

# FlexKälte

## Flexibilisierung vorhandener Kälteanlagen und deren optimierter Einsatz in einer Realweltanwendung



Autoren: Moritz Frahm, Luisa Schorn

### 1. Motivation

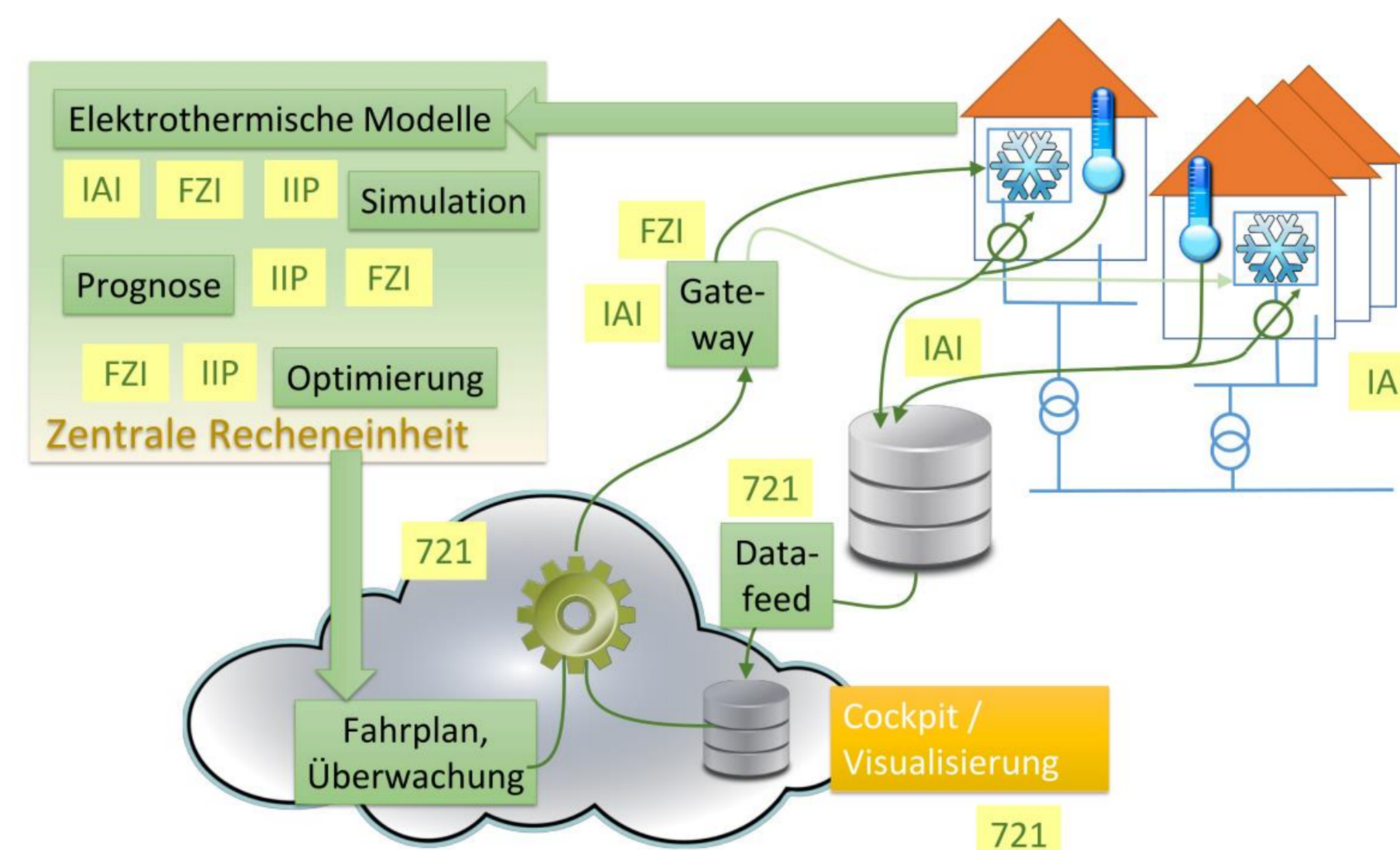
- Klimaschutzplan bis 2050: 60% des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien
  - Nicht steuerbare und fluktuierende Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien
  - Hohe Bedeutung: Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage
  - Intelligente Steuerung von flexiblen Verbrauchsanlagen aus der Kälteerzeugung
  - Sektorkopplung Strom und Kälte
  - Gewerbegebäude und insb. Liegenschaften verfügen häufig über Kälteanlagen zur Erzeugung von Prozess- und Klimakälte
  - Hierfür Einsatz von kleineren dezentralen Kältemaschinen oder größeren zentralen Kältenetzen
  - Kältenetz und Gebäude stellen thermische Kapazitäten dar, die bislang häufig ungenutzt bleiben
- Optimierungspotential: Ausnutzung dieser thermischen Kapazitäten zur koordinierten Ansteuerung vorhandener Kälteanlagen

