



TB – STARCHEL



bioenergy2020+

ÖKO-OPT-QUART

Ökonomisch optimiertes Regelungs- und Betriebsverhalten komplexer Energieverbünde zukünftiger Stadtquartiere

Workshop

Graz, 25.01.2019



© pixLab studios

Partner

Wissenschaftliche Partner

bioenergy2020+



Unternehmenspartner

TB – STARCHEL





© pixLab studios

Programm

<p>9:00</p>	<p>Begrüßung und Vorstellung des Projektes ÖKO-OPT-QUART</p> <p>Markus Gölles, Daniel Muschick (BE2020)</p>
<p>9:15 – 10:00</p>	<p>Bewertung des Einsatzes modellprädiktiver Regelungen bei komplexen Energieverbänden in Stadtquartieren</p> <p>Hermann Schranzhofer (IWT), Ingo Leusbrock (AEE INTEC), Andreas Moser (BE2020)</p>
<p>10:00 – 10:15</p>	<p>Pause</p>
<p>10:15 – 11:00</p>	<p>Technische Umsetzung einer modellprädiktiven Regelung</p> <p>Siegfried Stark (TB Starchel), Franz Lackner (PMC), Karl Eibisberger (ISWAT)</p>
<p>ab 11:00</p>	<p>Ausklang bei Getränken und Brötchen</p>



© pixLab studios

Vorstellung des Projektes ÖKO-OPT-QUART

Daniel Muschick
Andreas Moser
Markus Gölles
BIOENERGY 2020+

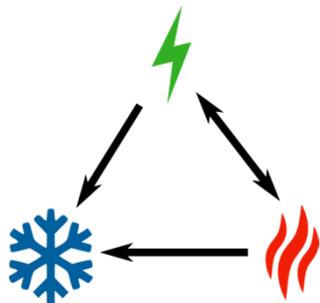


© pixLab studios

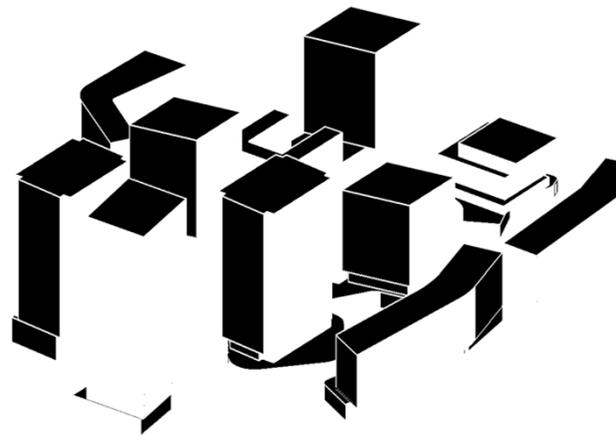
Motivation Optimierung

Steigende Komplexität der **Integration in Netze**
(variable Tarife, Strommärkte)

Integration von **erneuerbaren**,
aber **volatilen** Energiequellen



Verstärkte **Kopplung**
zwischen den Sektoren



Stadtquartier



Notwendigkeit der ökonomischen,
ökologischen und sicheren Versorgung



© pixLab studios

Motivation Vorausschauende Regelstrategie

- Vorhersage der Erträge aus erneuerbaren Energiequellen und der Netztarife
- Vorausschauende Bewirtschaftung der Speicher
- Vorausschauende Einsatzplanung

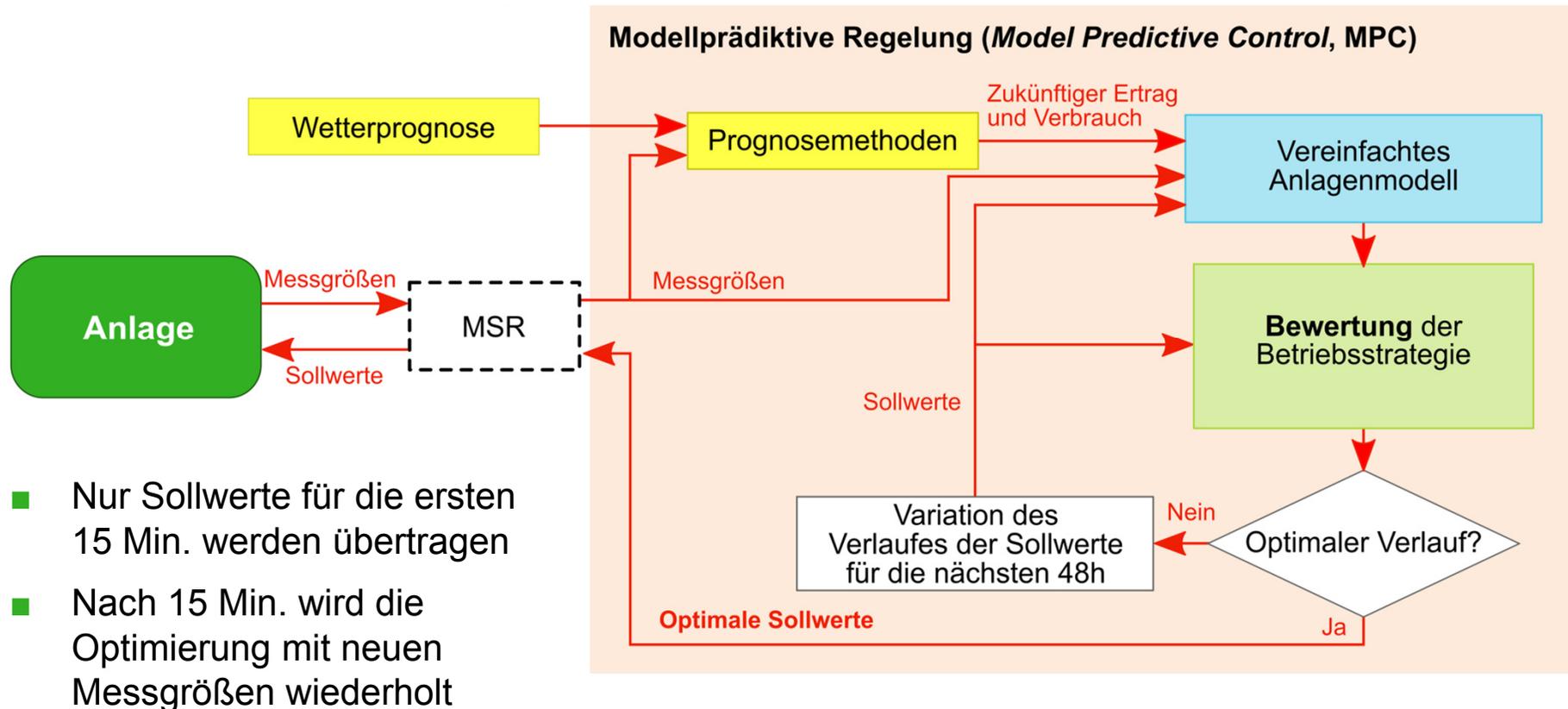


→ **Vorausschauende Regelstrategie**



© pixLab studios

Prinzip optimale vorausschauende Regelung: Modellprädiktive Regelung



→ „Moving horizon“- Prinzip Optimierung → Regelung



© pixLab studios

Projektziele

FRAGESTELLUNG

Welche Vorteile kann eine modellprädiktive Regelung für komplexe Energieverbände bringen?

- funktionell
- energetisch
- ökologisch
- ökonomisch

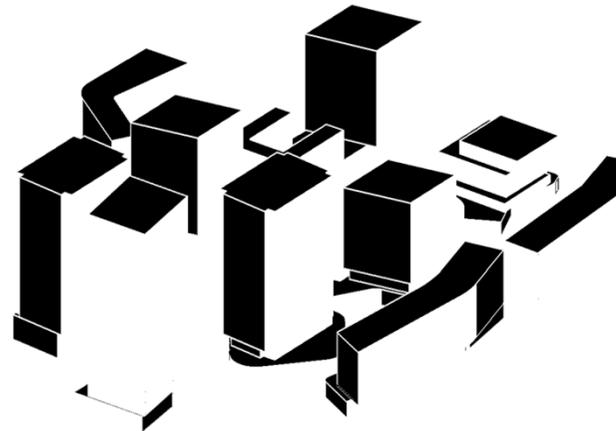
ÖKO-OPT-QUART, Kooperatives F&E Projekt,
Stadt der Zukunft, Februar 2017 bis Jänner 2019





© pixLab studios

Untersuchungsobjekt



Wohnen
37.823 m² BGF

Büro
37.388 m² BGF

Gewerbe
17.209 m² BGF

Quartiere in Graz Reininghaus

Projekt RAHMENPLAN
ENERGIE ENERGY CITY
GRAZ-REININGHAUS

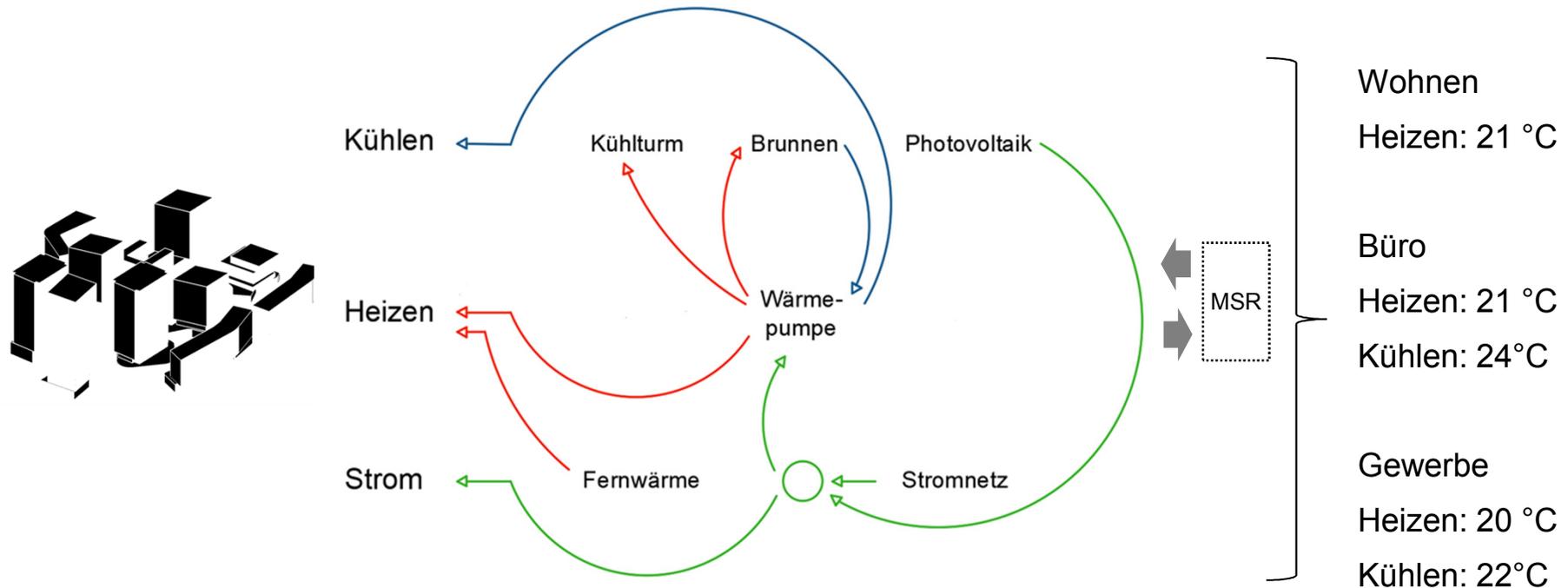
Quartier 1 + 4a

BEBAUUNGSENTWURF
ATELIER THOMAS
PUCHER



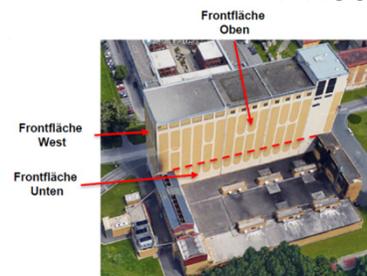
© pixLab studios

Anlagenkonzept des Basisszenarios



Geplante Energieversorgung

TB-STARCHEL Ingenieurbüro-GmbH
 PMC - Gebäudetechnik Planungs-GmbH



Photovoltaik

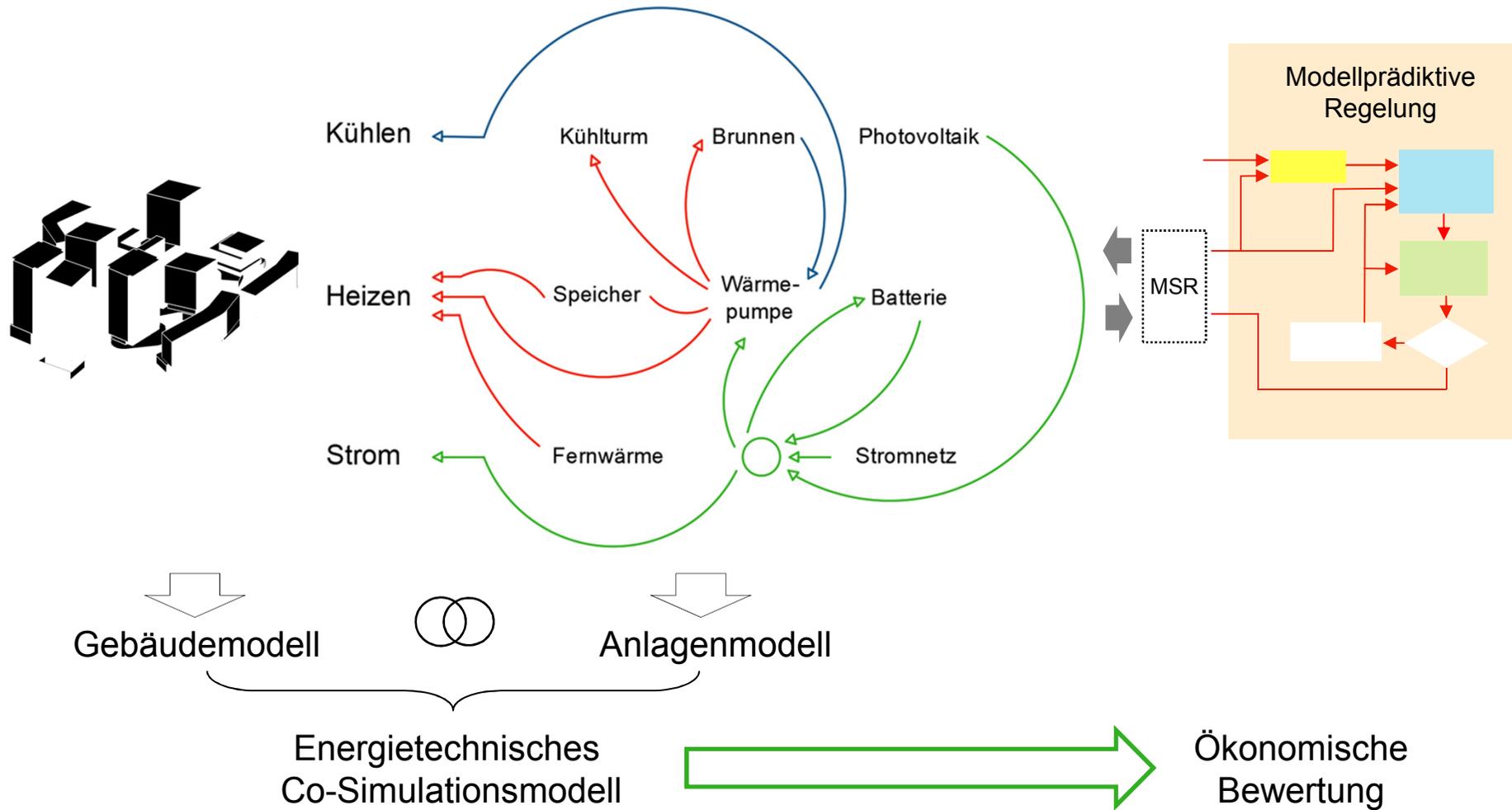
Vorbau Links

Quelle: maps.google.at



© pixLab studios

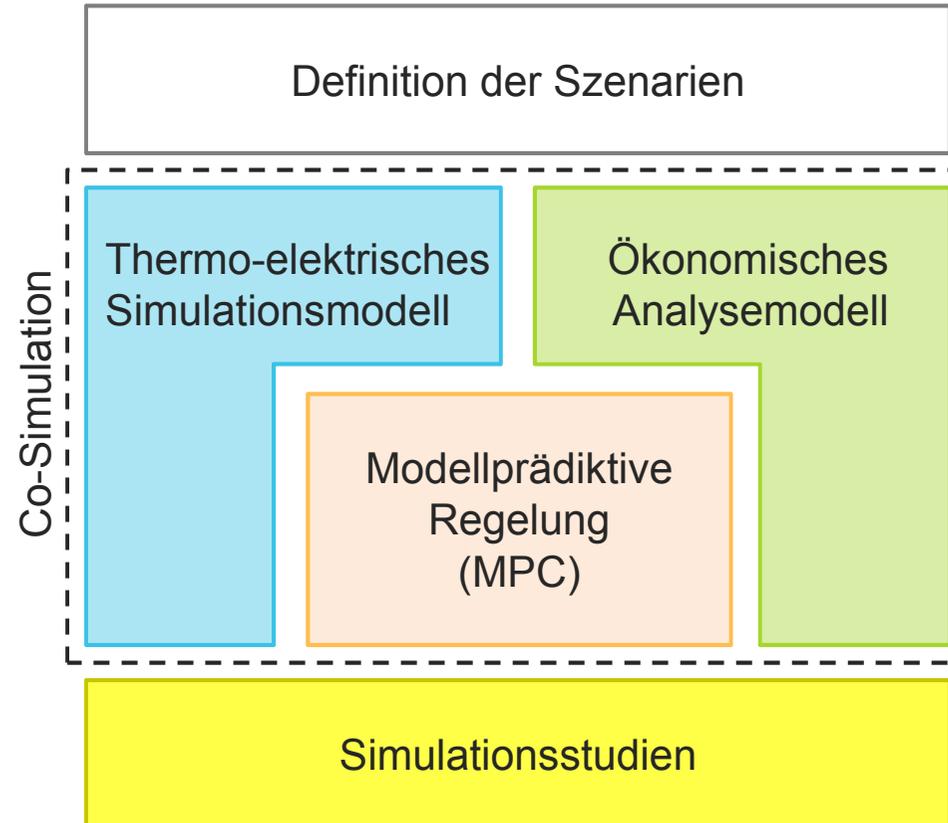
Anlagenkonzept des erweiterten Szenarios





© pixLab studios

Projekt ÖKO-OPT-QUART – Durchgeführte Arbeiten





© pixLab studios

Grundsätzlicher Ansatz der Energietechnischen Simulation und Co-Simulation

Hermann Schranzhofer

Thomas Mach

Peter Nageler

Werner Lerch

TU Graz, Institut für Wärmetechnik



© pixLab studios

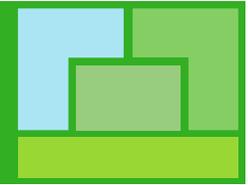
Allgemeine Fragestellungen

- Energieverbrauch von Gebäuden für Heizen und Kühlen
- Solarer Deckungsgrad von Solaranlagen
- Arbeitszahlen von Wärmepumpen
- Wärmeverluste von thermischen Speichern
- Optimierung von Regelungskonzepten
- Auswirkung von Verschattung auf die Kühllast



© pixLab studios

Thermische Anlagen- und Gebäudesimulation (TAGS)

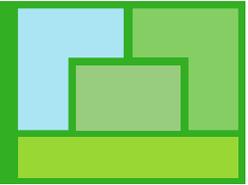


- Detaillierte, zeitaufgelöste Ergebnisse
- Viele unterschiedliche Modellansätze und Tools
- Eingangsdaten und Randbedingungen sind wesentlich
- Grundsätzlich alle Aufgabenstellungen modellierbar
- Variantenstudien, Optimierungsaufgaben
- Arbeitsaufwand oft hoch



© pixLab studios

Co-Simulation

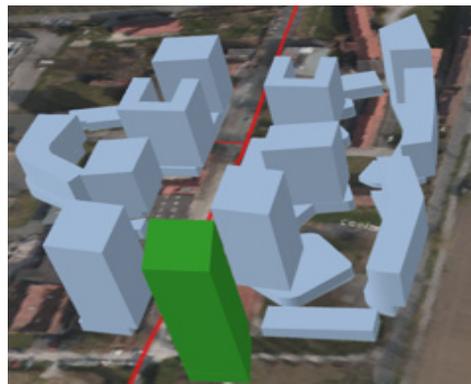
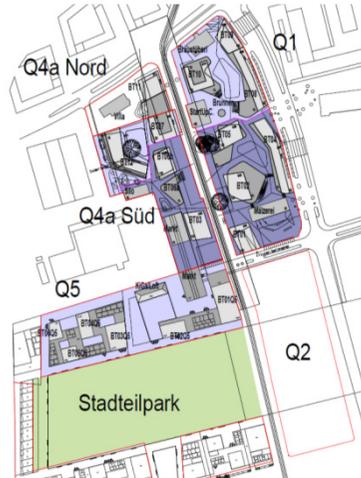


- Dynamische Kopplung von Simulationsplattformen
- Unterschiedliche Technologien (COM, FMI, OOP, BCVTB)
- Ansätze sind schon lange bekannt und im Einsatz
- Stärken unterschiedlicher Programme werden genutzt
- Komplexität erhöht sich
- Arbeitsaufwand oft hoch

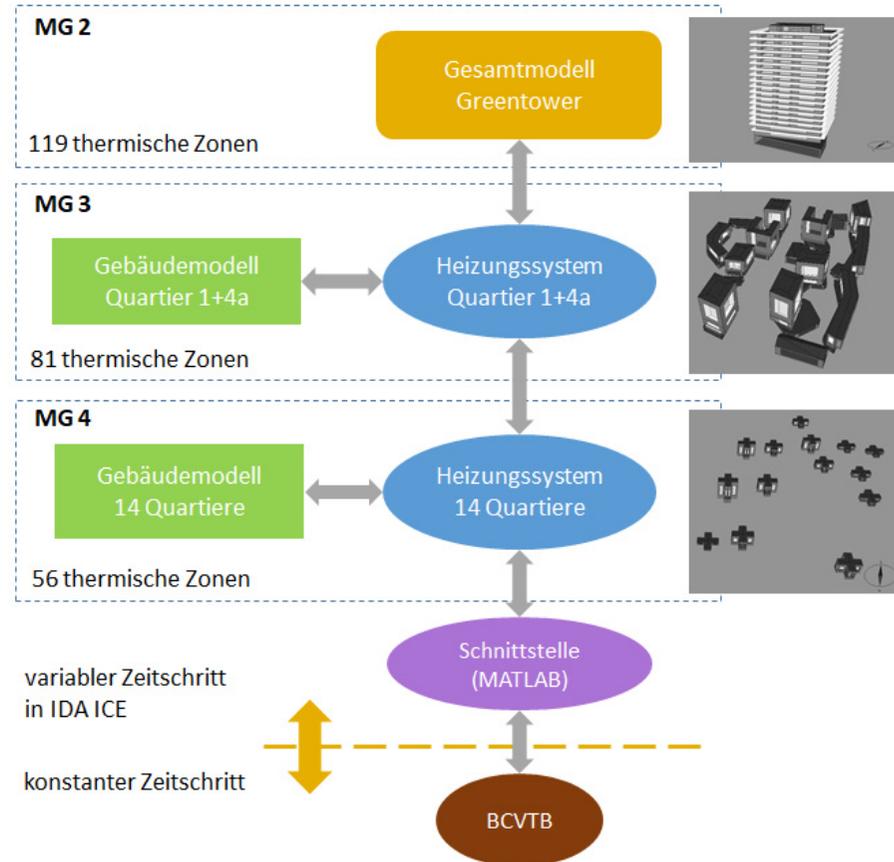


© pixLab studios

Gebäudesimulation in IDA – ICE



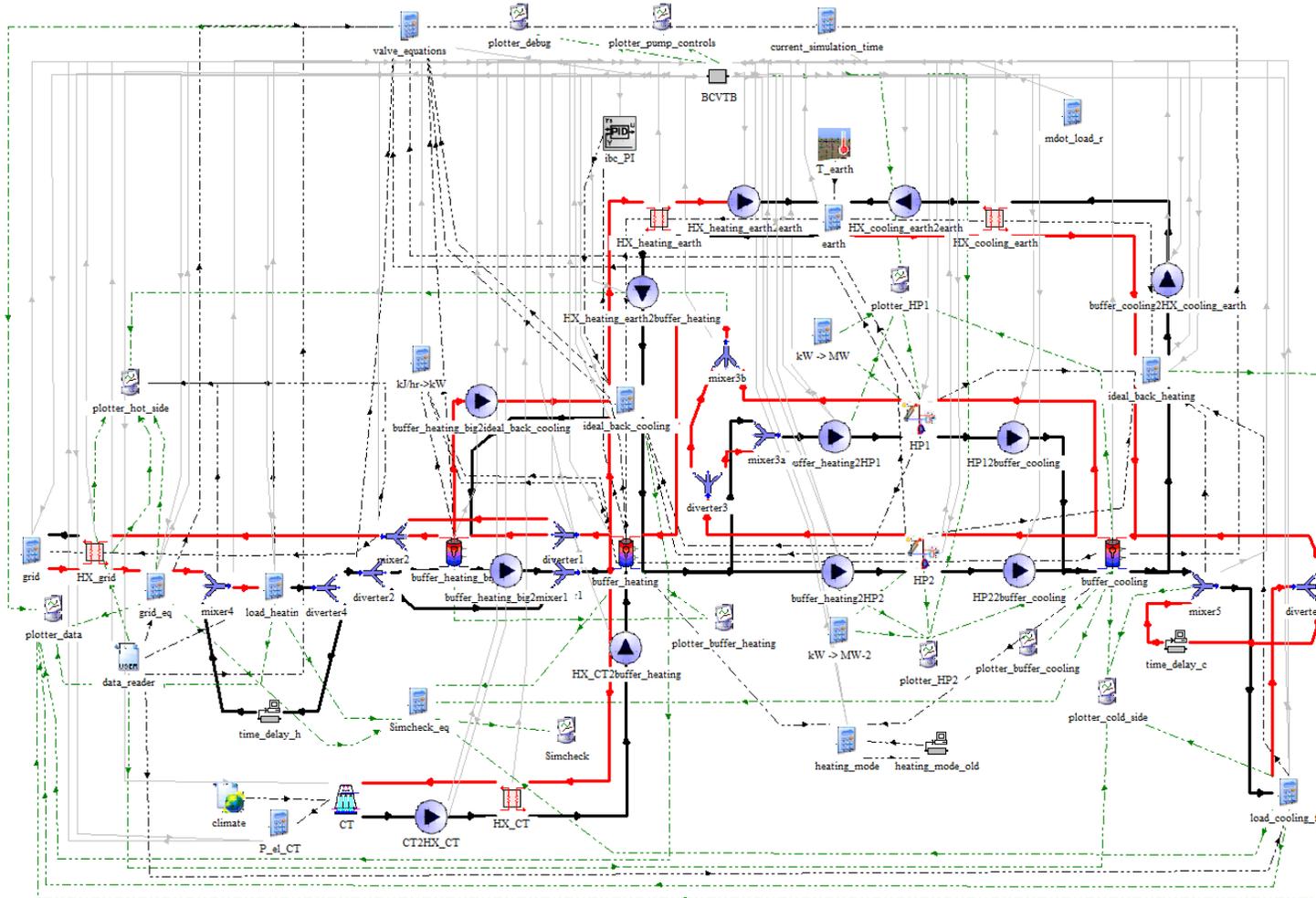
Modellgrößen und interne Co-Simulation





© pixLab studios

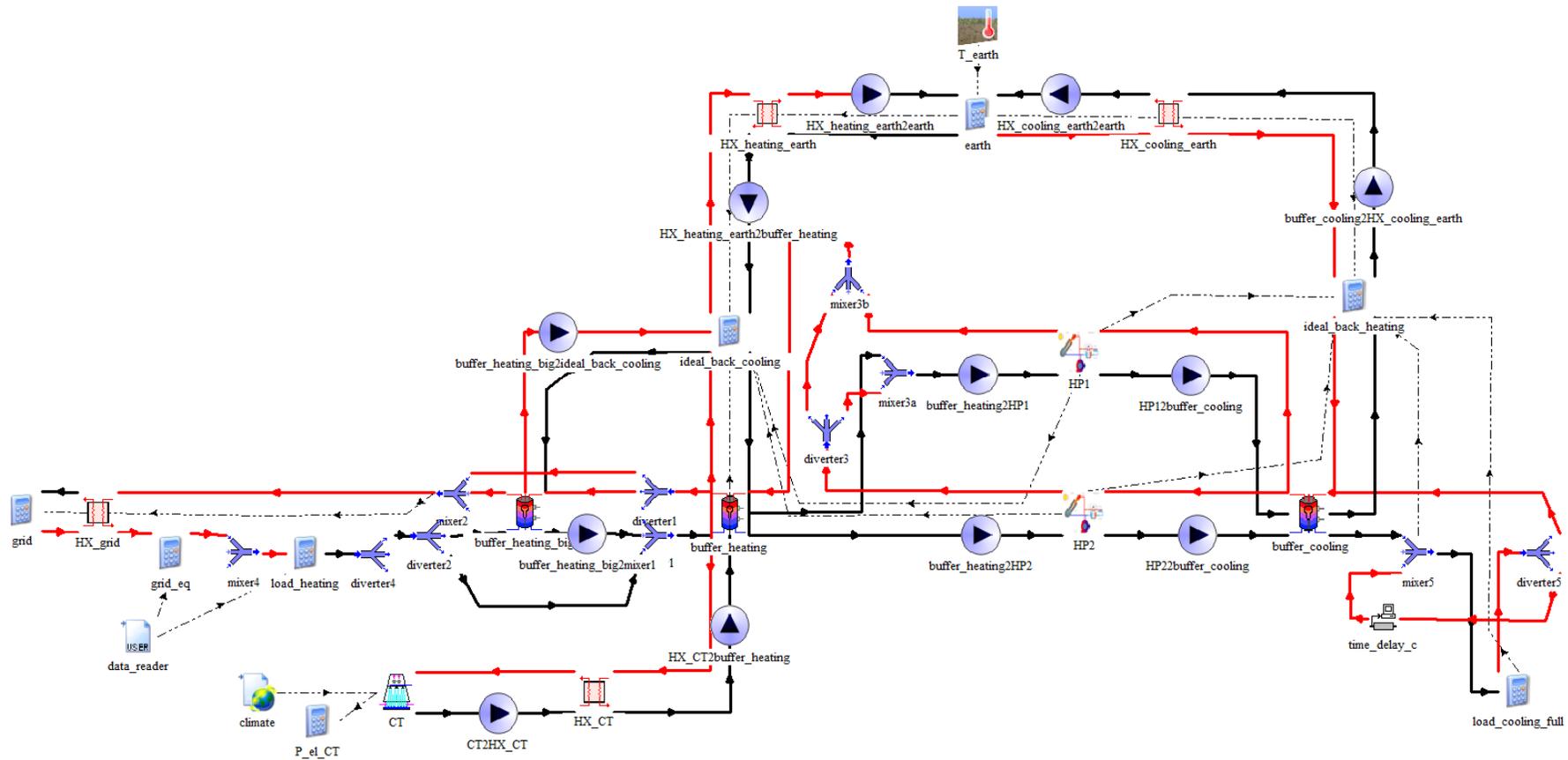
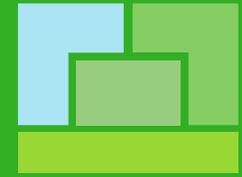
Simulation der Energiezentrale in TRNSYS





© pixLab studios

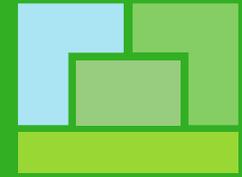
Simulation der Energiezentrale in TRNSYS



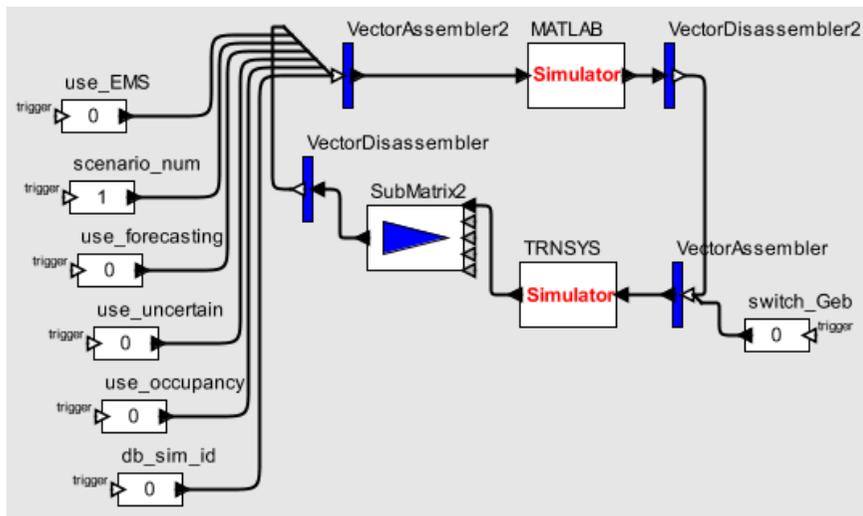


© pixLab studios

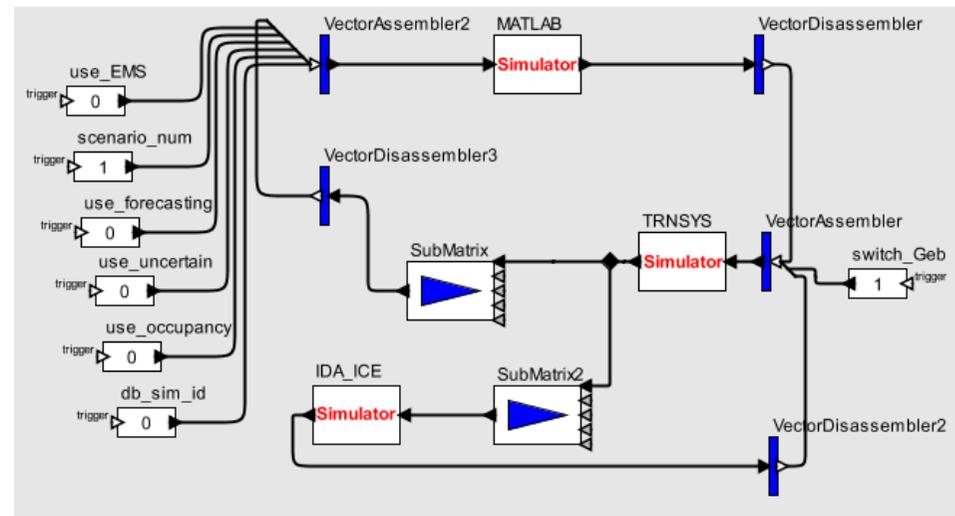
Kopplung über BCVTB



Mit Lastdaten



Mit Gebäudesimulation



<https://simulationresearch.lbl.gov/bcvtb/FrontPage>



© pixLab studios

Ökonomisches Analysemodell

Ingo Leusbrock

Carles Ribas Tugores

AEE INTEC



© pixLab studios

Methode

- Umfassende und detaillierte ökonomische Bewertung von Energiezentralen zukünftiger Stadtquartiere
 - Umfassend
 - Investitionskosten
 - Betriebskosten
 - Wartungskosten
 - Detailliert
 - Auswirkung auf Lebensdauer
 - Einschaltkosten



© pixLab studios

Herausforderungen

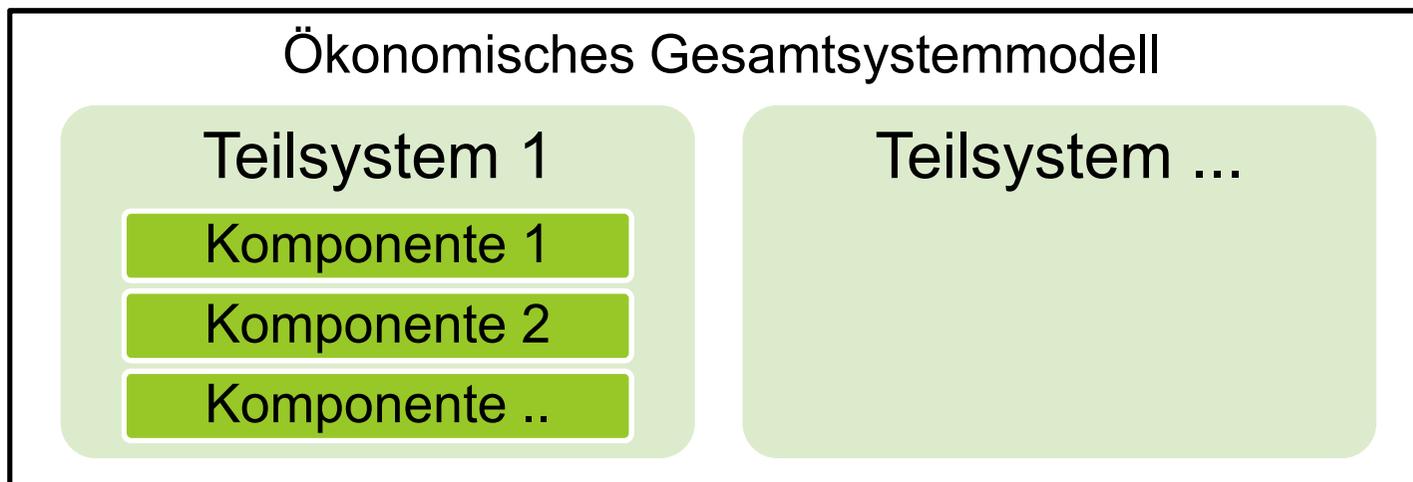
- **Einzigartigkeit jeder Energiezentrale**
→ Modularer Ansatz
- **„Übersetzung“ der Betriebsweise auf Wartung- und Betriebskosten**
→ basiert auf wissenschaftlicher und technischer Literatur sowie Expertenwissen
- **Komplexität**
→ Einschränkung auf wesentliche Komponenten



© pixLab studios

Prinzipieller Ansatz (I)

- Erstellung von Basismodellen sowie erweiterten ökonomischen Modellen
 - Geeignet für Modellierung komplexer Systeme (Modularer Aufbau)

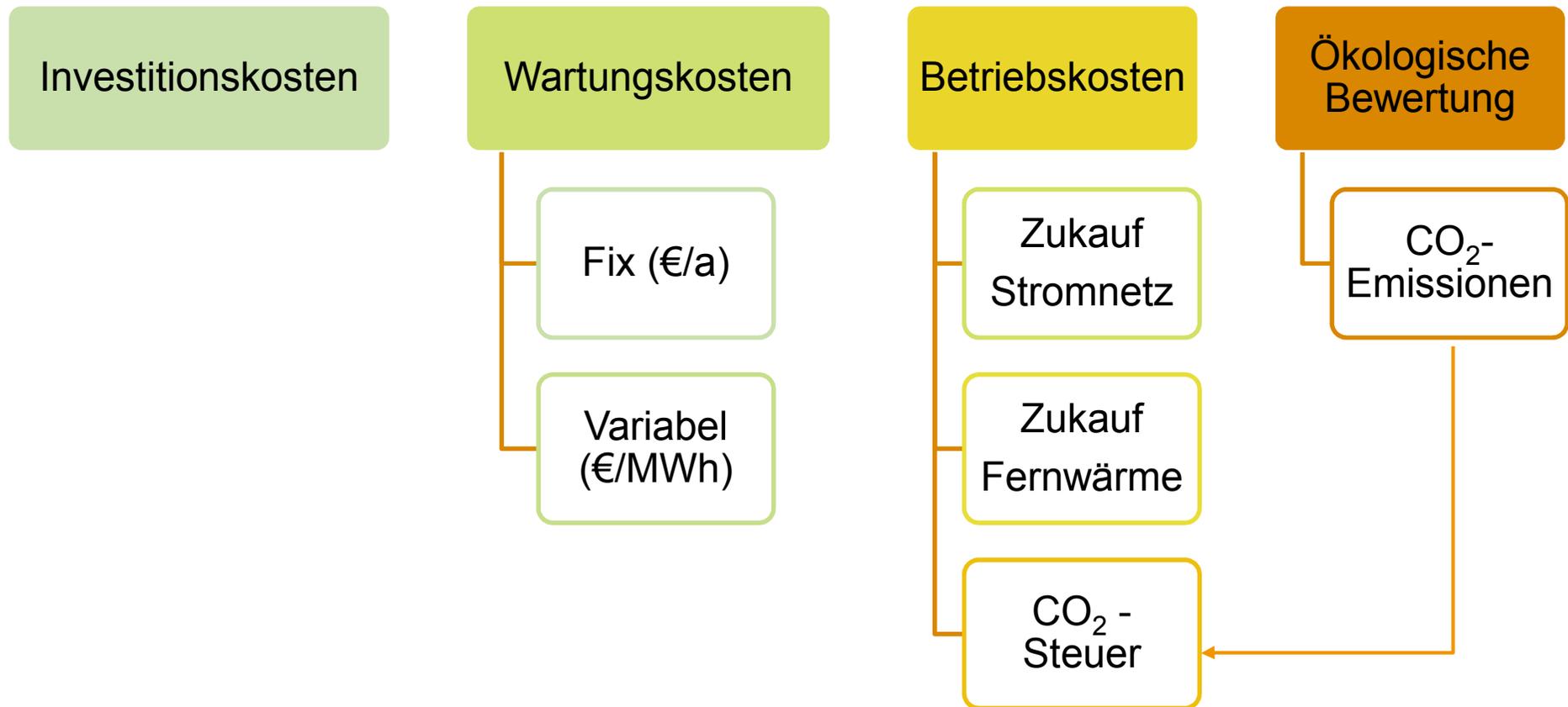




© pixLab studios

Prinzipieller Ansatz (II)

- Erstellung Basismodell für technische Komponenten





© pixLab studios

Prinzipieller Ansatz (III)

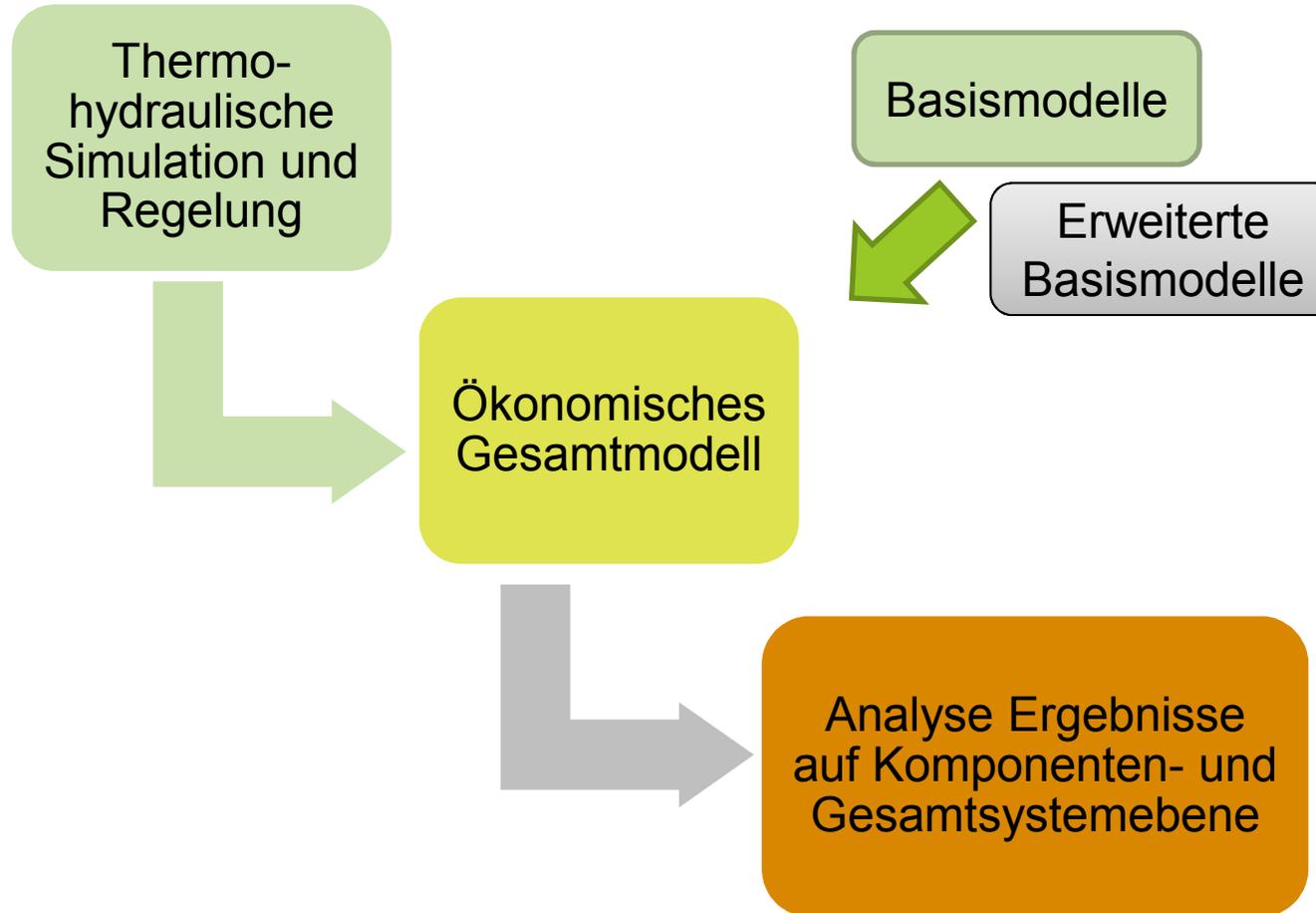
1. Erstellung Basismodell für technische Komponenten
 - Investitions-, Wartungs- (fix und variabel) und Betriebskosten
 - Berechnungen der Emissionen und mögliche CO₂-Steuer

2. Erweitertes Basismodell für
 - Umwälzpumpen: Bestimmung Betriebspunkt bzw. Stromverbrauch über Kennfelder
 - Wärmepumpe: Startverhalten
 - Batterie: Bewertung Lebensdauer und Leistungsabfall



© pixLab studios

Integration in Co-Simulation





© pixLab studios

Was ist alles in der Analyse enthalten?

