
Energiesysteme neu denken

Intelligentes Energiemanagementsystem

Christopher Lange
Erlangen, 08.07.2019



Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Motivation

- Typische Infrastrukturen in der Industrie bestehen aus verschiedenen Energiesektoren

- Strom (AC und DC)
- Wärme und Kälte
- Gas (z. B. Erdgas)
- Weitere (z. B. Druckluft, Vakuum, Medien)



- Die Sektoren sind über verschiedene Anlagen (z. B. Wärmepumpe, Kältemaschine) gekoppelt

- Je nach Strompreismodell sind hohe Kosteneinsparungen möglich durch

- Lastspitzenreduktion
- Erhöhung der Effizienz von Erzeugern

- Intelligentes Energiemanagementsystem → Berücksichtigung aller relevanten Wirkzusammenhänge zwischen den Sektoren bei Maßnahmen zur Lastspitzenreduktion und Effizienzerhöhung

Agenda

- Motivation
- Einführung in Lastspitzenreduktion und Effizienzerhöhung
- Übergeordnetes Steuerungssystem (ToSyCo)
- Betriebsstrategien für ein intelligentes EMS
- Fazit



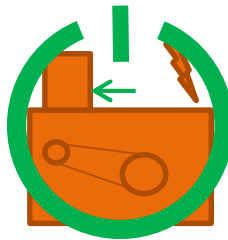
Einführung

Lastspitzenreduktion

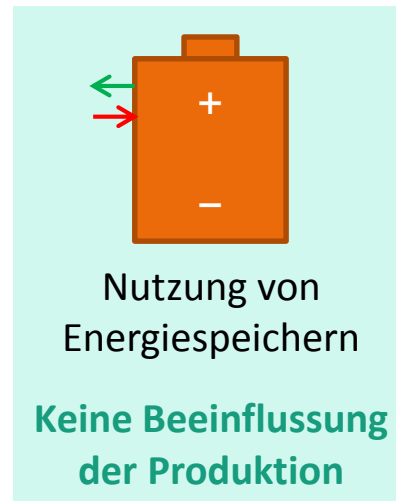
- Die elektrischen Energiekosten eines Unternehmens hängen häufig vom maximalen 15-Minuten Mittelwert der Bezugsleistung ab
- Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die relevanten Lastspitzen zu reduzieren:



Verbraucher
abschalten



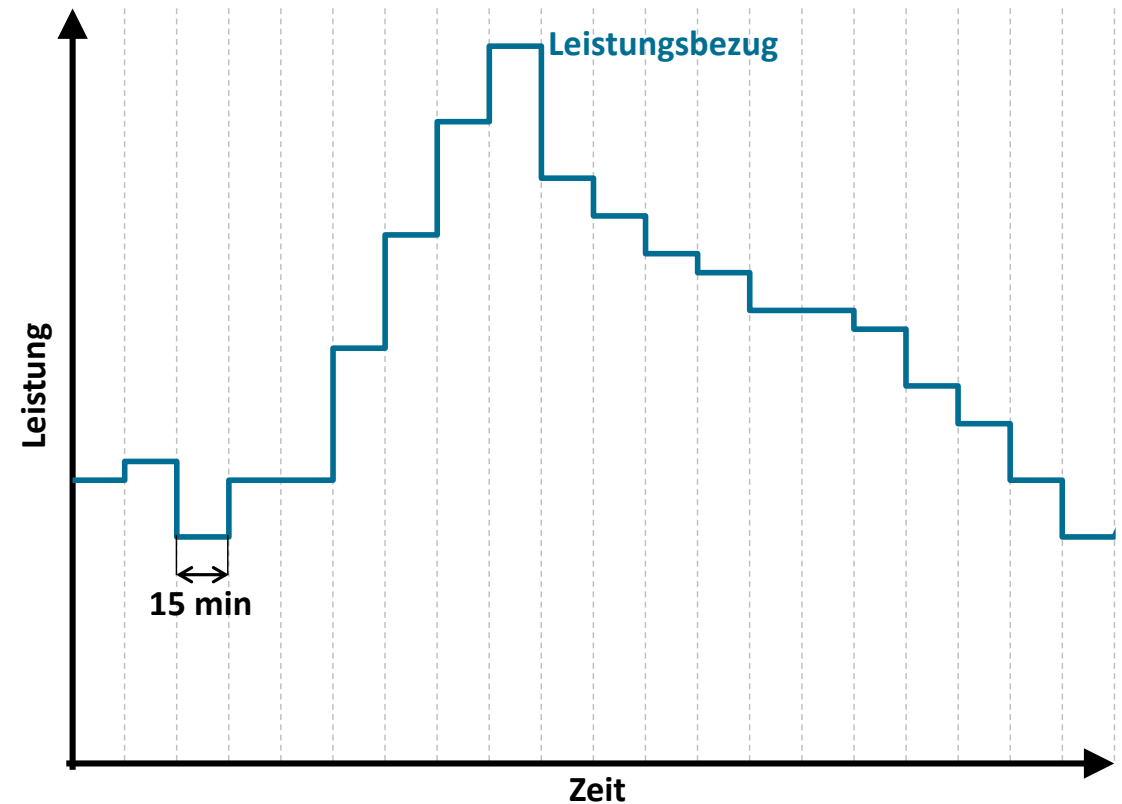
Erzeuger
zuschalten



Nutzung von
Energiespeichern

**Aber: Beeinflussung der
Produktion und Infrastruktur**

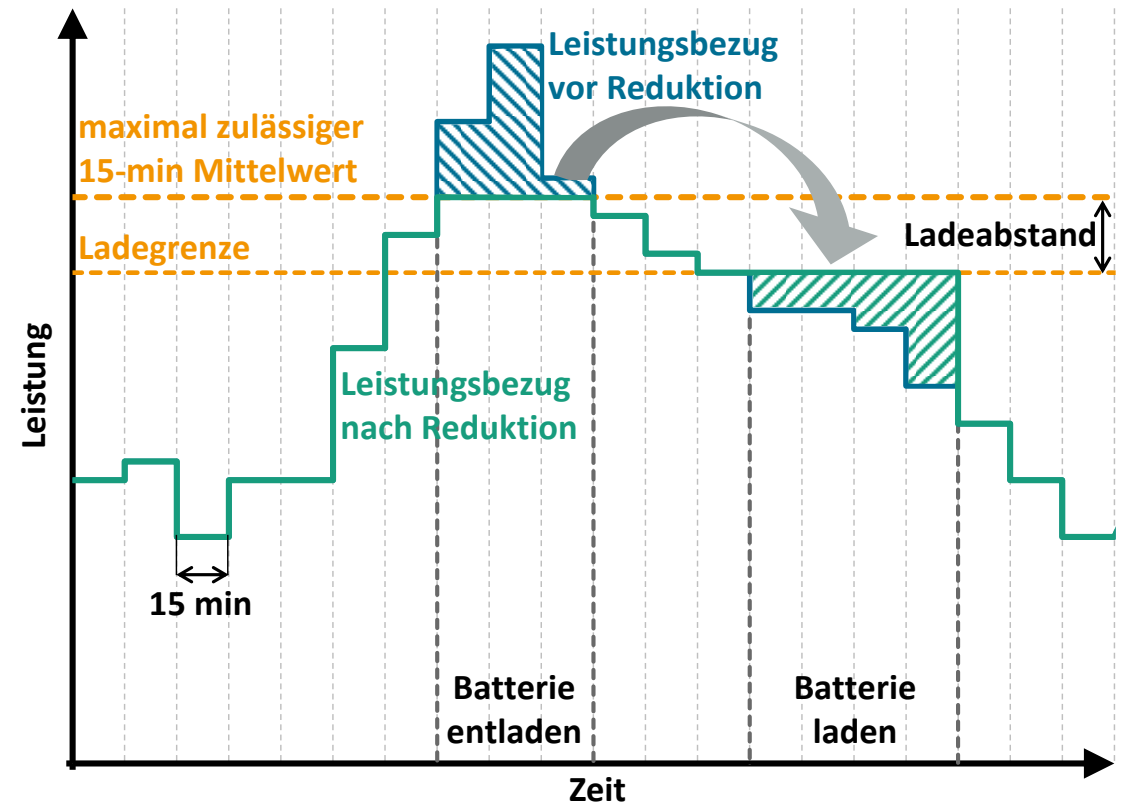
**Keine Beeinflussung
der Produktion**



Einführung

Lastspitzenreduktion

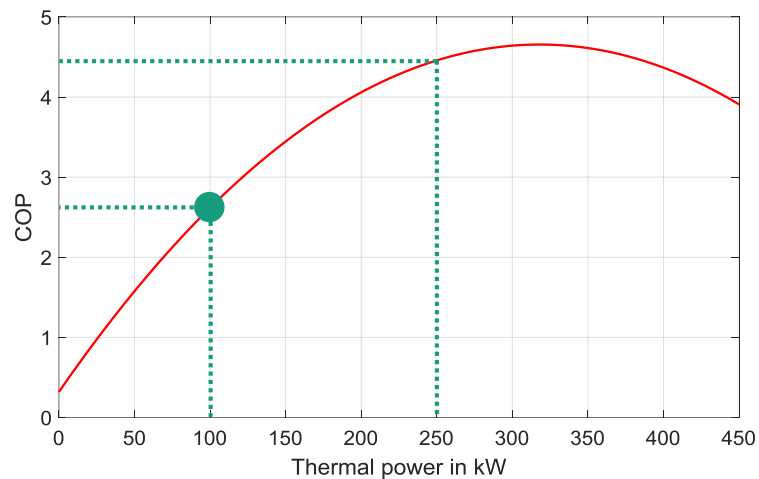
- Algorithmus für Lastspitzenreduktion
 - Maximal zulässiger Leistungsbezug darf in keinem 15-Minuten Intervall überschritten werden
 - Ladegrenze soll bei der Beladung der Batterie eingehalten werden
 - Batterie wird optimal ausgenutzt (keine unnötig hohe Kapazität)
 - Bestimmung der optimalen Parameter durch Simulation
 - Berücksichtigung spezieller Preismodelle



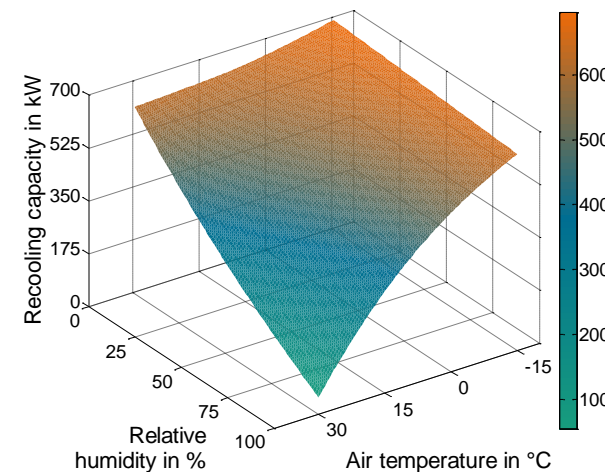
Einführung

Effizienzerhöhung

- Verschiebung der Betriebspunkte von Erzeugern in Bereiche mit höherer Effizienz
-> Speicher werden benötigt
- Beispiel: Kälteerzeugung
 - Effizienz der Kältemaschine (COP*) abhängig von Kälteleistung
 - Effizienz des Rückkühlwerks abhängig von Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit



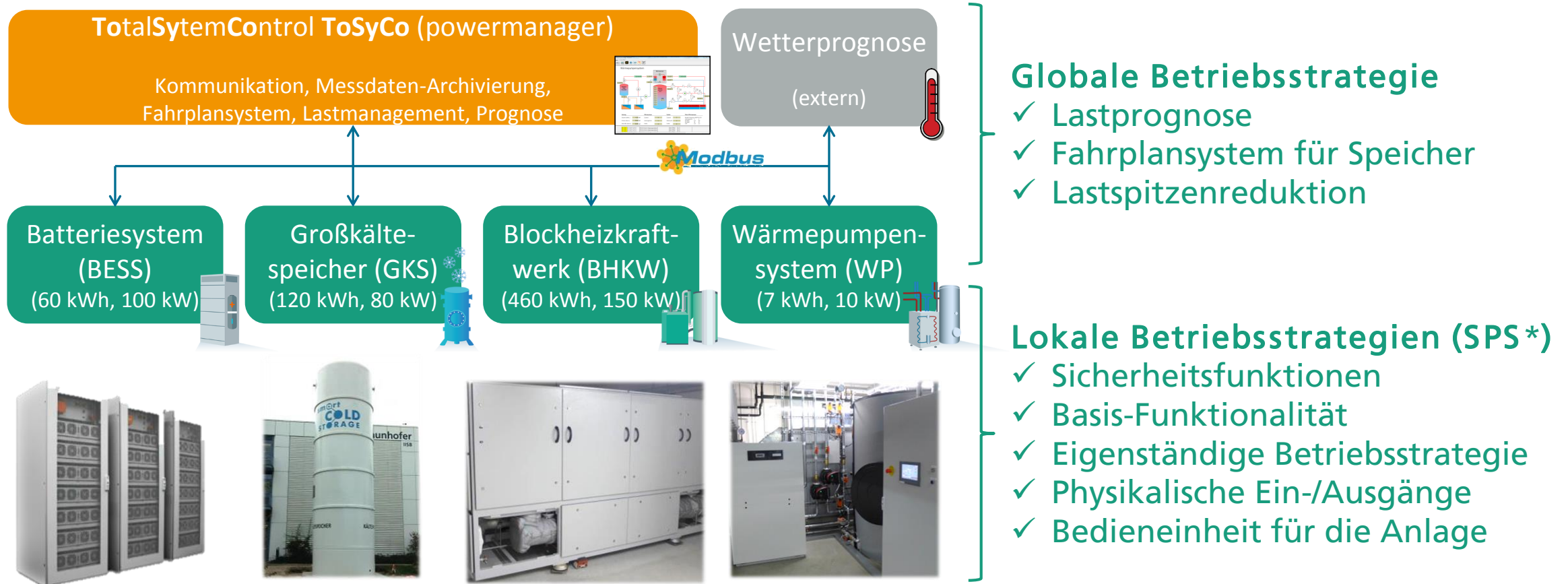
COP* einer Kältemaschine



Maximale Leistung eines Rückkühlwerks

ToSyCo

Total System Control



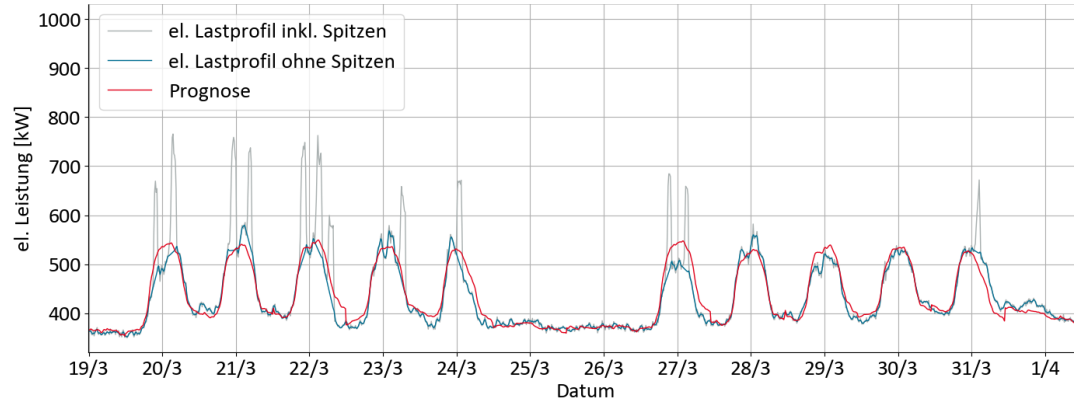
ToSyCo

Prognose



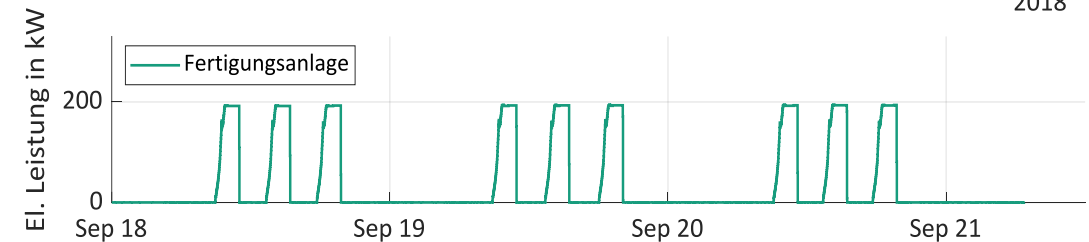
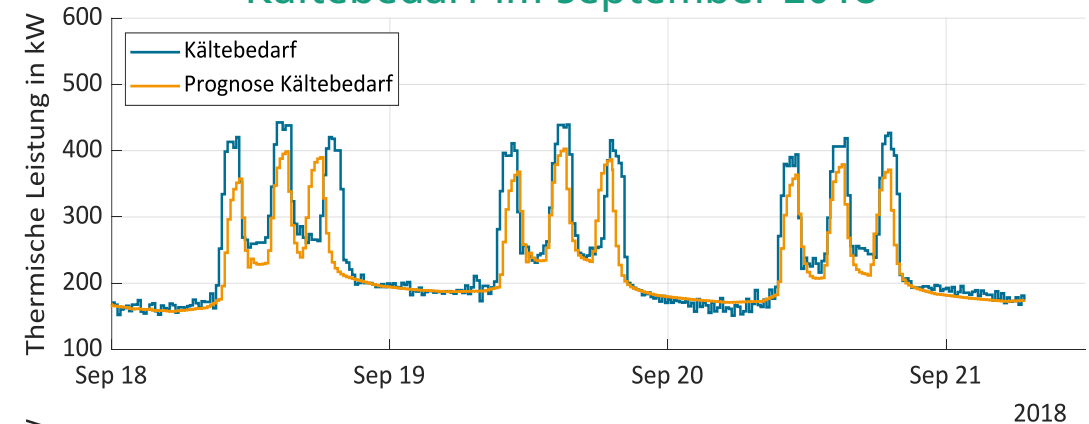
- Prognose des elektrischen und thermischen Bedarfs
→ Grundlage für vorausschauende Betriebsstrategie

Elektrischer Bedarf im März 2018



- Erzielte Genauigkeit: MAPE ist ca. 10 %
- Grundlage: Methoden der Zeitreihenanalyse

