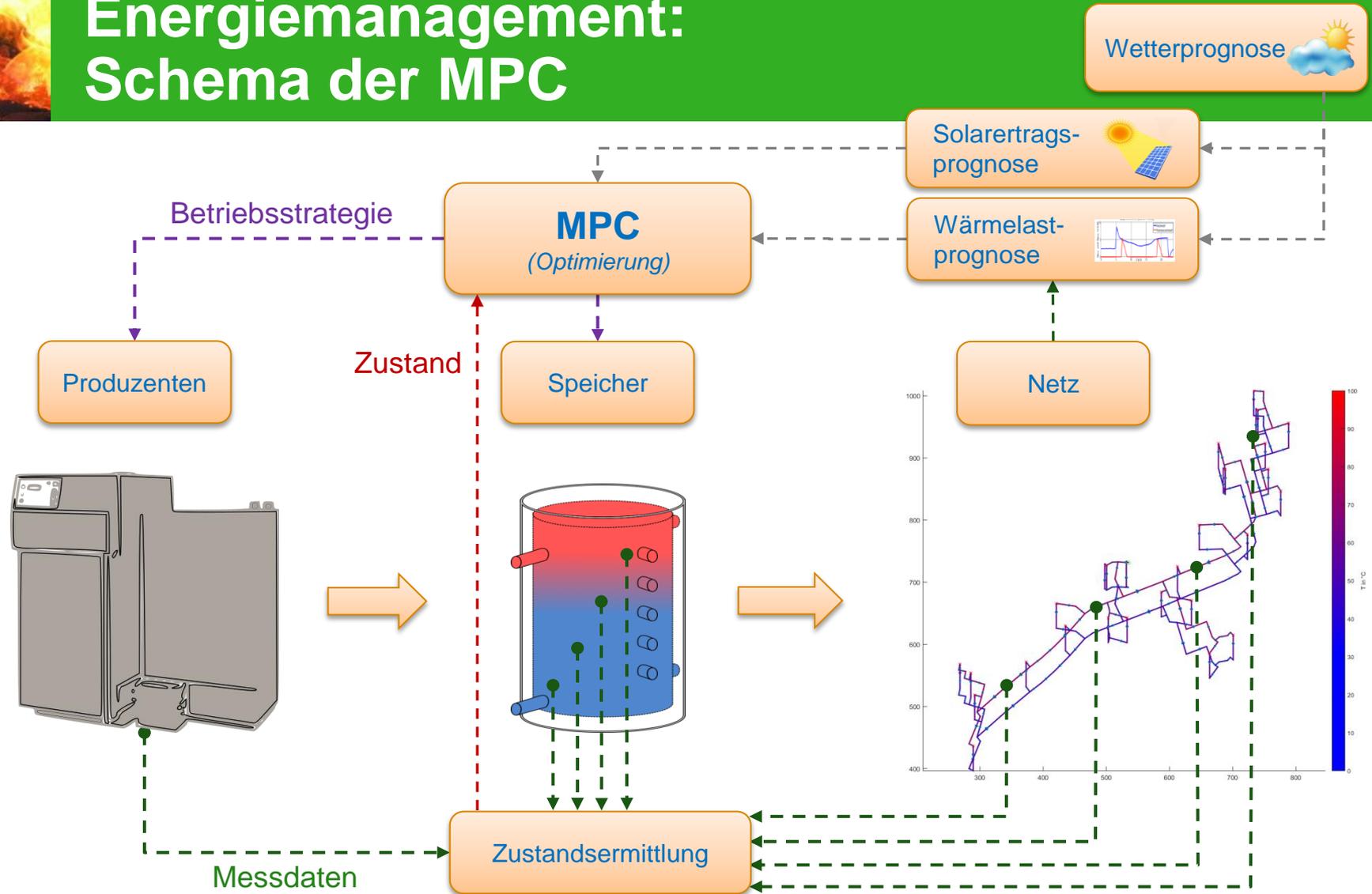
- Regelungstechnische Herausforderungen:
  - Hydraulische Basisregelung
  - Energiemanagement
- Zugänge zum Energiemanagement:
  - Zentrale modellprädiktive Regelung
  - Marktorientierte Zugänge
- Ergebnisse:
  - Potenzialabschätzung anhand von Szenarien
  - Messergebnisse aus der Implementierung

# Energiemanagement: Modellprädiktive Regelung (MPC)

- Definition einer **Kostenfunktion**: Wärmegestehungskosten, Ein-/Aus-/Umschaltkosten, auch weitere Kostenkomponenten (z.B. Bestrafung von Emissionen) → **Regelung...**
  - ermittelt anhand v. Messdaten den **Zustand** des Systems,
  - generiert aus Wettervorhersage & historischen Daten eine **Prognose** für Wärmebedarf und Solarertrag,
  - bestimmt anhand eines Modells den **optimalen Verlauf** für die kommenden 24 Stunden („Wie deckt man den Wärmebedarf, so dass Kostenfunktion minimal ist?“),
  - gibt auf Basis des optimalen Verlaufs aktuelle **Sollwerte** für Wärmeerzeugung sowie für Be-/Entladung von Speichern vor.

Zeitschritt

# Energiemanagement: Schema der MPC

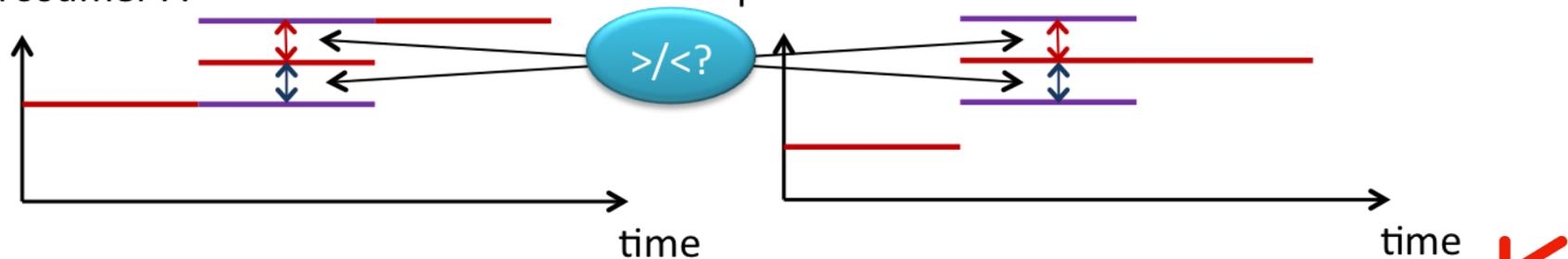


# Energiemanagement: Marktmodell

- Jeder Prosumer erstellt zuerst den eigenen „Fahrplan“.
- Vergleich von **Grenzkosten**: Wie könnten sich Gesamtkosten durch bilateralen Handel reduzieren lassen?
- **Beste Transaktion** finden und fixieren,
- **Ersparnis** fair zwischen Akteuren **aufteilen**,
- Wiederholen, bis keine Verbesserung mehr möglich.
- Übergang zum nächsten Zeitschritt

planned production  
of prosumer A

planned production  
of prosumer B





# Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

- Regelungstechnische Herausforderungen:
  - Hydraulische Basisregelung
  - Energiemanagement
- Zugänge zum Energiemanagement:
  - Zentrale modellprädiktive Regelung
  - Marktorientierte Zugänge
- Ergebnisse:
  - Potenzialabschätzung anhand von Szenarien
  - Messergebnisse aus der Implementierung



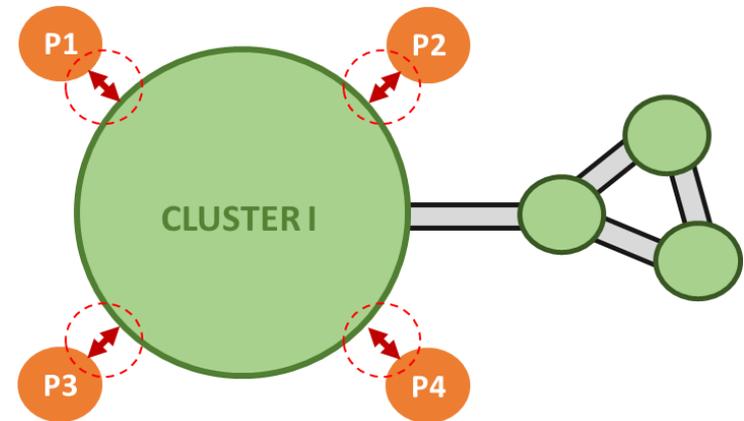
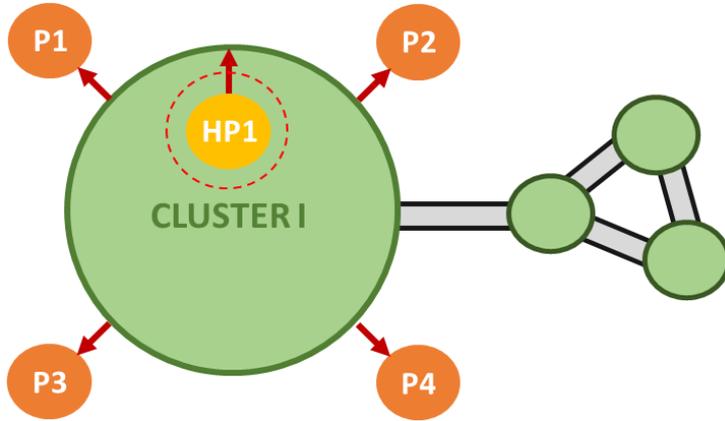
# Ergebnisse: Potenzialabschätzung anhand von Szenarien