- Ökonomische Bewertung
- Ökologische Bewertung
- Technische Bewertung
 - Betriebsstunden
 - Stunden je Effizienzbereich
- Bewertung auf Komponentenebene
- Bewertung auf Systemebene
 - Vergleich von Szenarien und Varianten

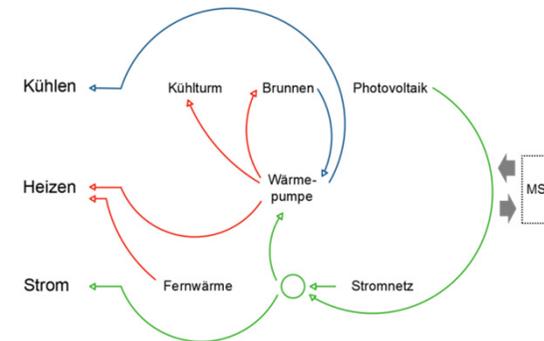


© pixLab studios

Berücksichtigte Komponenten

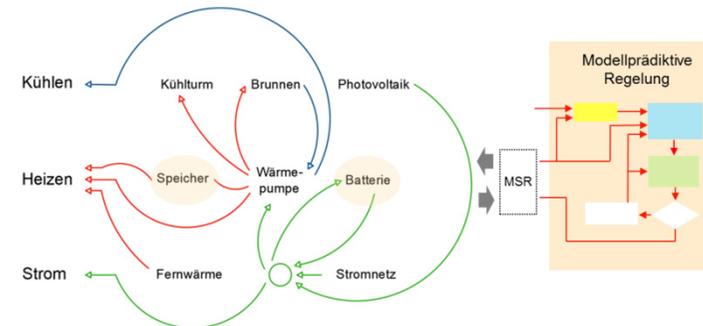
■ Basisszenario

- Umwälzpumpen
- Wärmepumpen
- Kühlturm
- Photovoltaik



■ Erweitertes Szenario

- Batterie
- Speicher
- Modellprädiktive Regelung (MPC)

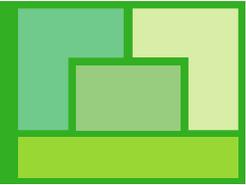




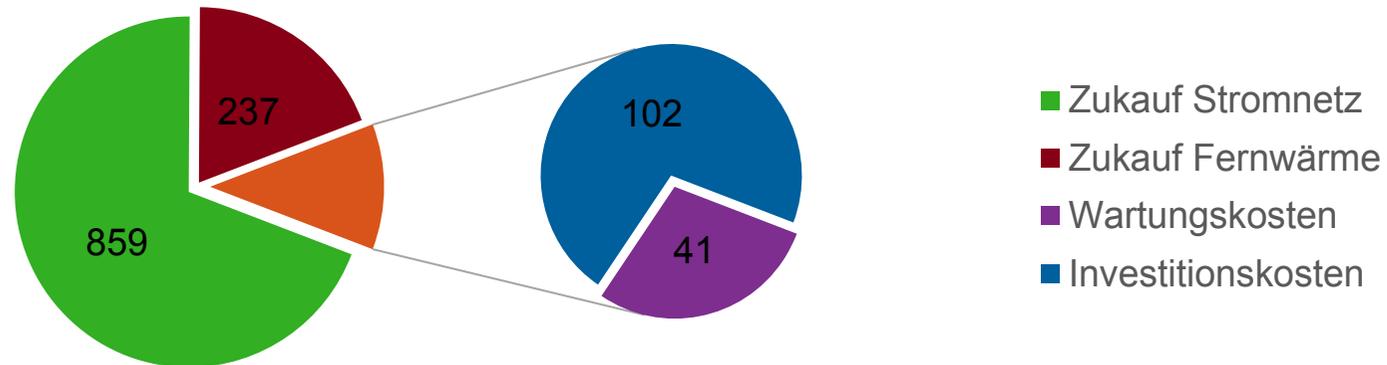
© pixLab studios

Bewertung auf Gesamtsystemebene

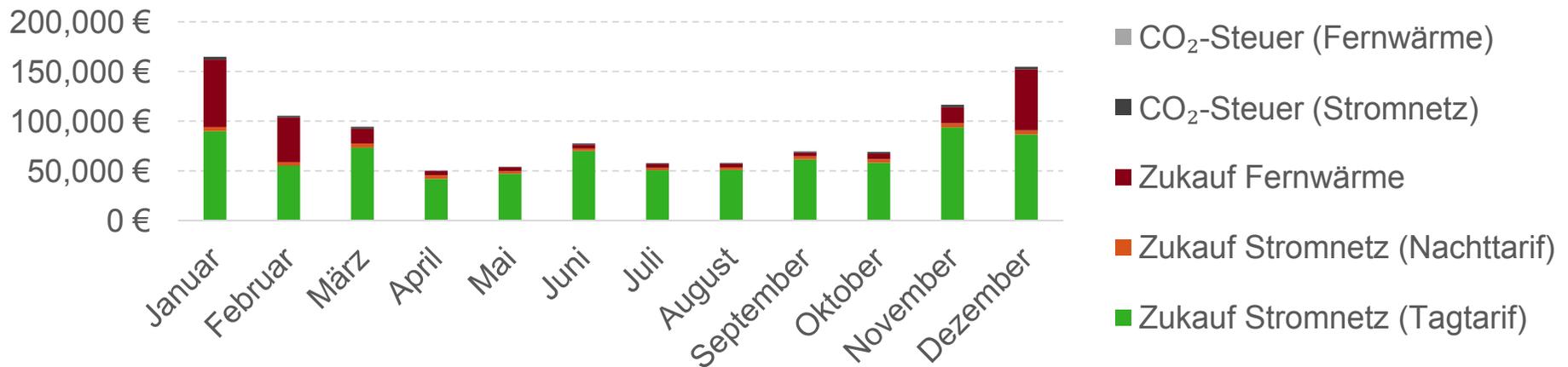
Beispielhaftes Ergebnis für das Basisszenario



Aufteilung der Gesamtkosten in k€/a



Betriebskosten





© pixLab studios

Modellprädiktive Regelung

Andreas Moser

Daniel Muschick

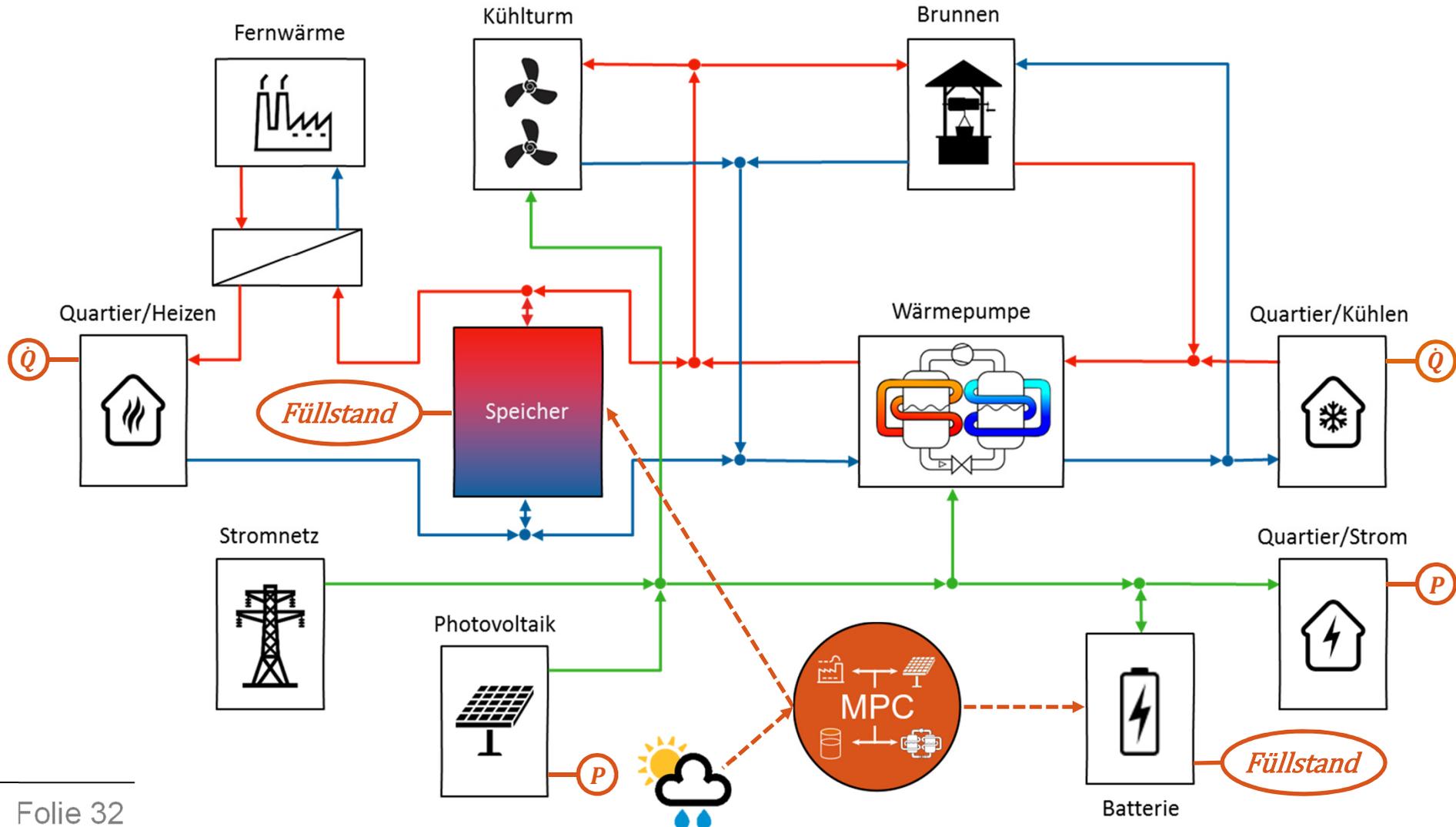
Markus Gölles

BIOENERGY 2020+



© pixLab studios

Modellprädiktive Regelung (I)

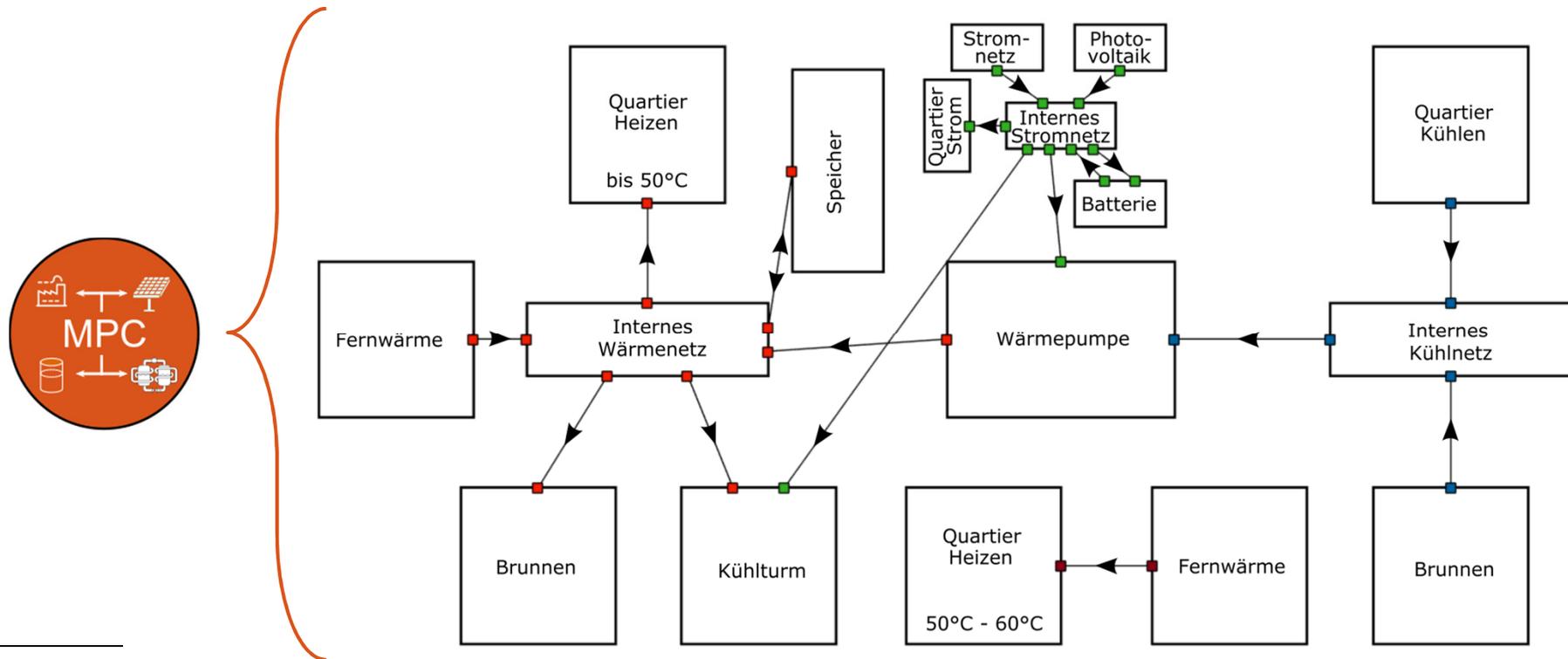




© pixLab studios

Modellprädiktive Regelung (II)

- **Modulares** Framework
- Adaptive **Last-** und **Ertragsprognose**
- Optimierung von Energieflüssen mit konstanten Temperaturniveaus
- Integration von **Wetterprognosen**





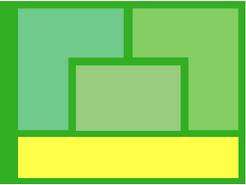
© pixLab studios

Ergebnisse



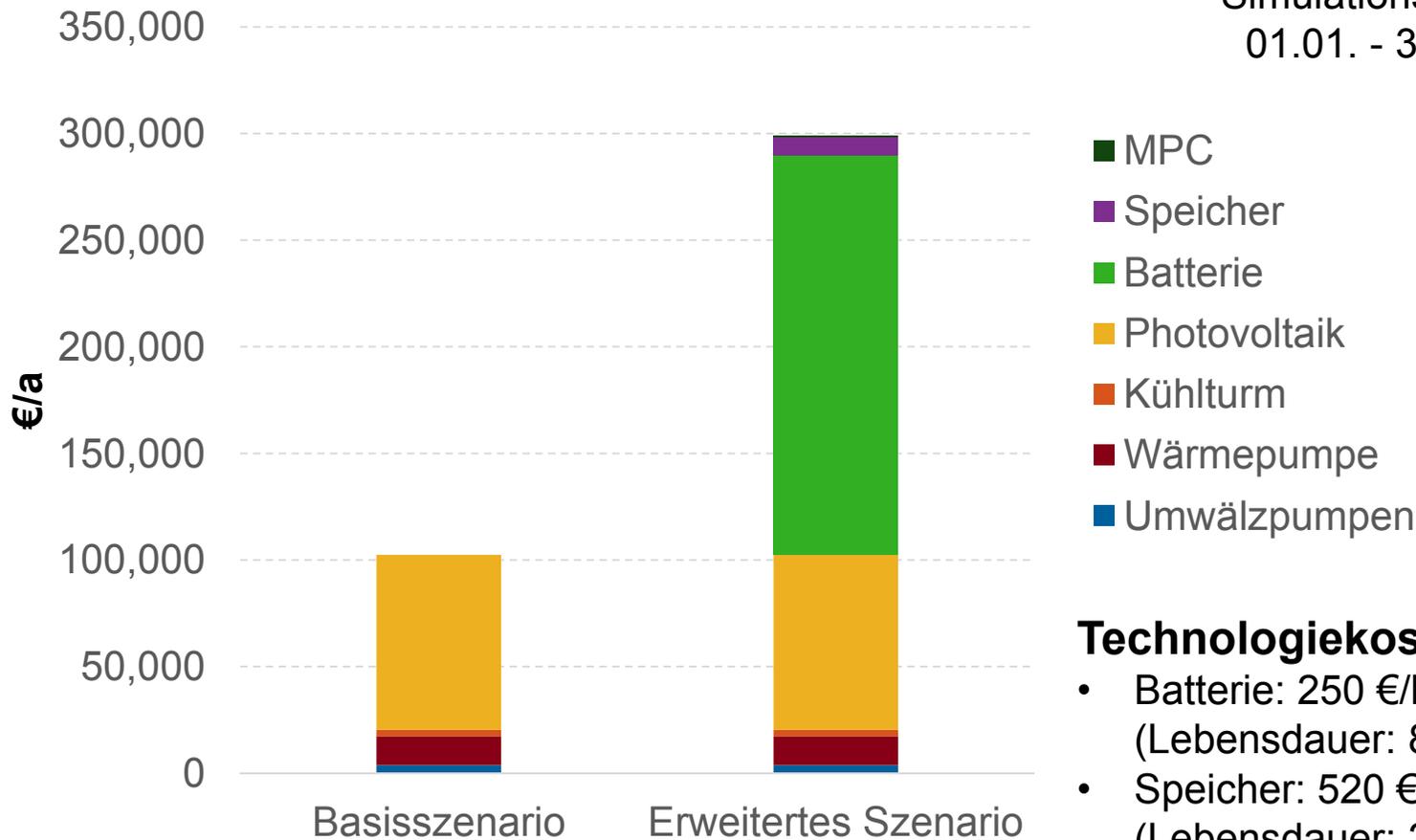
© pixLab studios

Ergebnisse aus dem ökonomischen Modell Basisszenario vs. erweitertes Szenario (I)



Investitionskosten

Simulationszeitraum:
01.01. - 31.12.2018



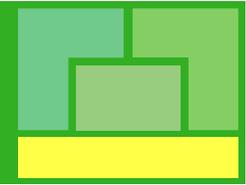
Technologiekosten:

- Batterie: 250 €/kWh (Lebensdauer: 8 Jahre)
- Speicher: 520 € + 1,050 €/m³ (Lebensdauer: 25 Jahre)



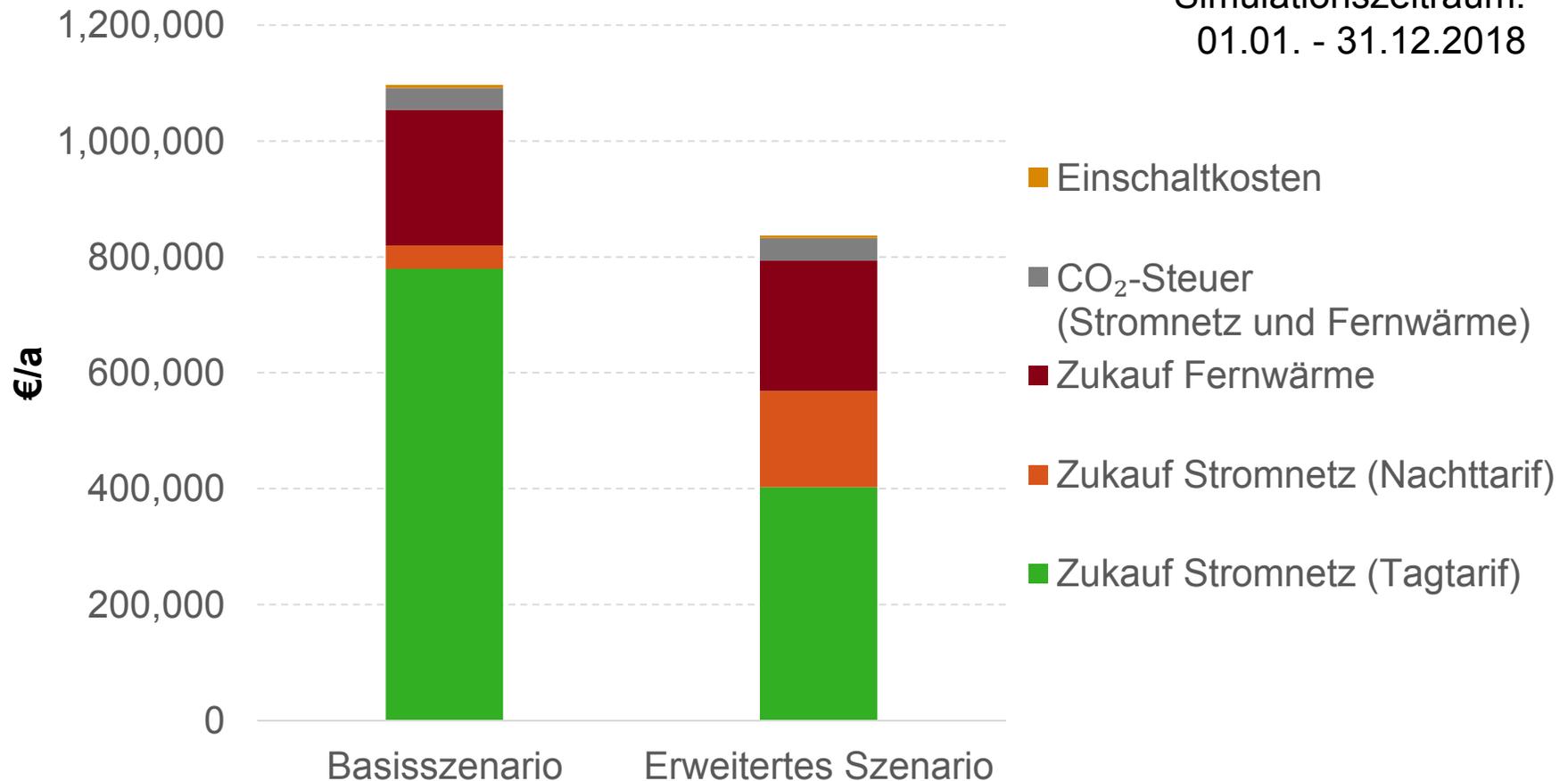
© pixLab studios

Ergebnisse aus dem ökonomischen Modell Basisszenario vs. erweitertes Szenario (II)



Betriebskosten

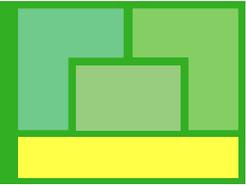
Simulationszeitraum:
01.01. - 31.12.2018





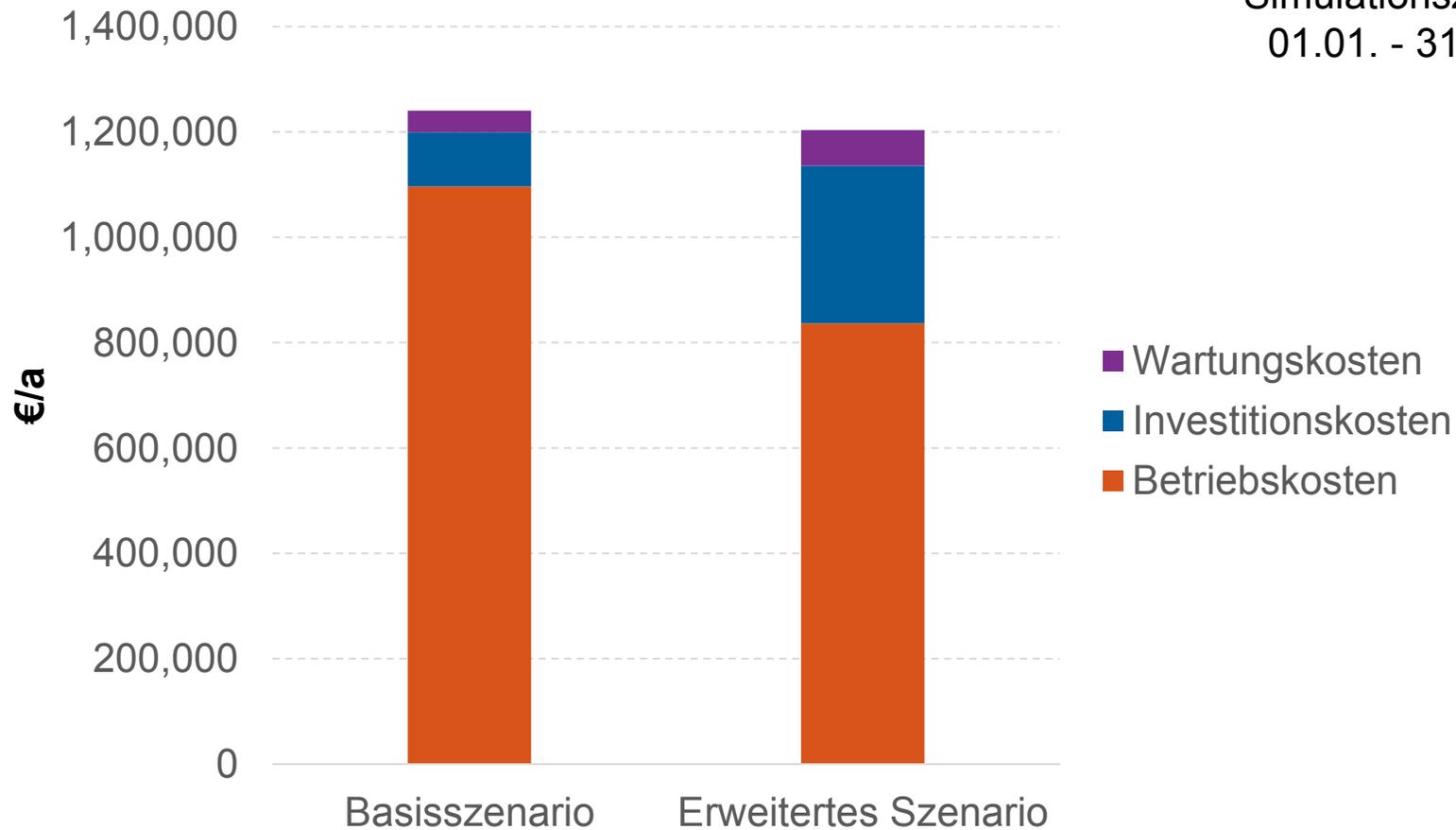
© pixLab studios

Ergebnisse aus dem ökonomischen Modell Basisszenario vs. erweitertes Szenario (III)



Gesamtkosten

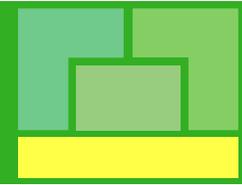
Simulationszeitraum:
01.01. - 31.12.2018



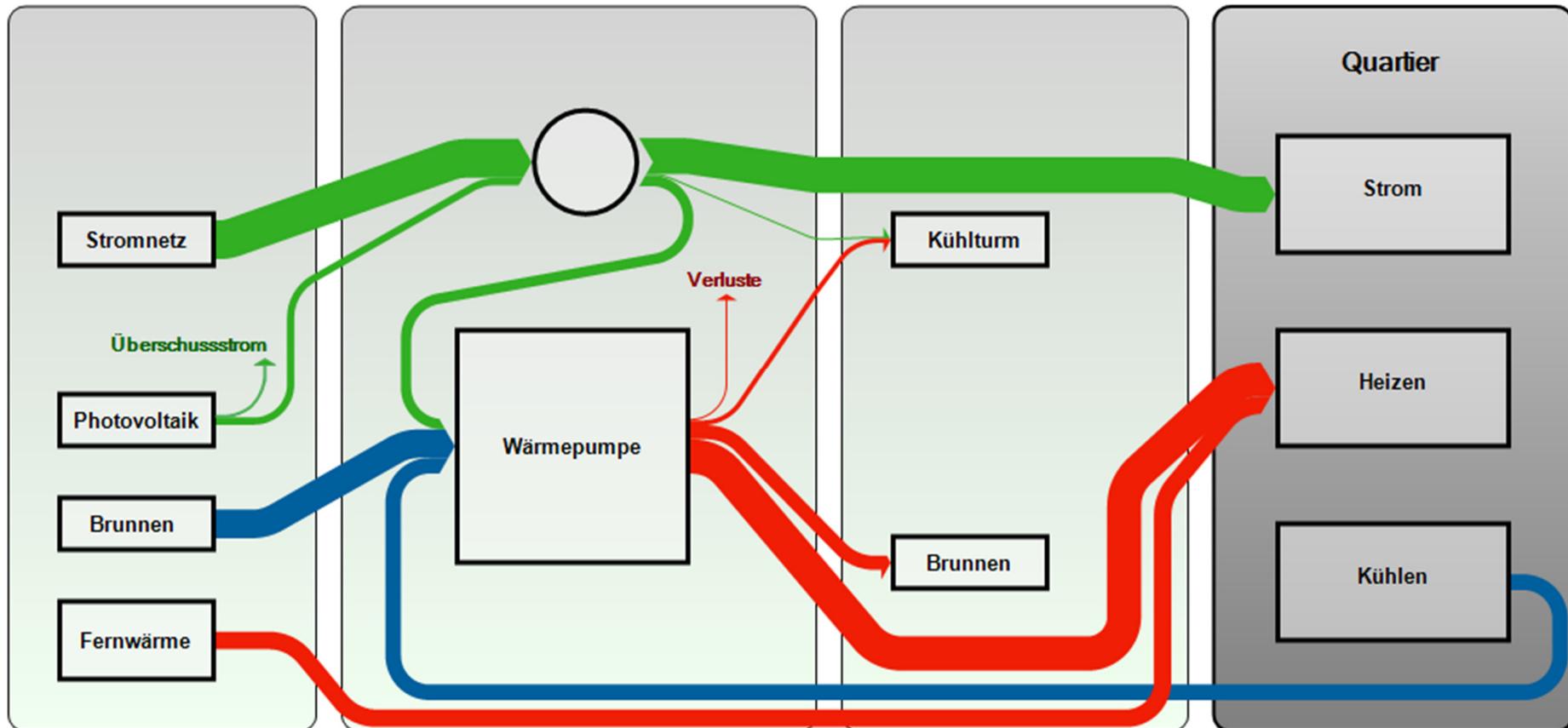
Einsparung: ca. 37,000 € /a (~3%)



Energieflussdiagramm Energiezentrale Basisszenario



© pixLab studios



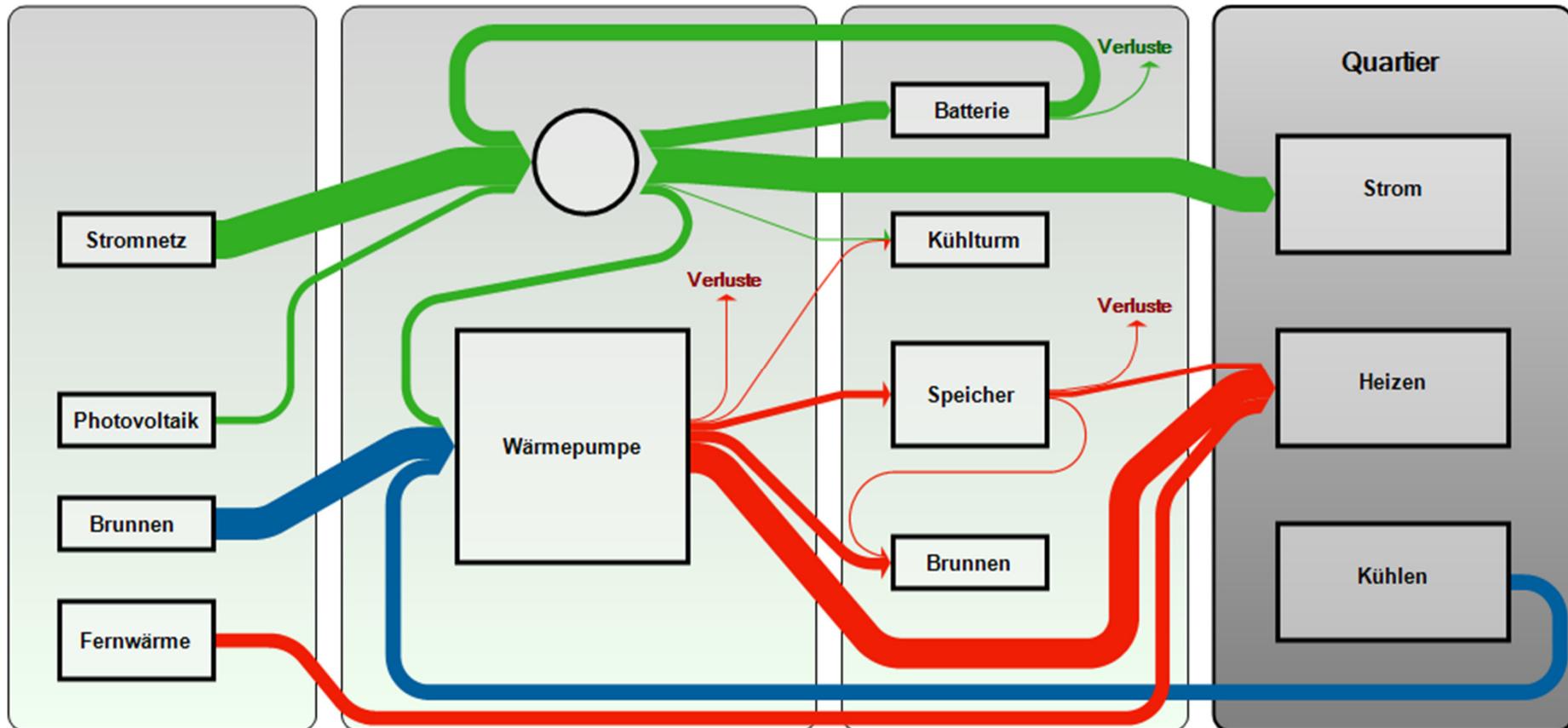
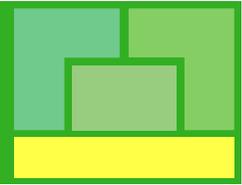
Simulationszeitraum: 01.01. - 31.12.2018



© pixLab studios

Energieflussdiagramm Energiezentrale

Erweitertes Szenario

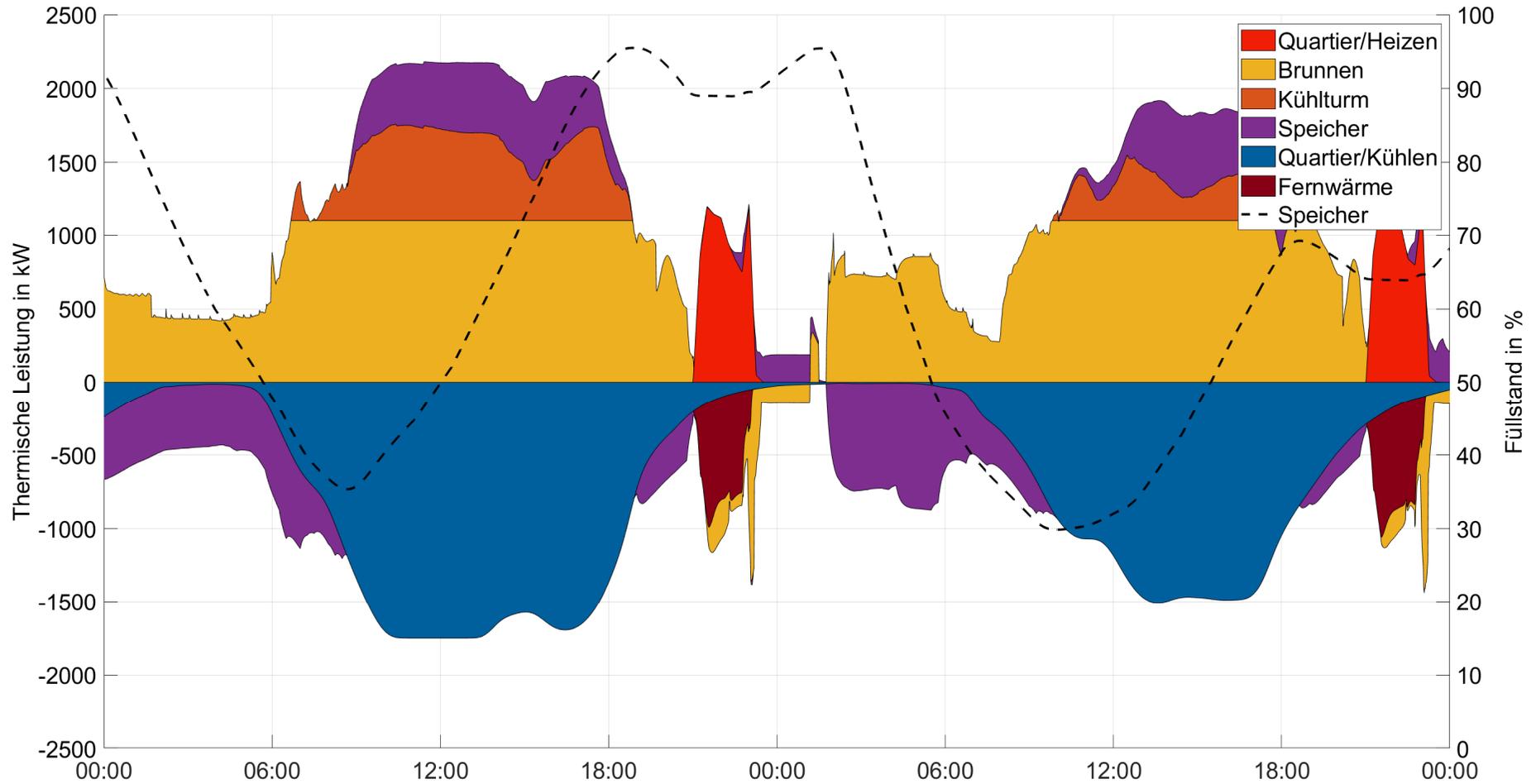
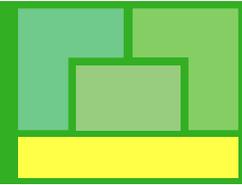


Simulationszeitraum: 01.01. - 31.12.2018



© pixLab studios

Beispielhaftes Ergebnis des erweiterten Szenarios Speicher zur Rückkühlung



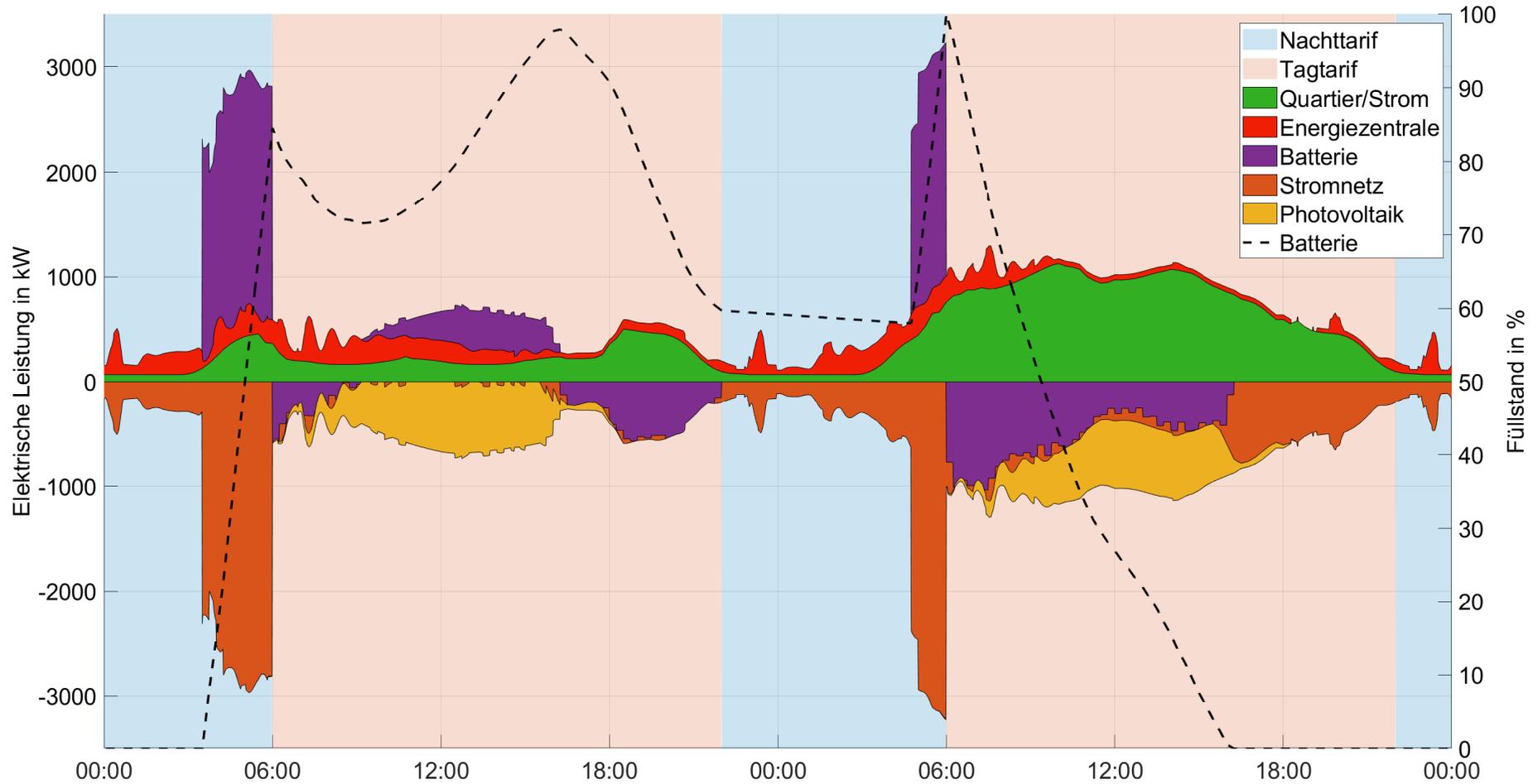
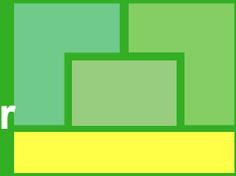
Di. 26.06 2018

Mi. 27.06 2018



© pixLab studios

Beispielhaftes Ergebnis des erweiterten Szenarios Batterie zur Tag-/Nachtstrom-Verschiebung und als Photovoltaikspeicher



So. 25.03.2018

Mo. 26.03.2018



© pixLab studios

Interpretation und Zusammenfassung



© pixLab studios

Interpretation der Ergebnisse

- Basisszenario ist bereits gut ausgelegt
- Erweitertes Szenario optimiert die Anlage noch weiter
 - Potenzial zur Verkleinerung des Kühlturms
→ Weitere Kostenreduktion!
- MPC „findet“ optimale Betriebsstrategien von selbst:
 - Speicher zur Abdeckung von Spitzenlasten
 - Speicher zur Rückkühlung
 - Batterie/Speicher zur Ausnützung variabler Strompreise
 - Batterie zur Zwischenspeicherung von Photovoltaik



© pixLab studios

Zusammenfassung

- Es wurden die Vorteile einer **modellprädiktiven Regelung (MPC)** für Stadtquartiere in Simulationen untersucht:
 - Modulare **MPC** mit Berücksichtigung von Ertrags- und Verbrauchsprognosen
 - **Detailliertes thermo-elektrisches Simulationsmodell** zur Validierung der Regelung
 - **Detailliertes ökonomisches Modell** zur Bewertung der Betriebsstrategie



© pixLab studios

Projektziele

FRAGESTELLUNG

Welche Vorteile kann eine modellprädiktive Regelung für komplexe Energieverbände bringen?

- funktionell
- energetisch
- ökologisch
- ökonomisch

MPC „findet“ optimale Betriebsstrategien von selbst:

- Speicher zur Abdeckung von Spitzenlasten
- Speicher zur Rückkühlung
- Batterie/Speicher zur Ausnützung variabler Strompreise
- Batterie zur Zwischenspeicherung von Photovoltaik



© pixLab studios

Projektziele

FRAGESTELLUNG

Welche Vorteile kann eine modellprädiktive Regelung für komplexe Energieverbände bringen?

- funktionell
- **energetisch**
- **ökologisch**
- ökonomisch

MPC ermöglicht optimalen Einsatz von Speichern bzw. Batterien
→ Anlagen können energetisch und ökologisch besser betrieben werden

Potenzial der MPC ist stark abhängig von installierten Anlagen und Speicherkapazitäten

→ Abstimmung zwischen Planungsphase und Regelung nötig



© pixLab studios

Projektziele

FRAGESTELLUNG

Welche Vorteile kann eine modellprädiktive Regelung für komplexe Energieverbände bringen?

- funktionell
- energetisch
- ökologisch
- **ökonomisch**

MPC erleichtert den Umgang mit variablen Preisen und die Teilnahme an zukünftigen Märkten



© pixLab studios

Pause

9:00	Begrüßung und Vorstellung des Projektes ÖKO-OPT-QUART
9:15 – 10:00	Bewertung des Einsatzes modellprädiktiver Regelungen bei komplexen Energieverbänden in Stadtquartieren
10:00 – 10:15	Pause
10:15 – 11:00	Technische Umsetzung einer modellprädiktiven Regelung
ab 11:00	Ausklang bei Getränken und Brötchen



© pixLab studios

Technische Umsetzung einer modellprädiktiven Regelung

Siegfried Stark (TB Starchel), Franz Lackner (PMC),
Karl Eibisberger (ISWAT)