### 2. Rand- und Rahmenbedingungen

- Förderung durch Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- Arbeit im Forschungsverbund, Kooperation mit:
  - Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)
  - Forschungszentrum Informatik (FZI),
  - SevenZone Informationssysteme GmbH (721)
  - Stadtwerke Karlsruhe (SWK)
- Projektdauer: 3 Jahre
- Untersuchung der Kälteanlagen in der Liegenschaft am KIT Campus Nord

### 3. Vorhaben

- Analyse und Auswahl geeigneter Kälteanlagen
- Aufbau und Betrieb der Mess-, Steuerungs- und Dateninfrastruktur
- Erstellung elektrothermischer Modelle und Simulation auf Basis dieser
- Messdatenanalyse und Interpretation zur Entwicklung von Flexibilitätsnutzungsstrategien
- Feldtest mit Realdemonstrator
- Web-Anwendung „FlexKälte-Portal“ zur Visualisierung und zum Monitoring
- Ableitung von Handlungsempfehlungen



- Vielfalt und Umfang der untersuchten Systeme
- Verschiedenste Kälteanwendungen:
  - Labor- und Büroräume
  - Rechenzentren
  - Teilchenschleuniger
  - Heliumverflüssigung
  - Supraleitung
- Etwa 25 Kältemaschinen
- Kälteleistung von 50 bis 1000 kW
- Bis zu 10 m<sup>3</sup> Pufferspeicher

### 4. Umsetzung

- Modell-basierte Methodik hängt von Güte des Modells ab
- Kombination aus analytischer und empirischer Modellierung („grey box modeling“)
- Empirischer Anteil stützt sich auf Messdaten
- Systeme zur Messdaten-Erhebung am KIT:
  - Energie-Controlling-System (ECS)
  - Gebäudeautomation (GA)
  - Installation weiterer Sensoren und Einbindung in existierende Systeme
- Wetterdaten vom Deutschen Wetterdienst bezogen
- Analytischer Ansatz stützt sich auf:
  - Zusammenhang zwischen elektrischer und thermischer Energie der Kältemaschinen
  - Kapazität und Wärmeleitfähigkeit, etwa von Gebäuden
- Elektrothermisches Gebäudemodell
  - $U = I * R \rightarrow \Delta T = \dot{Q} * R$
  - Modellierung der Wände, Wärme- und Kältequellen, Temperaturen und Wärmeströme als: Widerstände, Kapazitäten, Stromquellen etc.
- Schnittstellenspezifikation und Messkonzept als Grundlage für Datenanalyse und Abschätzung des Flexibilitätspotenzials
- Flexibilitätspotenzial gegeben aus Kapazität sowie Differenz zwischen Bedarf und maximaler Leistung
- Simulation zur Ausarbeitung erster Optimierungsstrategien
- Umsetzung/ Erprobung ausgewählter Strategien im Feldtest
- Prüfung von Steuerungsmöglichkeiten für Feldtests

- Beispiel eines elektro-thermischen Gebäudemodells:

