

bioenergy2020+



e-nova[®]
Internationaler
KONGRESS 2017

Modellprädiktive Regelung eines solar- und biomassebasierten Fernwärmenetzes

Andreas Moser^{1,2}

Daniel Muschick¹

Klaus Lichtenegger¹

Markus Gölles¹

Anton Hofer²

¹ BIOENERGY2020+ GmbH

Area 4.2. Automatisierungs- und Regelungstechnik

Inffeldgasse 21b

A-8010 Graz

² Technische Universität Graz

Institut für Regelungs- und Automatisierungstechnik

Inffeldgasse 21b

A-8010 Graz

Pinkafeld, 23. November 2017



Motivation

Vermehrter Einsatz **dezentraler Energiesysteme** in **unterschiedlichen Sektoren** wie



Wärme



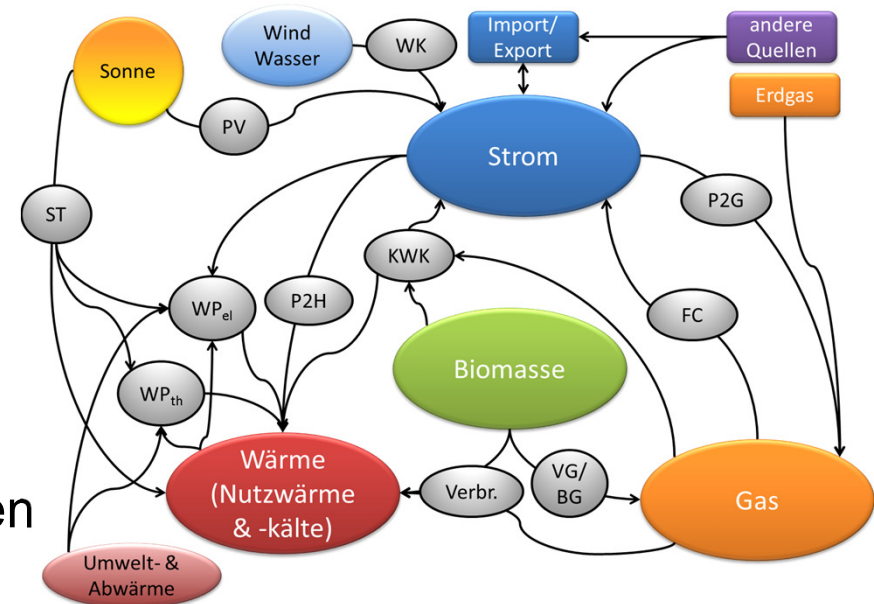
Strom



Kälte

führt zu hoher Komplexität

→ Das vorhandene **Potential** kann meist **nicht voll ausgeschöpft** werden



Ziel: Effizienter Betrieb durch ganzheitliche Betrachtung des Energiesystems

→ **Energiemanagementsystem**




Energiemanagementsystem

- Anforderungen
 - Wahl der **optimalen Betriebsstrategie** (Wer stellt wann Energie bereit?)
 - Flexible Zielvorgabe (z.B. emissionsminimaler Betrieb)
 - Sinnvoller Einsatz der Speicher (z.B. Berücksichtigung von Reserven)
 - Nutzung des **Wissens über die Zukunft** (z.B. Wetterprognosen)
 - **Allgemeine Anwendbarkeit** auf Energiesysteme (modulares Konzept)
- Anforderungen **zu komplex für Expertenregelung** (Satz fixer Regeln)

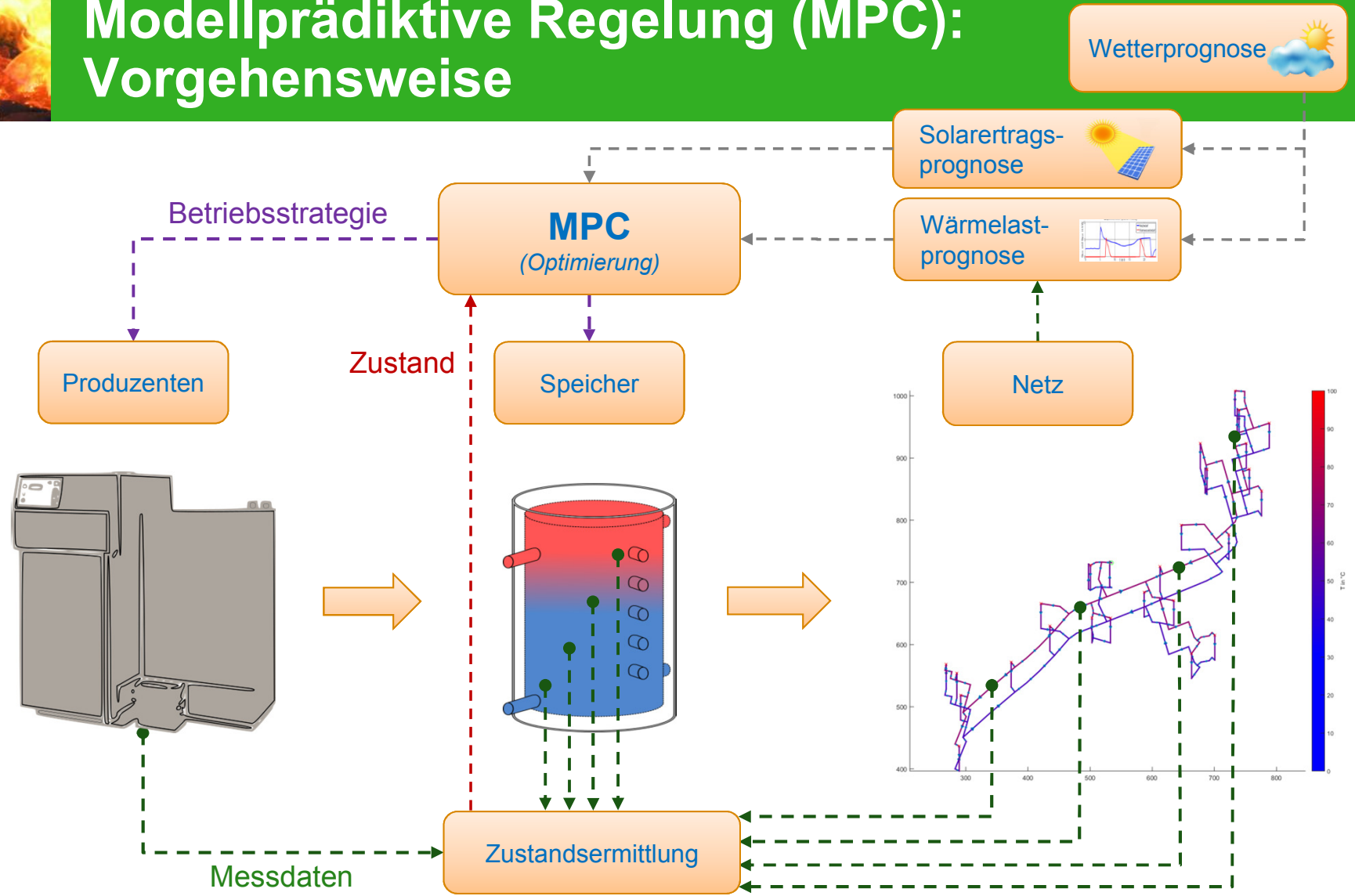
➔ **Modellprädiktive Regelung (MPC)**



Modellprädiktive Regelung (MPC): Vorgehensweise

- 
- **Zustandsermittlung** mithilfe von Messdaten
(Ladezustände von Speichern, aktuelle Leistungen, etc.)
 - Erstellen von **Last-** und **Ertragsprognosen** basierend auf Messdaten und **Wetterprognosen**
 - Verwendung von **mathematischen Modellen** zur Berechnung der **optimalen Betriebsstrategie**, welche eine vorher definierte **Kostenfunktion** minimiert
 - Anwendung der Betriebsstrategie für 15 Minuten

Modellprädiktive Regelung (MPC): Vorgehensweise





Modellprädiktive Regelung (MPC): Eigenschaften

- Einfache Berücksichtigung **verschiedener Kosten**
 - Betriebskosten (Brennstoff-/Stromkosten)
 - Erlöse durch Einspeisung (auch mit zeitabhängigen Preisen)
 - Bestrafung von Emissionen (CO_2 , NO_x , etc.)
 - Bestrafung von Ein-/Ausschaltvorgängen (verlorene Energie, etc.)

- Einfache **Sektorkopplung**
 - Strom, Wärme, Kälte, Gas, Biomasse, etc.
 - Automatische Nutzung der Stärken jedes Energieträgers

- Einfache **Skalierbarkeit**
 - Einfamilienhaus, Stadtquartiere, ganze Regionen



Konkretes Anwendungsbeispiel: Ausgangslage



■ Nahwärmenetz Großschönau:

- Zentrale Biomassefeuerung (Nennleistung: 500 kW)

Winterbetrieb:

Wärmebedarf für Heizung, Warmwasser und Betriebe (350-500 kW)

Sommerbetrieb:


Wärmebedarf für Warmwasser und Betriebe (ca. 100-150 kW)

→ geringe Effizienz und erhöhte Wartungskosten der Biomassefeuerung

**→ Idee: Zentrale Biomassefeuerung durch mehrere
(bestehende) kleinere Wärmeproduzenten ersetzen**

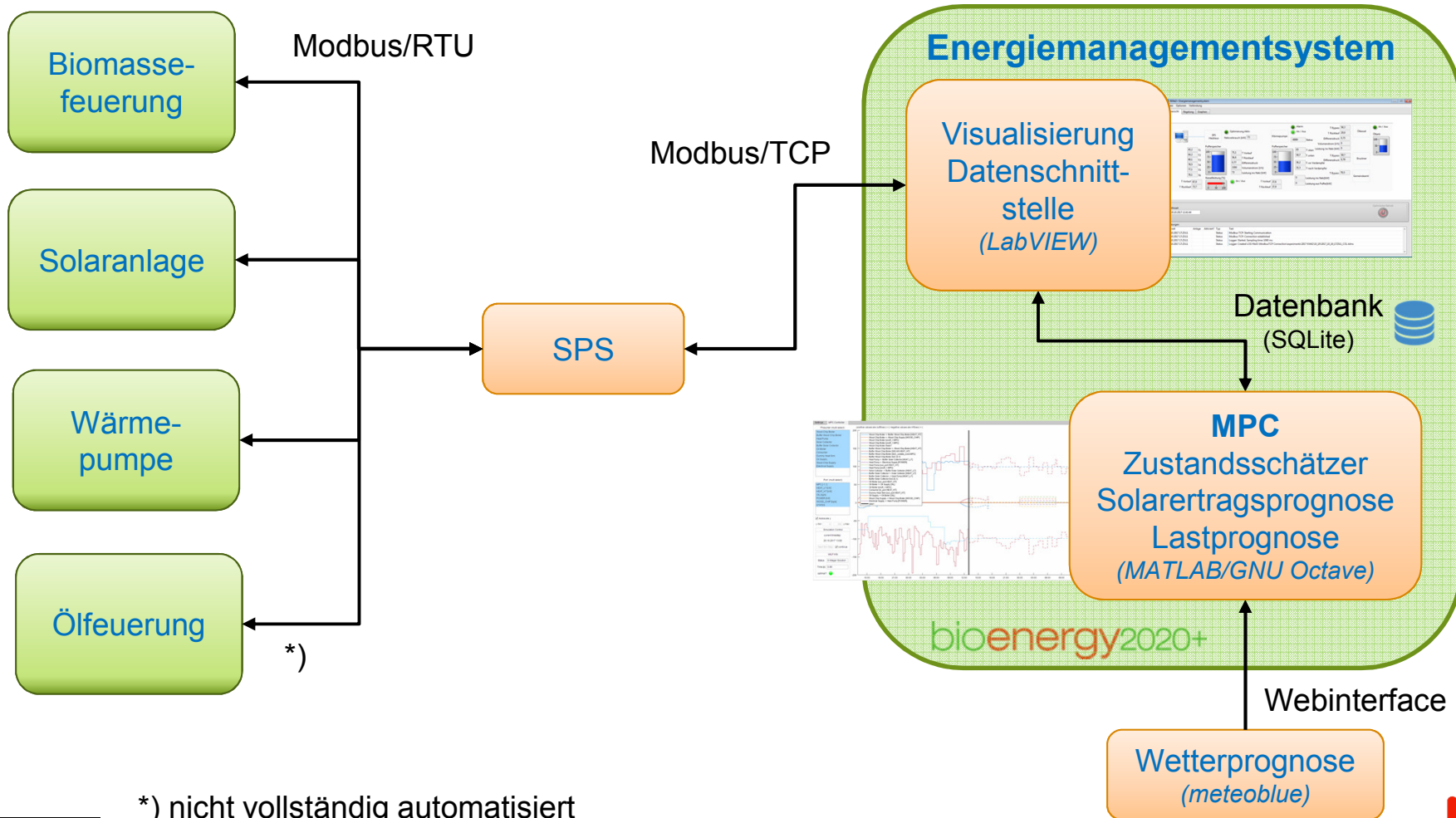


Konkretes Anwendungsbeispiel: Vorhandene dezentrale Wärmeproduzenten

Wärmeproduzent	Pufferspeicher	Ansteuerung	Leistungsbereich
Biomassefeuerung	4.000 l	Ein/Aus 30% - 100%	34,5 kW – 115 kW
Solaranlage	3.000 l	-	36 kWp
Wärmepumpe	-	Ein/Aus	15 kW thermisch
Ölfeuerung 	-	Ein/Aus Stufe 1 oder 2	230 kW (Stufe 1) 320 kW (Stufe 2)



