

„Effizienter Einsatz von Kältespeichern zur Reduktion der Kältegestehungskosten“

OTTI - Anwenderforum Effiziente Kältetechnik in der Anwendung

Philipp Puls

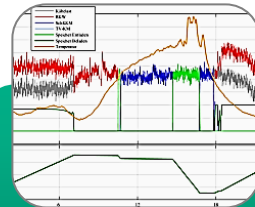
Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und
Bauelementetechnologie



Wärmenetze



Netzanalyse



Netzsimulation



Verteilung



Speicher



Fraunhofer IISB

Campus FAU Erlangen

- Enge Kooperation von IISB und Universität Erlangen-Nürnberg/LEB
- Leitung IISB/LEB: Prof. Dr. Frey
- ca. 240 Mitarbeiter (ohne Studenten)
- Gegründet: 1985
- U.a. 1500 m² Reinraum, Testzentrum für Elektrofahrzeuge
- Hauptstandort IISB: Erlangen, Außenstellen in Nürnberg und Freiberg

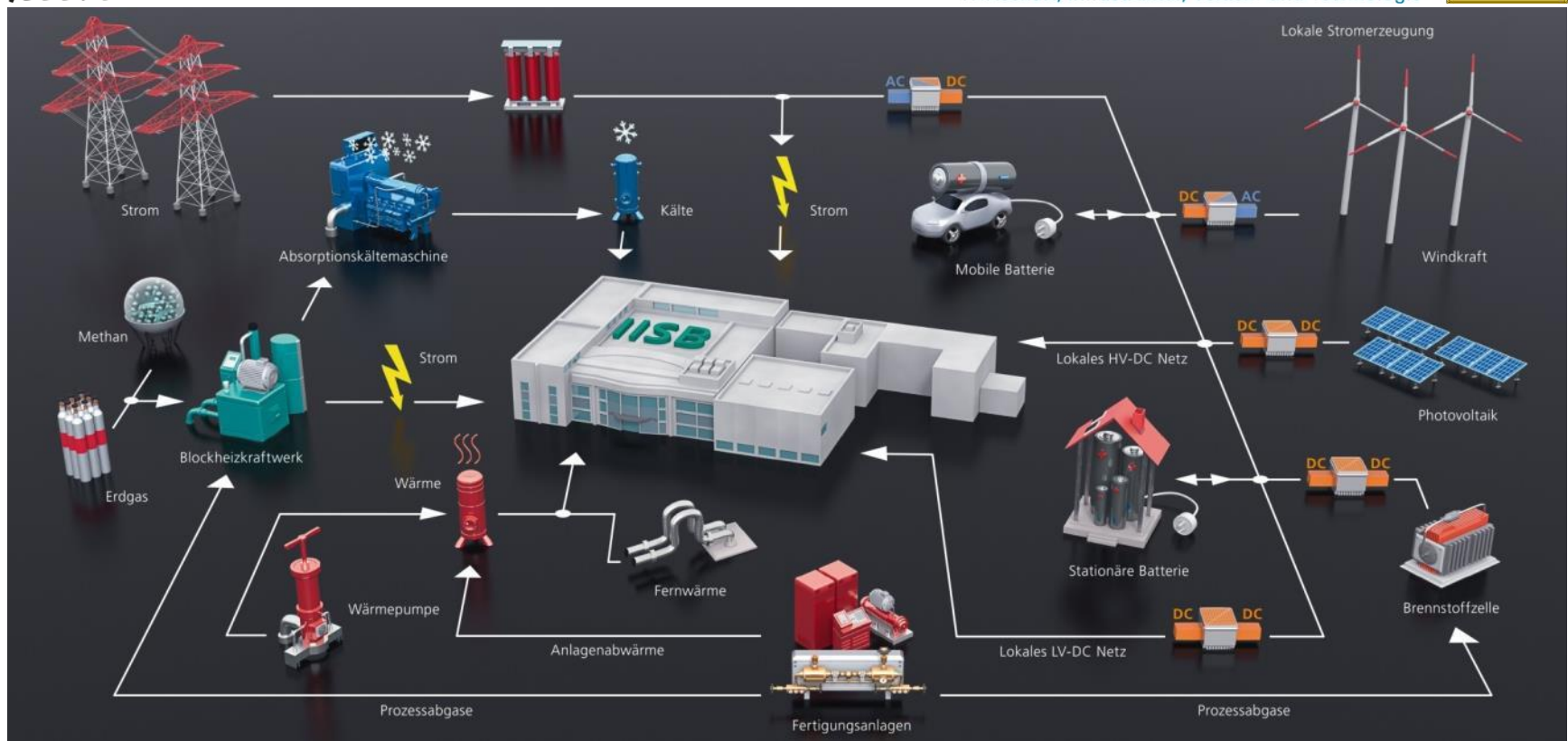


Fraunhofer IISB Erlangen (grüne Markierung) und LEB mit Reinraumhalle (rote Markierung)

Bereich Energie: SEEDs



Gefördert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie



Übersicht

1. Motivation

2. Modellierung von Kälteversorgungssystemen

- a. Datenerhebung, Referenzsystem
- b. Modelle der Einzelkomponenten

3. Betriebskonzept und Speichersteuerung

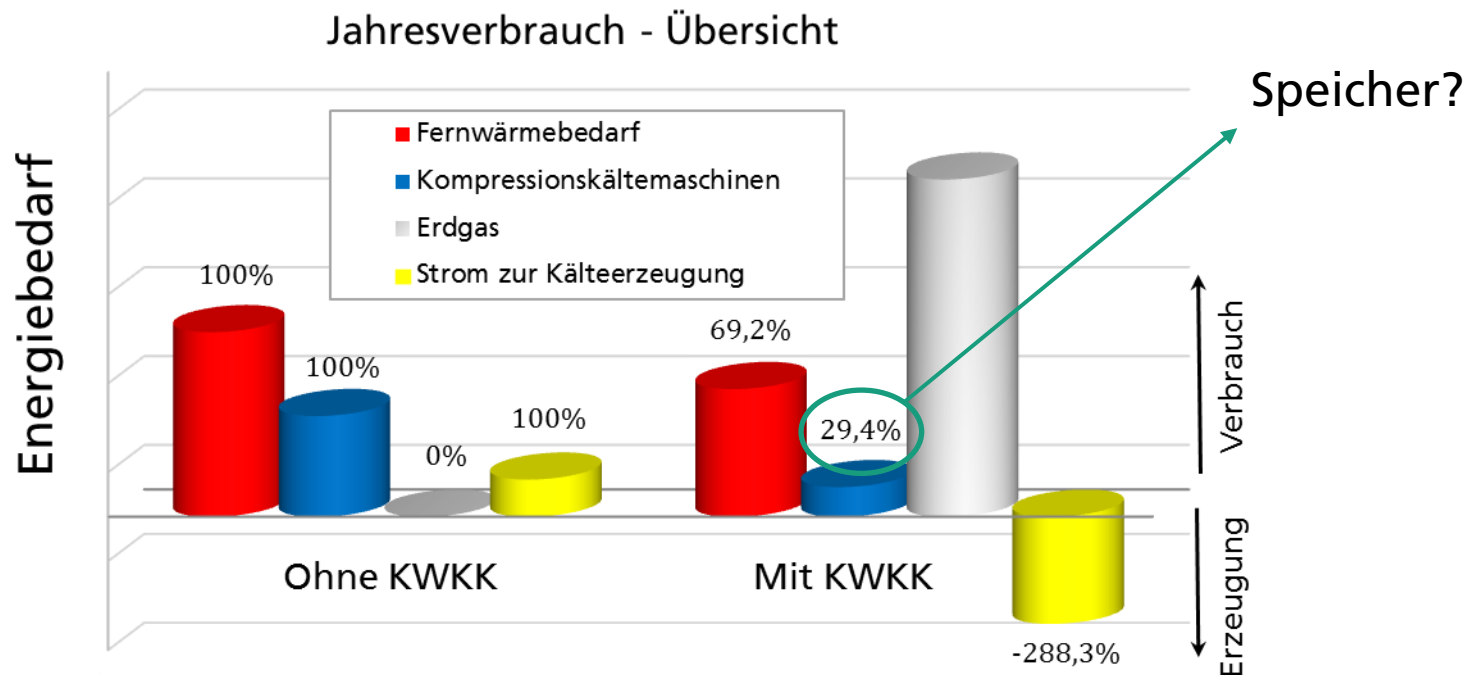
- a. Nutzungsstrategien
- b. Fahrplan und Prognose
- c. Simulationsergebnisse

4. Zusammenfassung und Bewertung

Motivation

Beispielhafte Untersuchung einer KWKK

- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung: Statische Bilanzrechnung (ohne Speicher)
 - Betriebskostensenkung: ca. 56 % bzgl. der Kälteversorgungskosten