- Betrachtung von drei Szenarien:
  - Szenario 1: Heizwerk vs. „Prosumer-only“
  - Szenario 2: Engpass im Netz
  - Szenario 3: Unzureichender Grundlastkessel...jeweils für alle vier Jahreszeiten (anhand typischer Woche)
- Jeweils drei Ansätze/Methoden:
  - Konventionelle Lösung mit **zentraler (globaler) Optimierung**
  - Prosumer-Lösung mit **globaler Optimierung**
  - Prosumer-Lösung mit **Akteuren am Markt**
- Methodik:
  - Wärmemengen- und Wärmestrom-basiertes Modell
  - Stochastische Optimierung → statistische Auswertung

# Ergebnisse – Potenzialabschätzung: Szenario 1: Heizwerk vs. „Prosumer-only“

Zentrale Versorgung

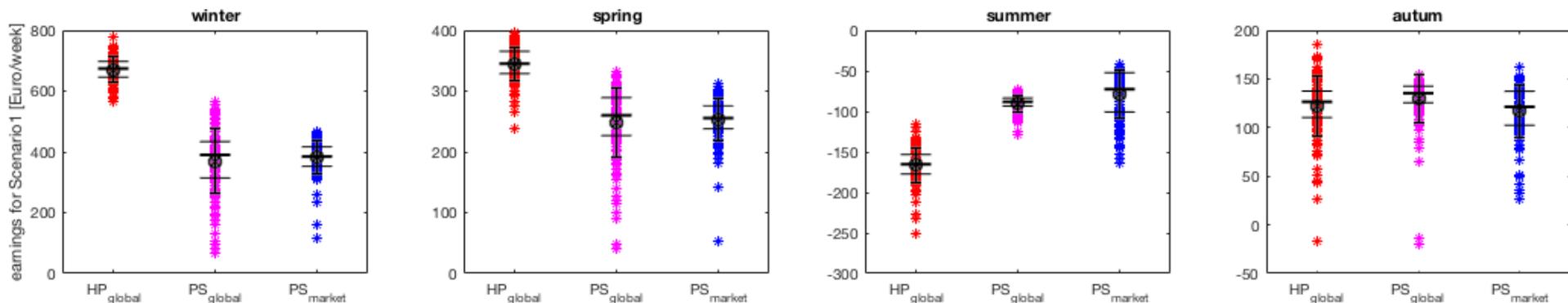
Dezentrale Versorgung



Zentrale Optimierung

Globale Optimierung

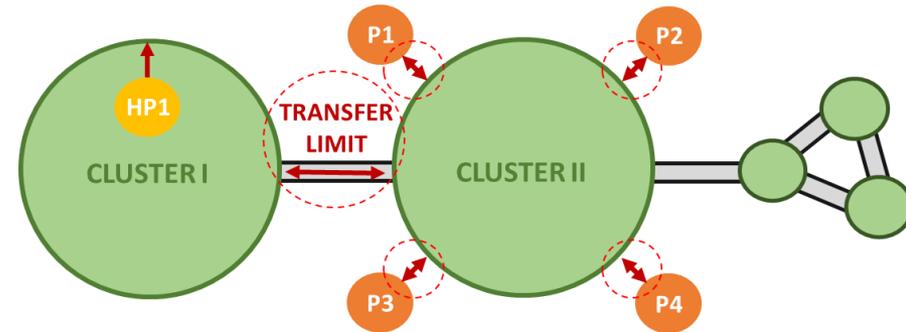
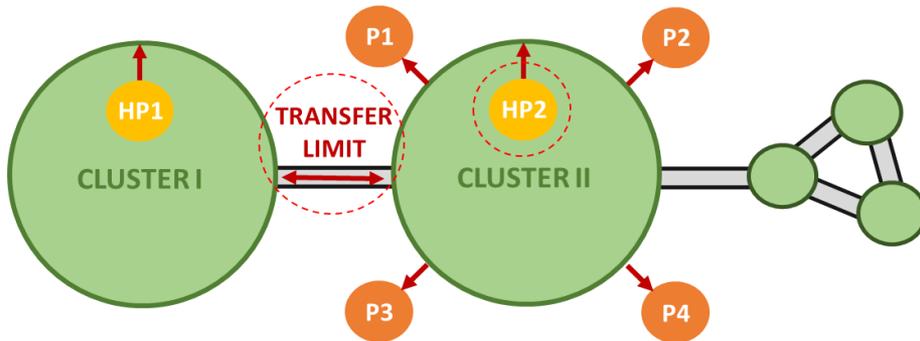
Marktmodell



# Ergebnisse – Potenzialabschätzung: Szenario 2: Engpass im Netz

## Zweites Heizwerk

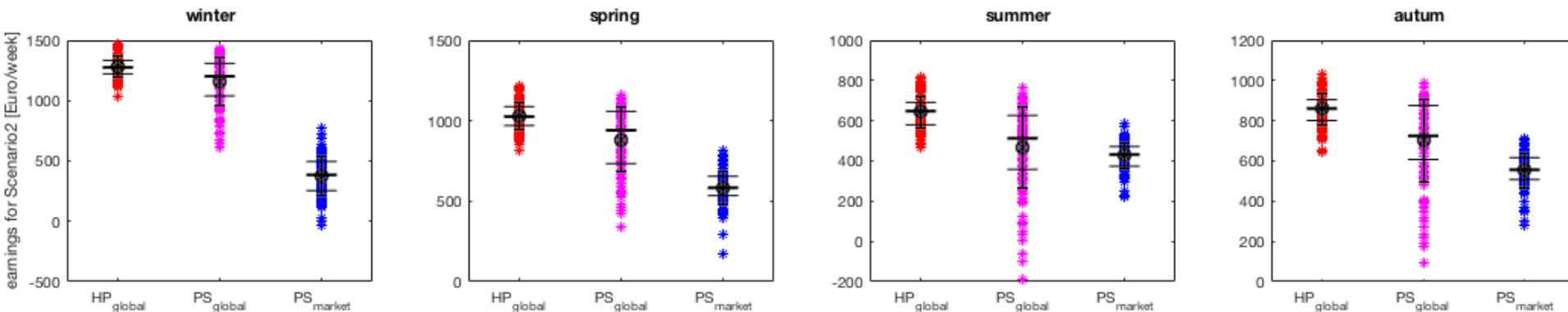
## Prosumer-Einbindung



## Zentrale Optimierung

## Globale Optimierung

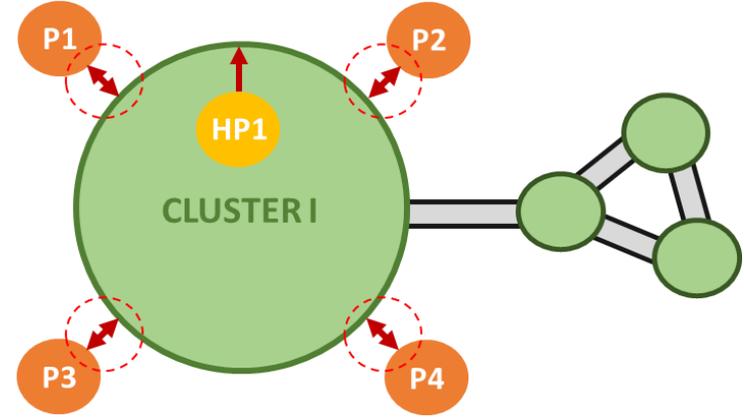
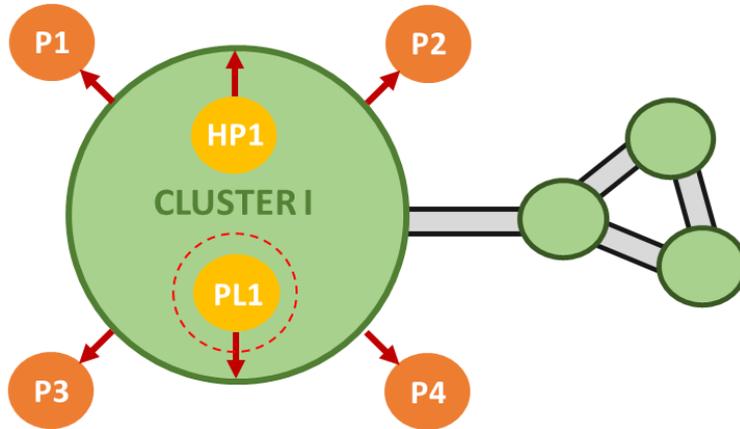
## Marktmodell



# Ergebnisse – Potenzialabschätzung: Szenario 3: Unzureichender Grundlastkessel

**Spitzenlastkessel (Gas)**

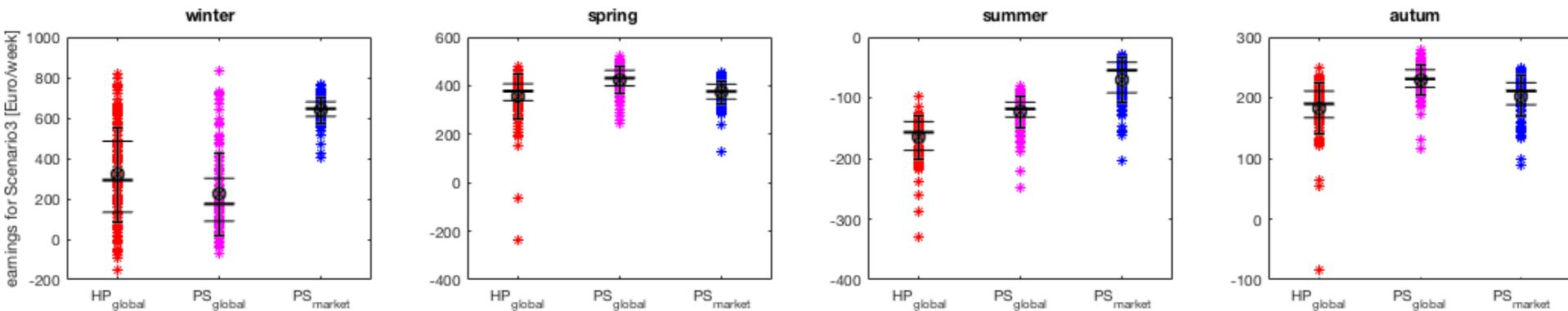
**Dezentrale Versorgung**



**Zentrale Optimierung**

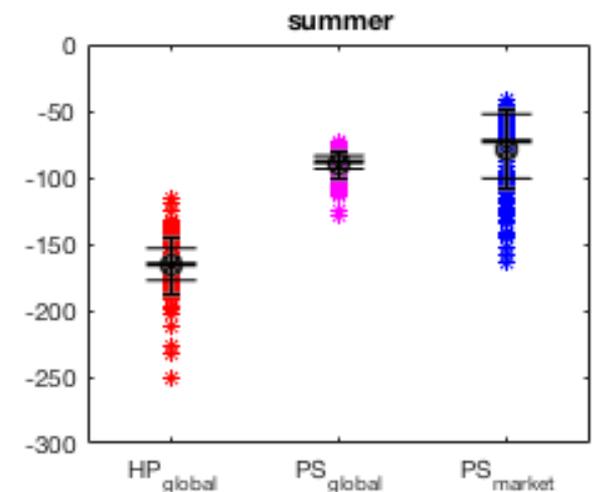
**Globale Optimierung**

**Marktmodell**

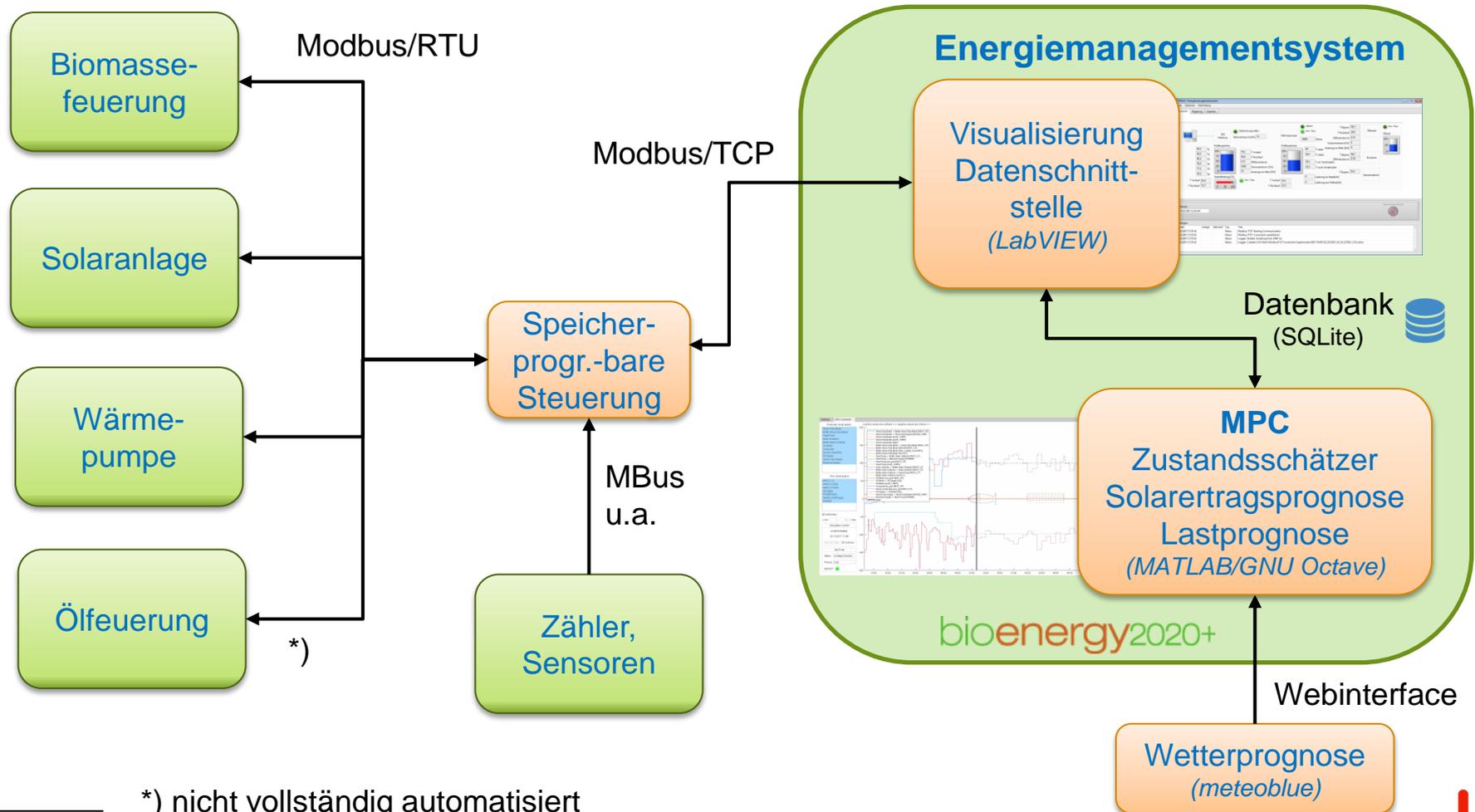


## Ergebnisse – Potenzialabschätzung: Zusammenfassung

- Abhängig von Szenario (+Dimensionierung) sowie Jahreszeit zentrale Lösung oder Prosumer-Lösung sinnvoller
- Preis-basierter Ansatz ist praktikabel, kann sinnvolle Alternative zu zentraler Optimierung sein.
  - **Detailanalyse** notwendig, kein „Universalrezept“
    - ➔ Methoden für schnelle Analysen werden im Rahmen von Planungstool-Entwicklungen berücksichtigt
- „Prosumer-only“-**Sommerbetrieb** (wie in Großschönau) ist ein sinnvoller Anwendungsfall



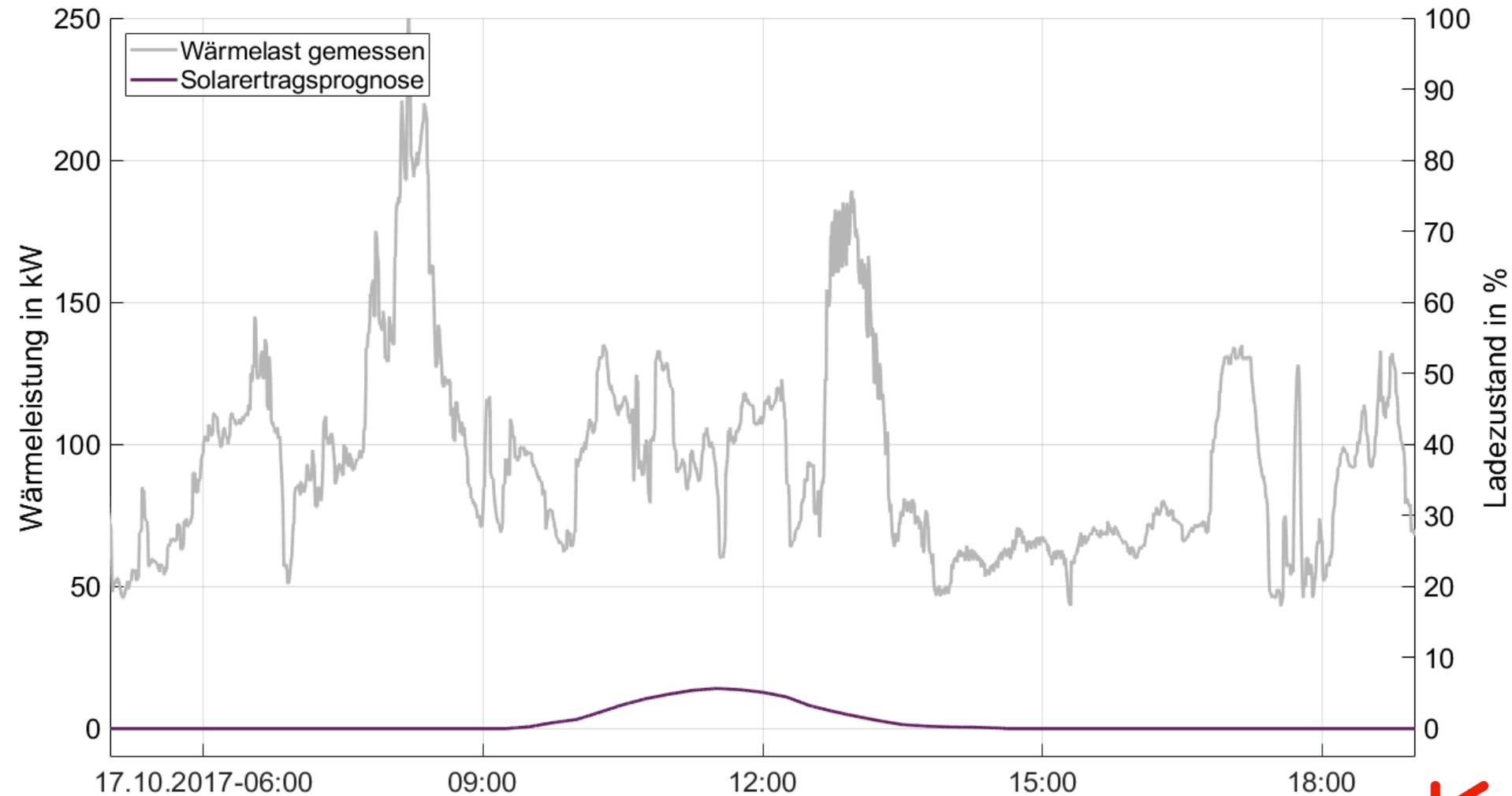
# Implementierung in Großschönau: Struktur und Schnittstellen



\*) nicht vollständig automatisiert

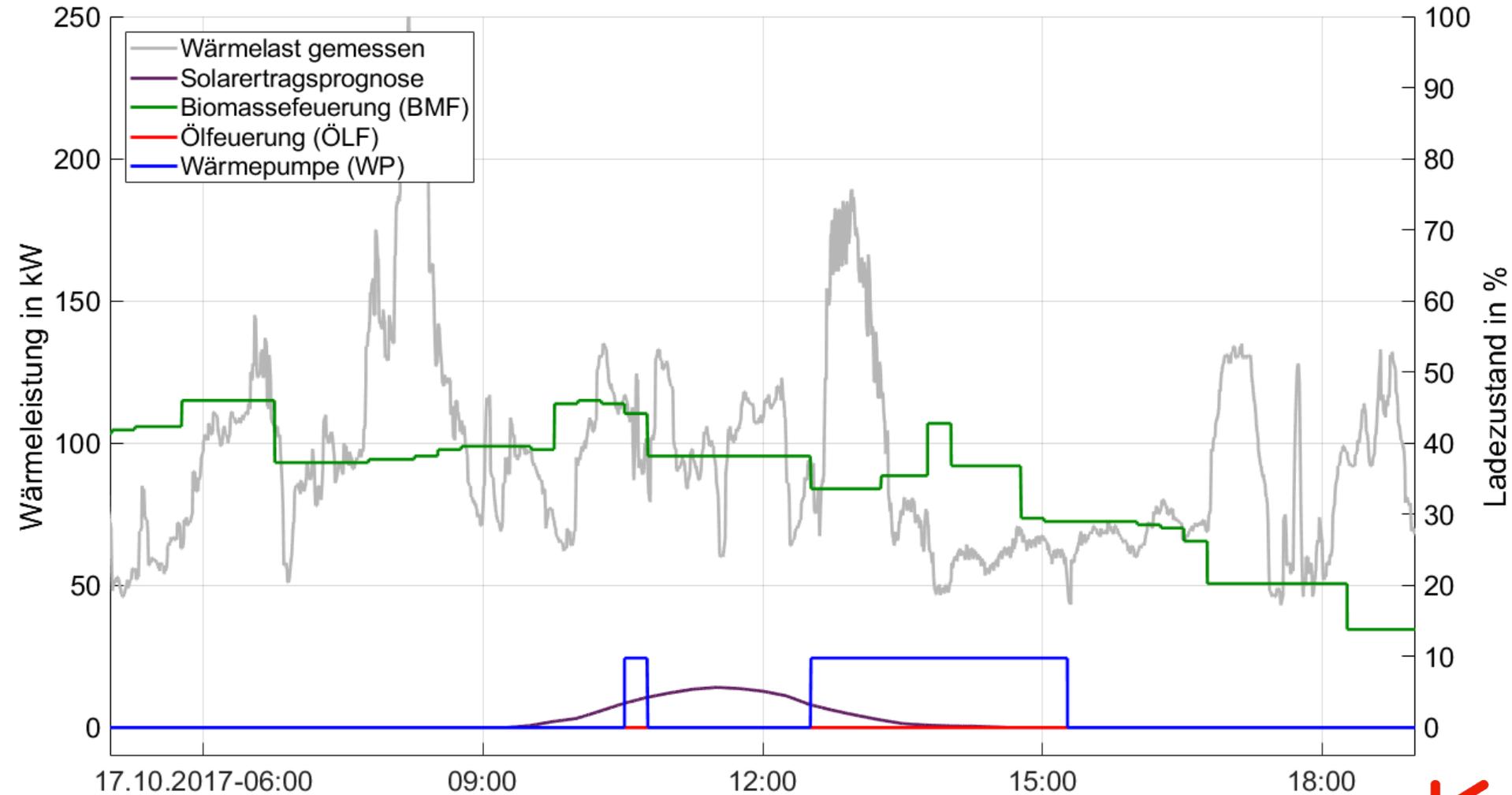


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme



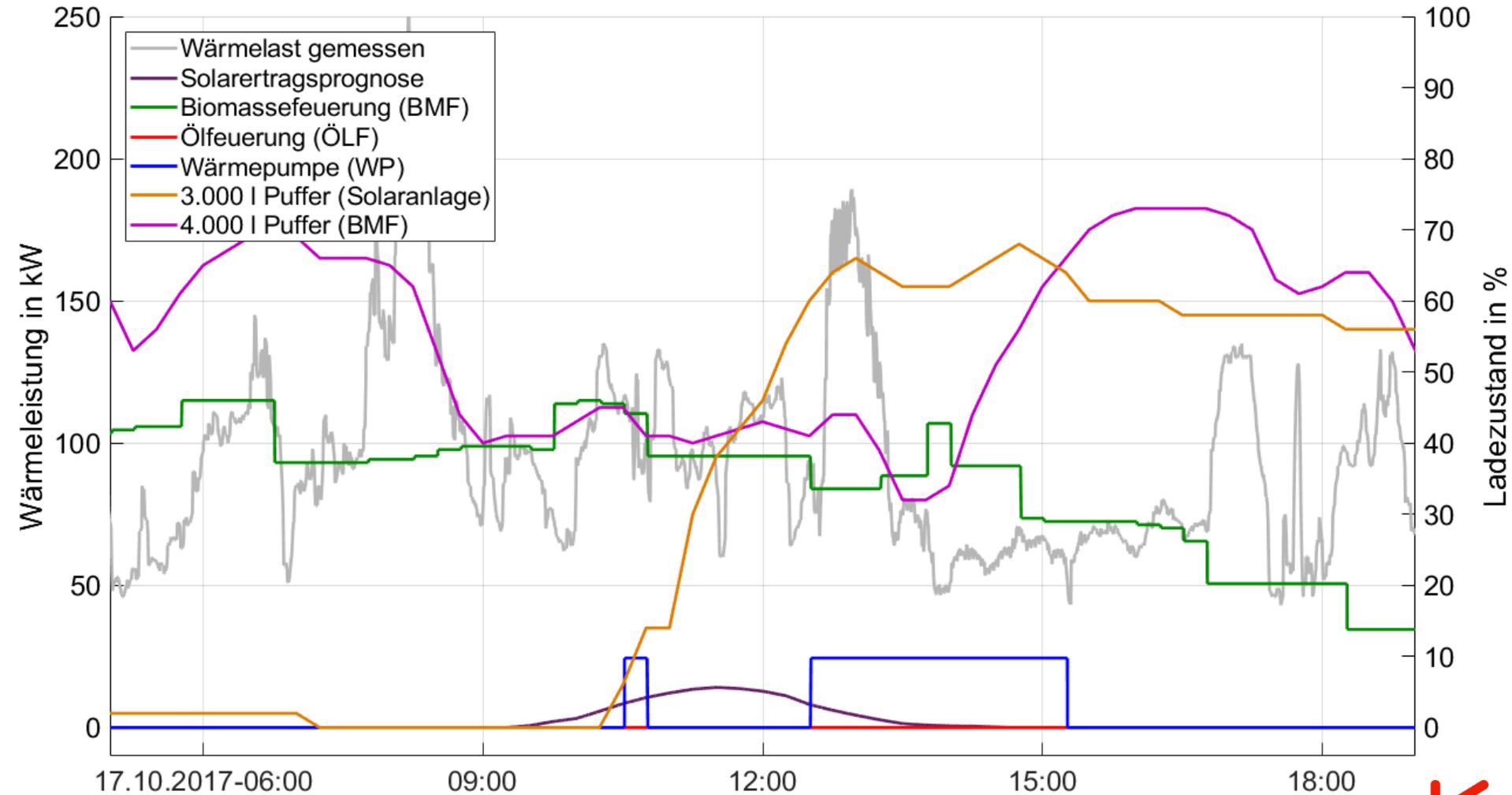


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme



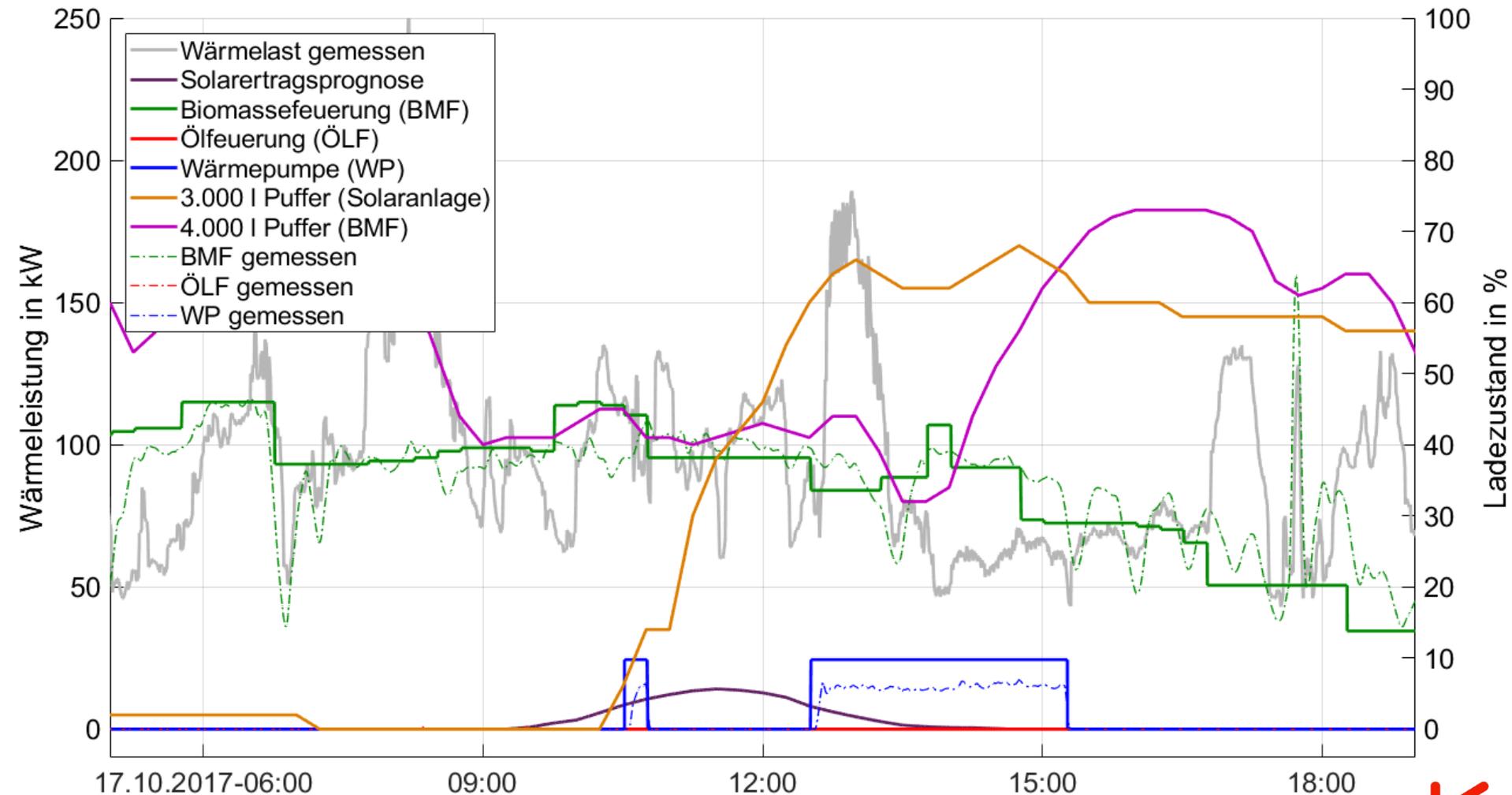


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme





# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme

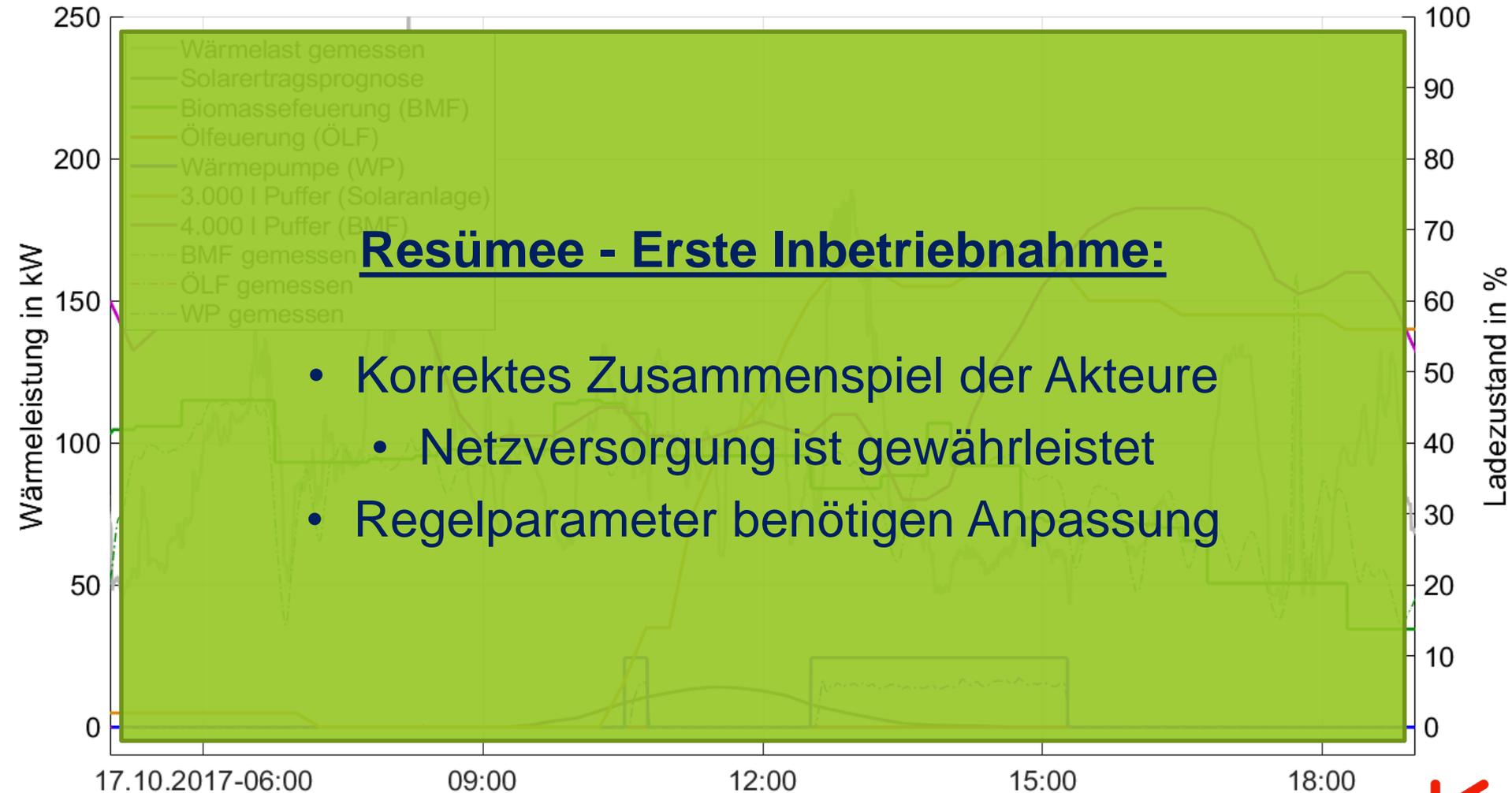




# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme

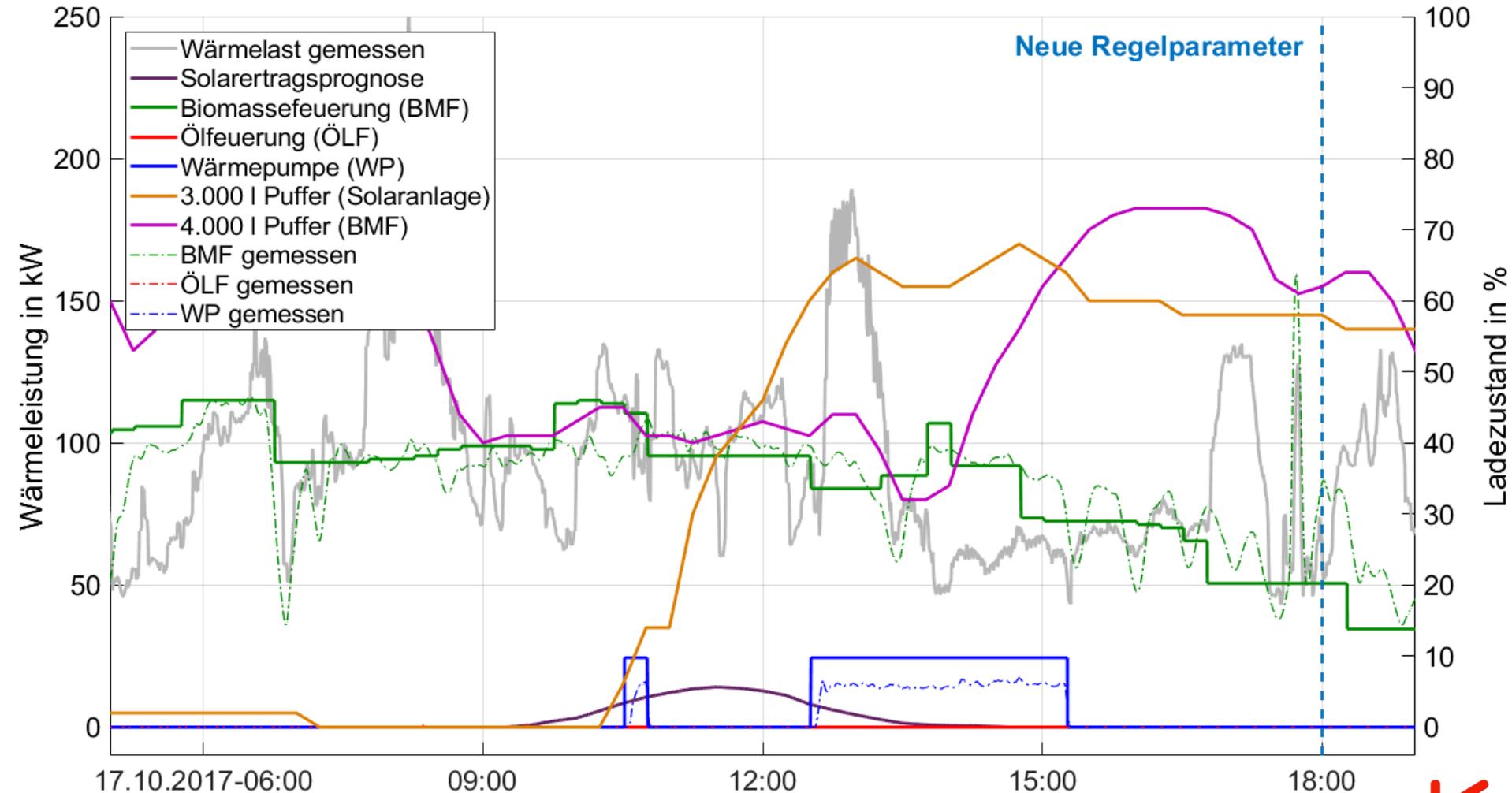
## Resümee - Erste Inbetriebnahme:

- Korrektes Zusammenspiel der Akteure
- Netzversorgung ist gewährleistet
- Regelparameter benötigen Anpassung