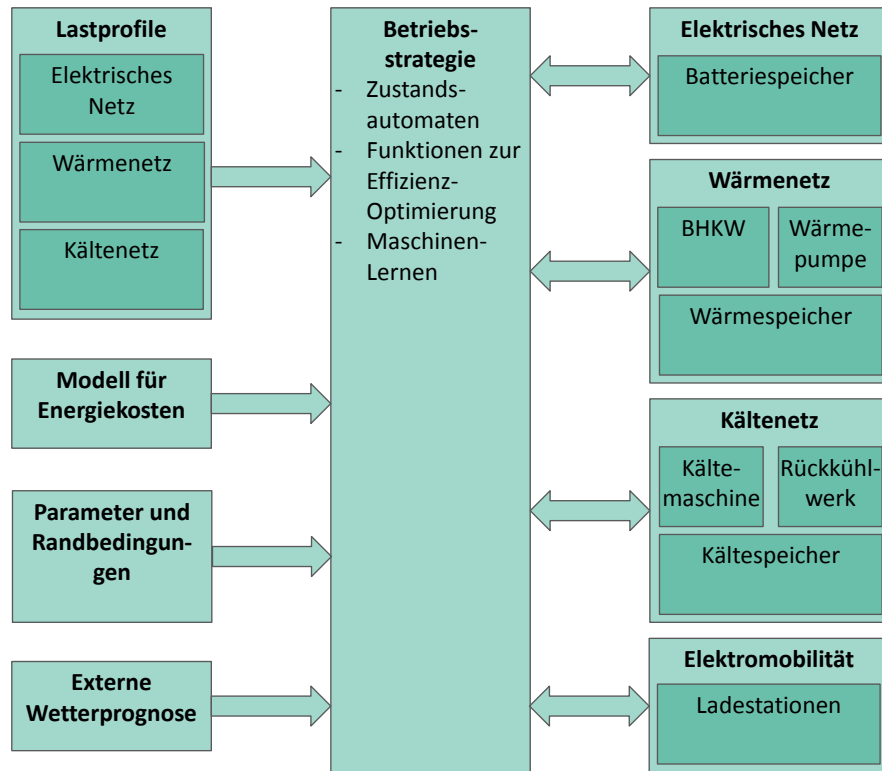
Kältebedarf im September 2018



ToSyCo Simulation

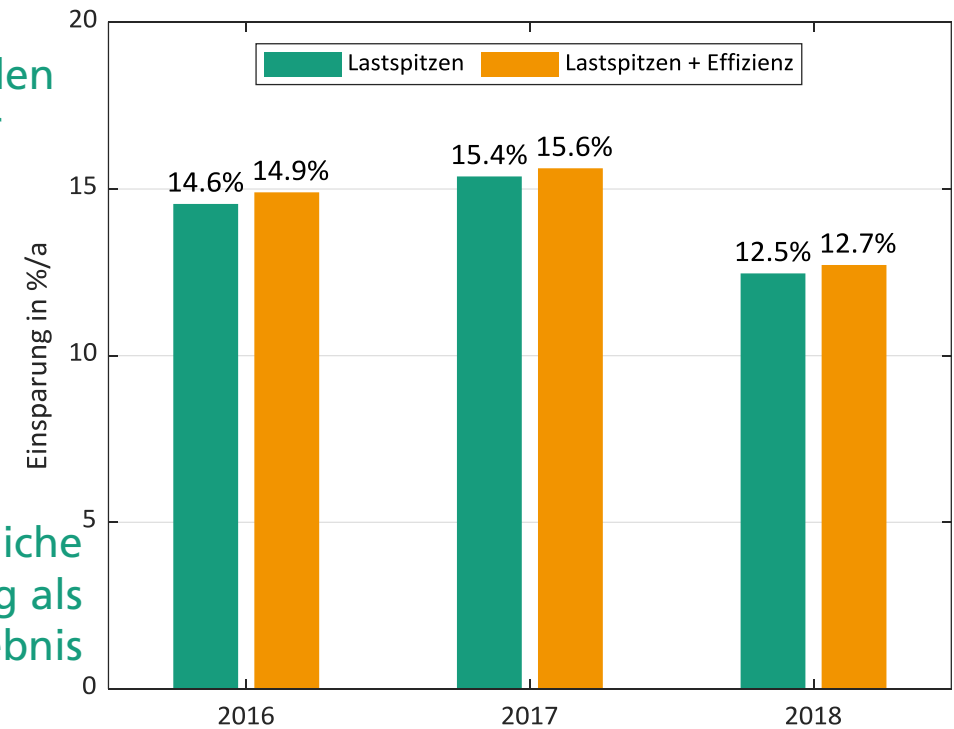


■ Umfassende Systemsimulationen für die Entwicklung der Betriebsstrategien



Blockschaltbild mit den Einzelelementen der Simulation

Wirtschaftliche Bewertung als Simulationsergebnis



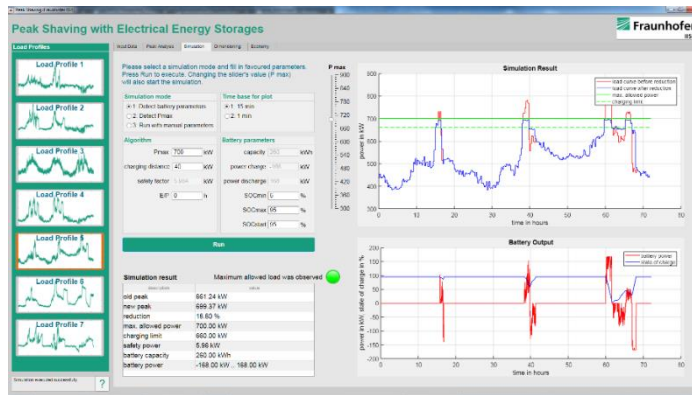
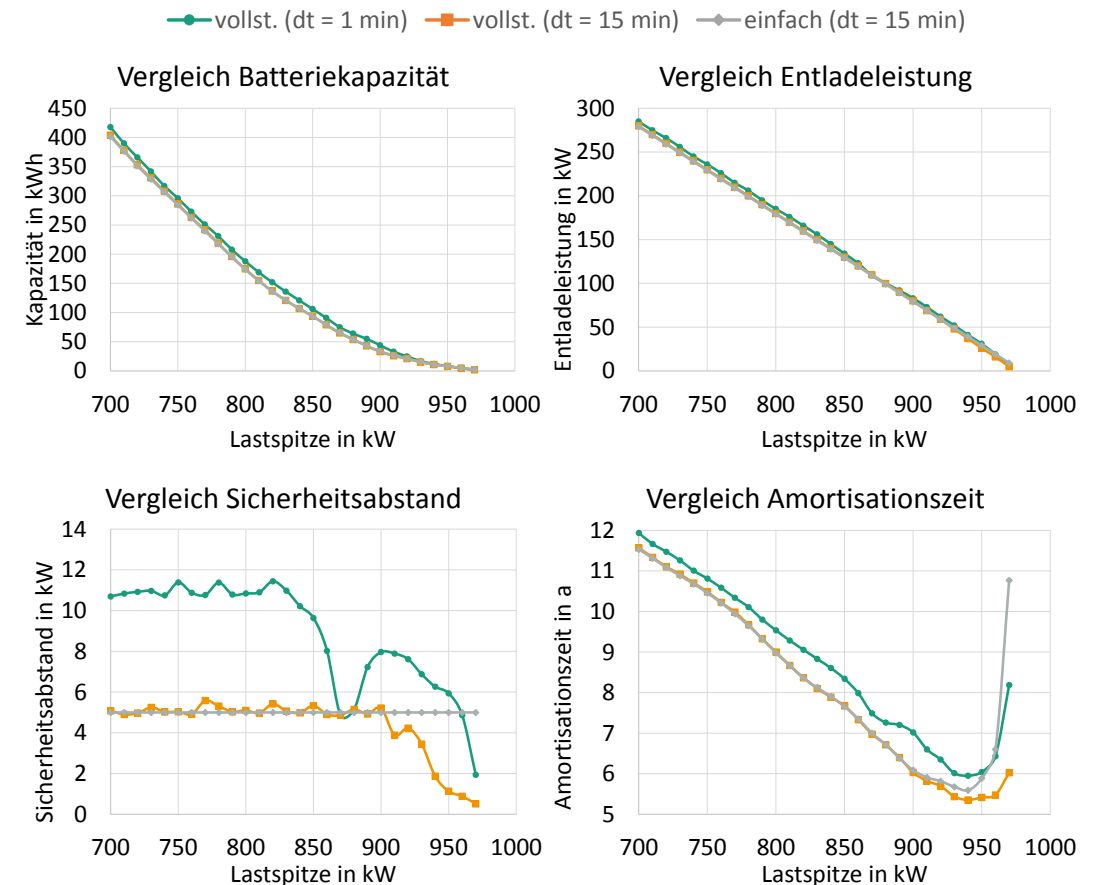
Betriebsstrategie

Lastspitzenreduktion mit Batterie



Auslegung des Batteriesystems mittels Simulation und mathematischer Optimierung

- Gegenüberstellung diverser Auslegungsverfahren
- Realitätsnahe Auslegung unter Verwendung der vollständigen Ansteuerungs-/Regelungsfunktionen



Grafische
Benutzer-
oberfläche (GUI)
für die Auslegung
von Batterien

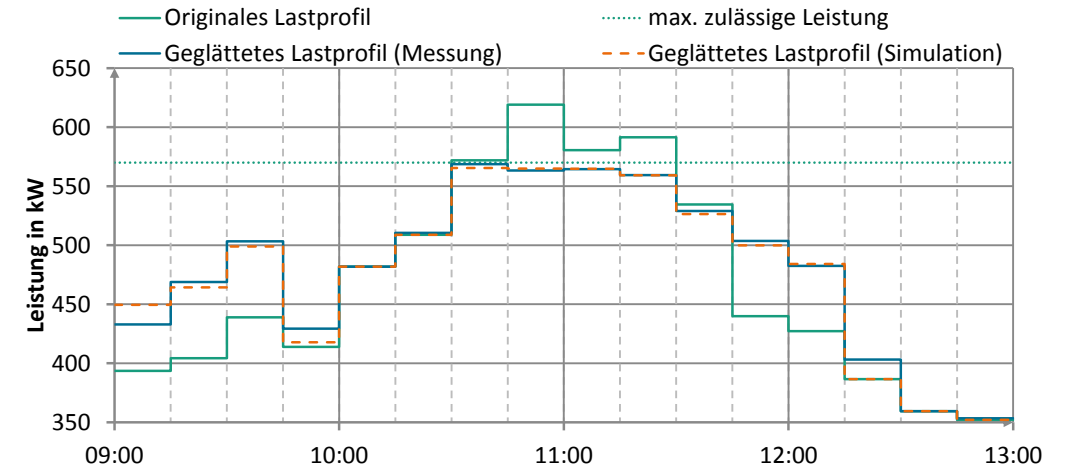
Betriebsstrategie

Lastspitzenreduktion mit Batterie

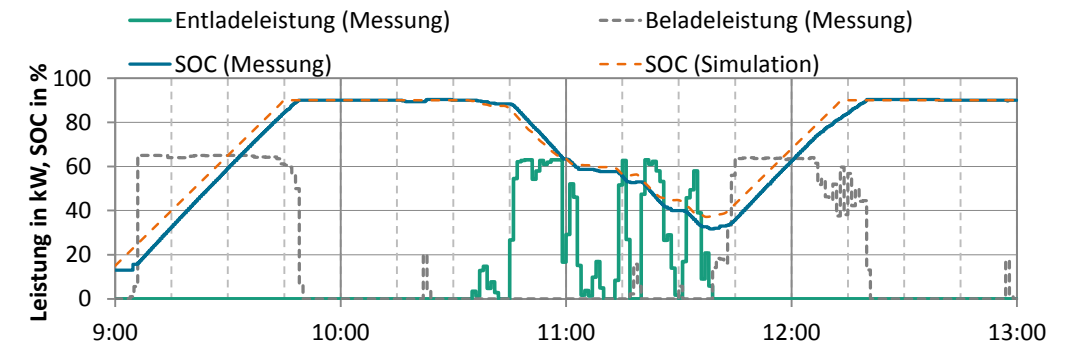


- Validierung der Algorithmen mit einem Batteriesystem des Fraunhofer IISB
 - Kapazität: 60 kWh
 - Leistung: 100 kW
 - Reduktion der Lastspitze um 9 %
 - Vergleich mit Simulation zeigt hohe Übereinstimmung

Vergleich zwischen Simulation und Messung



Batterieleistung und -ladezustand (SOC)

