
Energiesysteme neu denken

Intelligente dezentrale Energiesysteme

am Beispiel Fraunhofer IISB

Richard Öchsner
Erlangen, 08.07.2019



Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Agenda

- Warum dezentrale und intelligente Energiesysteme?
- Forschungs- und Demonstrationsplattform für dezentrale, intelligente Energiesysteme im industriellen Maßstab
- Energie-Monitoring und Datenanalyse als Basis
- Übersicht der Teilsysteme und Technologien am IISB
- Herausforderung der Energieflusssteuerung und Betriebsoptimierung
- Beispiel Sektorenkopplung und Lastspitzenreduzierung
- Zusammenfassung

Energiesysteme

Warum dezentral und intelligent - Auswirkungen?

- **Dezentral**

- Erreichen einer gewissen Unabhängigkeit und Entlastung der Netze
- Erhöhung der Energieeffizienz und Flexibilität
- Dezentrale Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung und -verbrauch
- Dezentrale Integration von Erneuerbaren Energien und von verschiedenen Speichern
- Speicher stellen zusätzliche Freiheitsgrade bereit (z.B. Trennung von Erzeugung und Verbrauch)

- **Intelligent**

- Effiziente Kopplung von Teilsystemen und Sektoren
- Entwicklung von energieeffizienten und kostenoptimierten Betriebsstrategien, z.B. Lastspitzenreduzierung
- Flexible Anpassung der Energieinfrastruktur an Produktionsbedingungen
- Prognose-basiert und Weiterentwicklung zu selbstlernenden Systemen durch ML und KI

Forschungs- und Demonstrationsplattform

Schwerpunktthemen



- Intelligentes inselfähiges Subnetz (DC)
- Elektrische Speicher im Netz
- Mittelspannungsprüffeld und Versorgungsnetzsimulator
- Gas-/Stromkopplung
- Thermische Systeme mit Speicher
- Energieeffizienz und -monitoring
- Intelligente Energieflusssteuerung

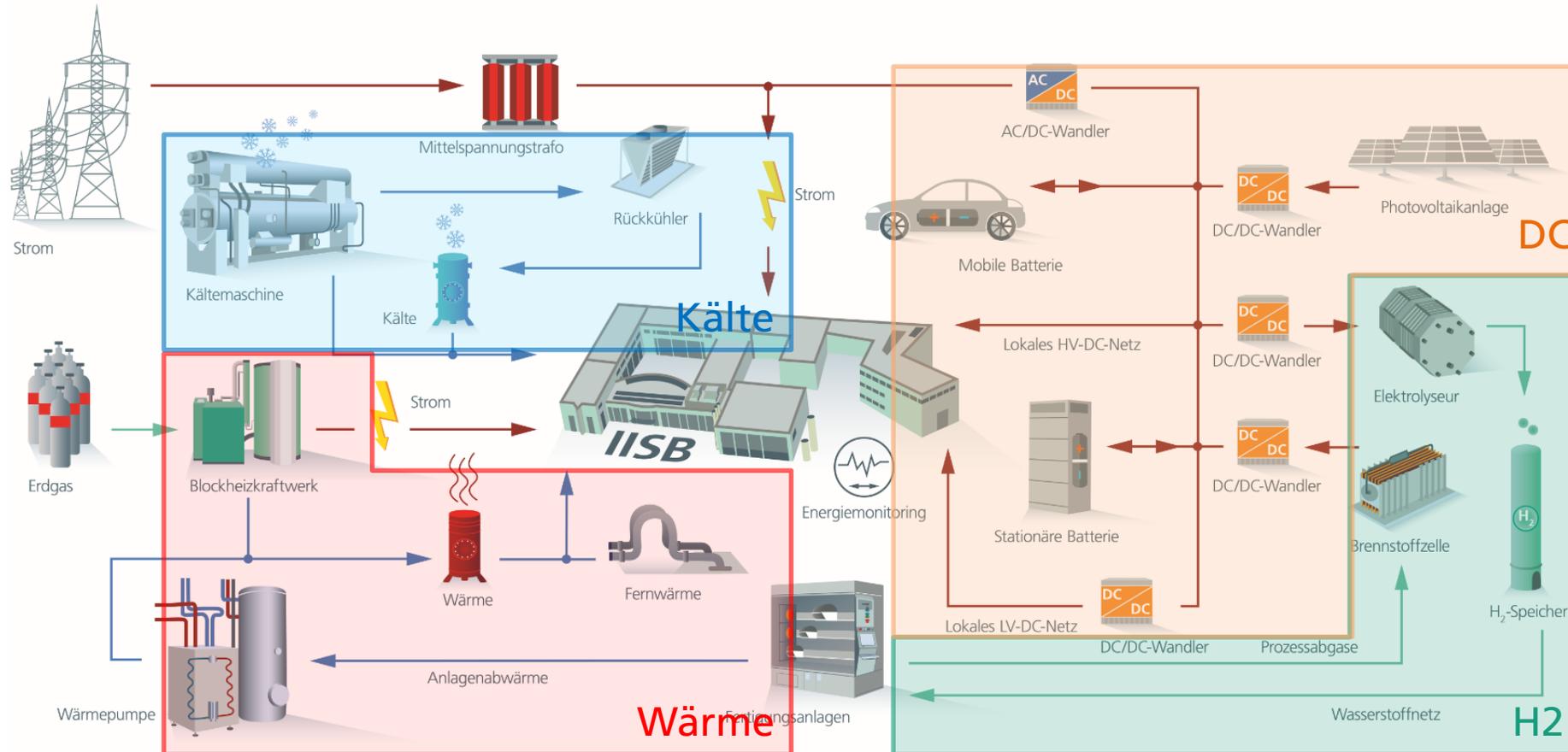
Forschungs- und Demonstrationsplattform

Forschungsaktivitäten und -ziele

- **Institutsgebäude und Infrastruktur des IISB als Forschungs- und Demonstrationsplattform sowie Reallabor**
- **Ziel höchste Effizienz und Wirtschaftlichkeit bei größtmöglicher Versorgungssicherheit und Stabilität**
- **Energieerzeugung, -speicherung und -versorgung für dezentrale Energiesysteme in der Größenordnung von kleinen und mittleren Industrieanlagen**
- **Erforschung und Entwicklung von innovativen Technologien und Energiesystemen**
- **Zusammenführung der Einzeltechnologien und -systemen zu einem komplexen optimierten Gesamtenergiesystem im Industriemaßstab**
- **Betriebsstrategieoptimierung auf Basis von Simulationsmodellen und Prognosen hinsichtlich Kosten und Effizienz**
- **Intelligentes (selbstlernendes) Energieflusssteuerungssystem**