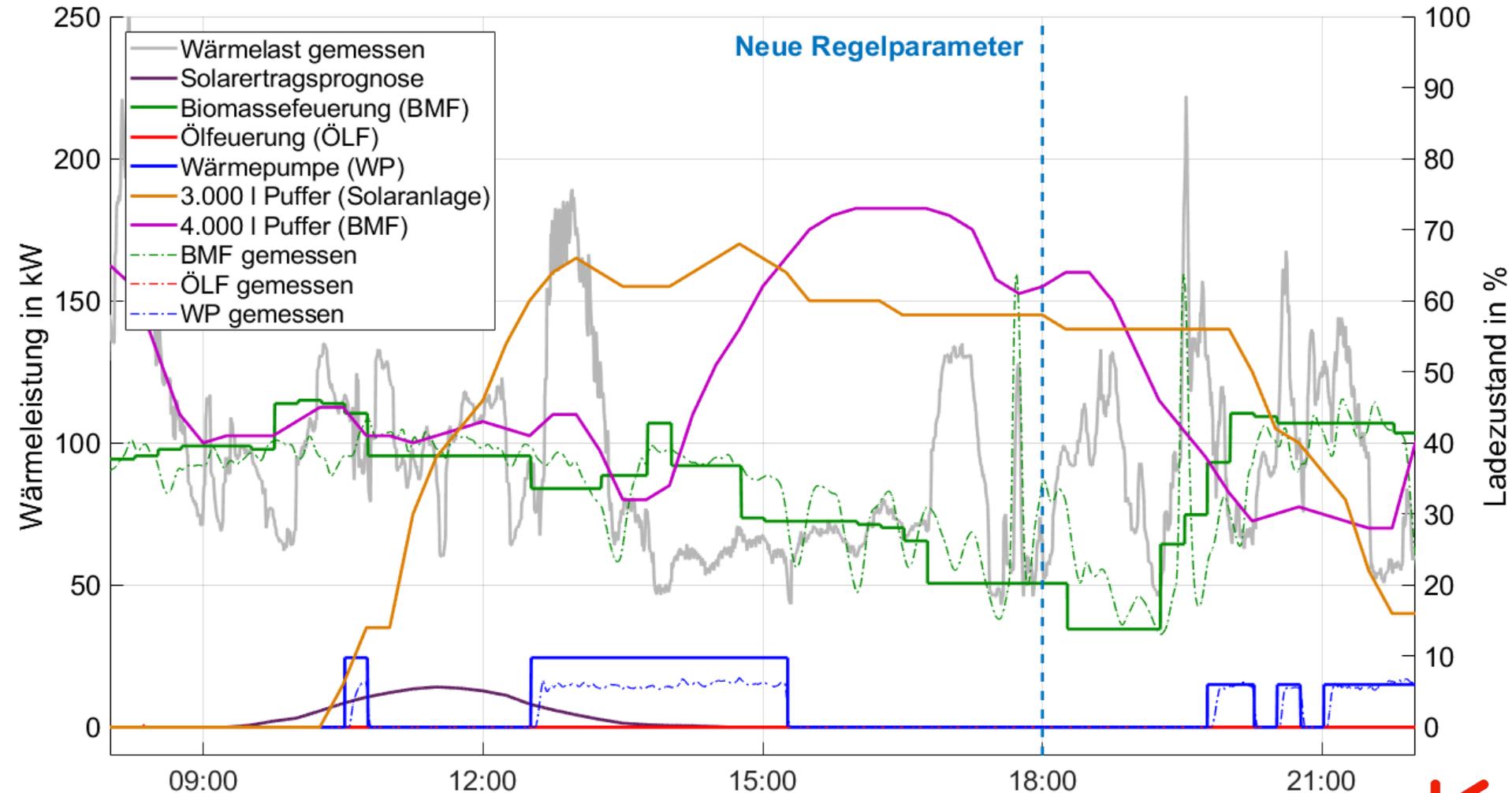


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



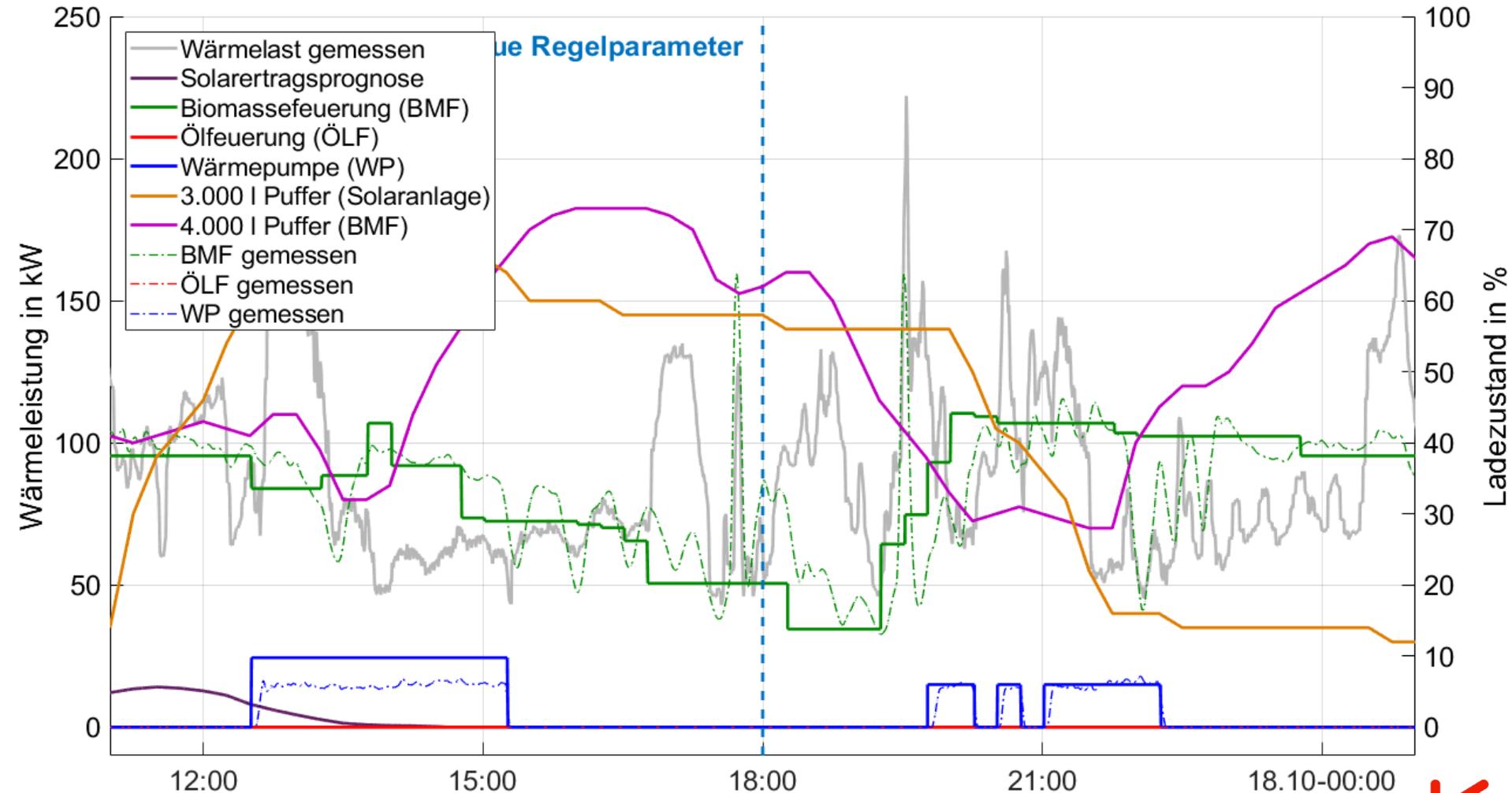


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



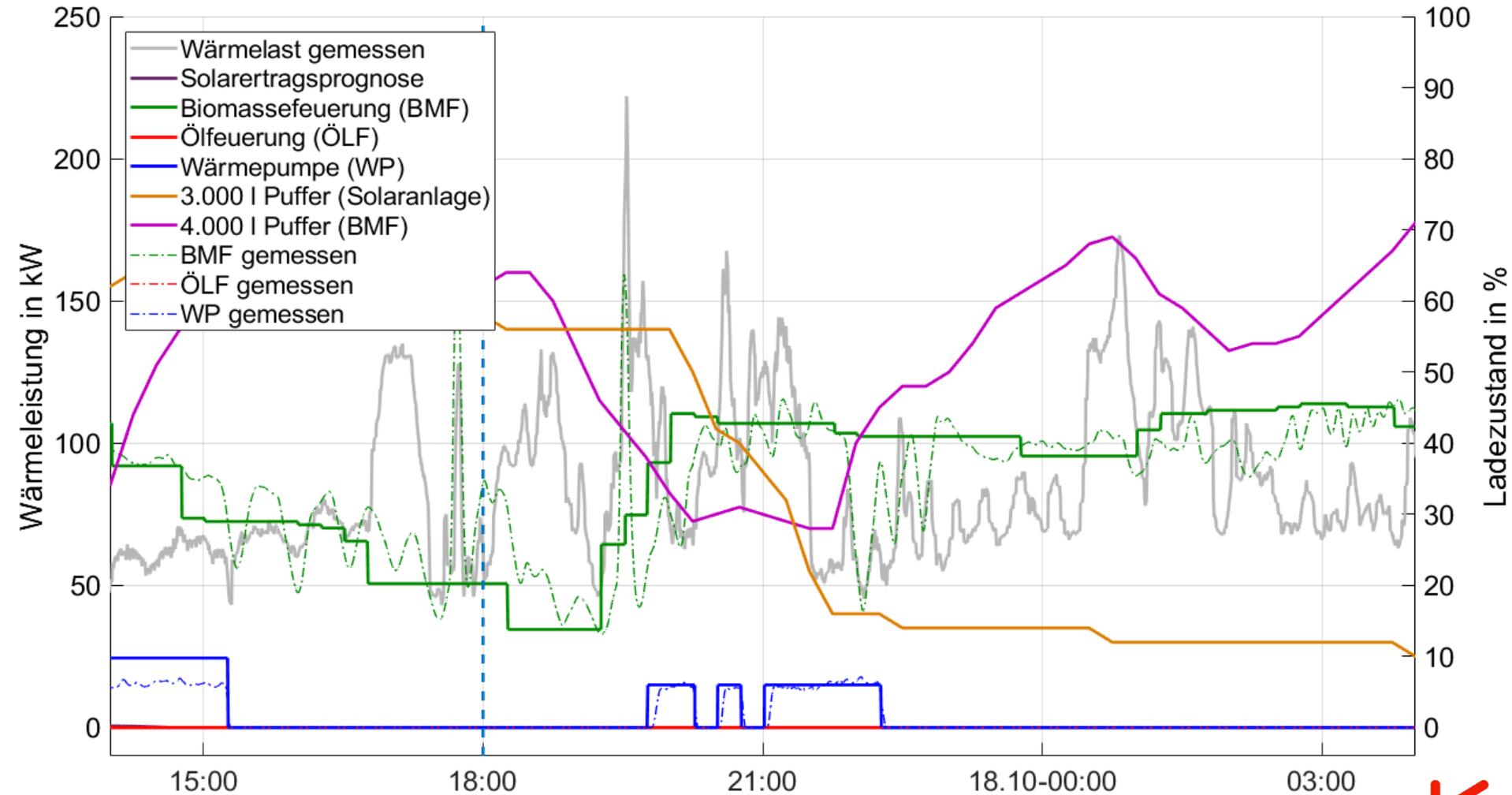


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



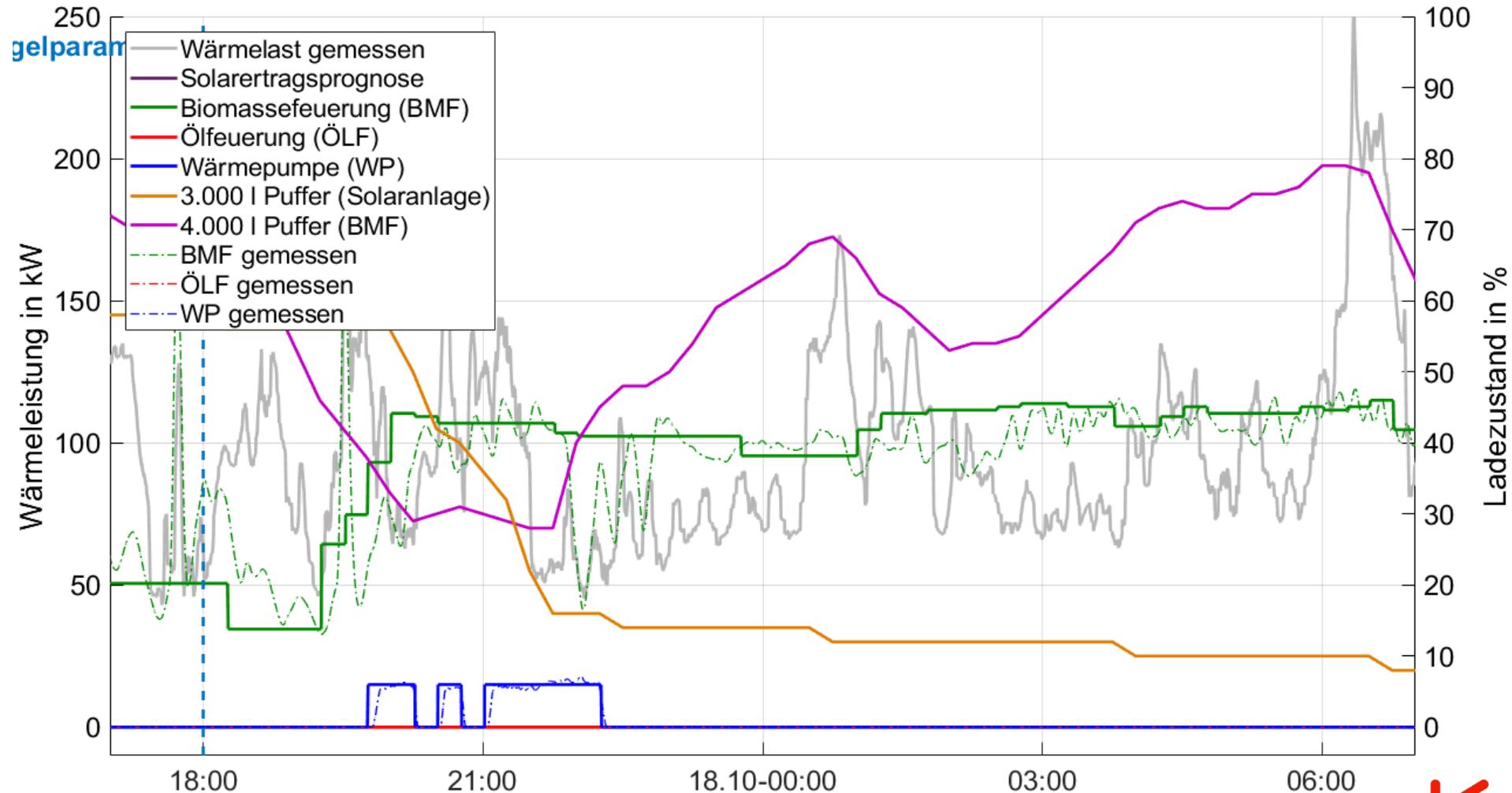


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



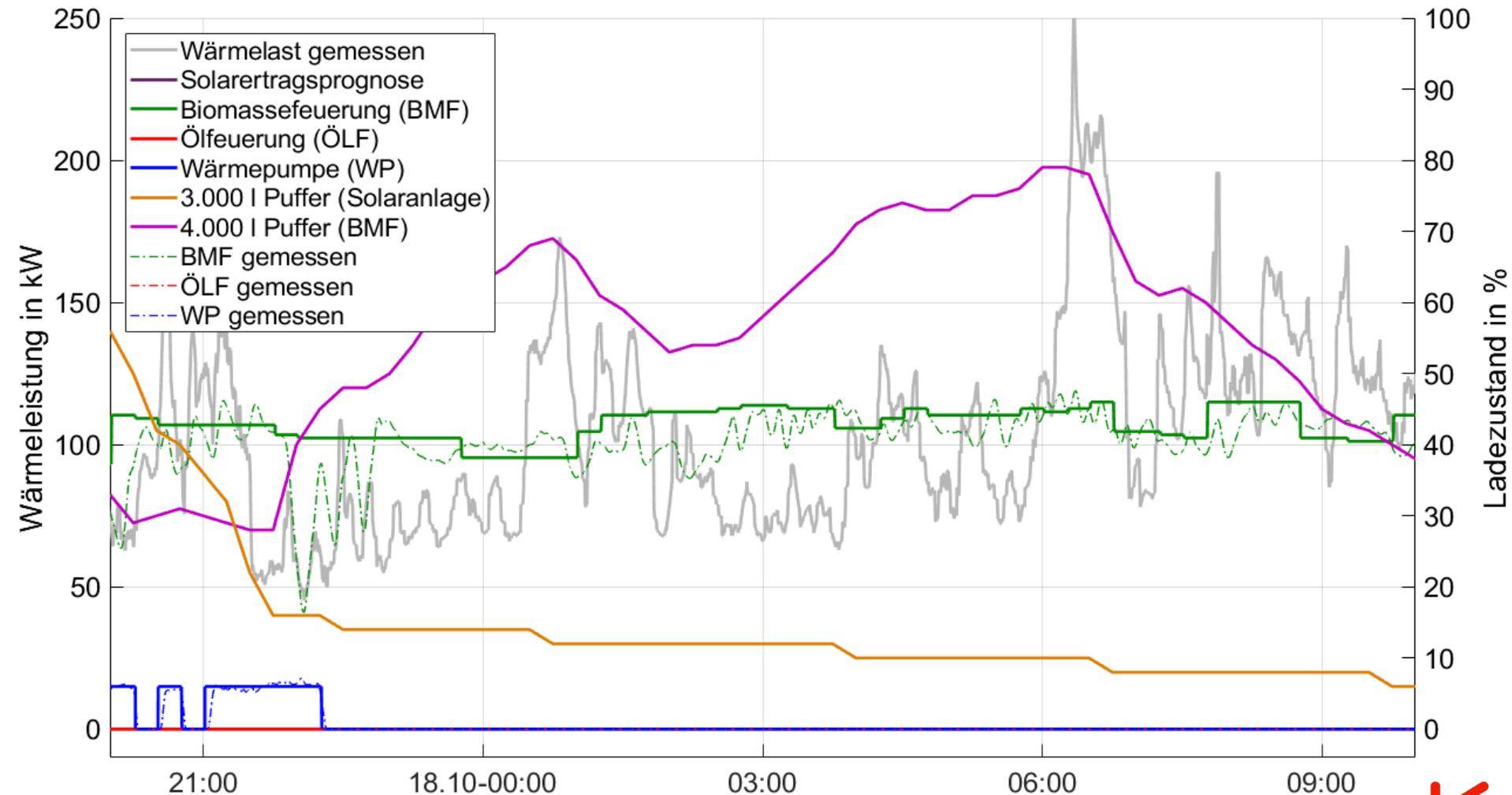


# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter





# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter

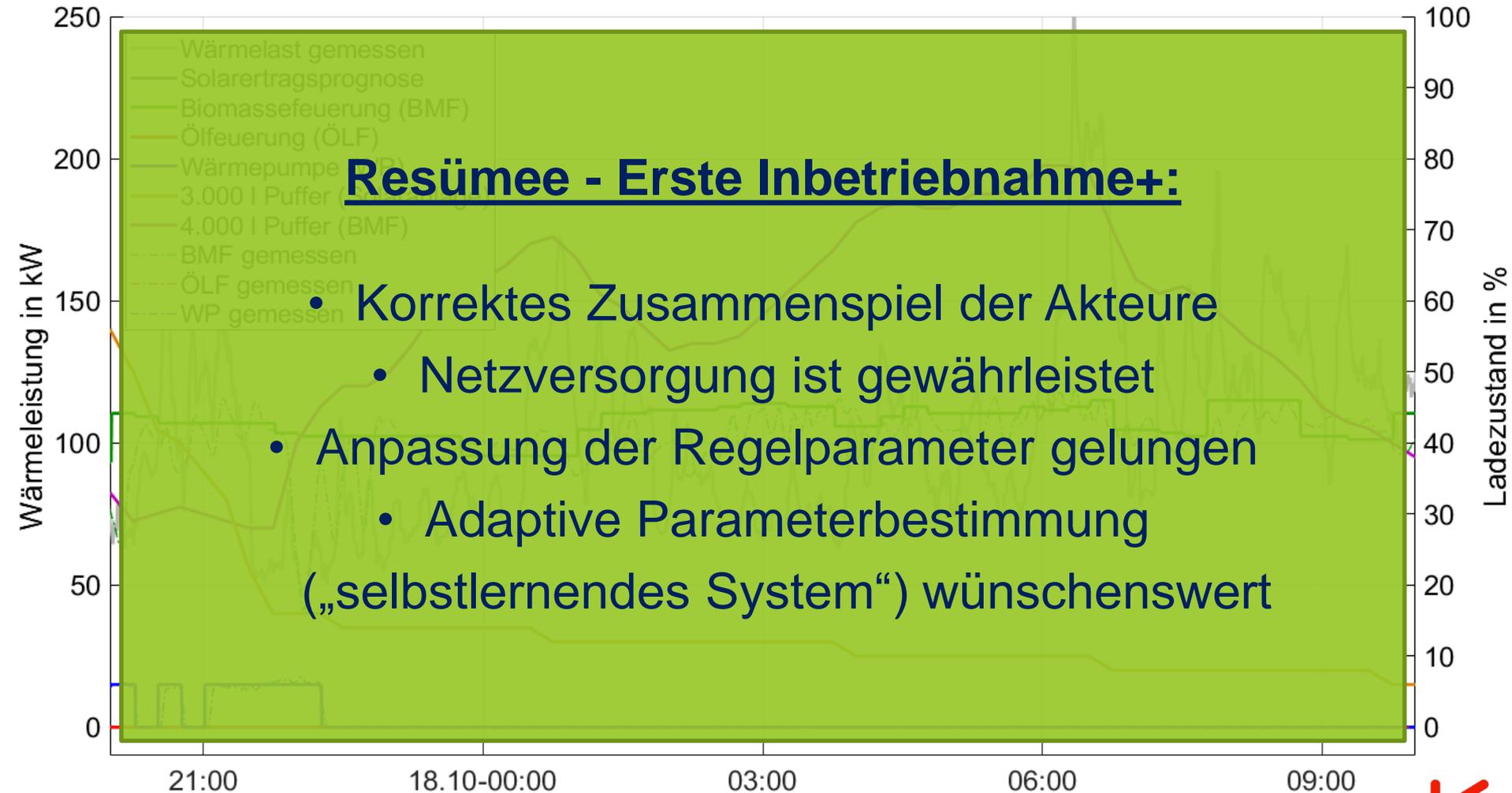




# Implementierung in Großschönau: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter

## Resümee - Erste Inbetriebnahme+:

- Korrektes Zusammenspiel der Akteure
  - Netzversorgung ist gewährleistet
- Anpassung der Regelparameter gelungen
  - Adaptive Parameterbestimmung („selbstlernendes System“) wünschenswert





## Zusammenfass.: Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

- Bidirektionale Wärmenetze (allg. „Wärmenetze der Zukunft“) stellen **hohe Ansprüche** an Regelungskonzepte.
- Diverse Ansätze für **Energiemanagement** möglich – und auch schon für viele bestehende Systeme interessant. (Verschränkung mit allgemeinem Planungstool ist in Arbeit.)
- Prosumer-Einbindung ist zumindest in manchen Fällen eine **wirtschaftlich sinnvolle Lösung**
- Funktionstüchtigkeit und **Praxistauglichkeit** des Ansatzes wurde durch reale Implementierung gezeigt. (Erweiterung auf modulares Konzept → nun schneller anpassbar)
- Weiterhin **Forschungs- & Demonstrationsbedarf**

# Bidirektionale Wärmenetze: Regelung, Energiemanagement, Potenzial

- [klaus.lichtenegger@bioenergy2020.eu](mailto:klaus.lichtenegger@bioenergy2020.eu)
- [andreas.leitner@boku.ac.at](mailto:andreas.leitner@boku.ac.at)
- [andreas.moser@bioenergy2020.eu](mailto:andreas.moser@bioenergy2020.eu)
- [daniel.muschick@bioenergy2020.eu](mailto:daniel.muschick@bioenergy2020.eu)
- [ernst.hoeftberger@bioenergy2020.eu](mailto:ernst.hoeftberger@bioenergy2020.eu)
- [markus.goelles@bioenergy2020.eu](mailto:markus.goelles@bioenergy2020.eu)

powered by  klima+ energie fonds



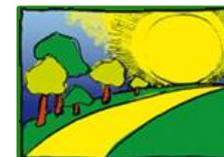
Komfortabel heizen. Mit Holz!



FFG



Regelungs-Verteilerbau GmbH  
Fernwärme-Übergabe-Stationen



ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND  
AUSTRIAN BIOMASS ASSOCIATION