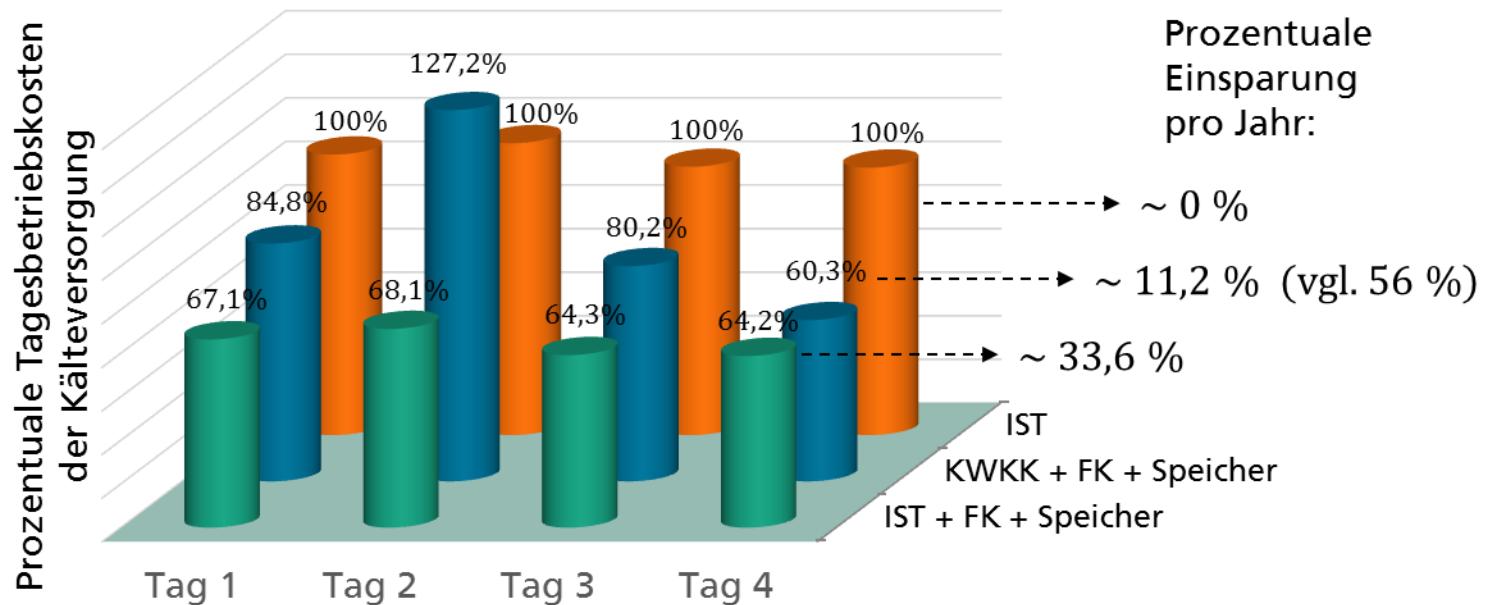


Motivation

Beispielhafte Untersuchung einer KWKK

- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung: Dynamische Simulation (inkl. Speicher)

Vergleich der Simulationsszenarien



Übersicht

1. Motivation

2. Modellierung von Kälteversorgungssystemen

- a. Datenerhebung, Referenzsystem
- b. Modelle der Einzelkomponenten

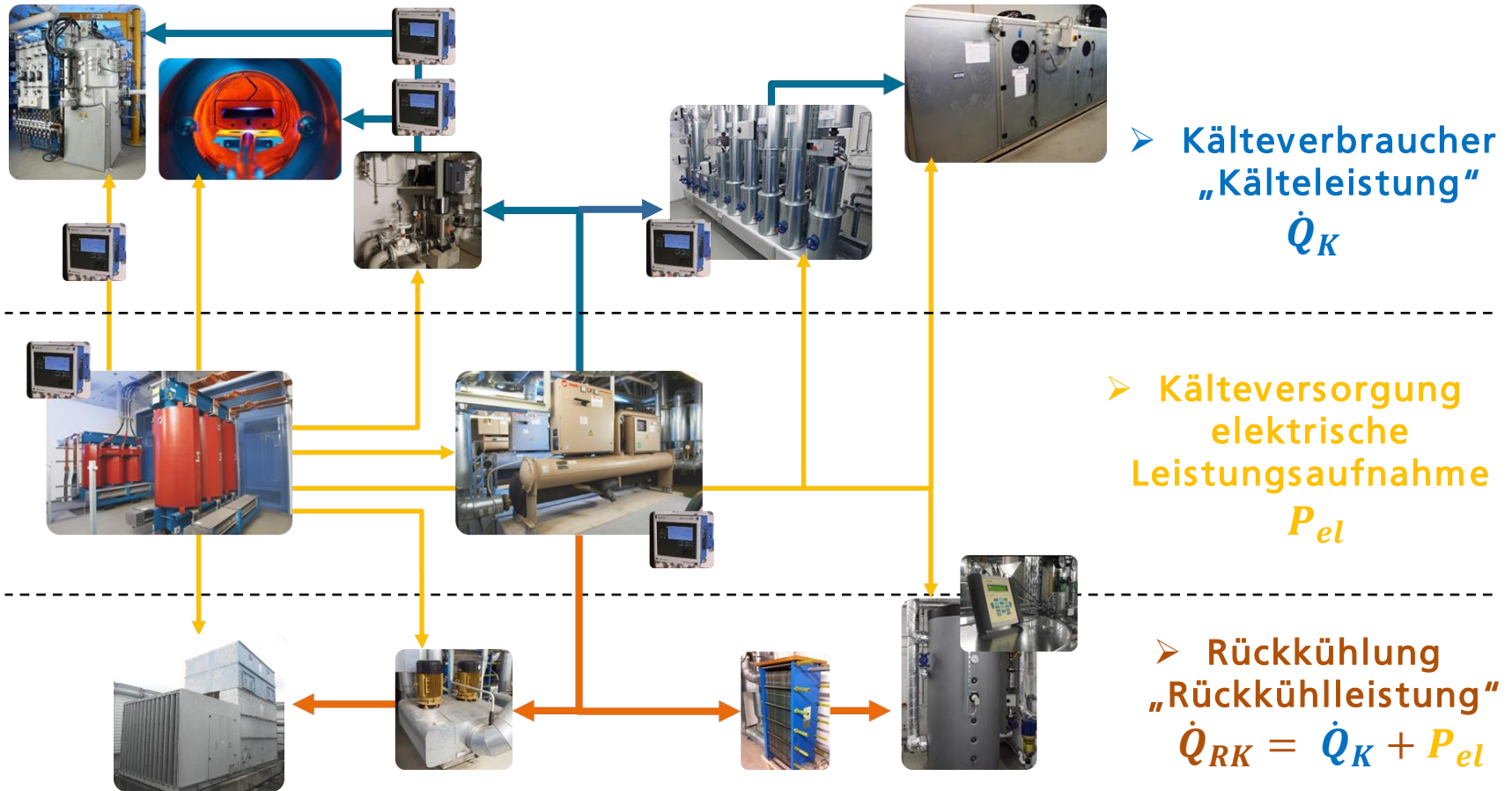
3. Betriebskonzept und Speichersteuerung

- a. Nutzungsstrategien
- b. Fahrplan und Prognose
- c. Simulationsergebnisse

4. Zusammenfassung und Bewertung

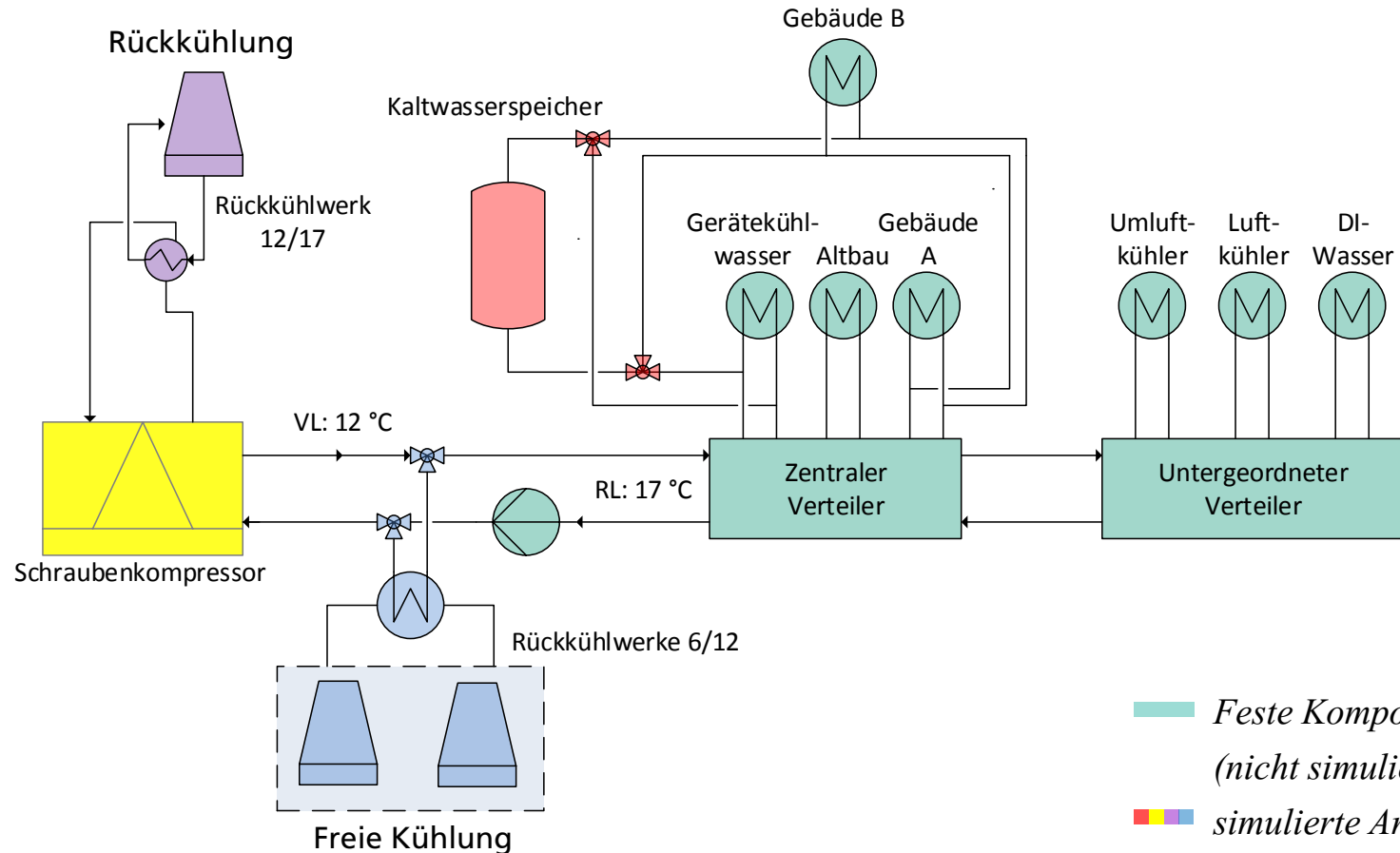
Modellbildung

Energiemonitoring am IISB



Modellbildung

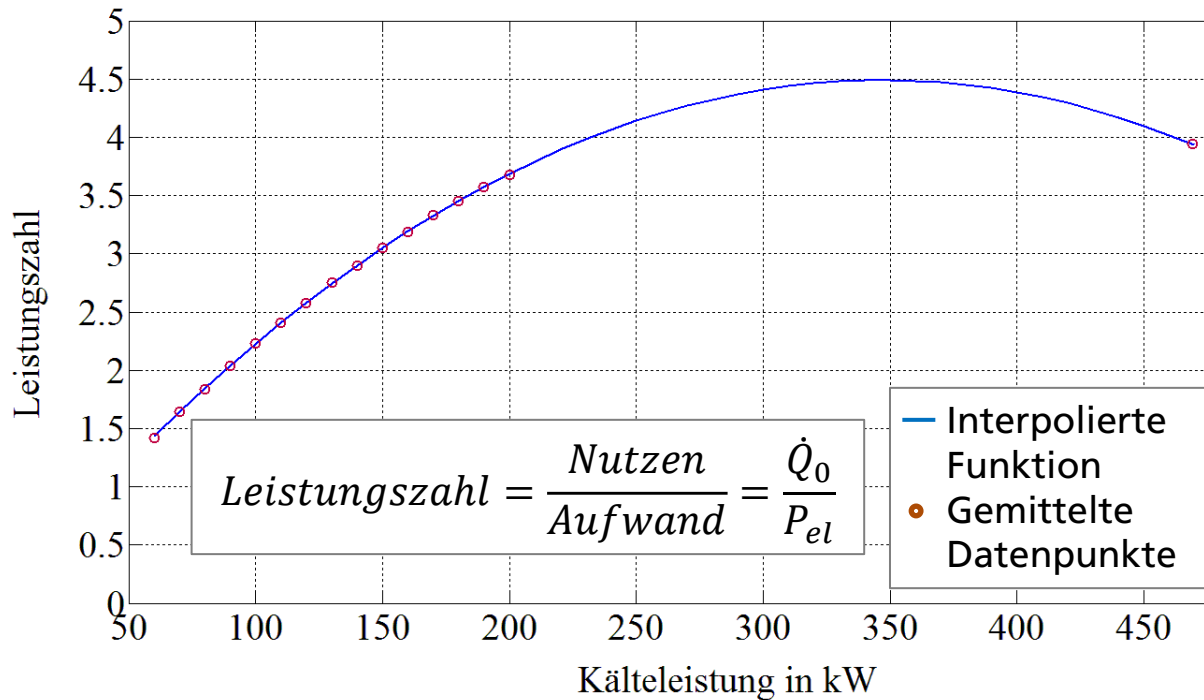
Kälteversorgungssystem am IISB



Modellbildung

Schraubenkompressor

- Verlauf der Leistungszahl in Abhängigkeit der gelieferten Kälteleistung



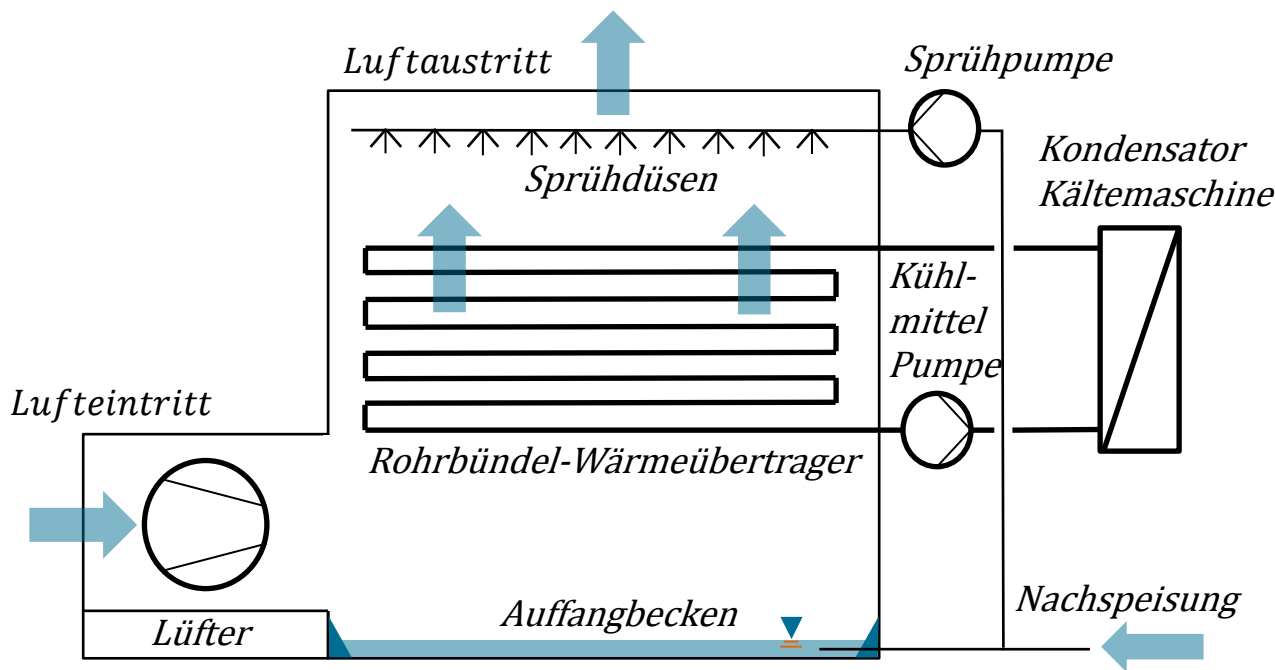
Schraubenverdichter

max. Kälteleistung	469 kW
min. Kälteleistung	60 kW
max. elektrische Leistungsaufnahme	119 kW
max. Leistungszahl	4,5

Modellbildung

Rückkühlwerke

- Fließschema eines hybriden (feucht, trocken) Rückkühlers



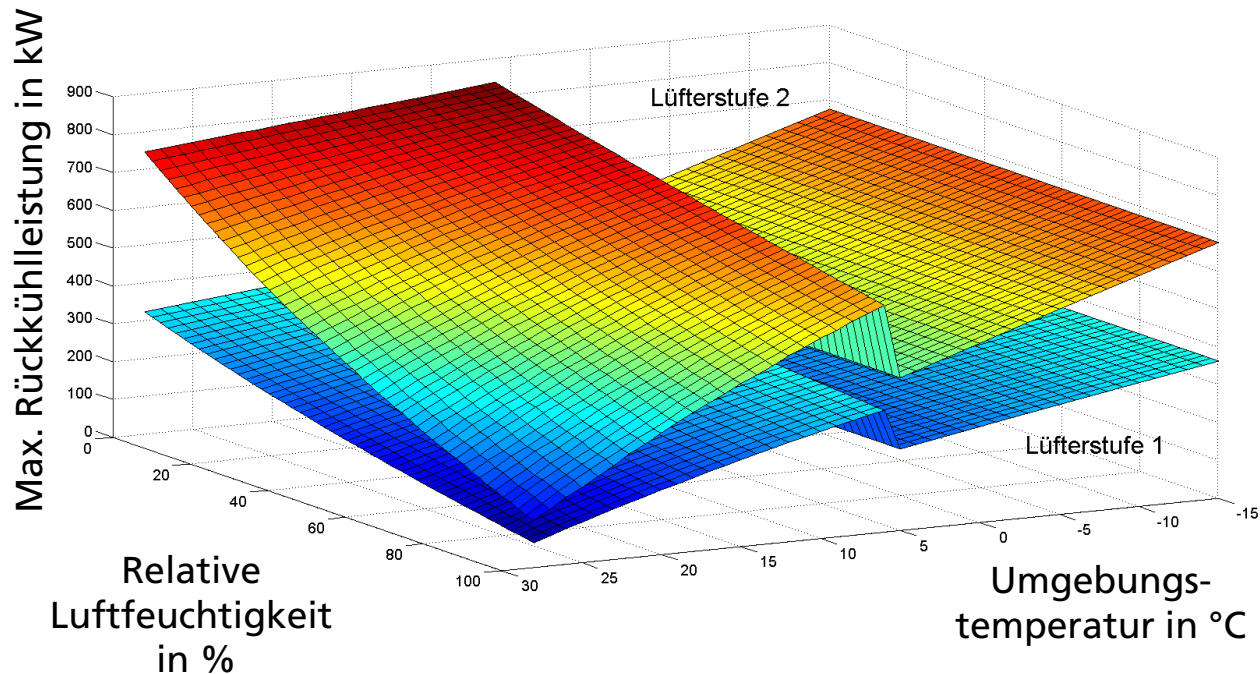
Rückkühlwerk

Technologie	hybrid
Ventilator-Stufen	0/1/2
Berieselungs-Stufen	0/1
max. elektrische Leistungsaufnahme	50 kW

Modellbildung

Rückkühlwerke

■ Einflussfaktoren auf die Rückkühlleistung



Variable Einflüsse

Umgebungstemperatur

Relative Luftfeuchtigkeit

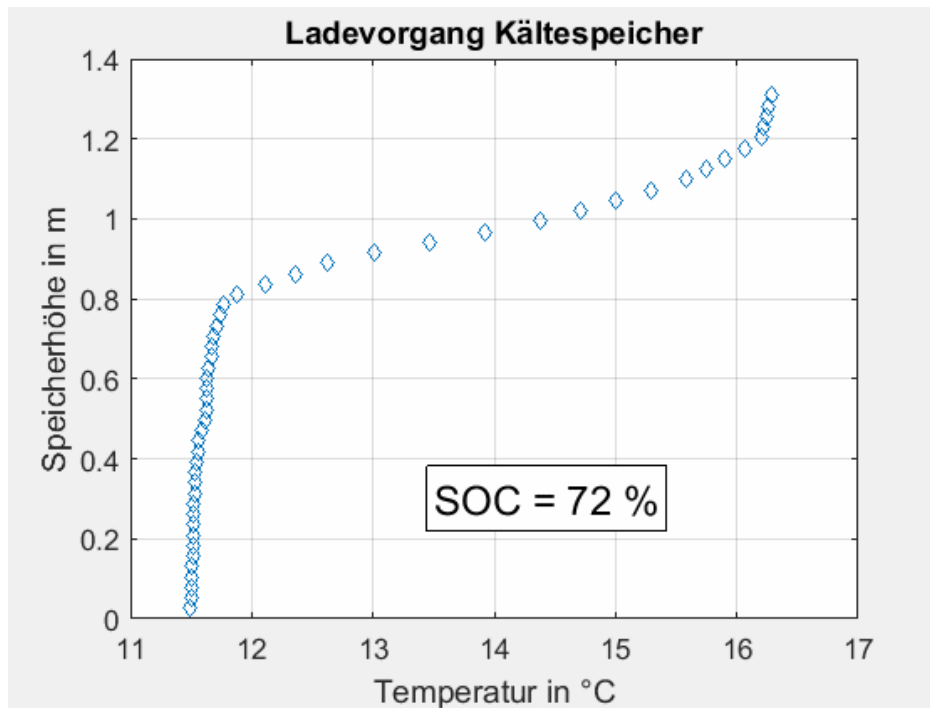
Ventilator-Stufe (Luftmassenstrom)