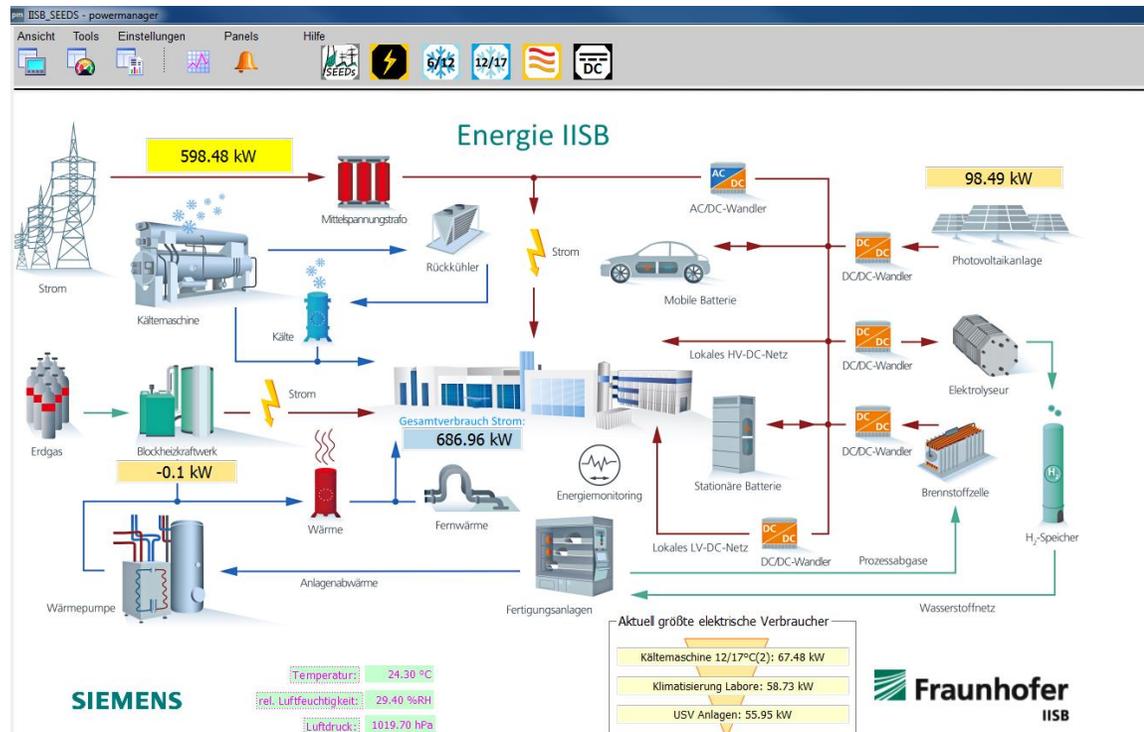
Forschungs- und Demonstrationsplattform

Struktur des Energiesystems am IISB

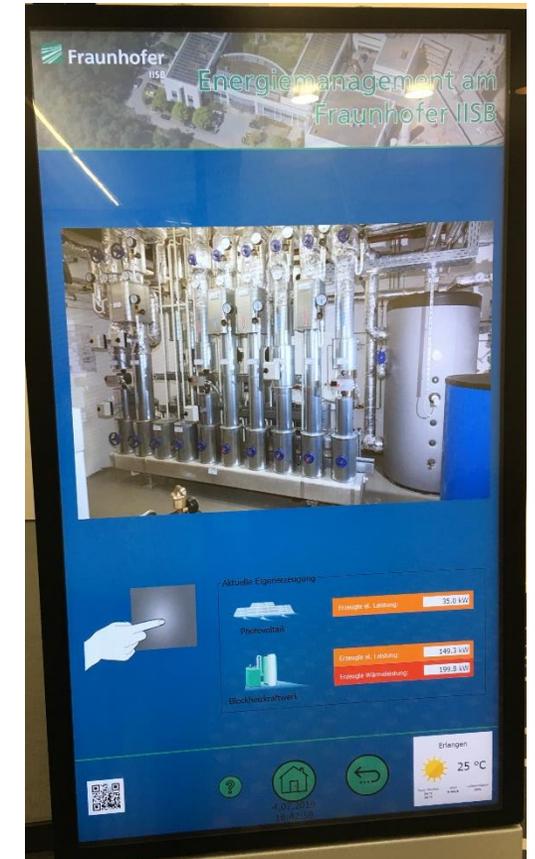


Energiemonitoring und Datenanalyse als Basis Energiemonitoringsystem

Livesystem

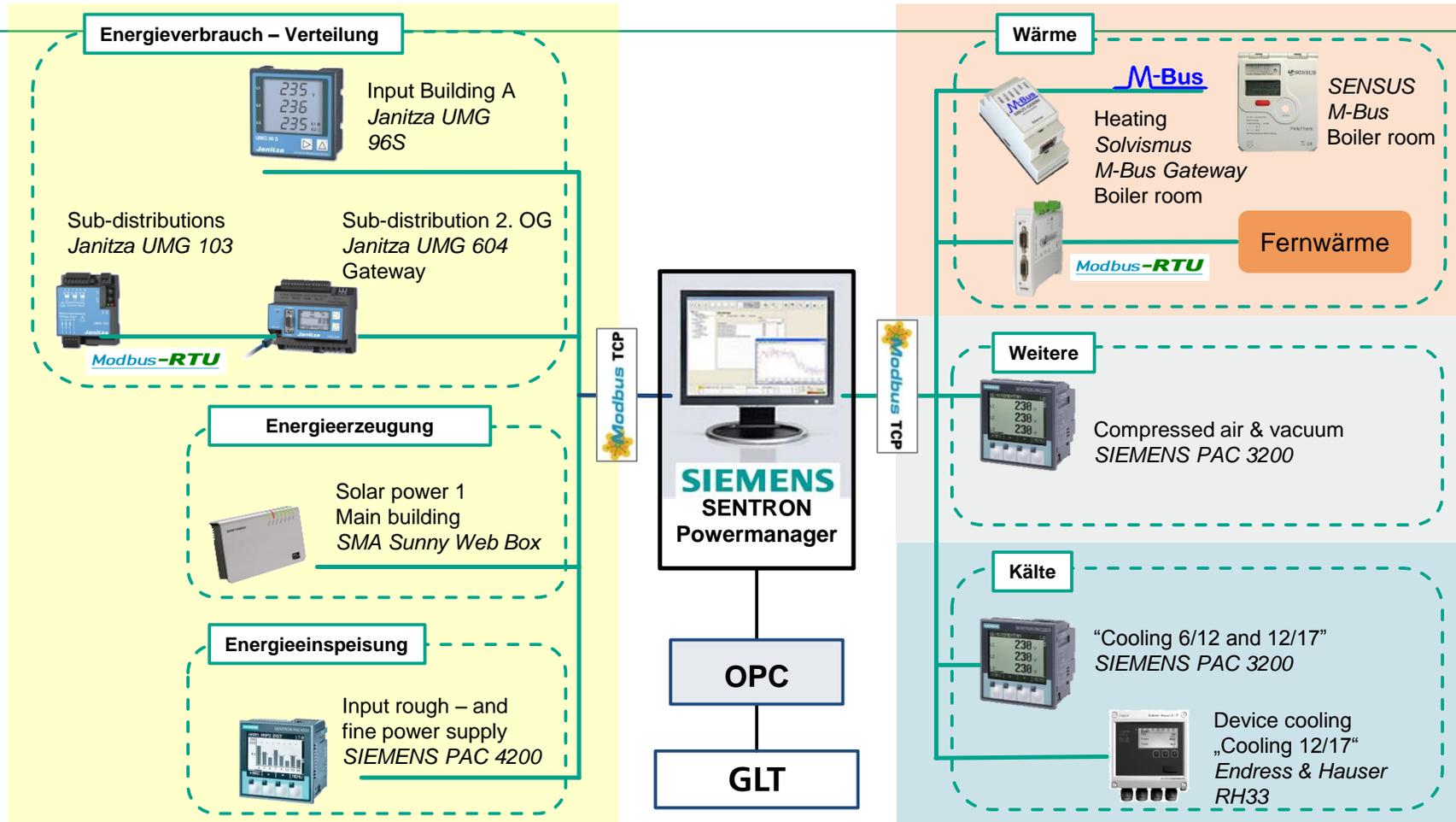


Stele



Energiemonitoring-System

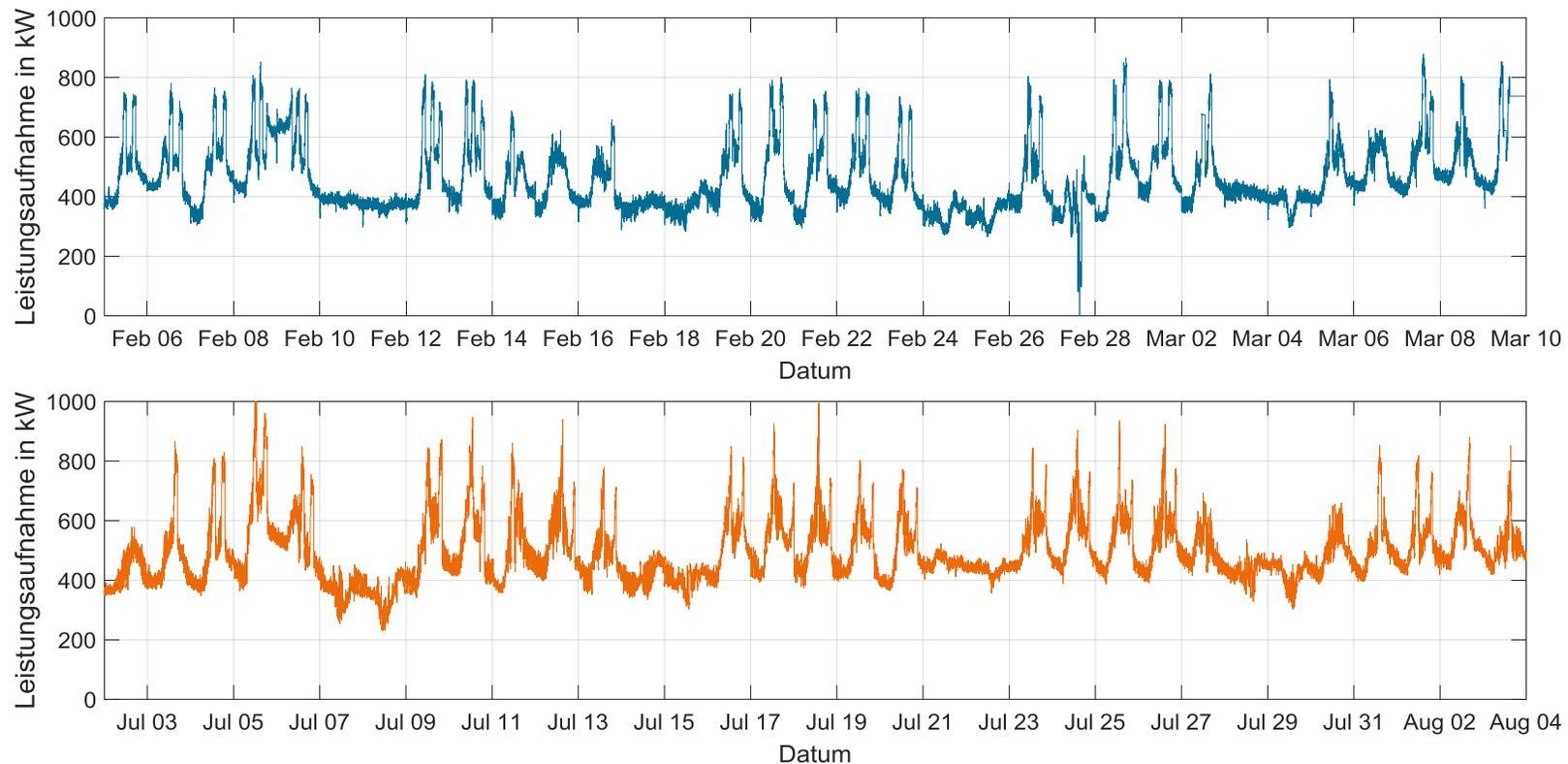
Schematischer Aufbau



Energiemonitoring-System

Lastprofil am Netzanschlusspunkt (20 kV-Netz)

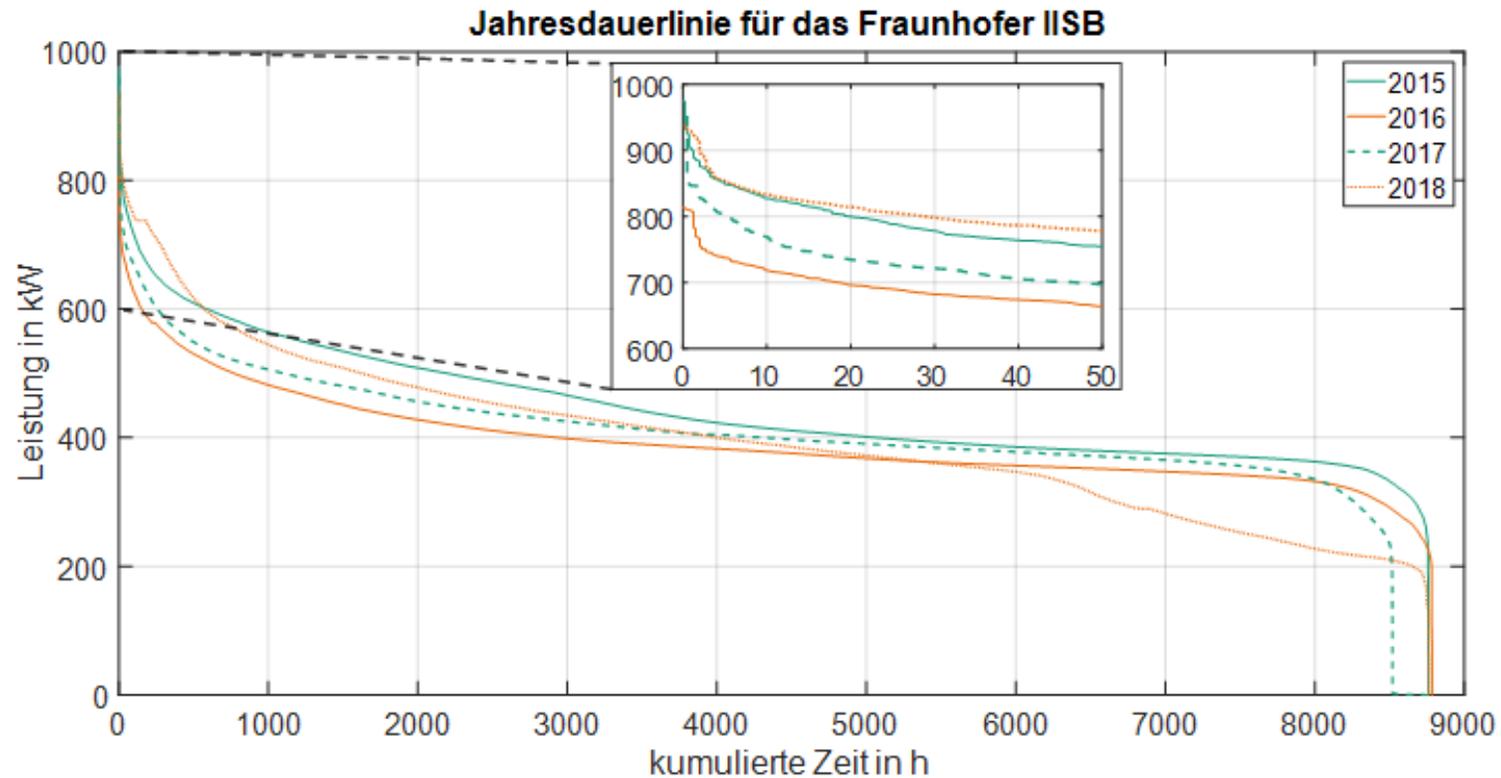
■ Vergleich von Monatslastgängen (Februar und Juli 2018)



Energiemonitoring-System

Jahresdauerlinien

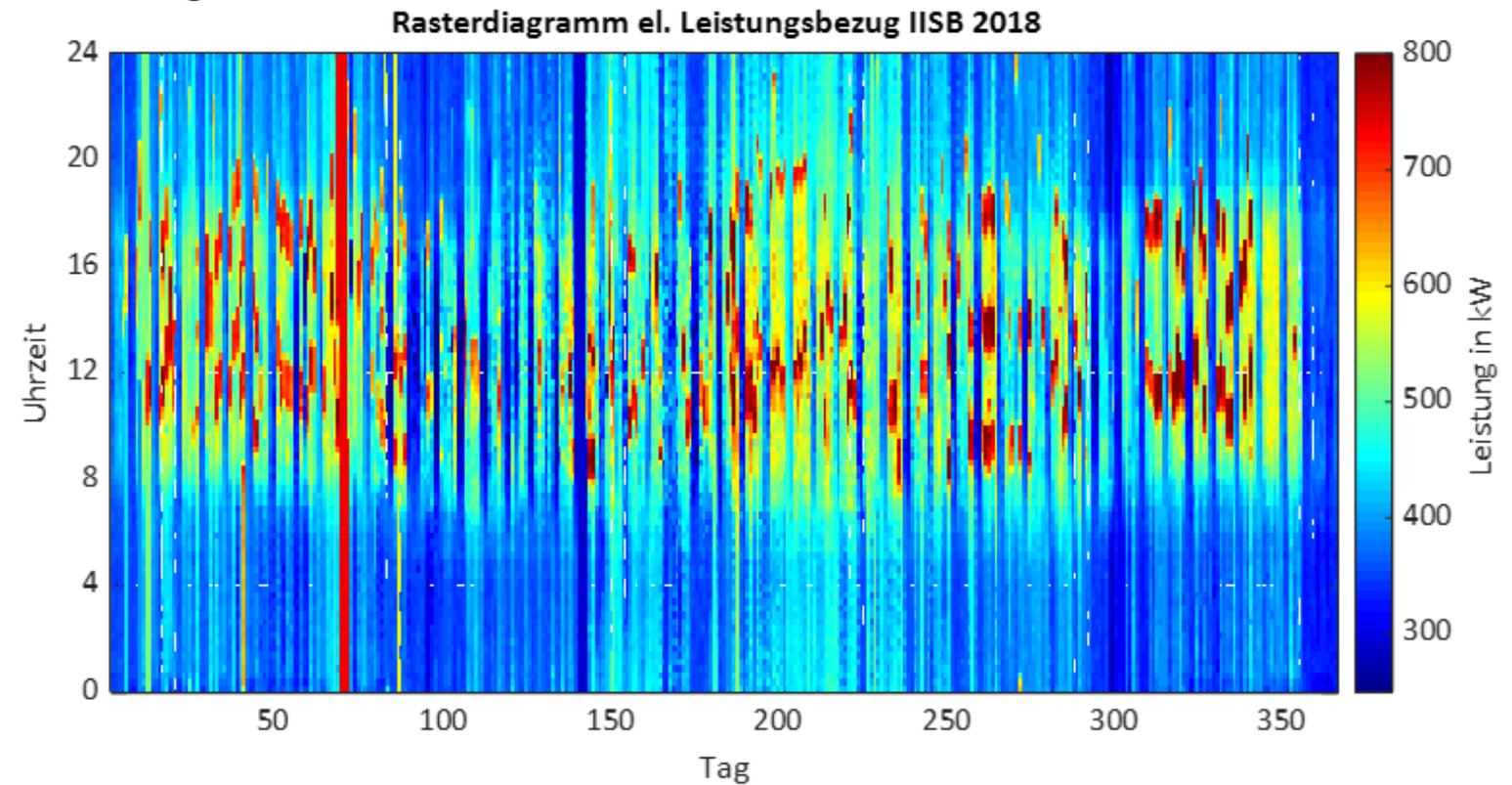
■ Vergleich Jahresdauerlinien



Energiemonitoring-System

Rasterdiagramm

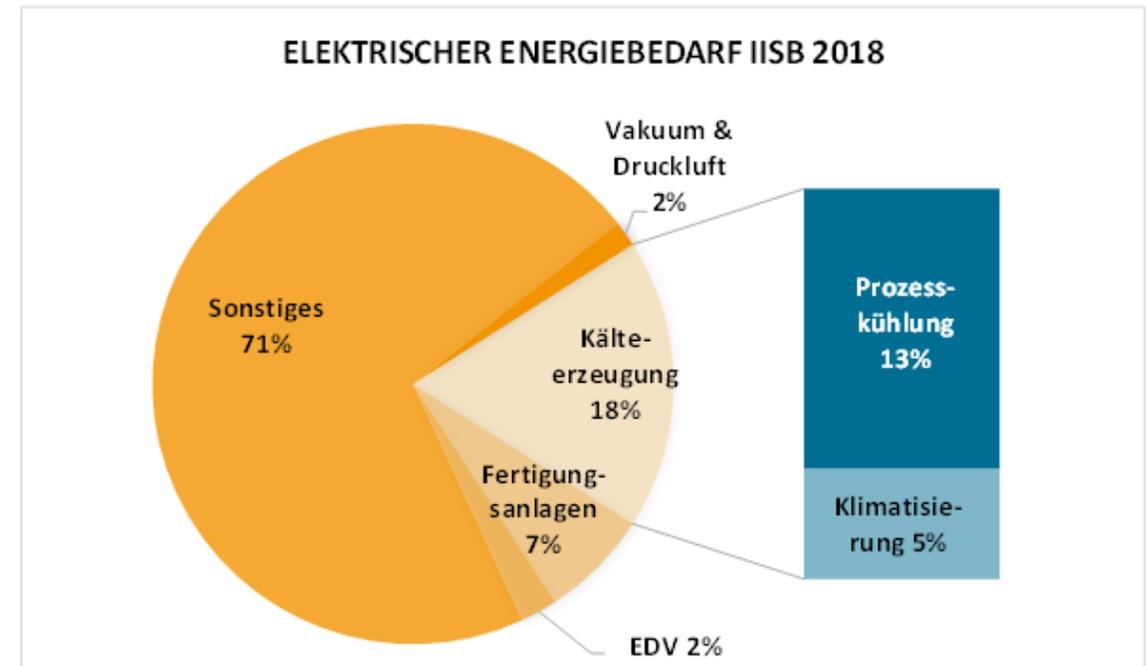
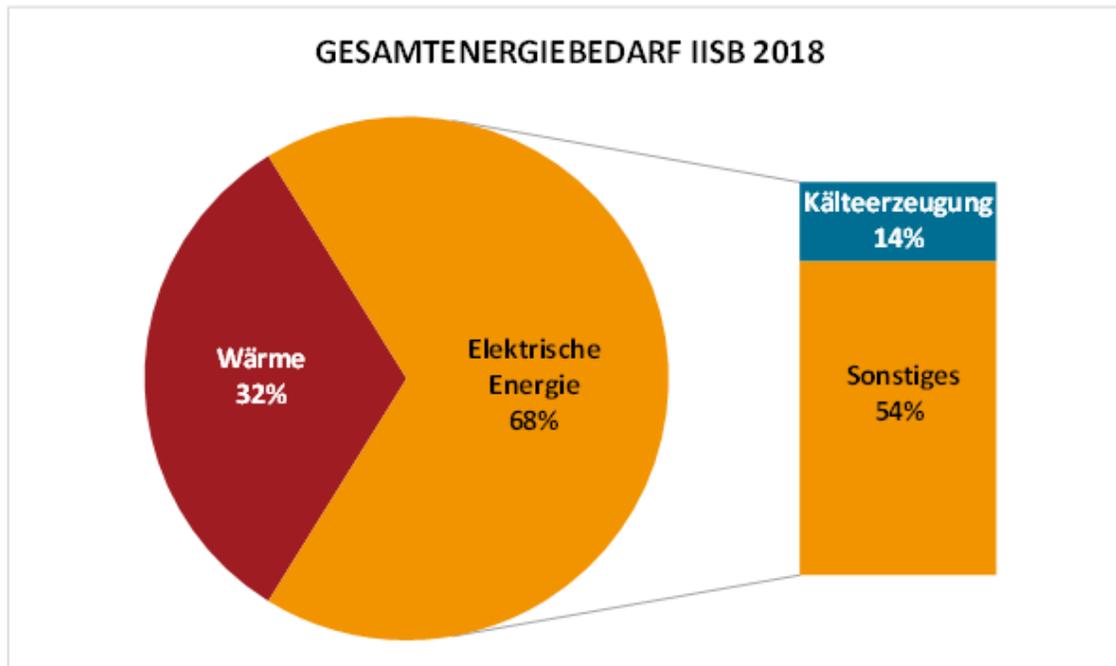
■ Rasterdiagramm elektrische Leistung



Energiemonitoring-System

Energiebedarf IISB

■ Energiebedarf und Verteilung



Teilsysteme und Technologien

PV-Forschungsanlage

- Einsatzzweck und technische Daten
 - Untersuchung des Einflusses von PV-Einspeisespitzen auf Lastgang
 - Eigenerzeugung (CO₂-Reduzierung) und Speicherung
 - Einspeisung ins interne **AC-Netz** sowie Einspeisung in das lokale **DC-Netz**
 - vollständiger Eigenverbrauch ohne EEG
 - O-W-Ausrichtung mit 175 kW_p, insgesamt 200 kW_p
 - Ertragsprognose von 145 MWh/a erreicht
 - Erweiterung um ca. 35 kW auf neuem Erweiterungsbau in Planung



Teilsysteme und Technologien

Übersicht Speicher

- Elektrische Speicher (stationäre und mobile Lithiumionen, Redox-Flow)
- Thermische Speicher (sensible Wärme- und Kältespeicher)
- Wasserstoffspeicher (Druckspeicher, chemische Speicher)
- Anwendung der Speicher:
 - Spitzenlastreduzierung (z.B. Vorhaltung von Reservekapazität)
 - Laufzeitverlängerung BHKW
 - Betriebspunktoptimierung (Effizienzverbesserung)
 - Bessere Ausnutzung der freien Kühlung



Folie 16

Teilsysteme und Technologien

Blockheizkraftwerk Wärmepumpe

■ Einsatzzweck BHKW:

- Erhöhung des Anteils der Eigenerzeugung (Wärme, Strom)
- Nutzung für **Spitzenlastreduktion** mit **eigenen Algorithmen** und **eigener Steuerung**

■ Einsatzzweck Wärmepumpe

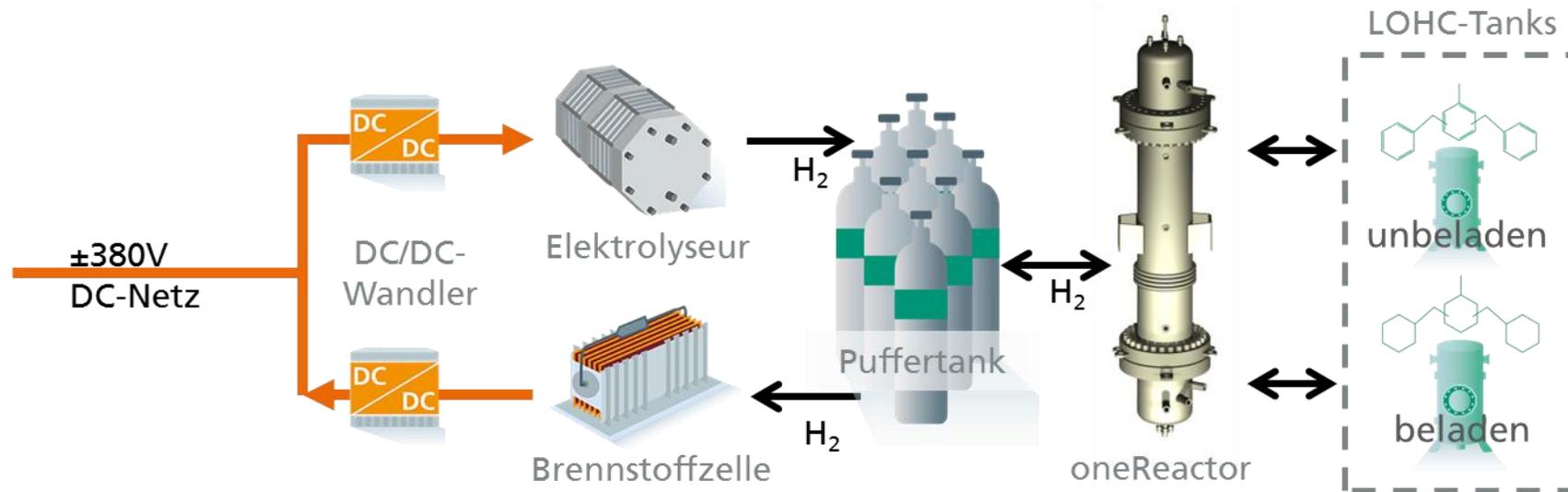
- Nutzung der Restwärme der Fortluftanlagen
- Abhebung des niedrigen Temperaturniveau auf über 50 °C und Einspeisung in den Wärmeverteiler



Teilsysteme und Technologien

Gas-Strom-Kopplung: Wasserstoffsysteme mit LOHC

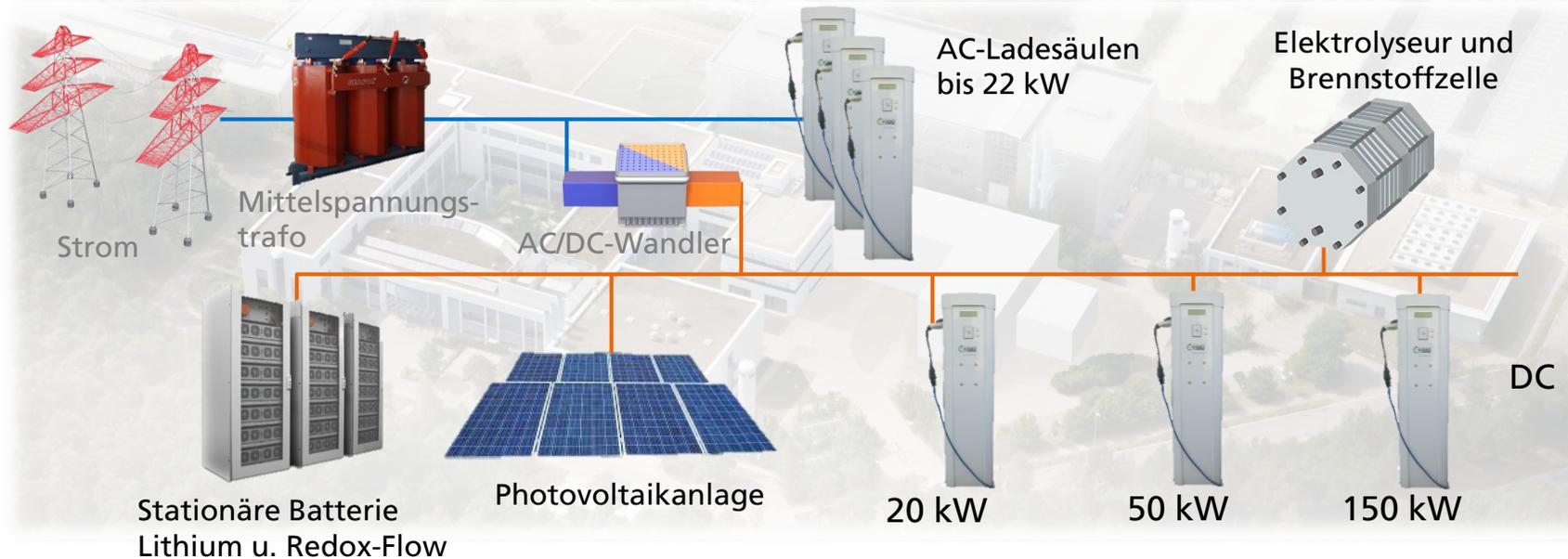
- Chemische Speicherung von H_2 unter Umgebungsbedingungen (Druck, Temperatur) durch Verbindung mit flüssigem Trägerstoff (LOHC)



➤ Hohe volumetrische Energiedichte realisierbar (Langzeitspeicher)

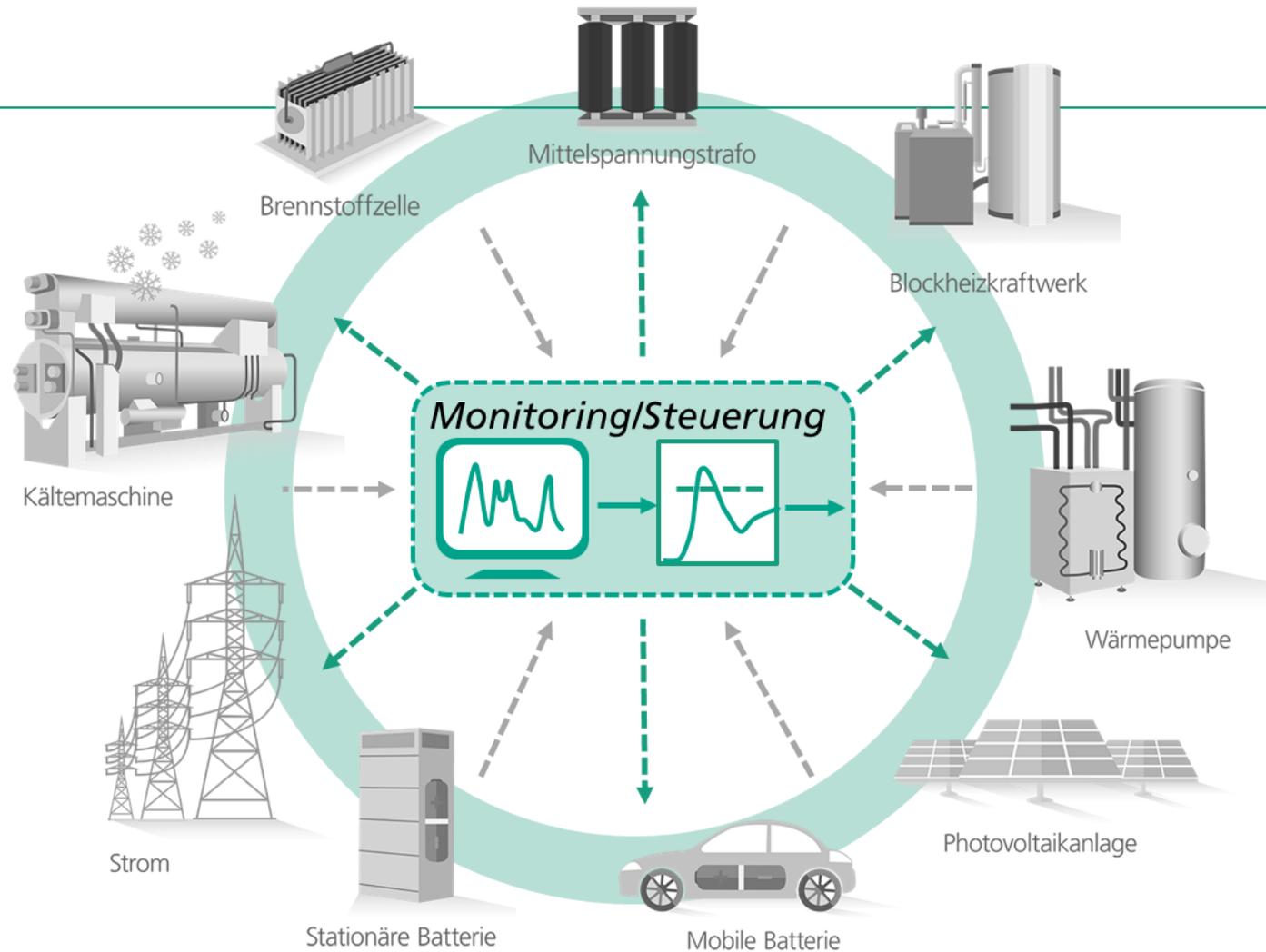
Teilsysteme und Technologien

Elektr. Netzinfrastruktur: DC-Netz und Ladesäulen



- Integration von AC- und DC-Ladesäulen in das lokale Energiesystem
- Effiziente DC-Ladesäulen an DC-Netz zusammen mit Batteriespeichern und PV-Anlagen
- Energiemanagement und Lastverschiebung