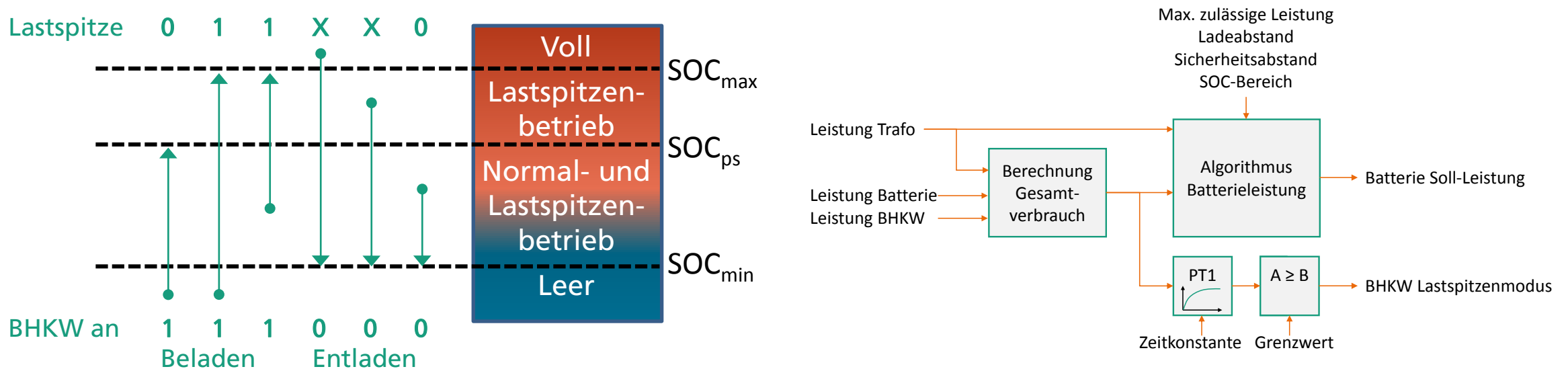


Betriebsstrategie

Lastmanagement mit BHKW + Batterie



- Erweiterung eines wärme-/stromgeführten BHKWs um Lastspitzenfunktionalität
 - Einteilung des Wärmespeichers in vier Zonen, reservierten Speicherbereich für Lastspitzen
 - Betriebsstrategie (Zustandsautomat) für die Nachrüstung bestehender BHKW-Systeme
 - Batteriesystem für die Erhöhung der Dynamik (z. B. Anfahrvorgang des BHKWs)

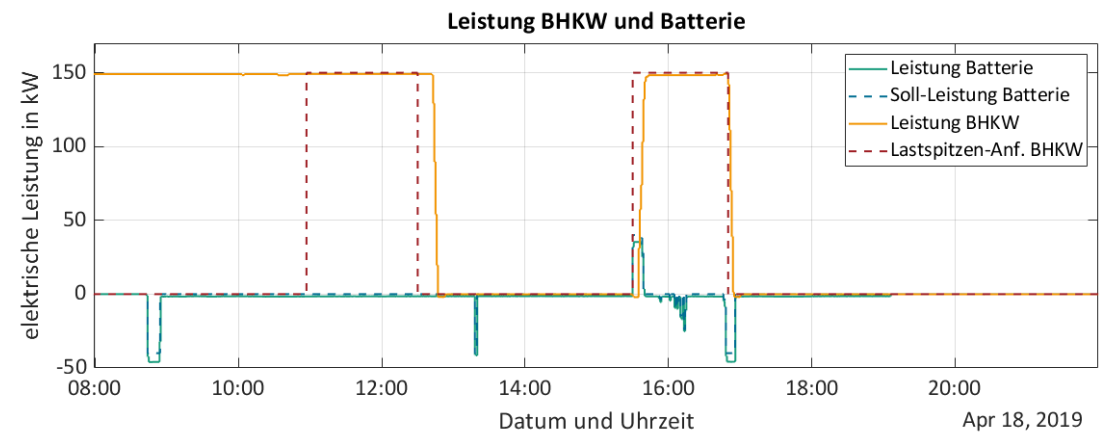
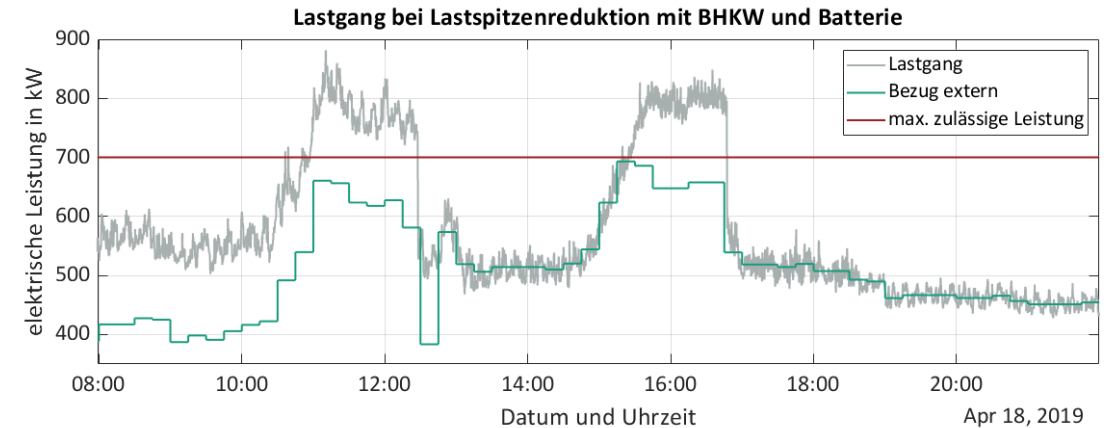


Betriebsstrategie

Lastmanagement mit BHKW + Batterie



- Messergebnis für die Lastspitzenreduktion mit BHKW und Batterie am Fraunhofer IISB
 - Lastspitzen konnten um ca. 150 kW (entspricht 18 %) reduziert werden
 - Batterie sorgt für die nötige Dynamik (v. a. zu Beginn der zweiten Lastspitze)

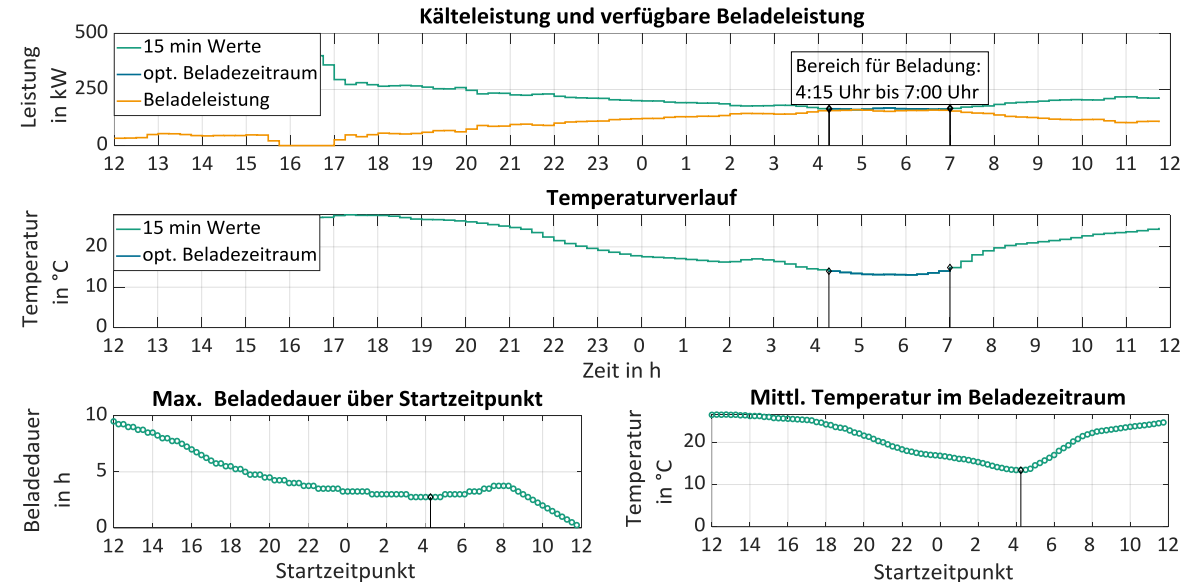


Betriebsstrategie

Effizienzerhöhung im Kältenetz



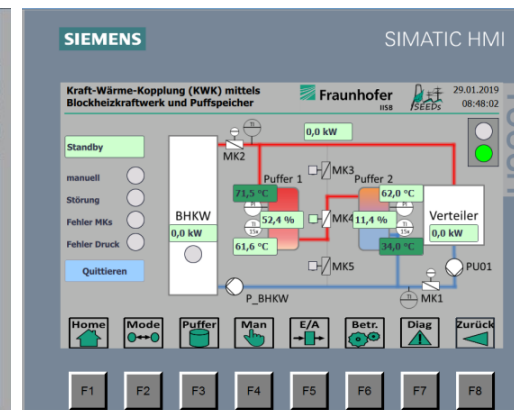
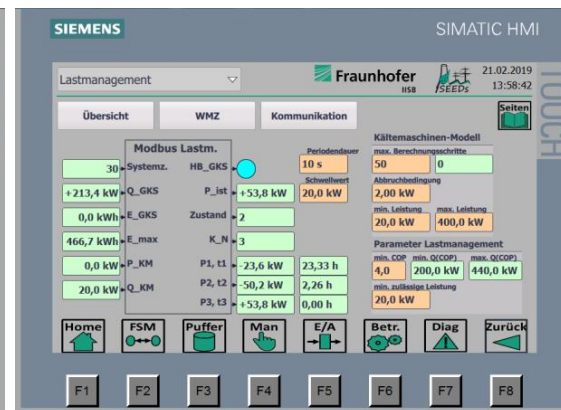
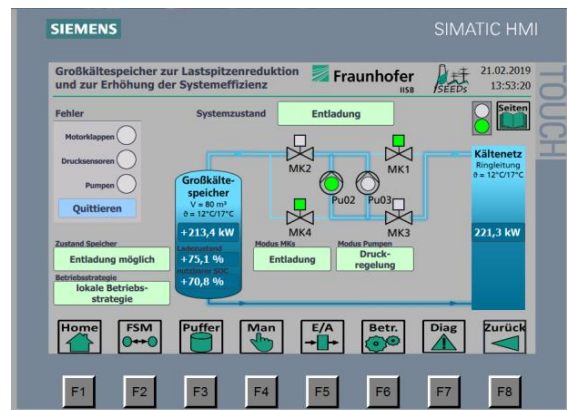
- Effizienzerhöhung durch Kältespeicher
 - Beladung bei niedrigen Außentemperaturen
 - Entladung bei hohen Außentemperaturen
 - Verschiebung des Arbeitspunktes der Kältemaschine in effizienten Bereich
- Zusätzlich: Lastspitzenreduktion
 - Entladung bei Lastspitze
 - Beladung nach Effizienzkriterien



Ermittlung des optimalen Beladezeitraums für den 80 m³ Kältespeicher des Fraunhofer IISB

Fazit

- Hohe Komplexität von Energiesystemen durch Kopplung zwischen den Energiesektoren
- Simulationen zeigen hohe Einsparpotentiale mit einem intelligenten Energiemanagementsystem
 - Schwerpunkt : Prognosebasierte Betriebsstrategien für Lastspitzenreduktion und Effizienzerhöhung
 - Voraussetzung: Elektrische und thermische Energiespeicher als Flexibilität
- Betriebsstrategien (global und lokal) vollständig implementiert, getestet und validiert



Screenshots der HMI-Panels (Anzeige- und Bedieneinheit) von Blockheizkraftwerk und Großkältespeicher

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Danksagung

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts SEEDs durch das [Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie](#) gefördert.

Der Autor dankt allen Kolleginnen und Kollegen, die an den vorgestellten Themen mitgearbeitet haben.

Kontakt

Christopher Lange M.Eng.

Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel.: +49 (0) 9131 761-107

christopher.lange@iisb.fraunhofer.de

www.iisb.fraunhofer.de