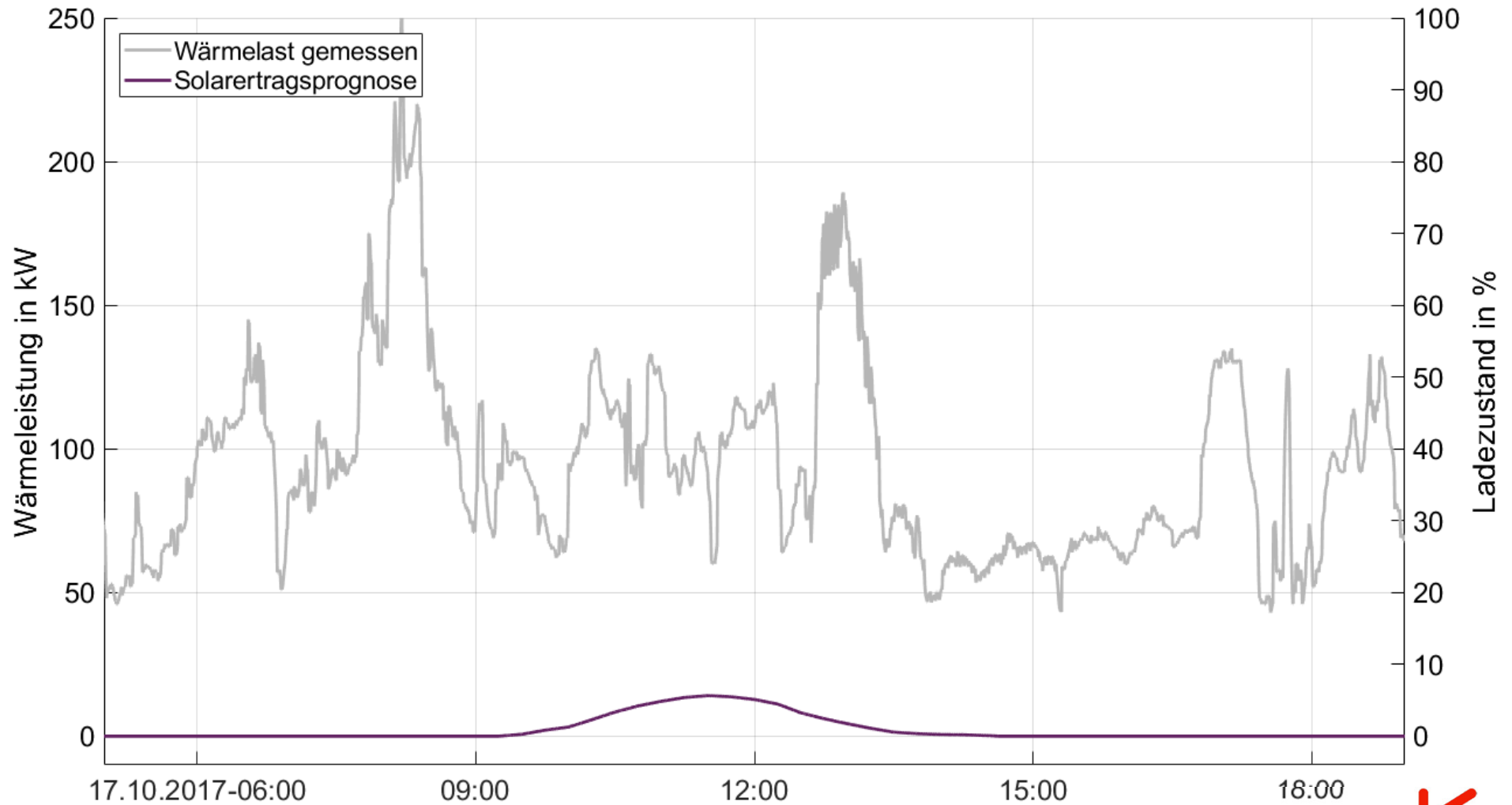
Konkretes Anwendungsbeispiel: Implementierung und Schnittstellen