Energieflusssteuerung und -optimierung



Energieflusssteuerung und -optimierung für effiziente und wirtschaftliche Systeme



Analyse	Konzept		Umsetzung/ Optimierung	Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> • Datenanalyse • Kennzahlen 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Systemkonzepten und Betriebsstrategien • Simulationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung von Anlagen- und Betriebsparametern 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementierung von Betriebsstrategien • Investition in neue Anlagen • Parametrierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Messungen • Datenaufbereitung • Vergleich mit Simulation

Energieflusssteuerung und -optimierung

Einsatz von Simulation

Entwicklung von Betriebsstrategien
mit Optimierungsalgorithmen

Verwendung eigener
Komponentenmodelle

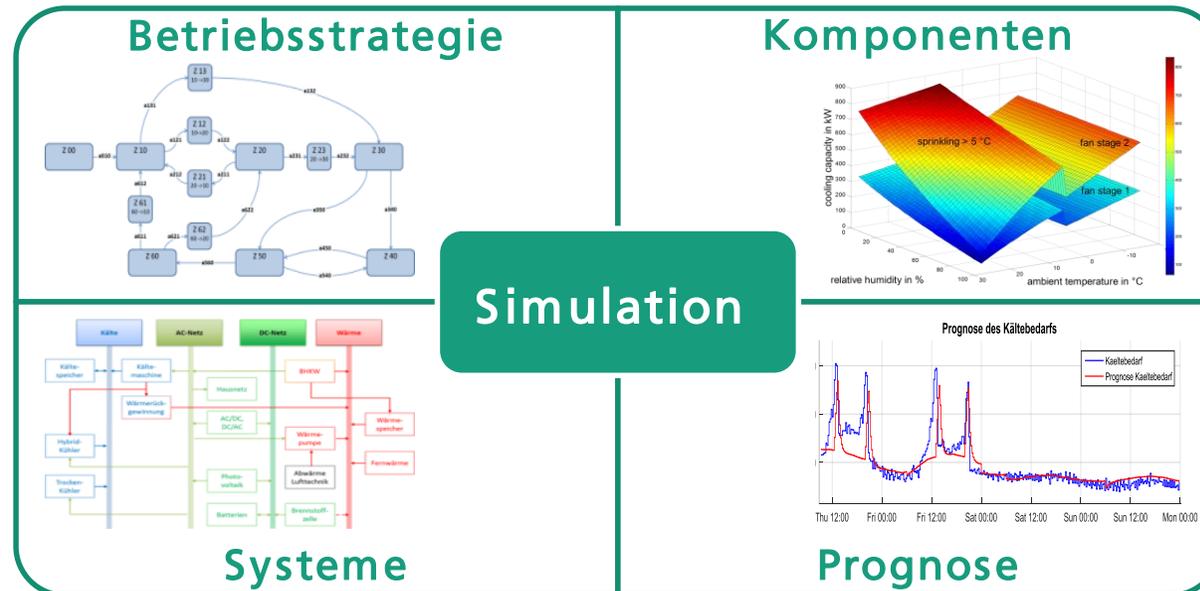


Abbildung der Interaktion von
Einzelkomponenten auf Systemebene

Optimierung durch Last- und
Wetterprognosen

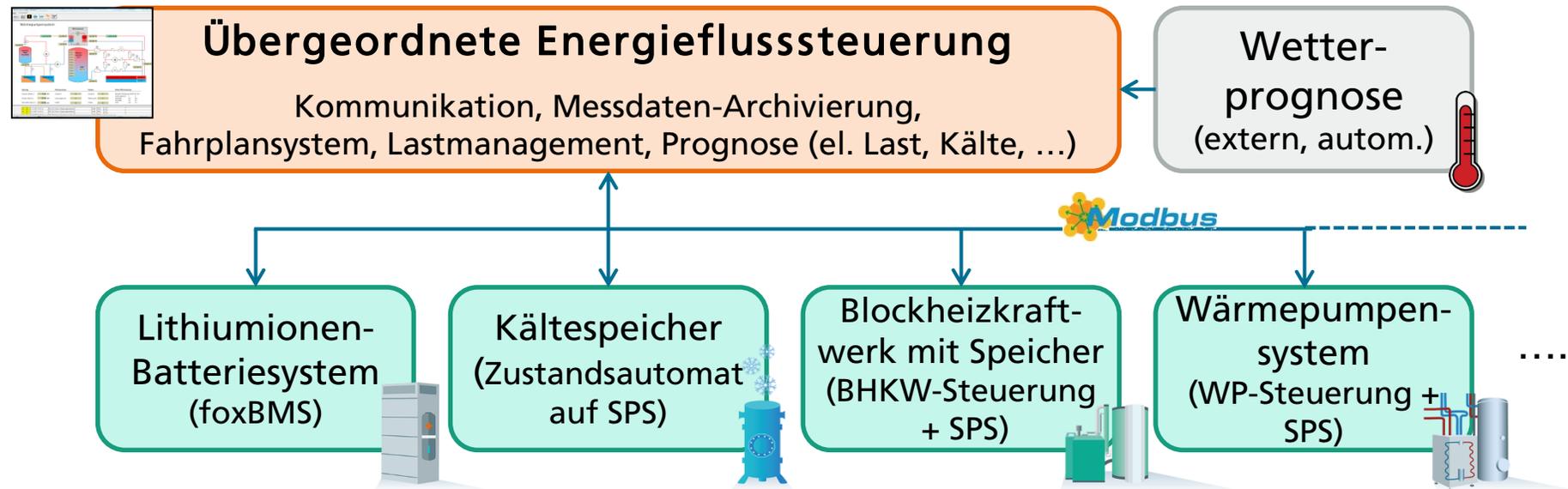
Ergebnis:

Einsparpotenziale, Steuerungsalgorithmen, Dimensionierungen, Technologieauswahl

Energieflusssteuerung und -optimierung

Schematische Darstellung für IISB

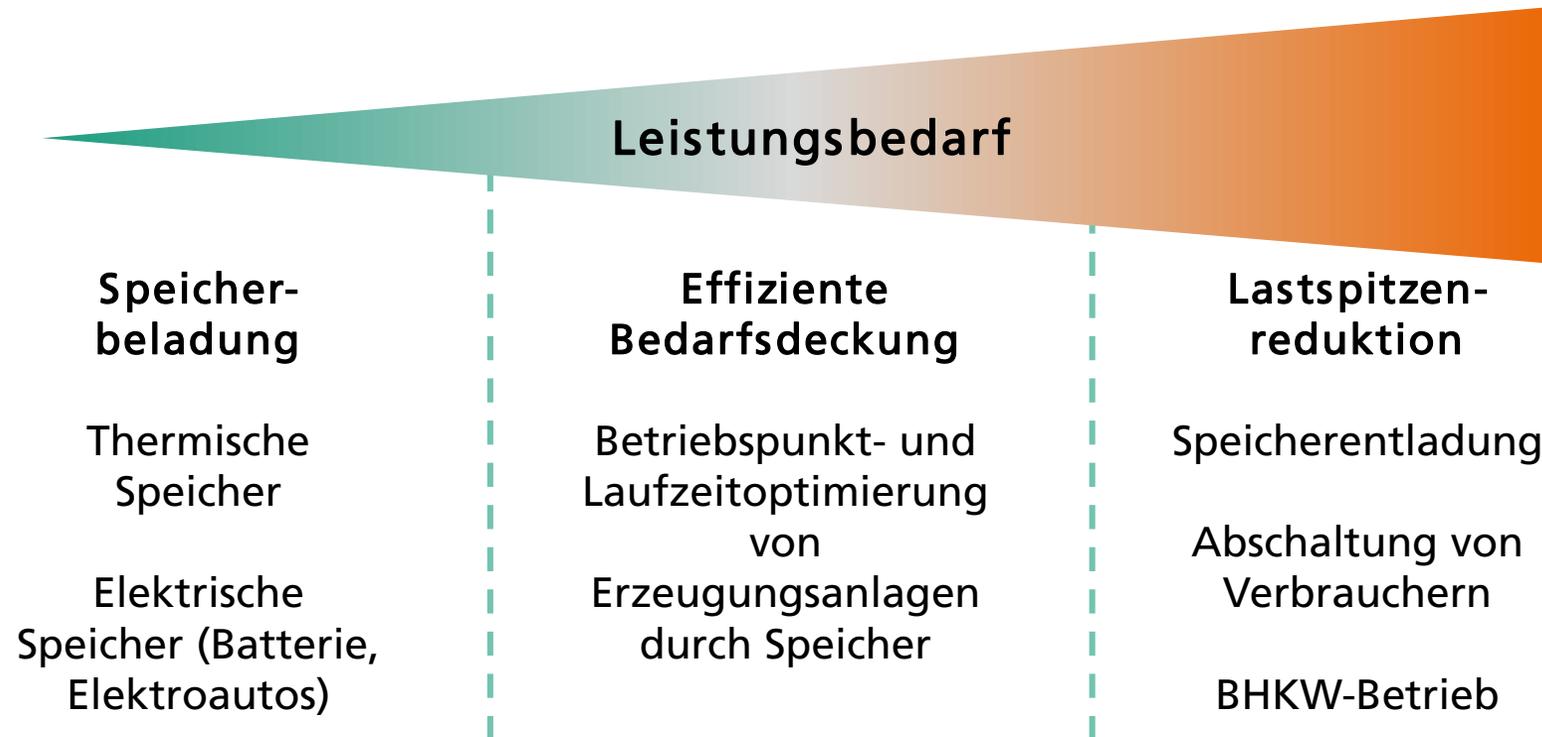
- Simulation von Betriebsstrategien auf Basis gemessener Lastgänge
- Berücksichtigung verschiedener Preismodelle
- Betriebsstrategie übergibt den lokalen Anlagensteuerungen entsprechende Parameter (z. B. Entladezeitpunkt eines Speichers)



Energieflusssteuerung und -optimierung

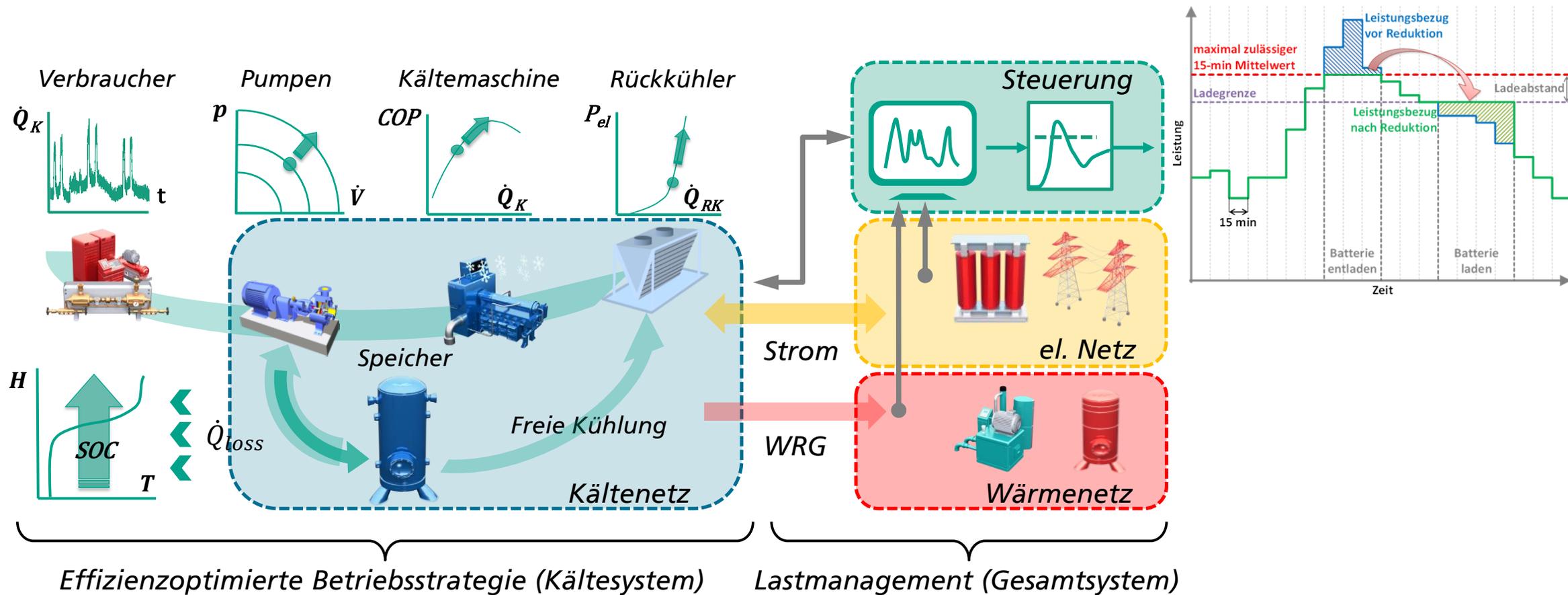
Effizienzoptimierung oder Spitzenlastreduktion

- Konzept der Energieflusssteuerung



Energieflusssteuerung und -optimierung

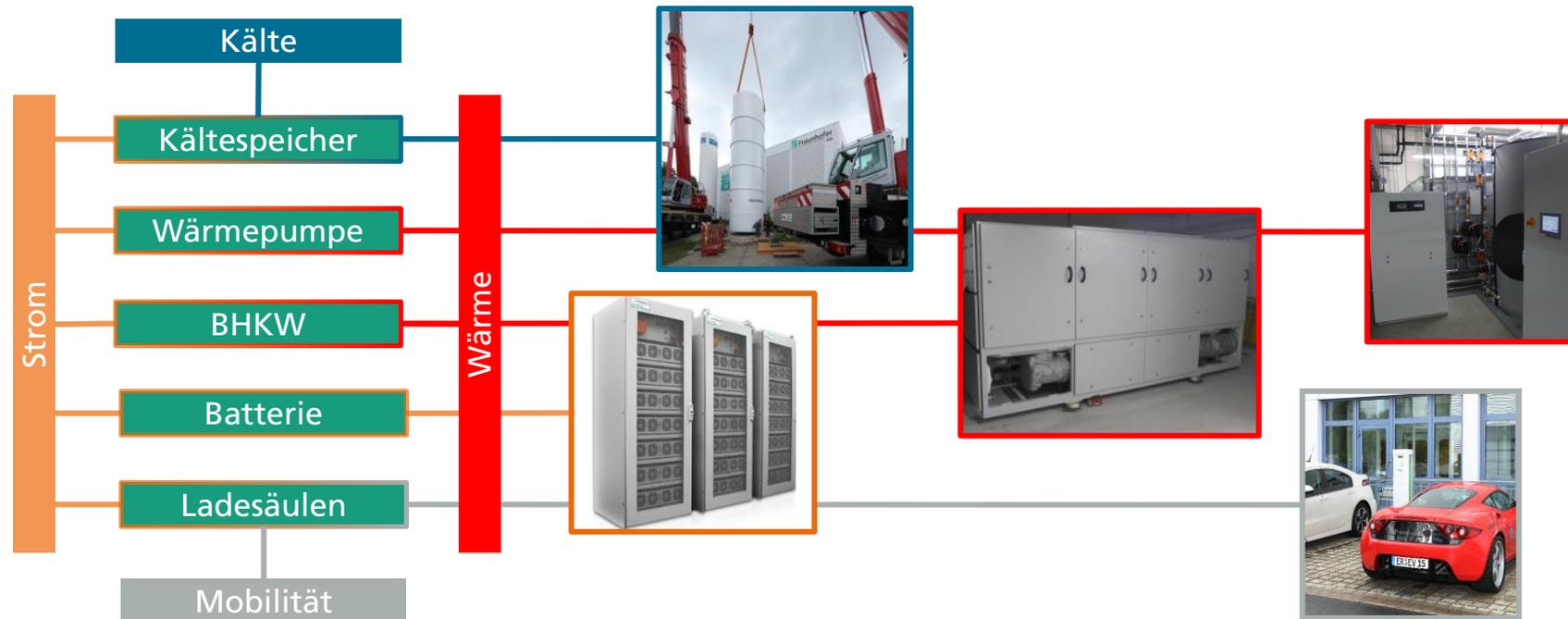
Nutzung der Flexibilität durch Kältespeicher



Sektorenkopplung

Demonstrator am IISB

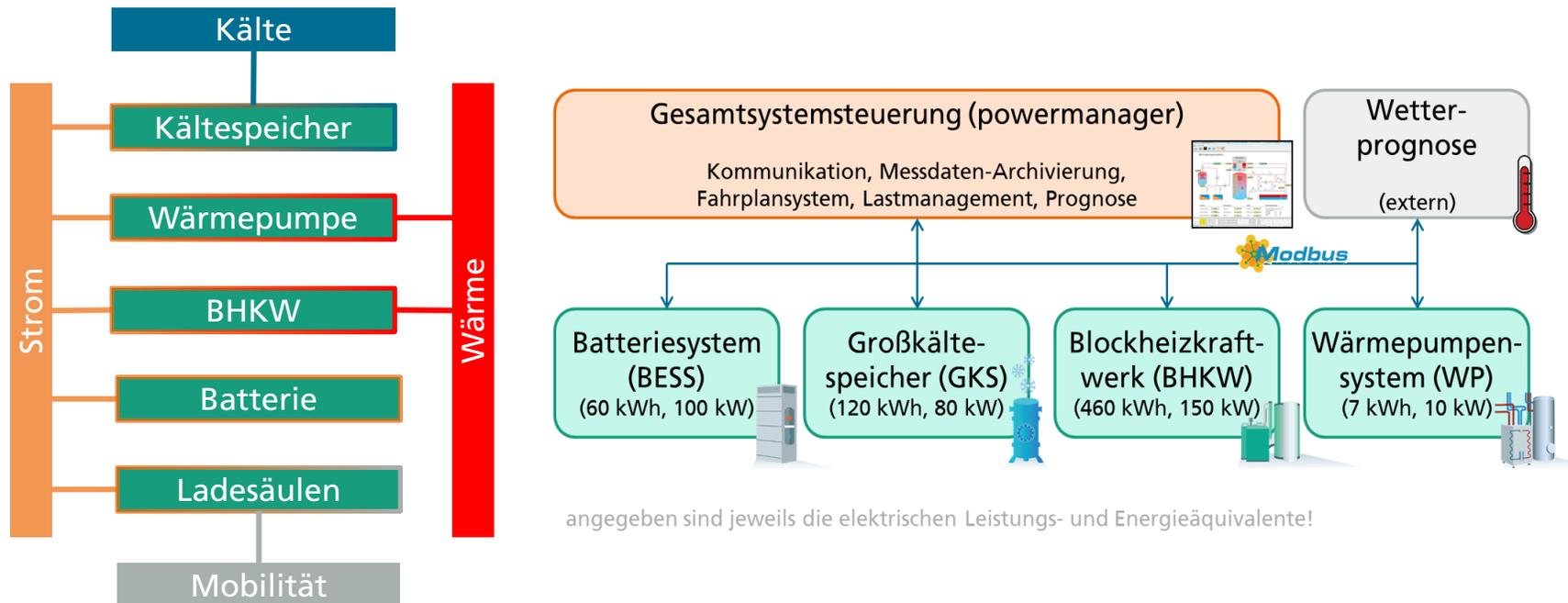
■ Beteiligte Komponenten der Demonstrationsplattform des IISB



Sektorenkopplung

Kombination multipler Anlagen und Sektoren

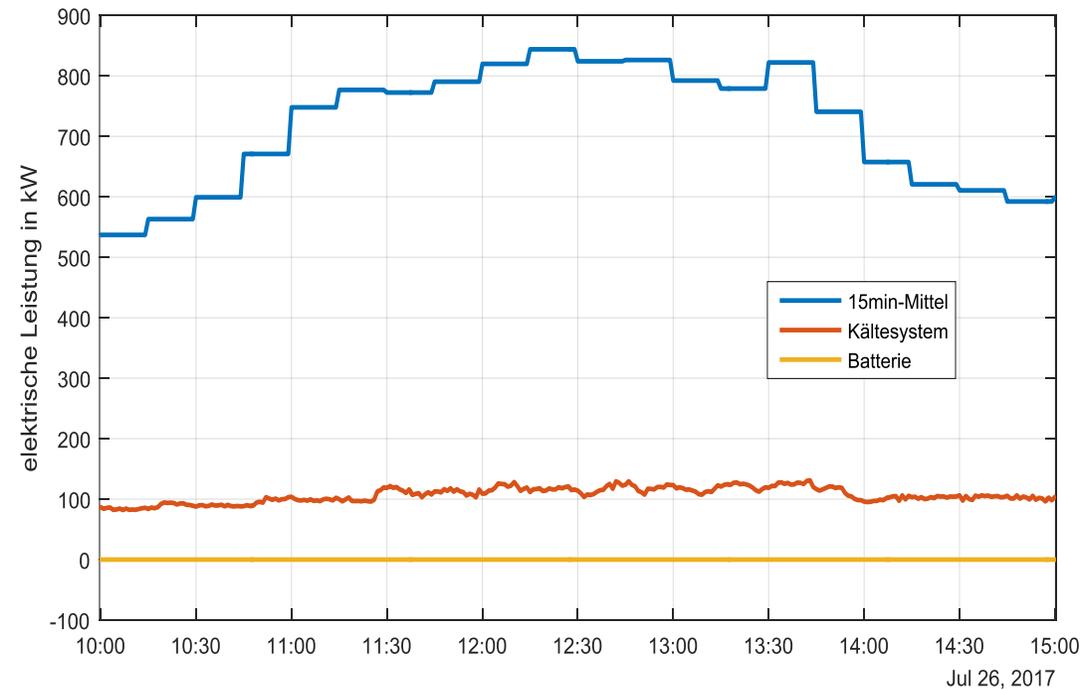
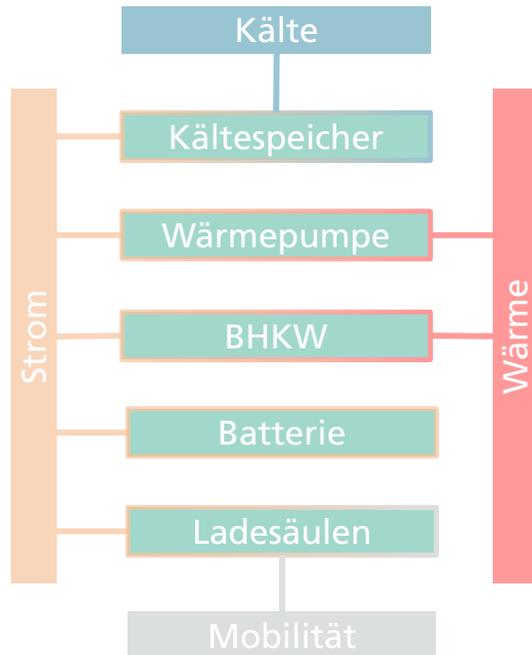
- Schema für die am Fraunhofer IISB angewendete Sektorenkopplung



Lastspitzenreduktion

Kopplung Strom und Kälte

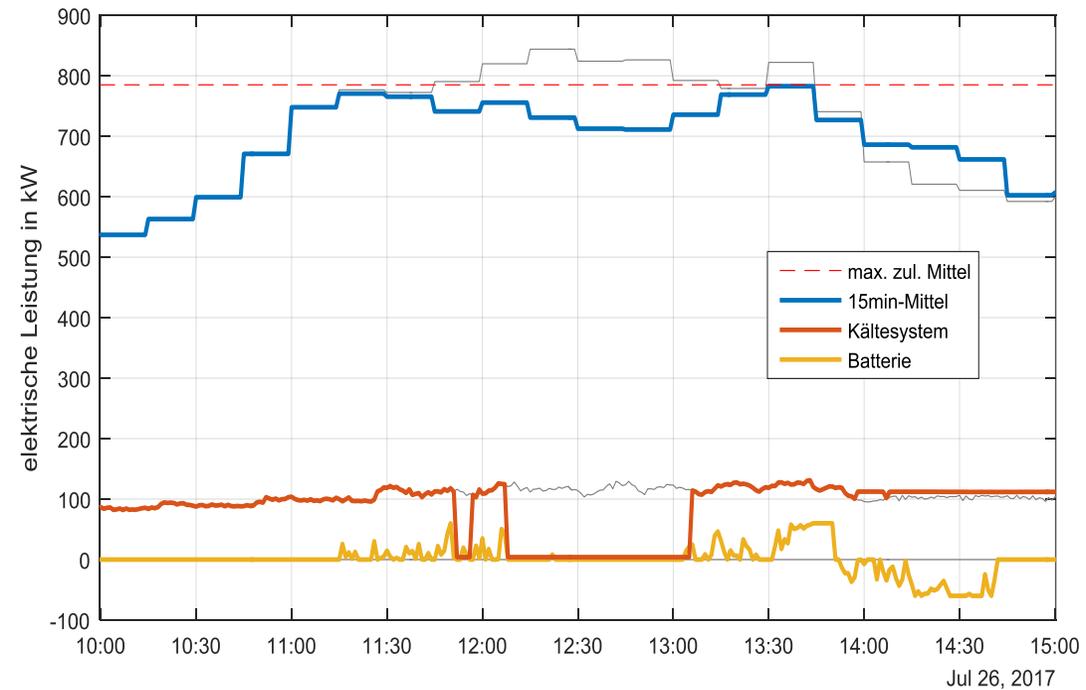
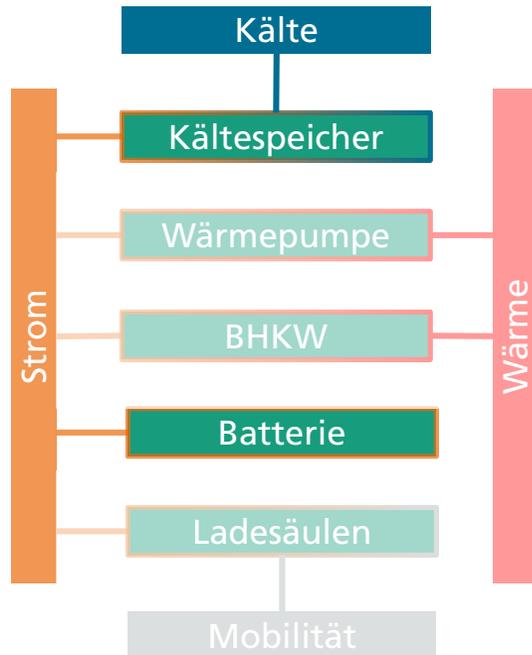
■ Lastgang ohne Peak-shaving



Lastspitzenreduktion

Kopplung Strom und Kälte

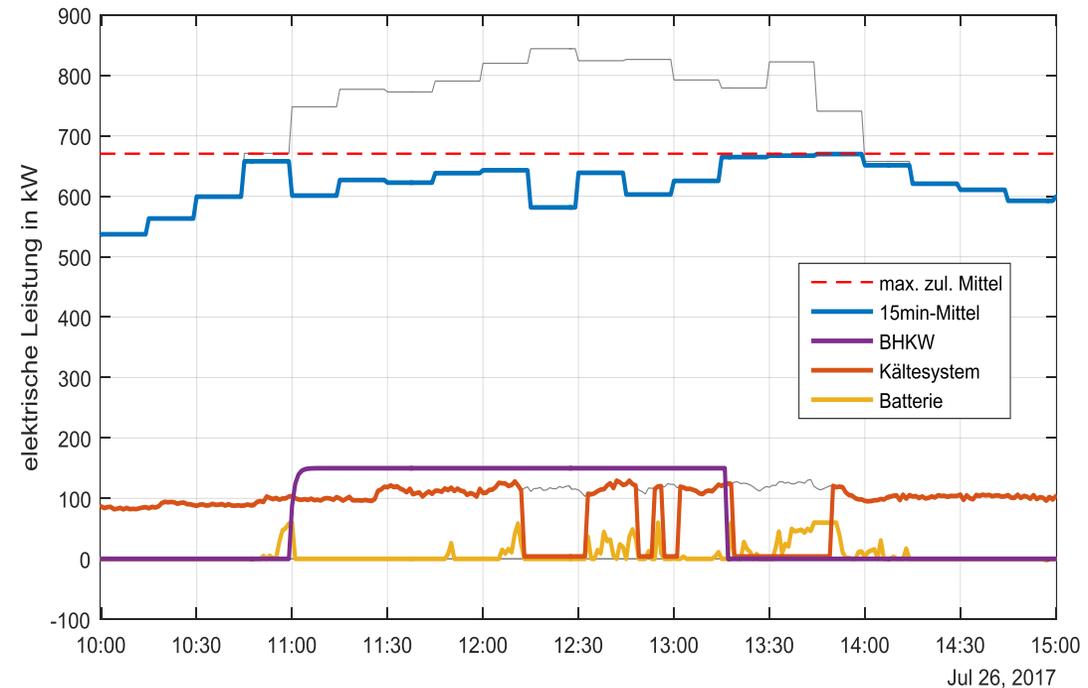
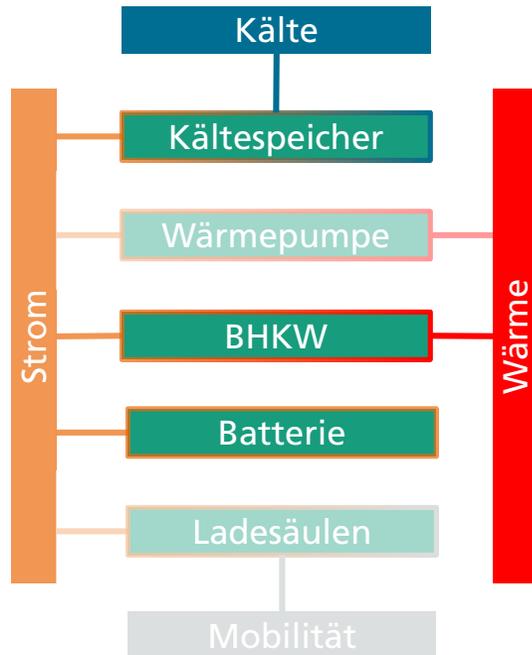
■ Peak-Shaving mit Kältespeicher und Batterie



Lastspitzenreduktion

Kopplung Strom, Wärme und Kälte

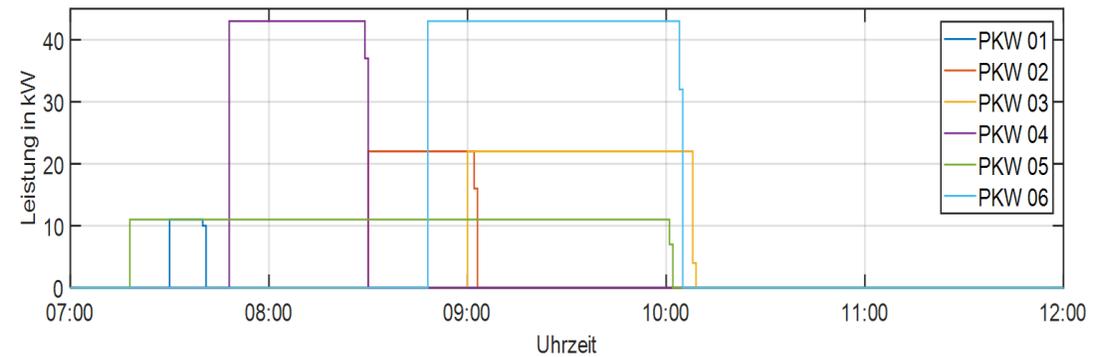
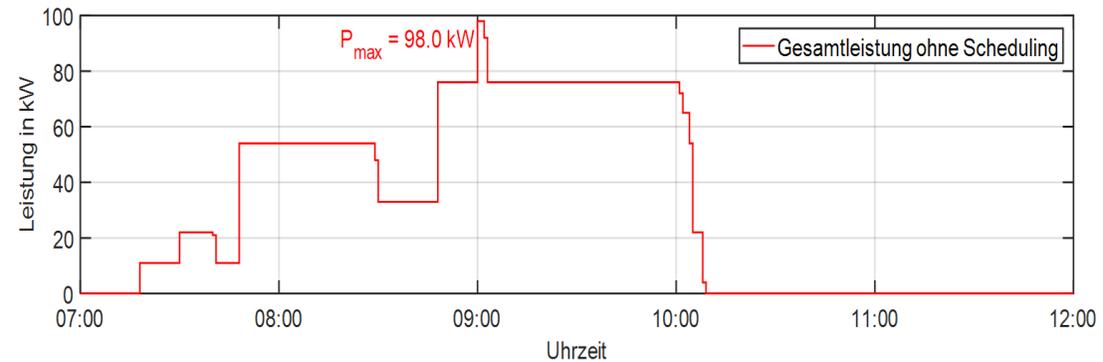
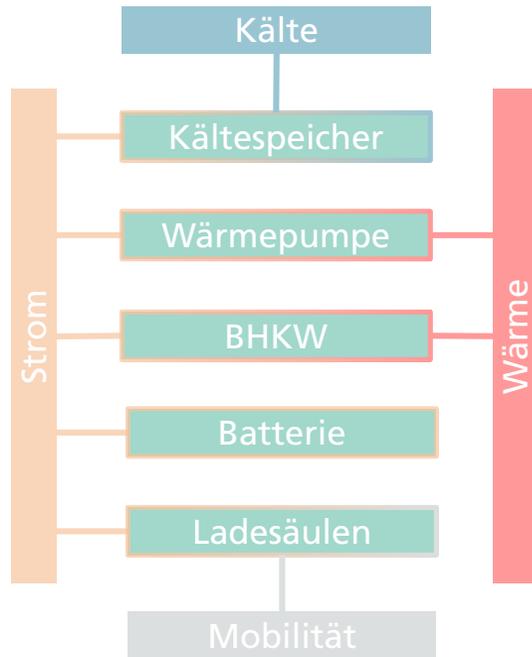
■ Peak-Shaving mit Kältespeicher, BHKW und Batterie