Temperaturniveau der Rückkühlaufgabe (hier ca. 32 °C)

Modellbildung

Kältespeicher

■ Kaltwasserspeicher



Kältespeicher

Wasserspeicher

Verdrängungsprinzip

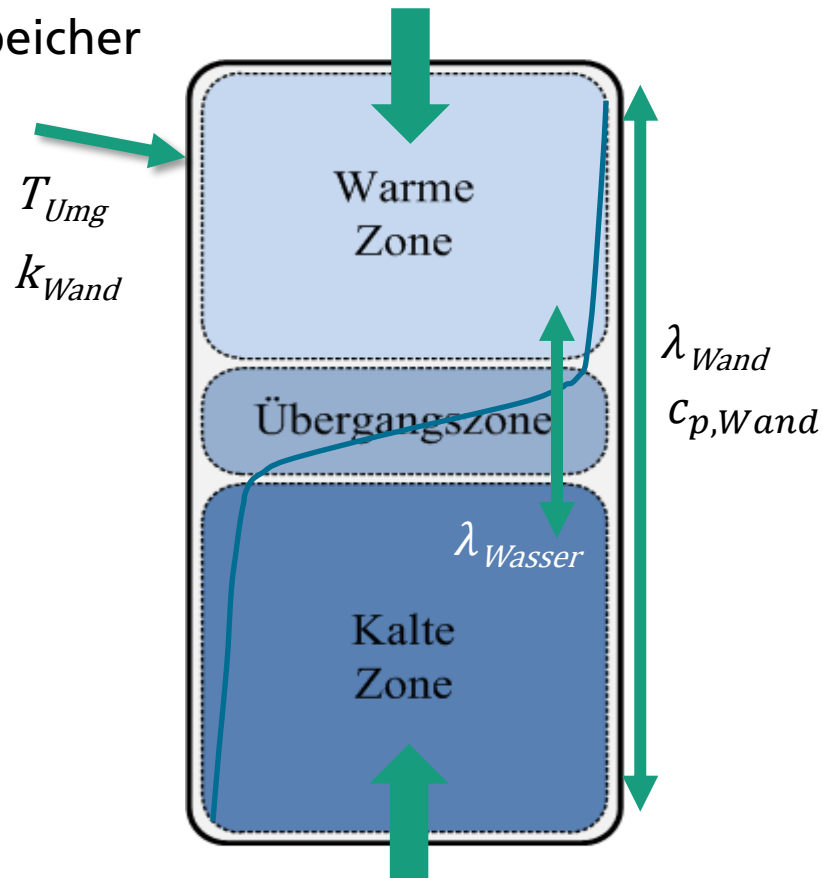
Thermische Schichtung
(Temperaturzonen)

Temperaturniveau
~12 °C Vorlauf
~17 °C Rücklauf

Modellbildung

Kältespeicher

■ Kaltwasserspeicher



Kältespeicher

Advektion

Wärmeleitung

Turbulenzen

Wärmeeintrag aus
Umgebung

Übersicht

1. Motivation

2. Modellierung von Kälteversorgungssystemen

- a. Datenerhebung, Referenzsystem
- b. Modelle der Einzelkomponenten

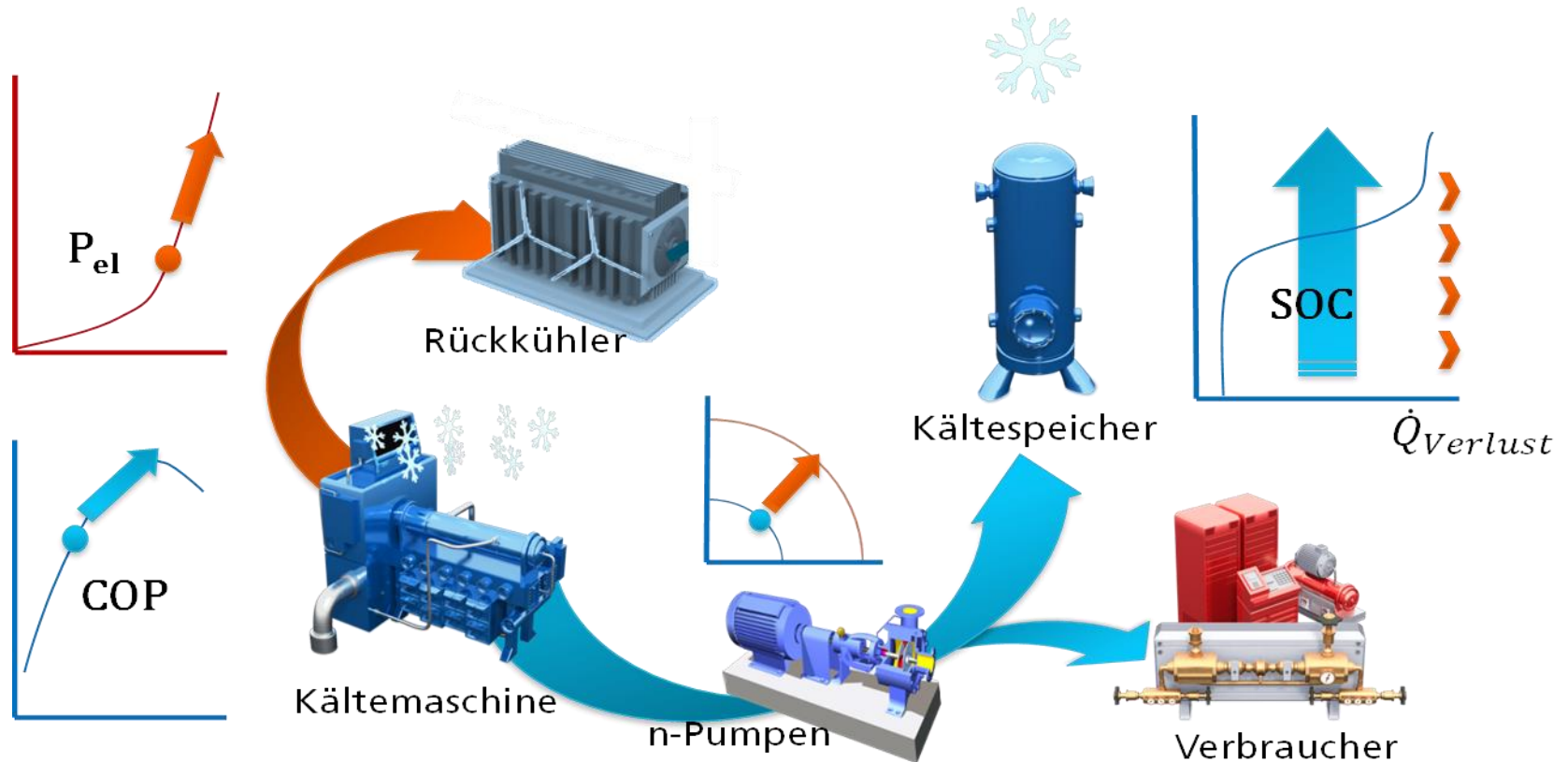
3. Betriebskonzept und Speichersteuerung

- a. Nutzungsstrategien
- b. Fahrplan und Prognose
- c. Simulationsergebnisse

4. Zusammenfassung und Bewertung

Betriebskonzept

Anlagenwirkungsgrade

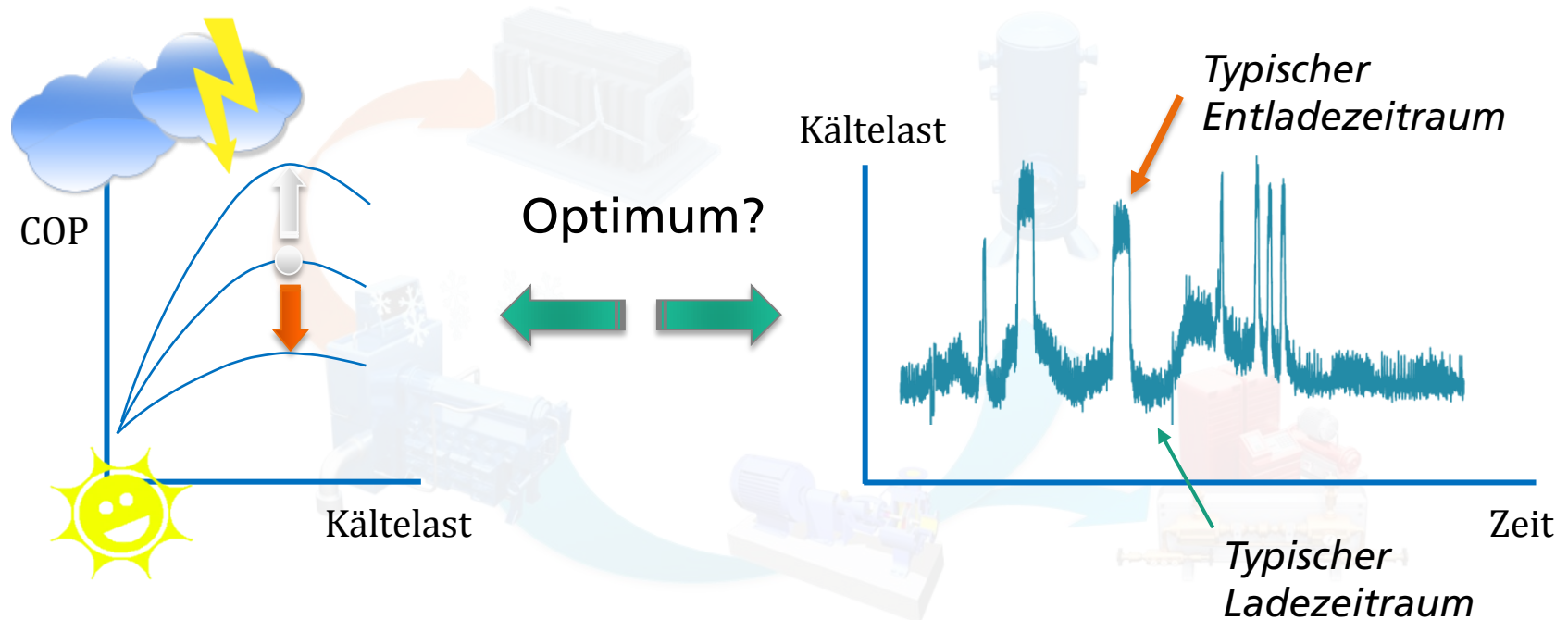


Betriebskonzept

Anlagenwirkungsgrade

Umgebungsbedingungen

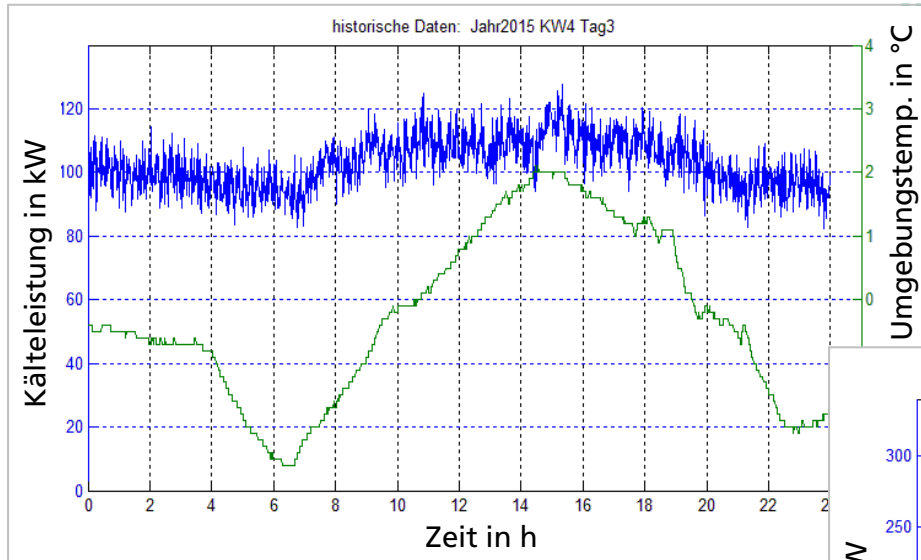
Kältebedarfsprofil



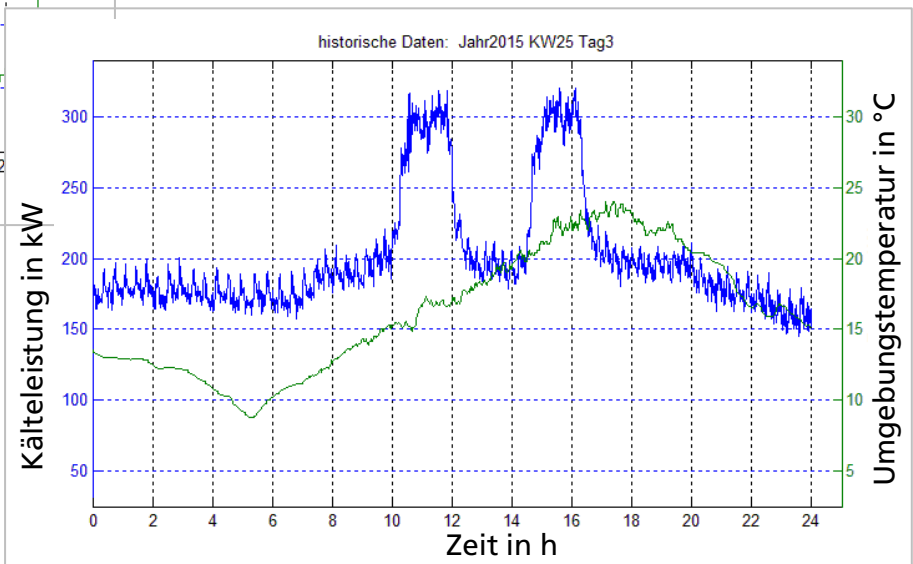
→ Ausnutzung von Wetterschwankungen (z.B. auch Tag-/Nachtwechsel)