*) nicht vollständig automatisiert

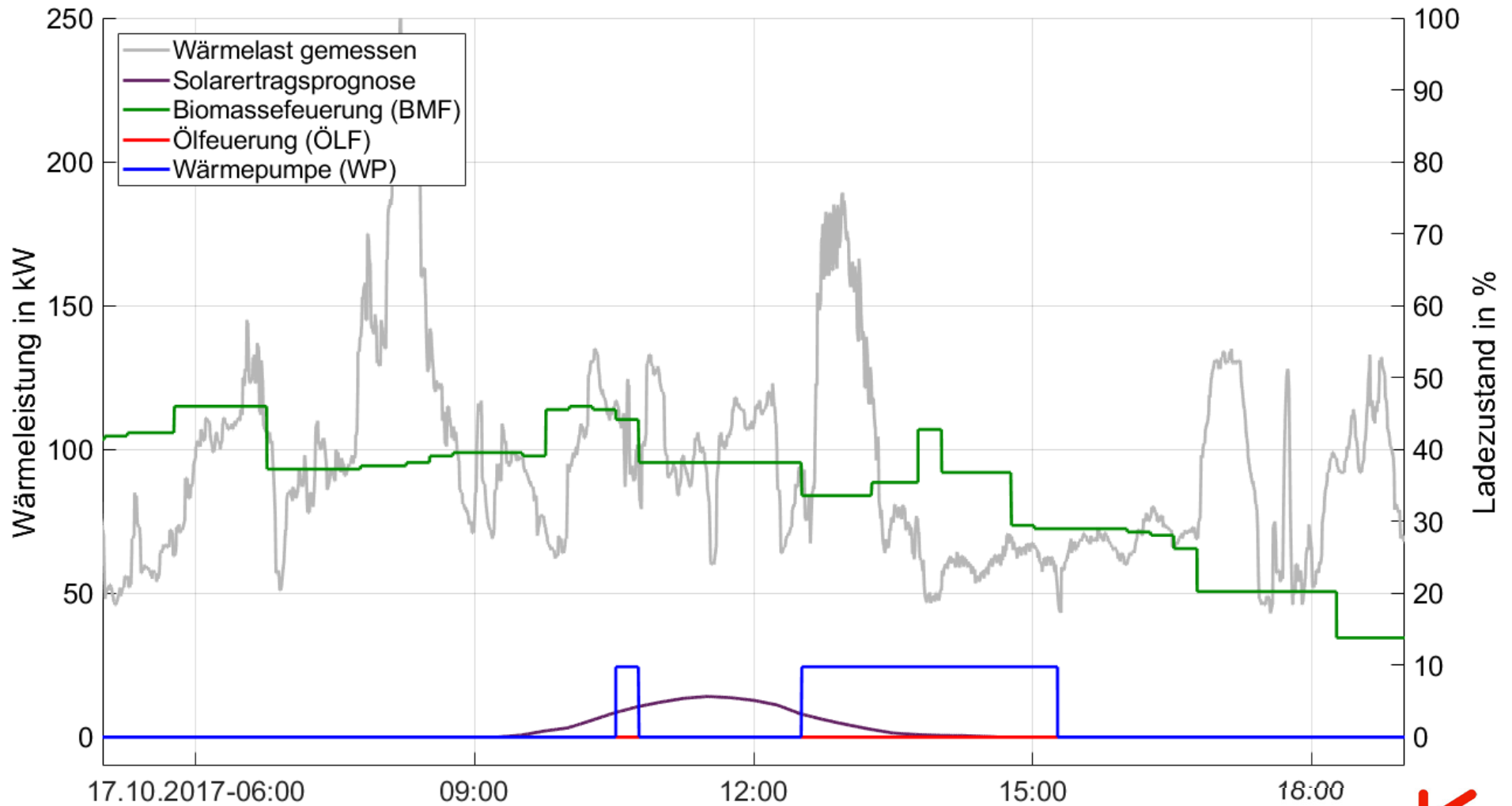


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme



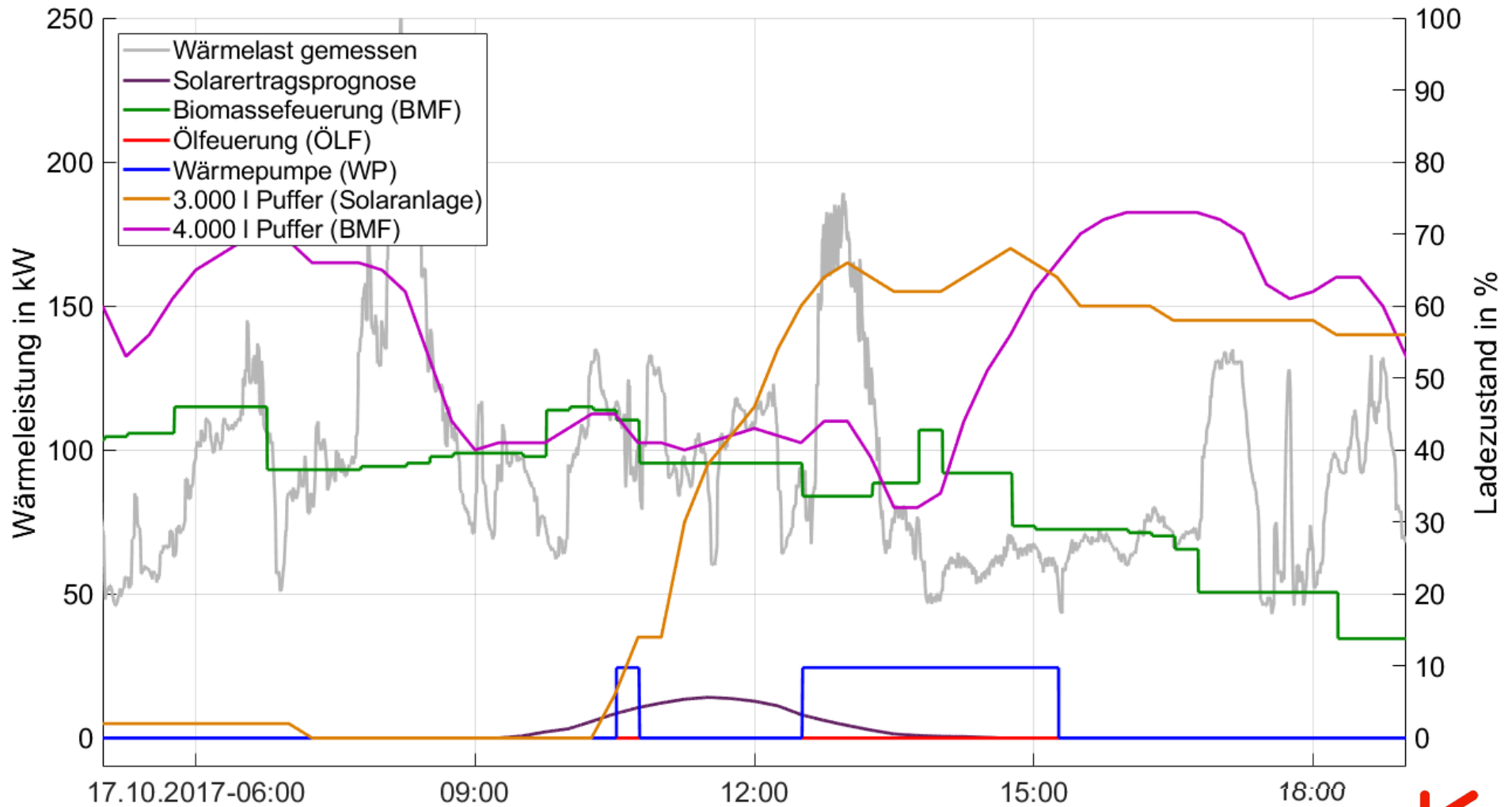


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme



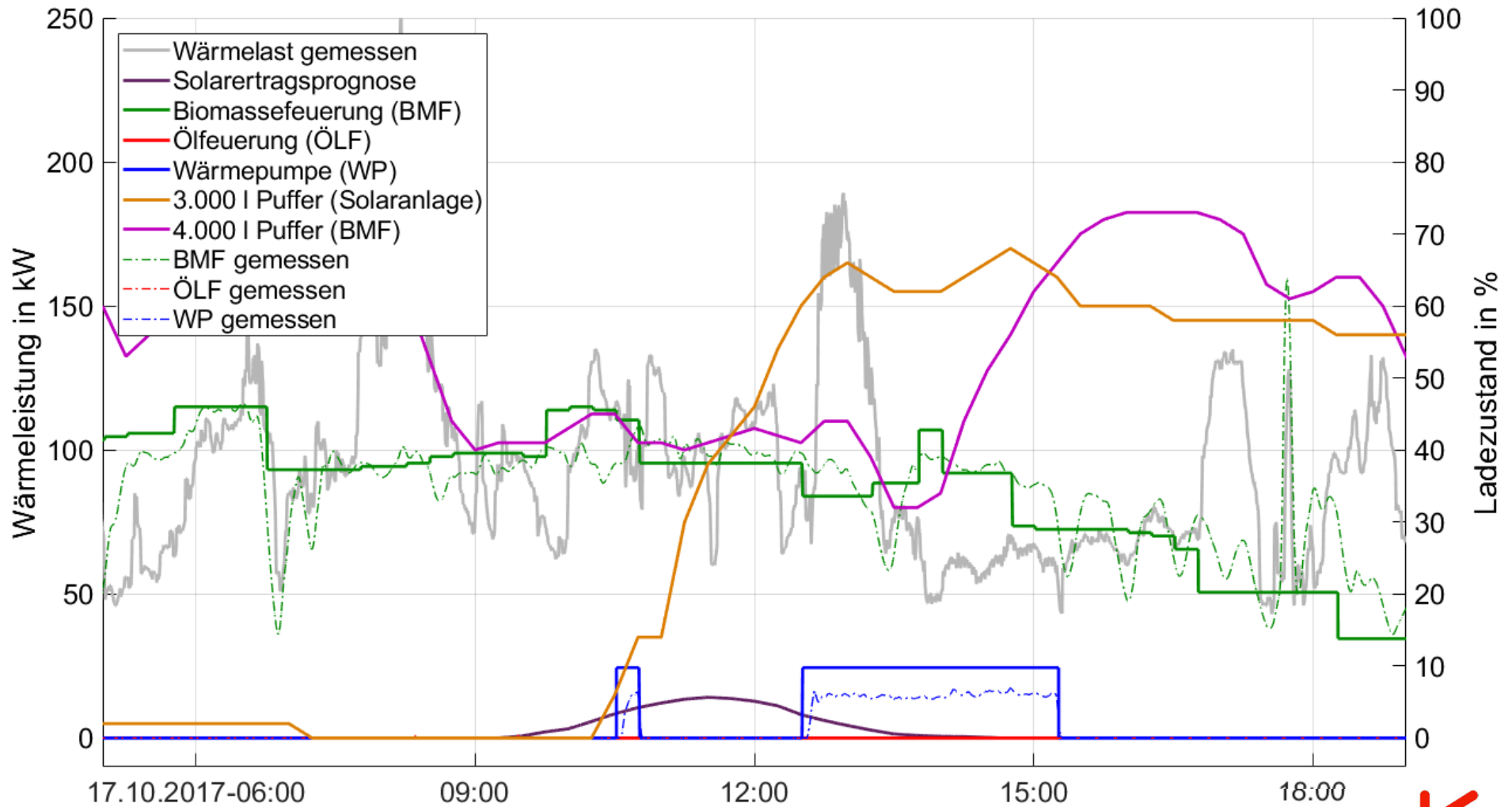


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme



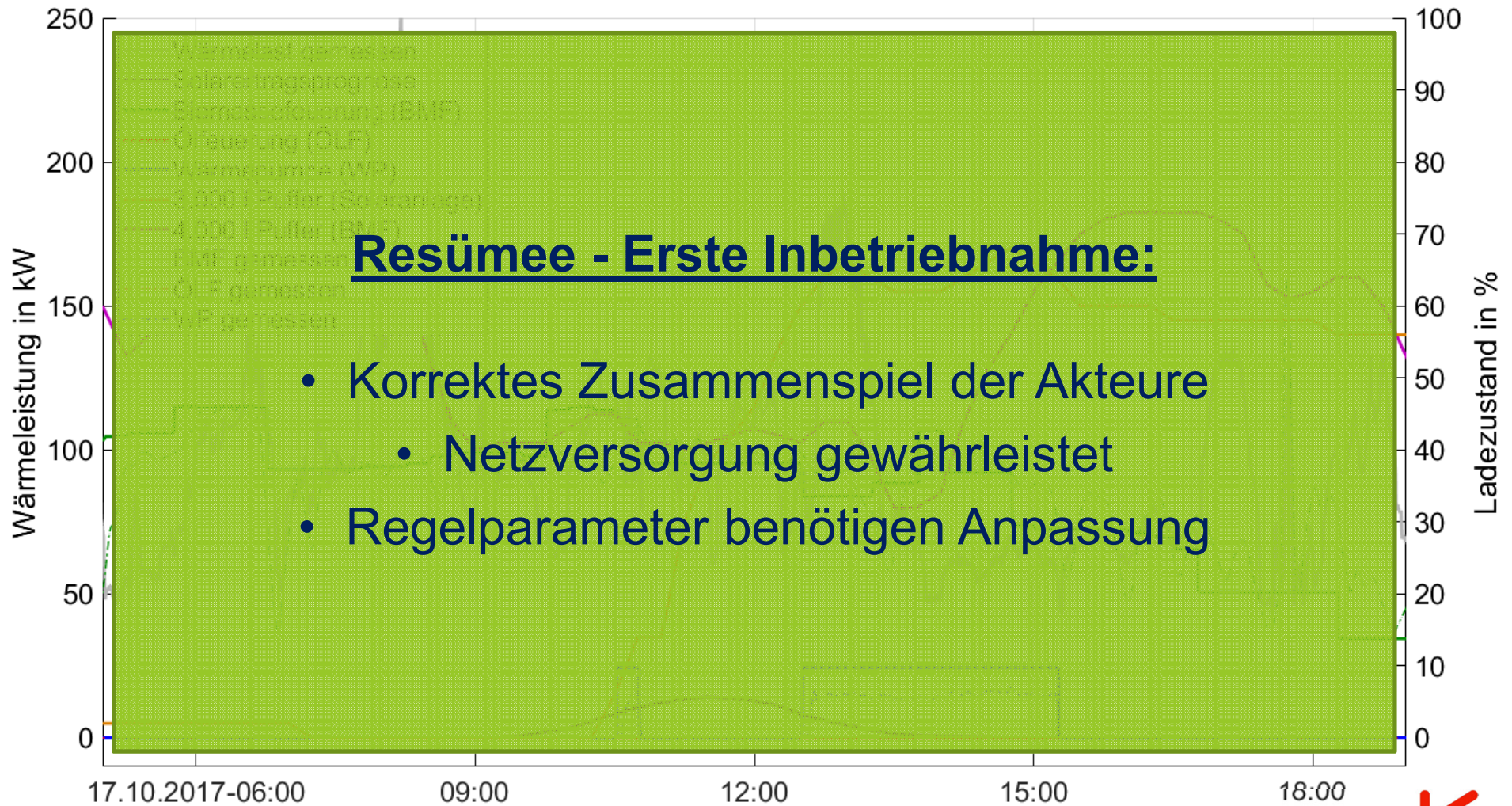


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme



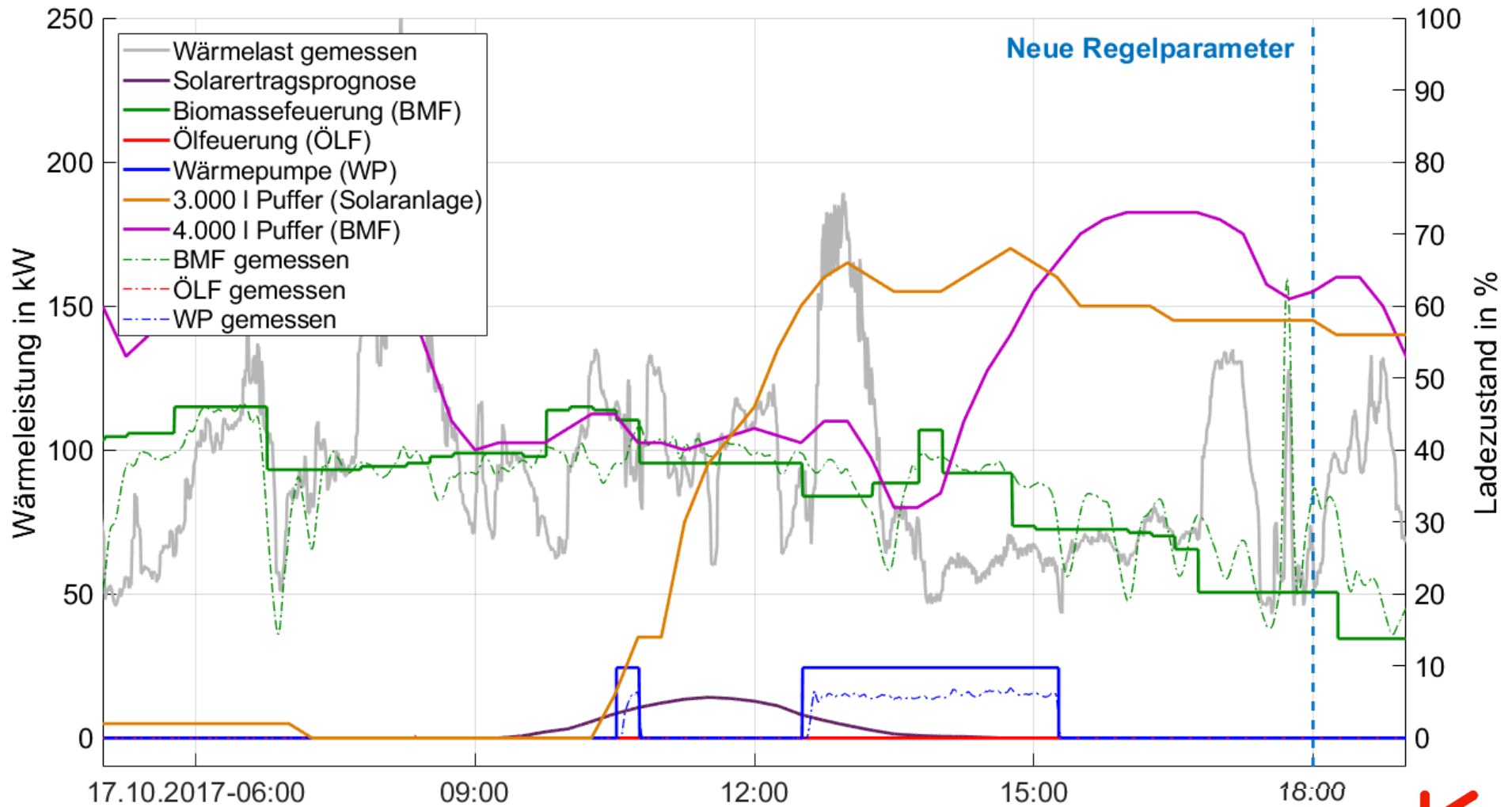


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme



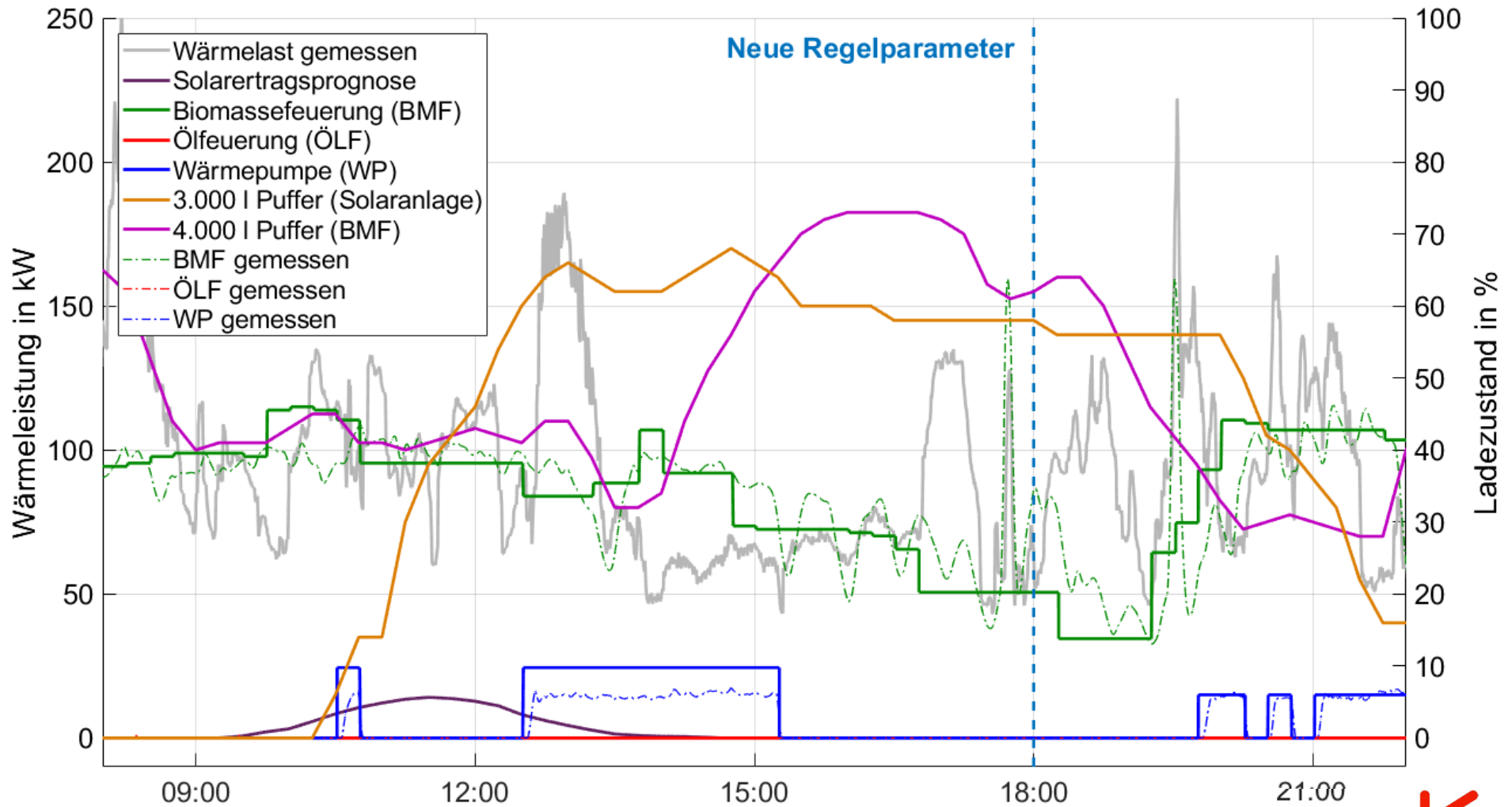


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



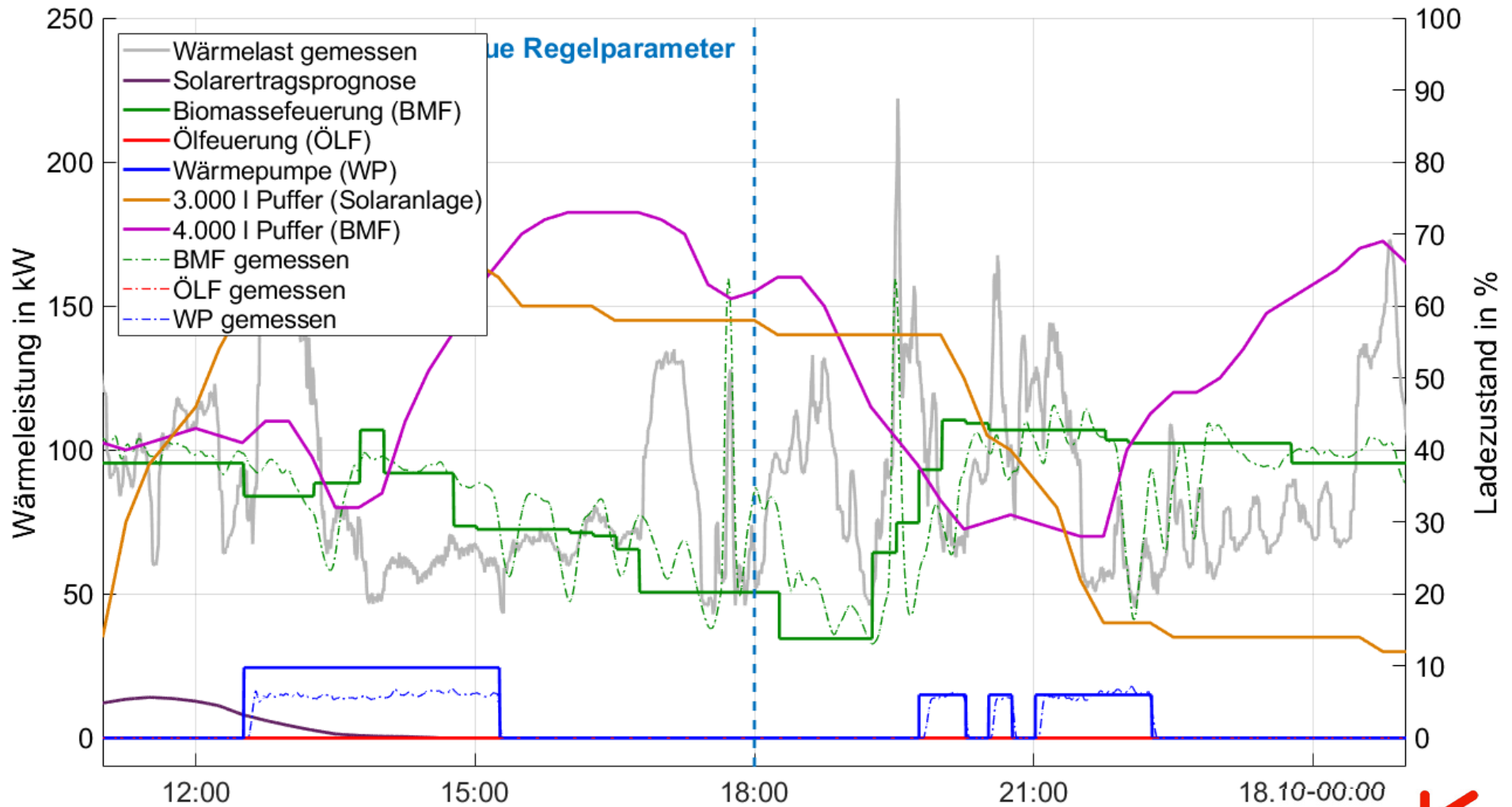


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



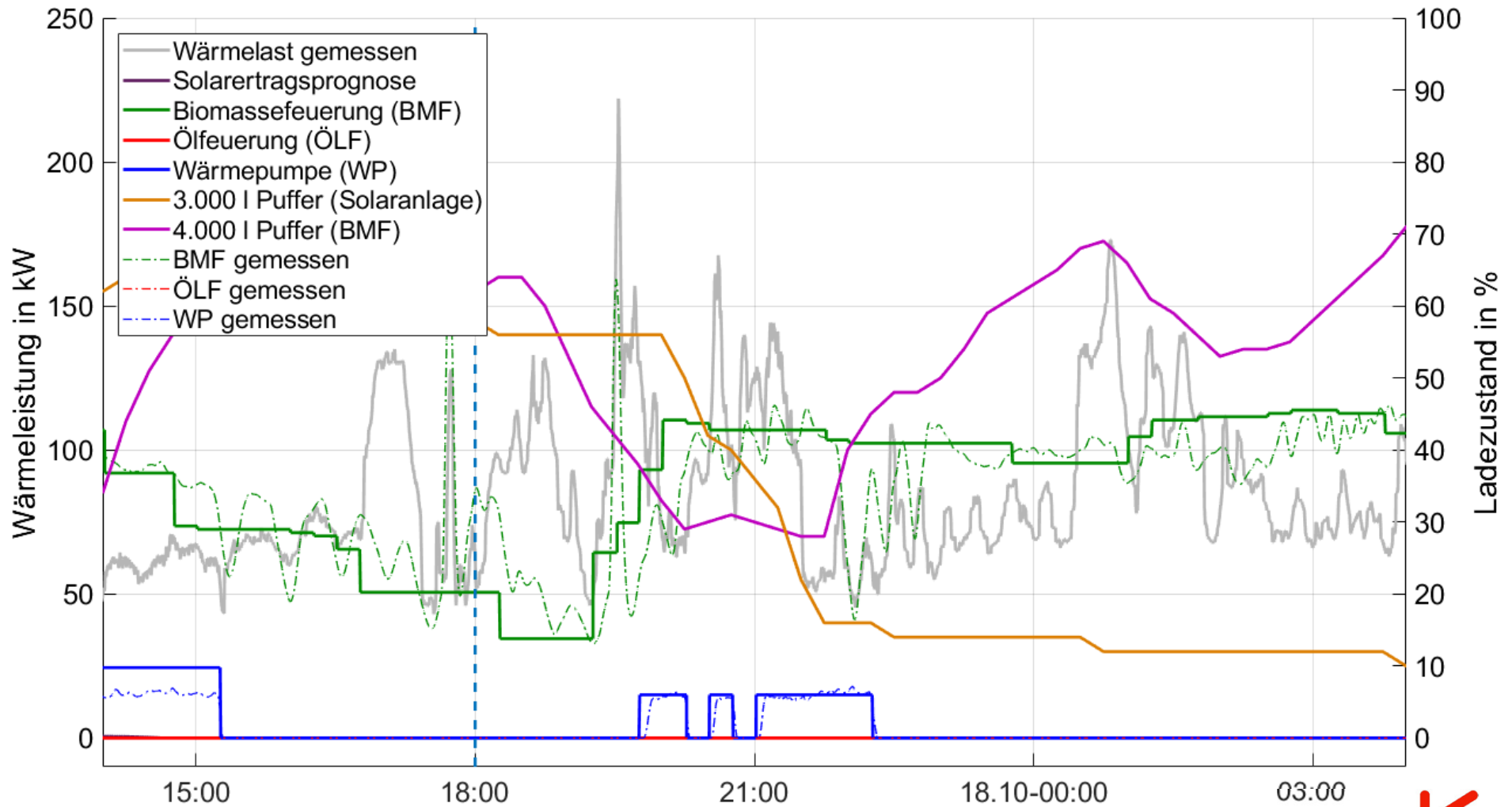


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



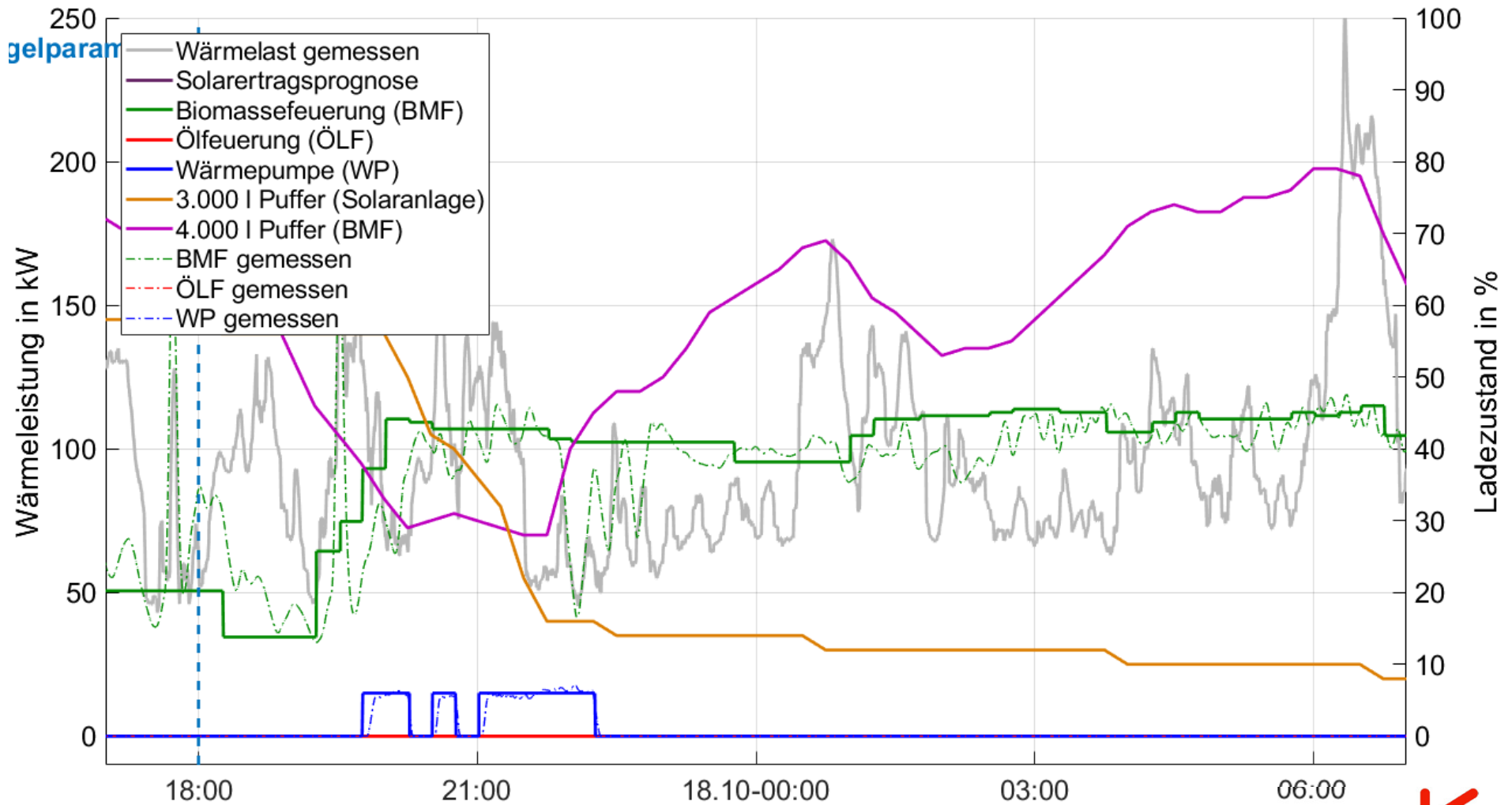


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter



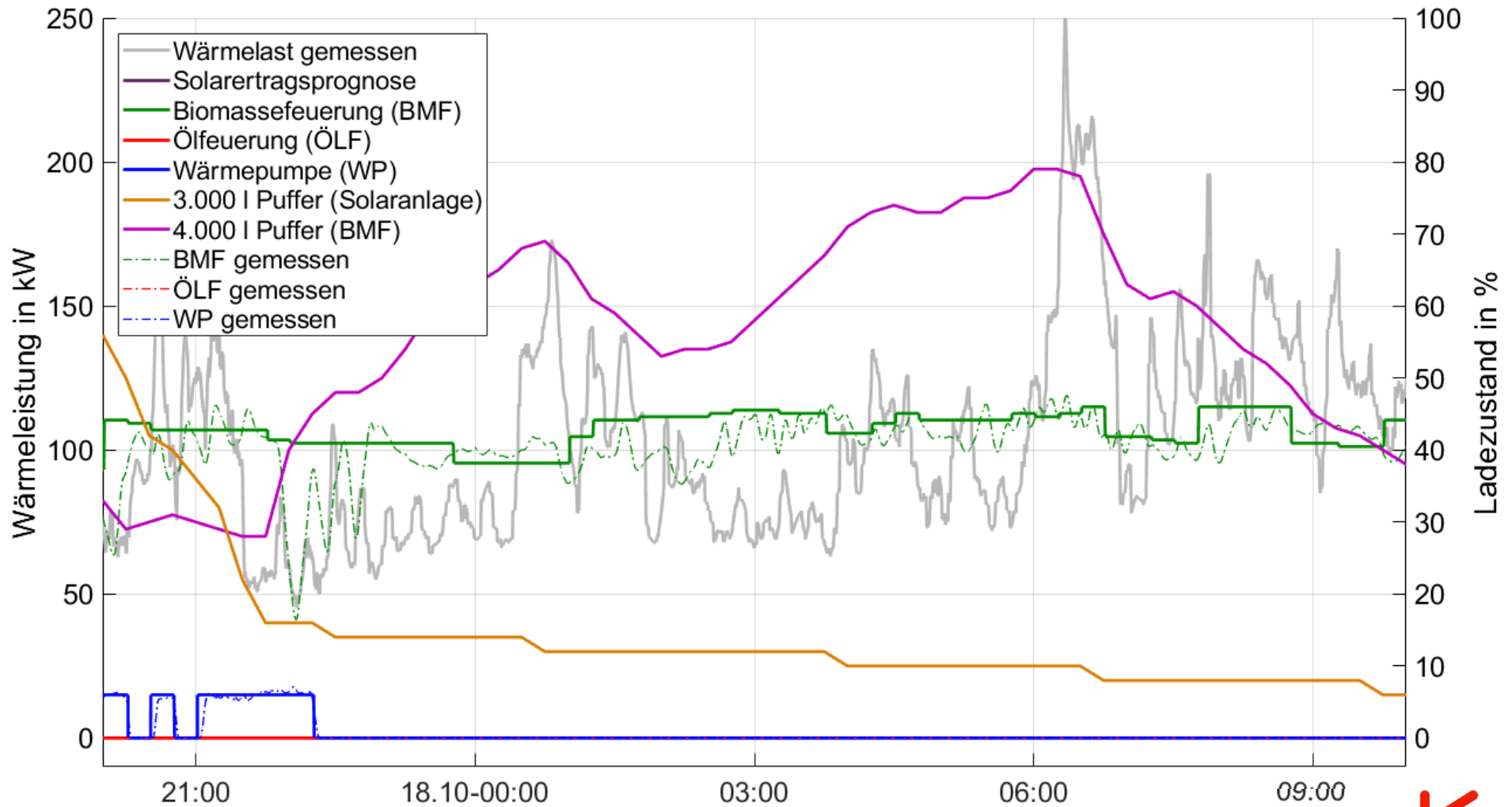


Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter





Konkretes Anwendungsbeispiel: Erste Inbetriebnahme – Neue Regelparameter





Aktuelle und zukünftige Arbeiten

- Weiterentwicklung mathematischer Modelle
 - Produzenten mit variablem Wirkungsgrad
 - Pufferspeicher mit verschiedenen Einspeisetemperaturen
- Automatische Anpassung der Regelparameter
- Implementierung an einer weiteren Pilotanlage (Strom & Wärme)
 - Nahwärmenetz hätte mit „Expertenregeln“ noch sinnvoll geregelt werden können
 - Anwendung der Methode auf ein wesentlich komplexeres System:
 - PV-Anlage inkl. Batteriespeicher, Blockheizkraftwerk, Gaskessel, Abwasserwärmepumpe, Pufferspeicher inkl. E-Patrone



Zusammenfassung

- Entwickeltes Energiemanagementsystem erfüllt Anforderungen
 - Optimale Betriebsstrategie, flexible Zielvorgabe, sinnvoller Einsatz der Speicher, Nutzung des Wissens über die Zukunft, allgemeine Anwendbarkeit
- Entwickeltes Energiemanagementsystem ist modular, ermöglicht einfache Sektorkopplung und ist skalierbar
- Funktionstüchtigkeit und **Praxistauglichkeit** mittels konkretem Anwendungsbeispiel gezeigt



bioenergy2020+



e-nova[®]
Internationaler
KONGRESS 2017

Modellprädiktive Regelung eines solar- und biomassebasierten Fernwärmenetzes

Andreas Moser^{1,2}

Daniel Muschick¹

Klaus Lichtenegger¹

Markus Göllles¹

Anton Hofer²

¹ BIOENERGY2020+ GmbH

Area 4.2. Automatisierungs- und Regelungstechnik

Inffeldgasse 21b

A-8010 Graz

² Technische Universität Graz

Institut für Regelungs- und Automatisierungstechnik

Inffeldgasse 21b

A-8010 Graz

Pinkafeld, 23. November 2017