Lastspitzenreduktion

Kopplung Strom und Mobilität

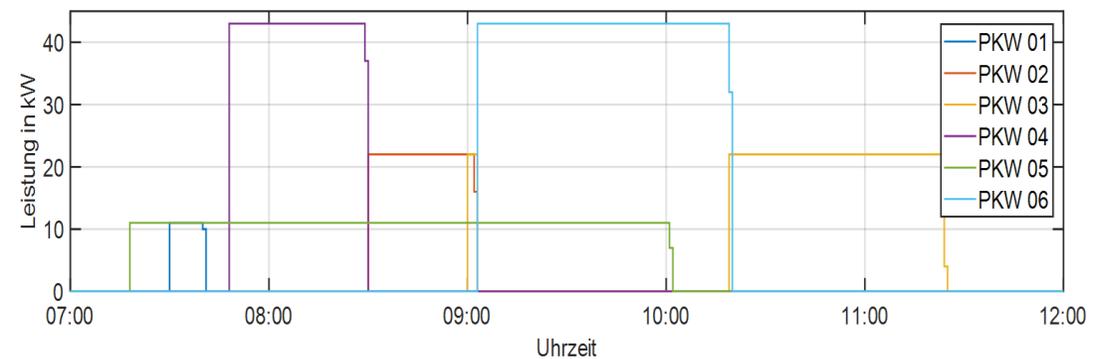
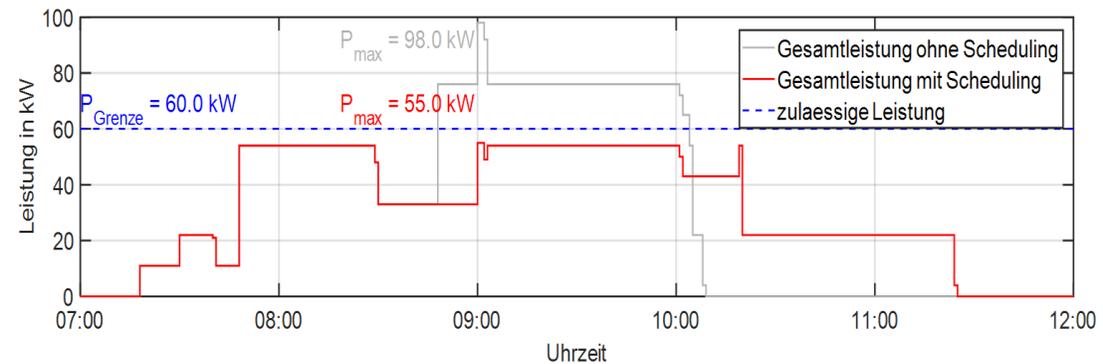
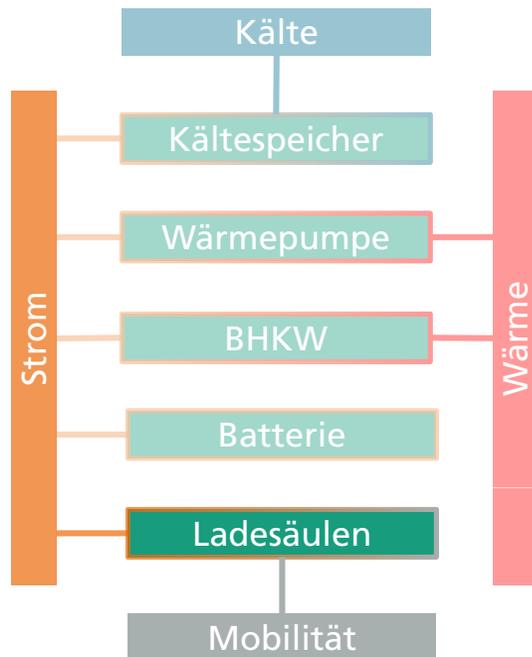
■ Lastgang der Ladesäulen ohne Scheduling



Lastspitzenreduktion

Kopplung Strom und Mobilität

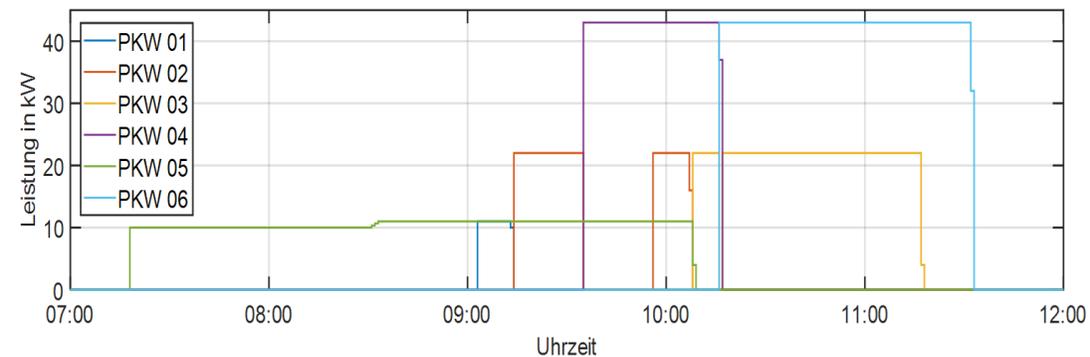
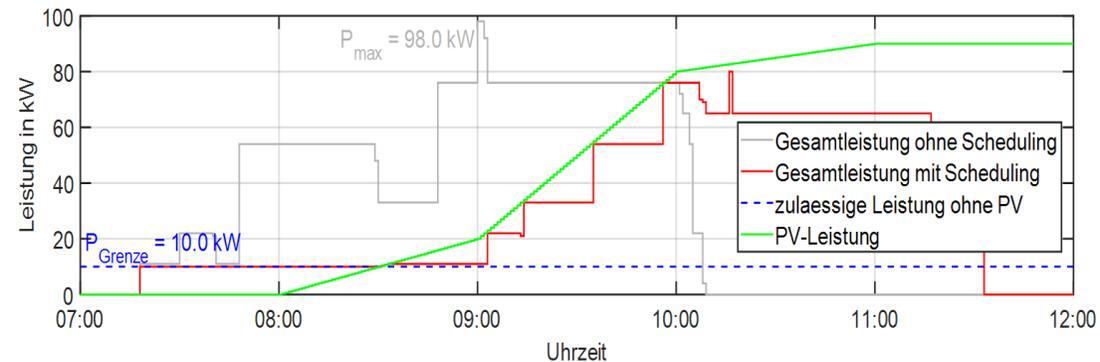
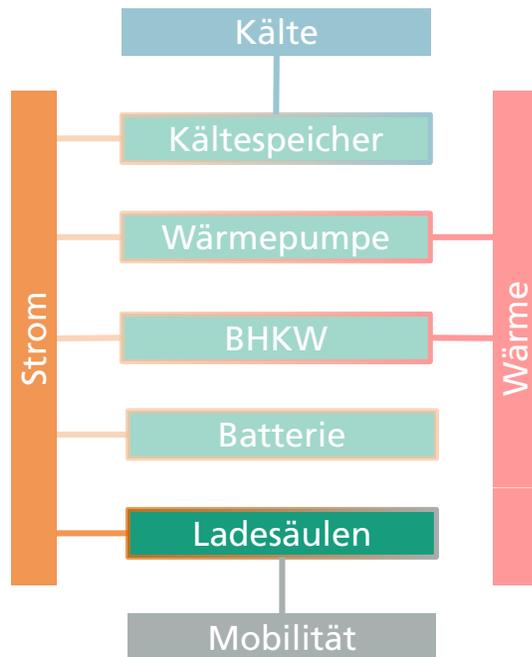
■ Lastgang der Ladesäulen mit Scheduling



Beispiel Lastspitzenreduktion

Kopplung Strom und Mobilität

■ Lastgang der Ladesäulen mit PV-Beladung



Zusammenfassung

- Aufbau eines dezentralen intelligenten Energiesystems am IISB
- Monitoring als Basis für Energieeffizienzmaßnahmen und Energieflusssteuerung
- Speichertechnologien bieten Freiheitsgrade zur Systemoptimierung
- Entwicklung von neuen Systemkomponenten und Vernetzungstechnologien
- Herausforderung Energieflusssteuerung und Betriebsstrategieoptimierung sowie Nutzung der Sektorenkopplung
- Spitzenlastreduzierung ohne Beeinflussung der Produktion
- Raum für weitere Entwicklung: intelligente und selbstlernende Systeme

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Danksagung

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

Der Autor dankt allen Kolleginnen und Kollegen, die an diesen Projekten mitgearbeitet haben, besonders unserem ehemaligen Institutsleiter Prof. Lothar Frey, der diesen Schwerpunkt initiiert, begleitet und besonders unterstützt hat.

Kontakt

Dr. Richard Öchsner

Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel.: +49 (0) 9131 761-116

richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de

www.iisb.fraunhofer.de

- Weitere Informationen zum Projekt SEEDs <https://www.energy-seeds.org/> und LZE <http://www.lze.bayern/>