Betriebskonzept

Kältelast- und Witterungsprofil



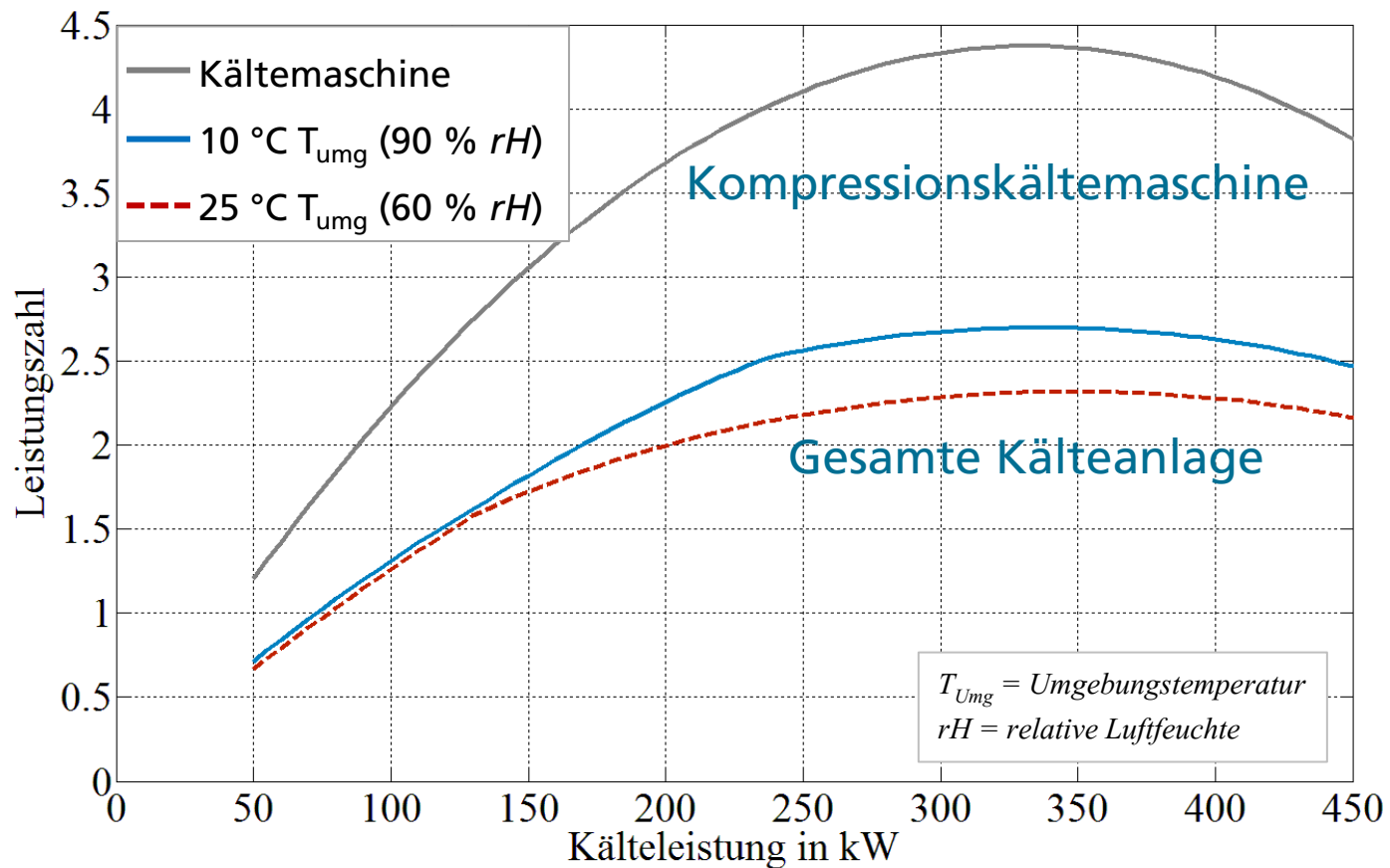
Winter



Sommer

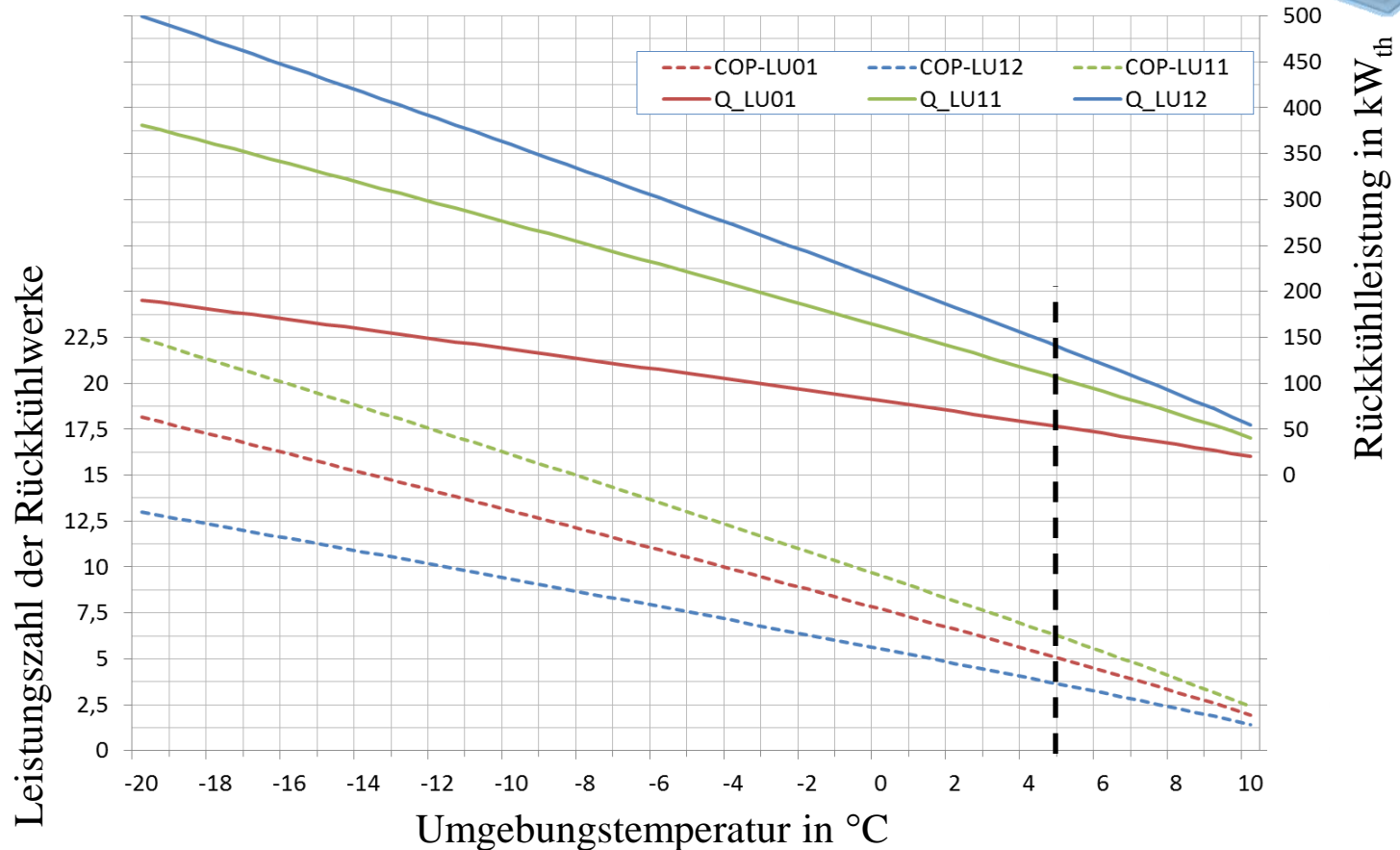
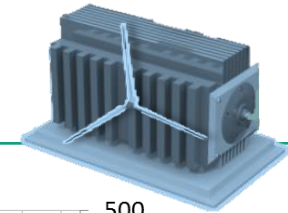
Betriebskonzept

Leistungszahl der Kälteversorgung



Betriebskonzept

Leistungszahl der freien Kühlung



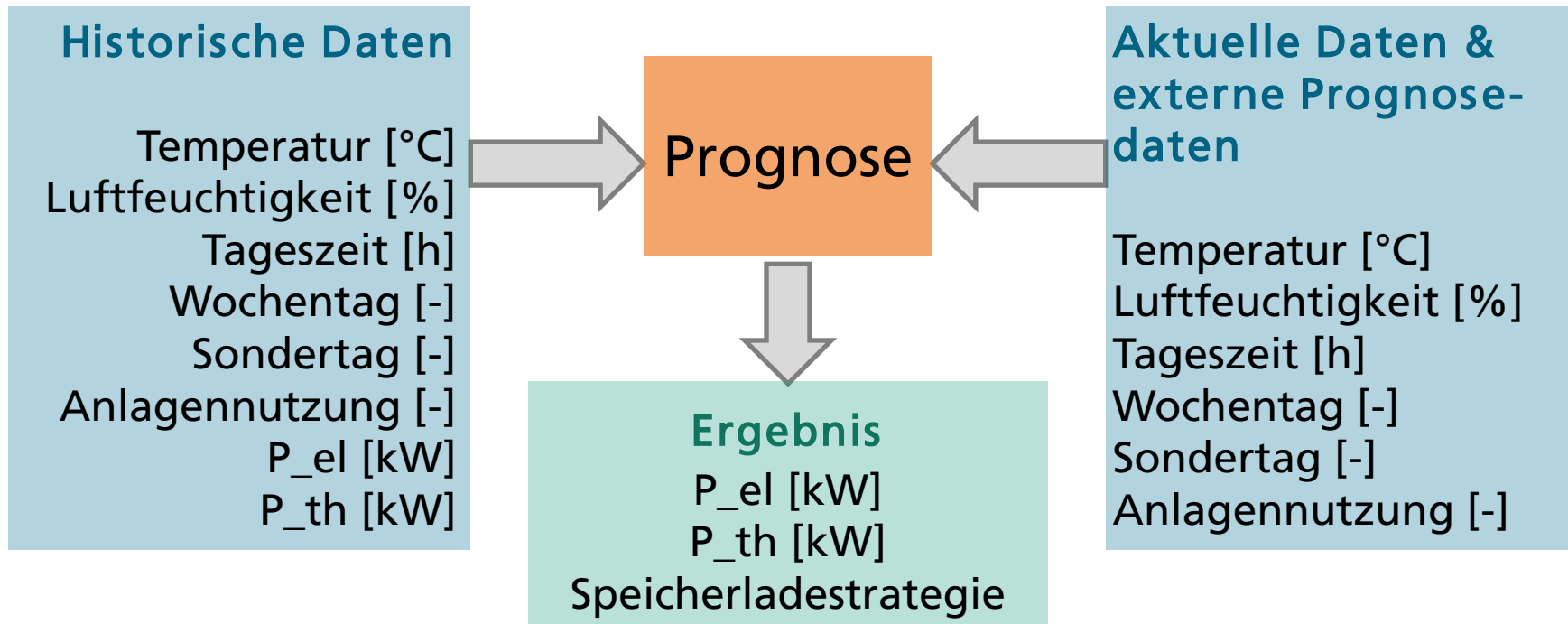
Betriebskonzept

Prognose

Modellbestimmung
(Vergangenheit)

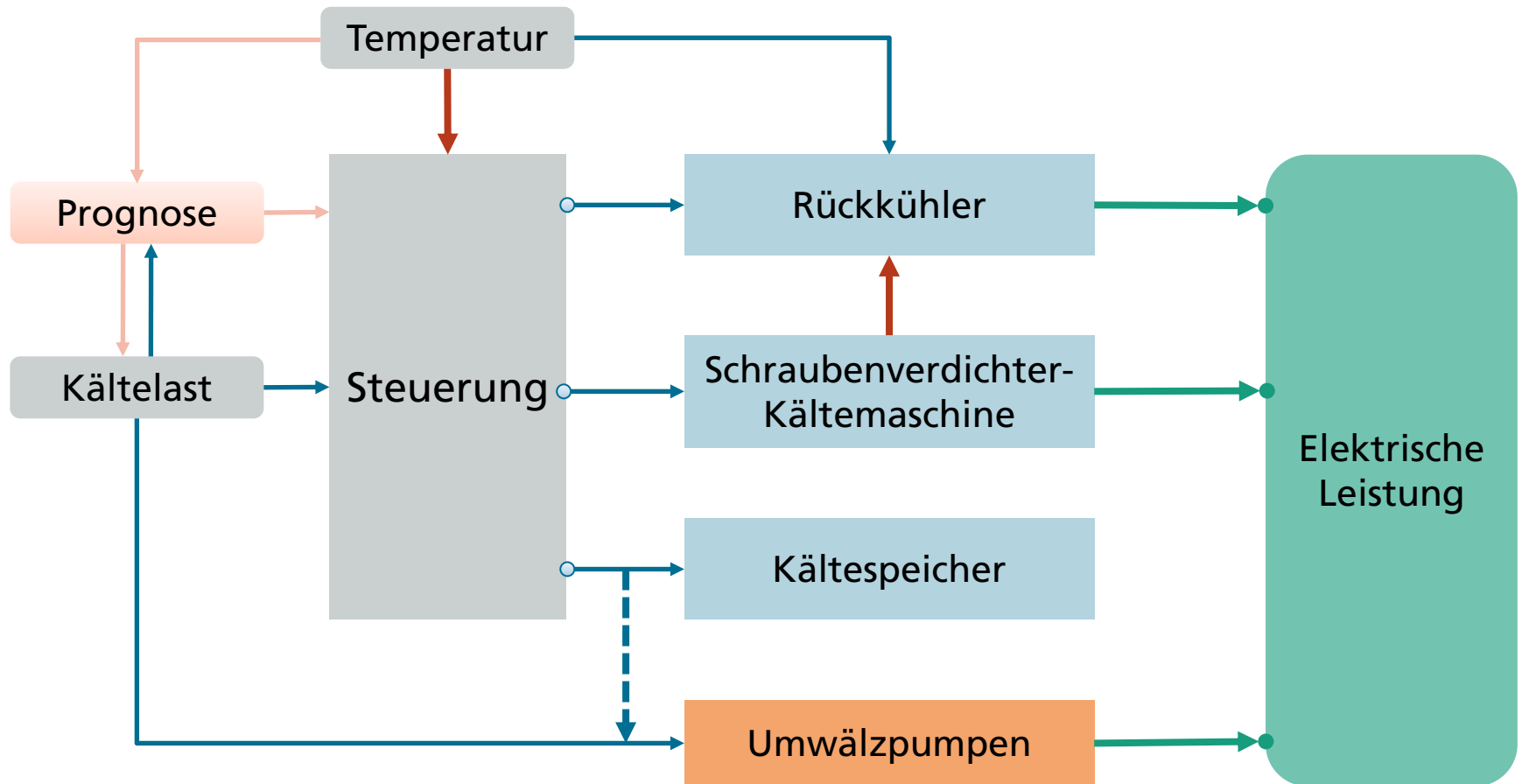
$$P_{el}(t) = f(\vartheta, rH, h, d, KW, st)$$
$$P_{th}(t) = f(\vartheta, rH, h, d, KW, st)$$

Prognoseberechnung
(Zukunft)

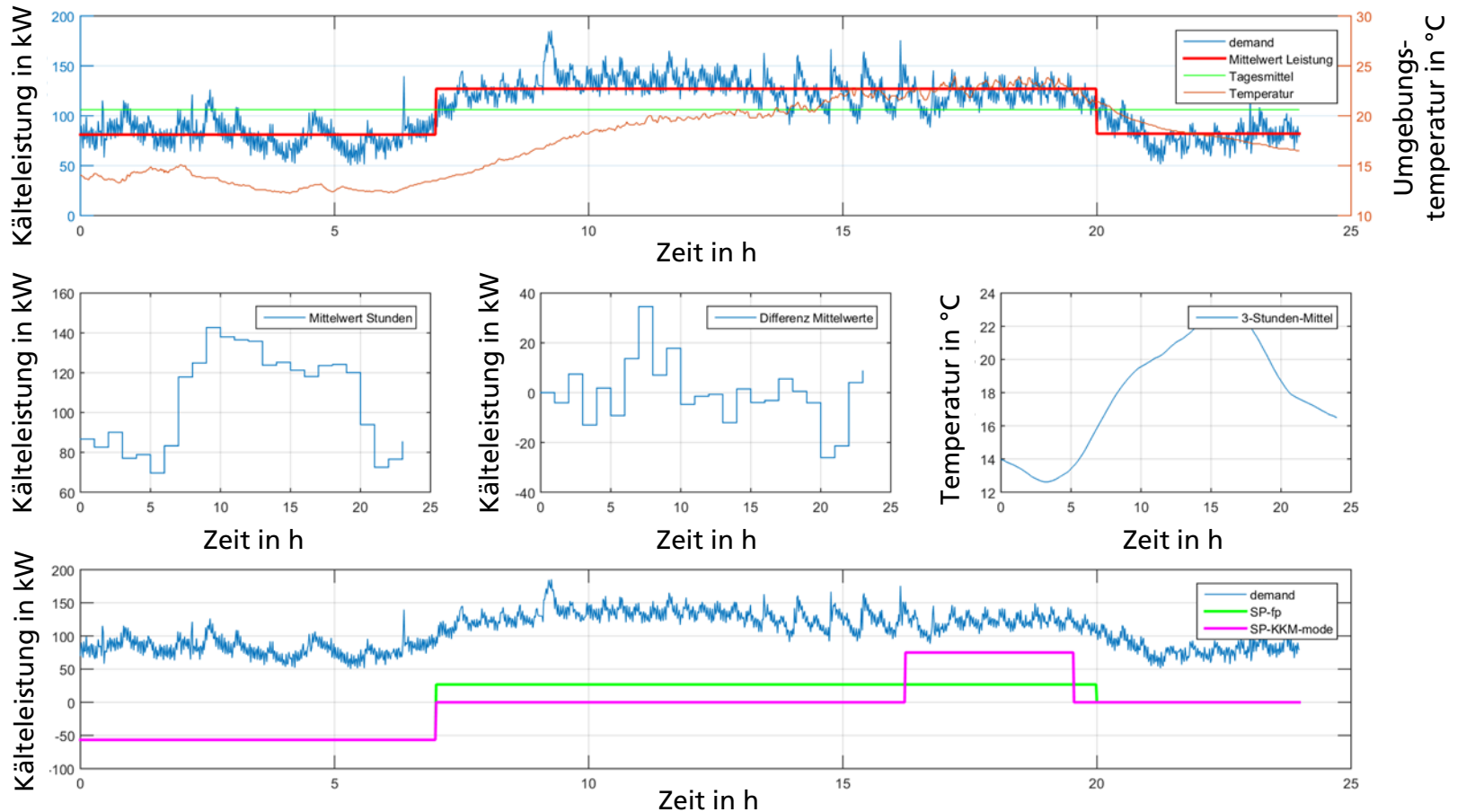


Betriebskonzept

Aufbau der Simulation

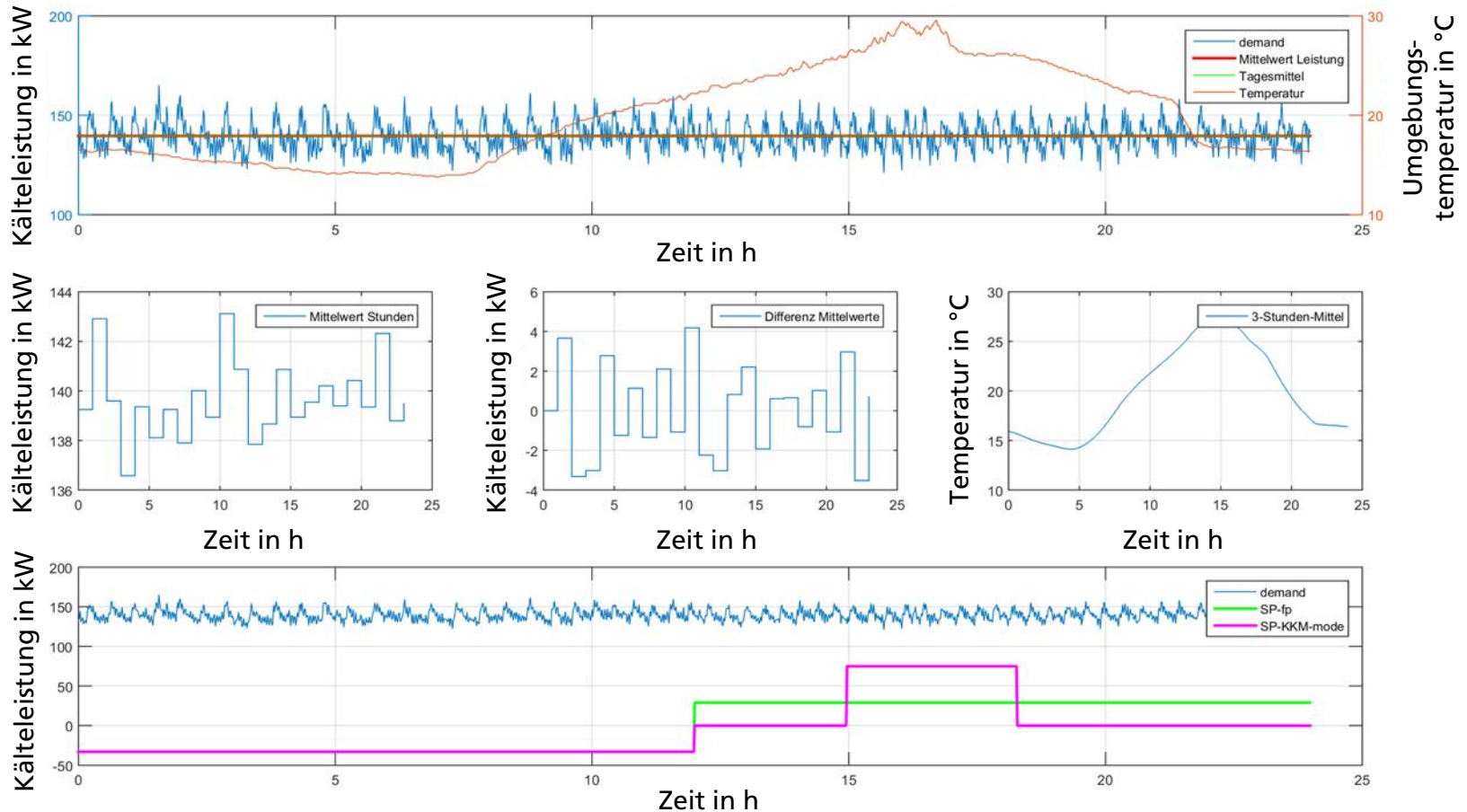


Betriebskonzept Speicher-Fahrplan



Betriebskonzept

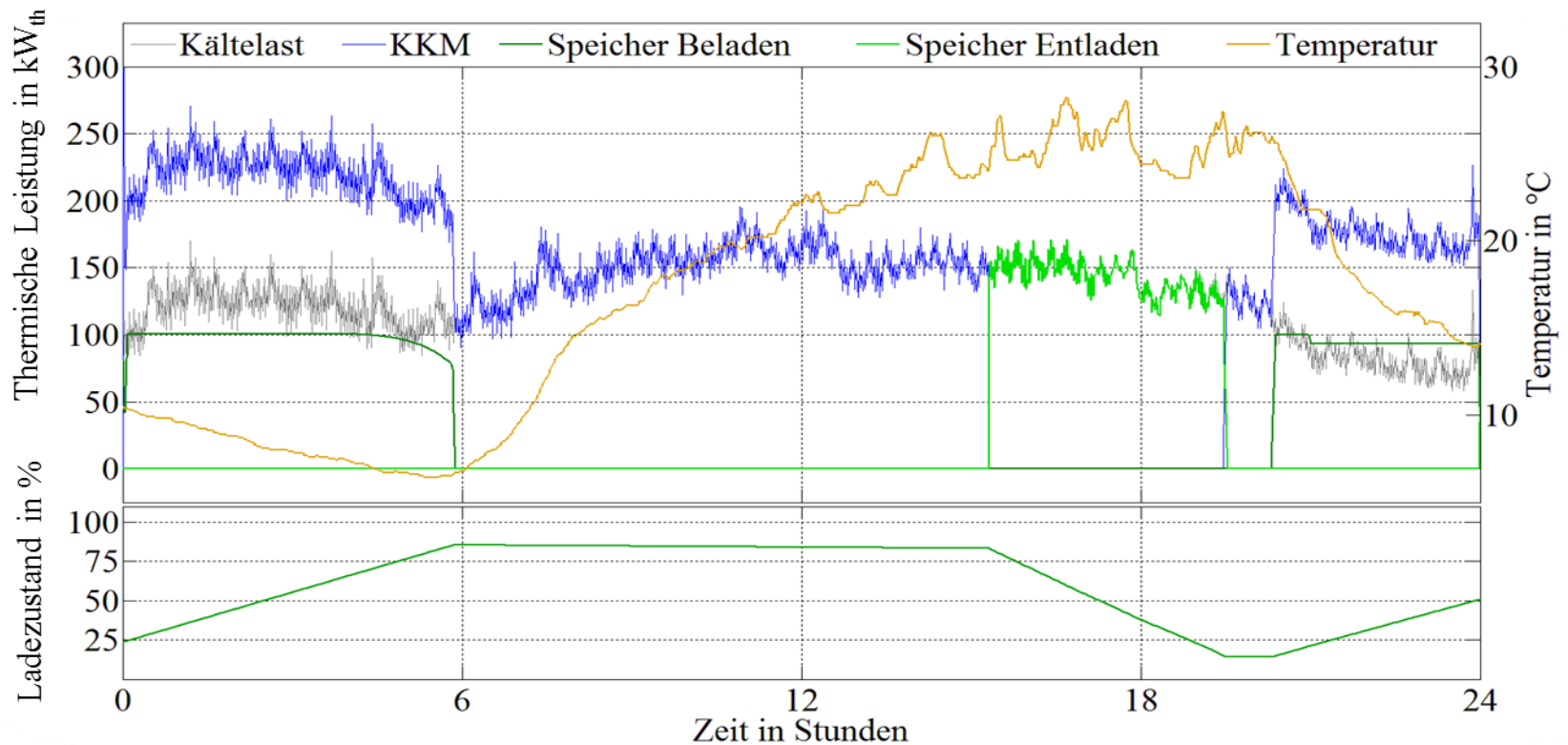
Speicher-Fahrplan



Betriebskonzept

Simulierter Lastverlauf - Sommer

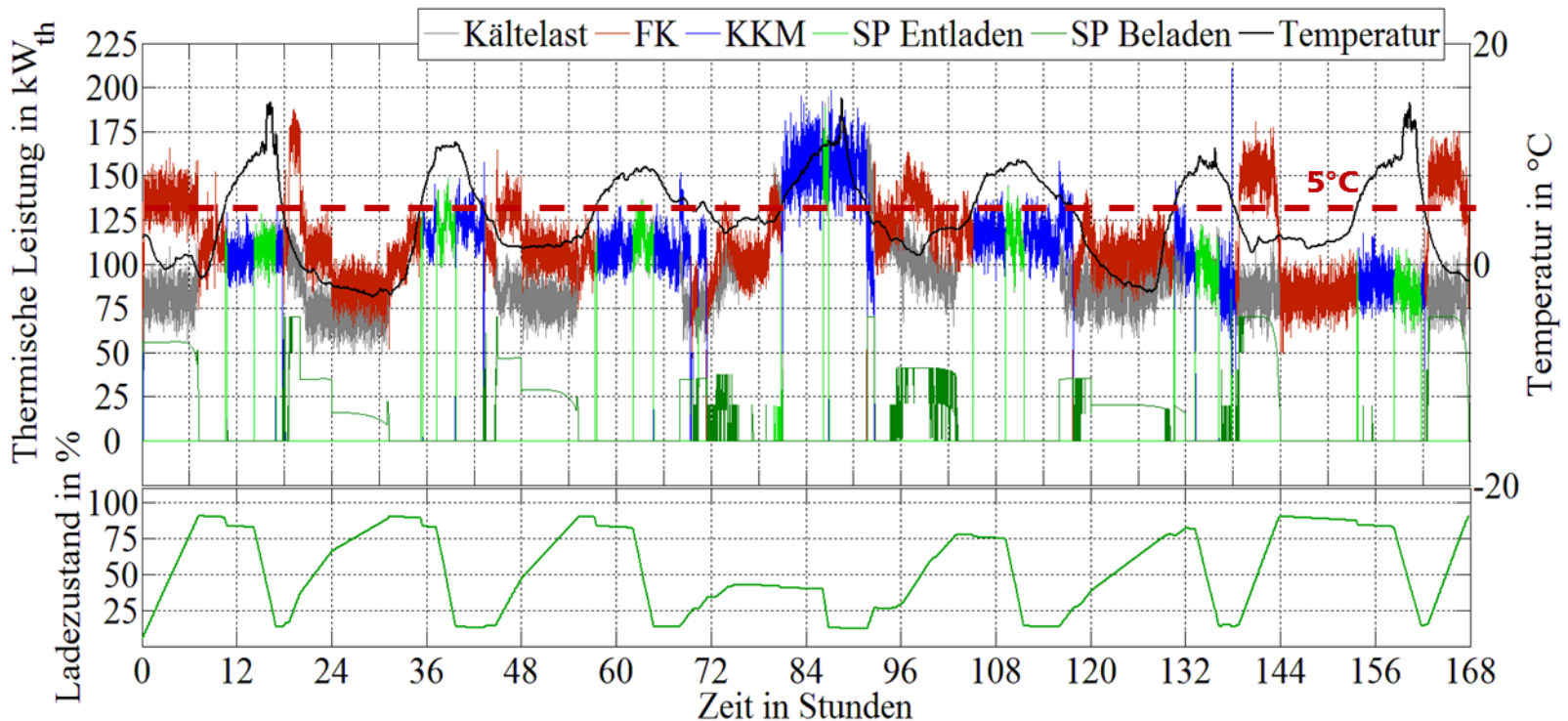
■ Simulationsergebnisse: Kältespeicher und „Nachterzeugung“



Betriebskonzept

Simulierter Lastverlauf - Winter

- Simulationsergebnisse: Freie Kühlung und „Nachterzeugung“



Übersicht

1. Motivation

2. Modellierung von Kälteversorgungssystemen

- a. Datenerhebung, Referenzsystem
- b. Modelle der Einzelkomponenten

3. Betriebskonzept und Speichersteuerung

- a. Nutzungsstrategien
- b. Fahrplan und Prognose
- c. Simulationsergebnisse

4. Zusammenfassung und Bewertung

Zusammenfassung und Bewertung

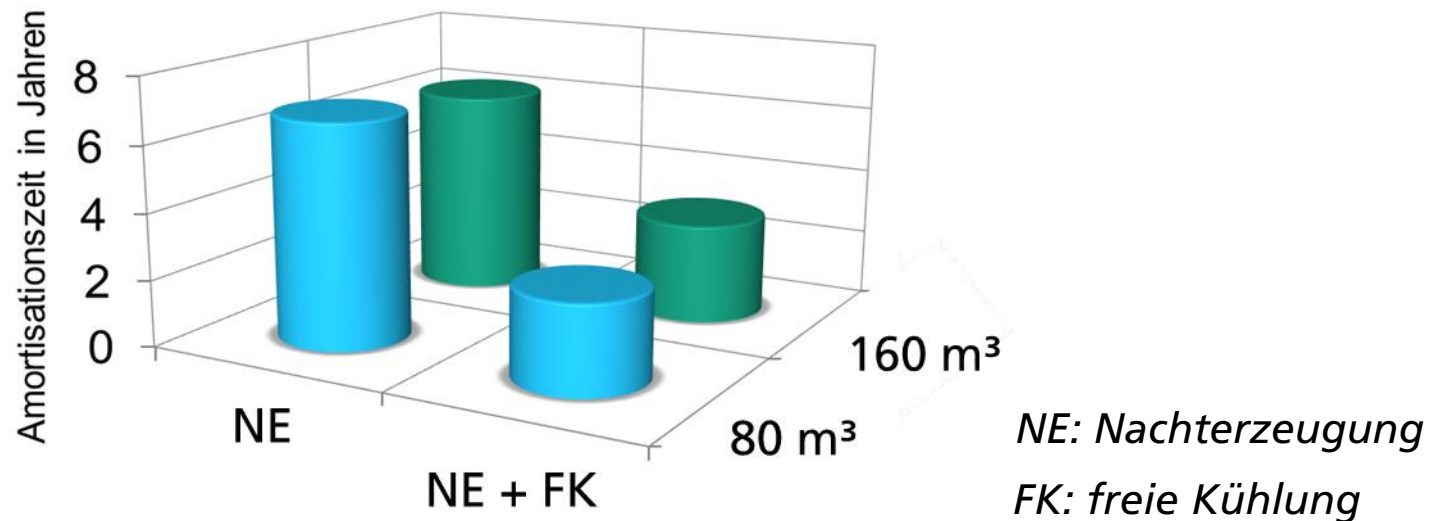
Voraussetzungen des Speicherbetriebs

- Effizienter Einsatz von Speichern erfordert:
 - Prognosewerkzeuge für den Entwurf von „Fahrplänen“
 - Individualisierte Betriebsstrategien
 - Kenntnis der eigenen Versorgungssituation (Monitoring)

- Simulation als Planungswerkzeug für Energiesysteme
 - Bekannt durch gute Ergebnisse aus vielen Projekten
 - Eignung zur Gegenüberstellung unterschiedlicher Versorgungskonzepte und Betriebsstrategien (nicht-invasiv)
 - Möglichkeit der Dimensionierung von Systemkomponenten (z. B. thermische Speicher)

Zusammenfassung und Bewertung Potenzial Kältespeichern

- Optimierte Betriebsstrategien für Kälteversorgungssysteme mit Speichern
 - Kältespeicher bieten hohes Potenzial für Effizienzsteigerung
 - Einsparungen ca. 10 bis 30 % der Kältegestehungskosten
 - Die Betriebsstrategie ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit



Vielen Dank!

Dipl.-Ing. Philipp Puls

Fraunhofer Institut für integrierte Systeme und Bauelementetechnologie

Energietechnik

Schottkystr. 10

91058 Erlangen, Germany

Telefon: +49 (0) 9131/761-245

philipp.puls@iisb.fraunhofer.de

www.iisb.fraunhofer.de

<http://www.energy-seeds.org/>