



TB – STARCHEL

iswat
Industriesoftware &
Automatisierung

TU
Graz

AEE INTEC

PMC
projekt
management
creative

Bundesministerium
Verkehr, Innovation
und Technologie

bioenergy2020+

ÖKO-OPT-QUART

Ökonomisch optimiertes Regelungs- und
Betriebsverhalten komplexer Energieverbände
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+

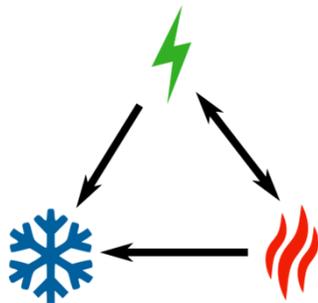


© pixLab studios

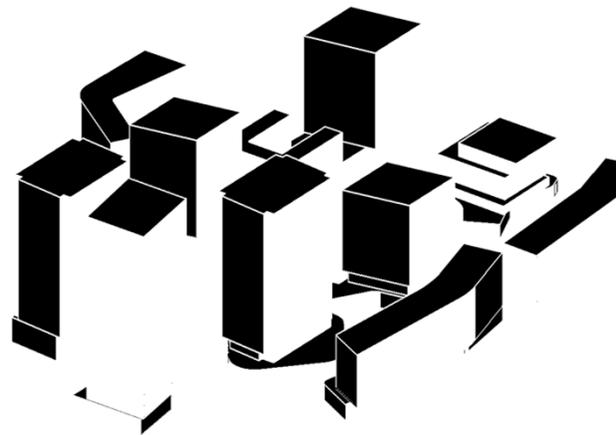
Motivation Optimierung

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

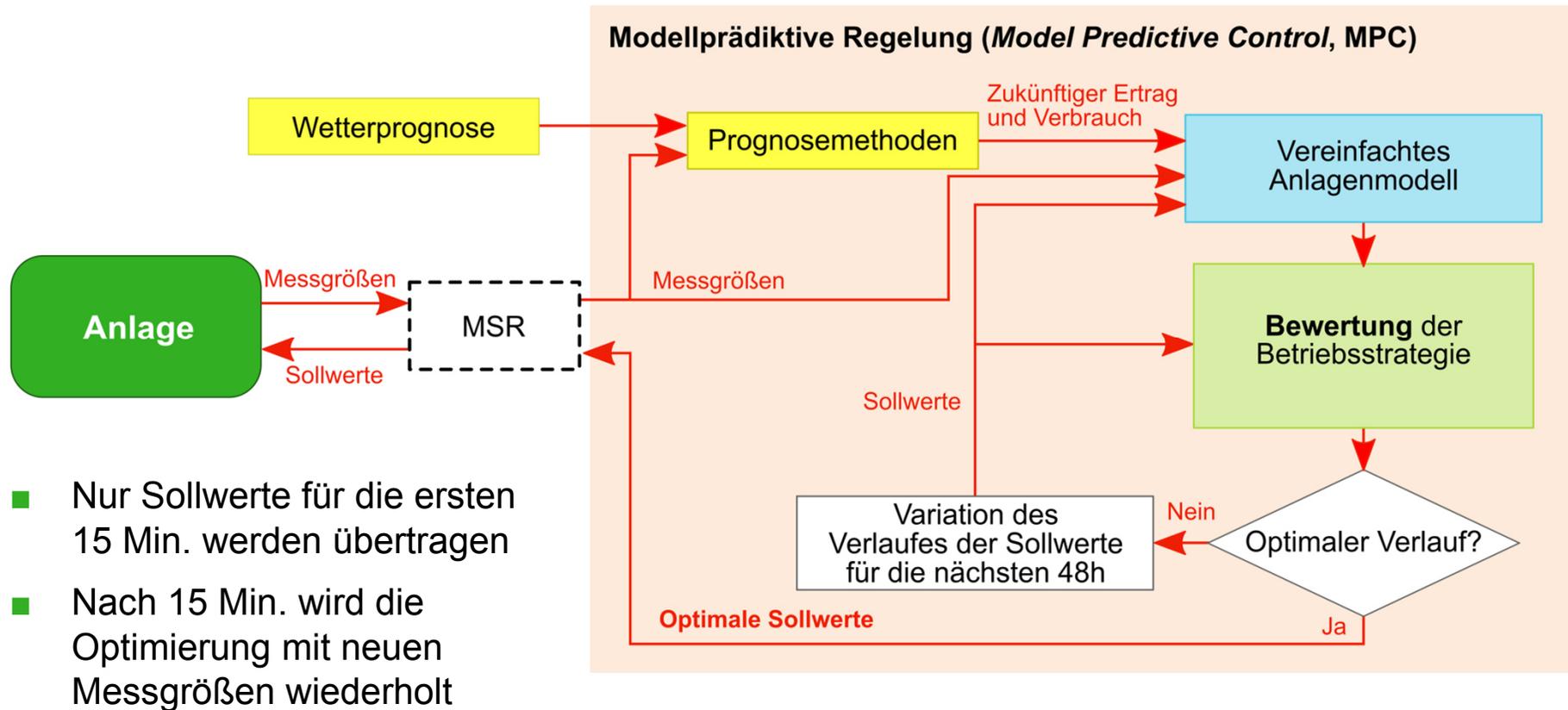


→ **Vorausschauende Regelstrategie**



© 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

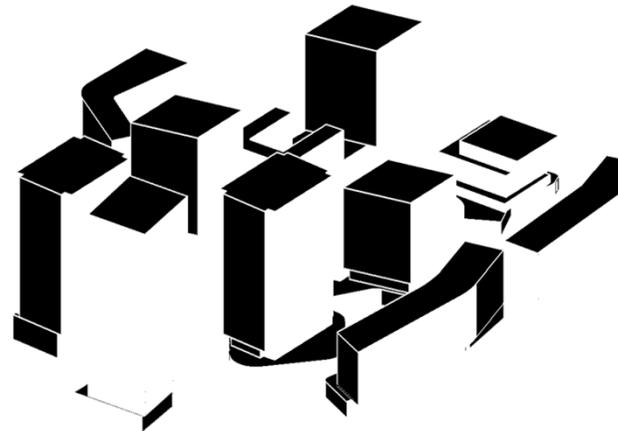
ÖKO-OPT-QUART, Kooperatives F&E Projekt,
Stadt der Zukunft, Februar 2017 bis Jänner 2019





© 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

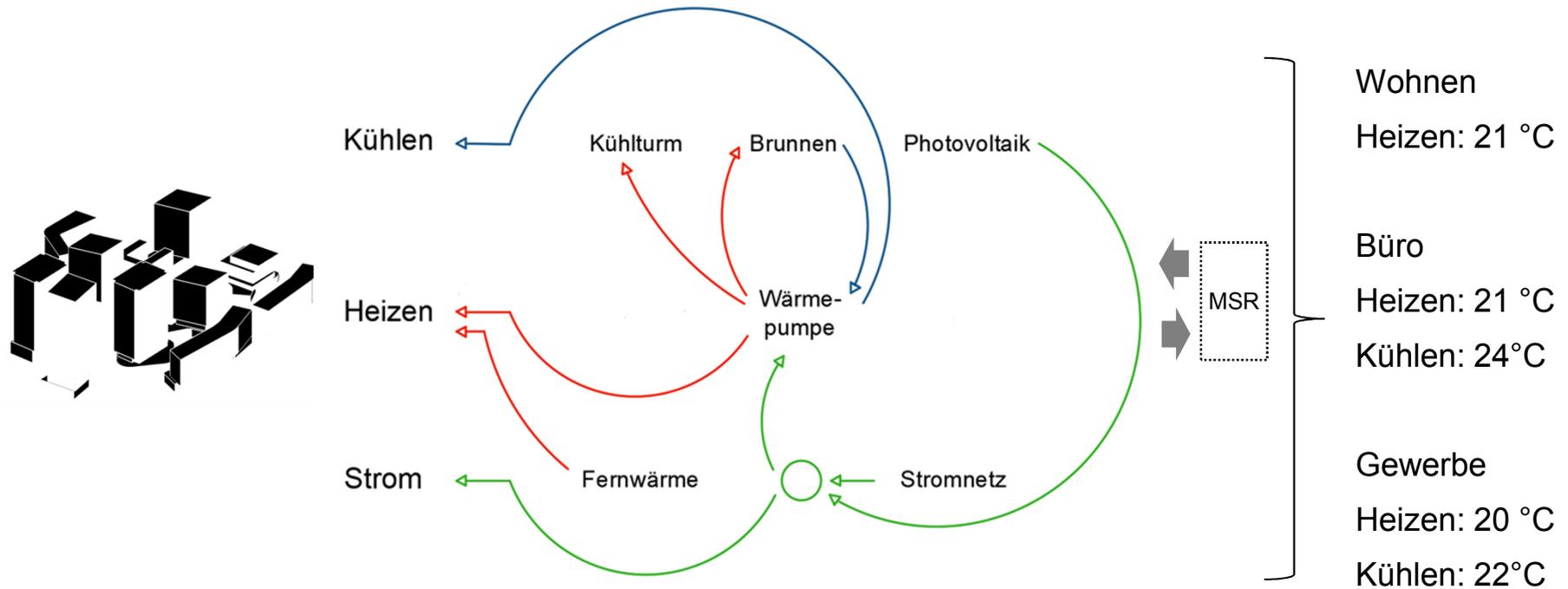
Quartier 1 + 4a

BEBAUUNGSENTWURF
ATELIER THOMAS
PUCHER



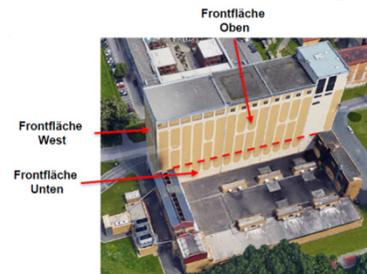
© pixLab studios

Anlagenkonzept des Basisszenarios



Geplante Energieversorgung

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



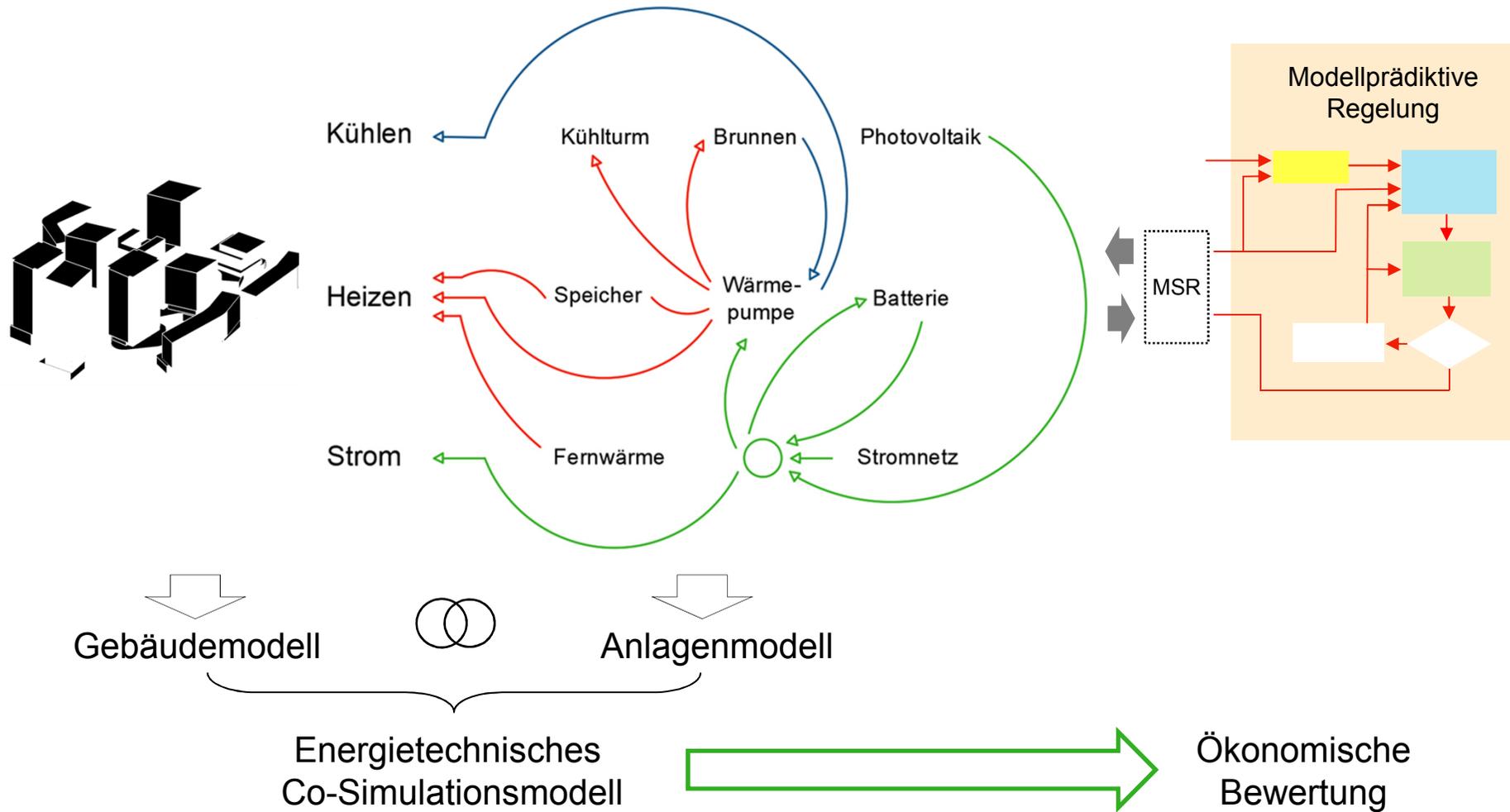
Vorbau Links

Quelle: maps.google.at



© pixLab studios

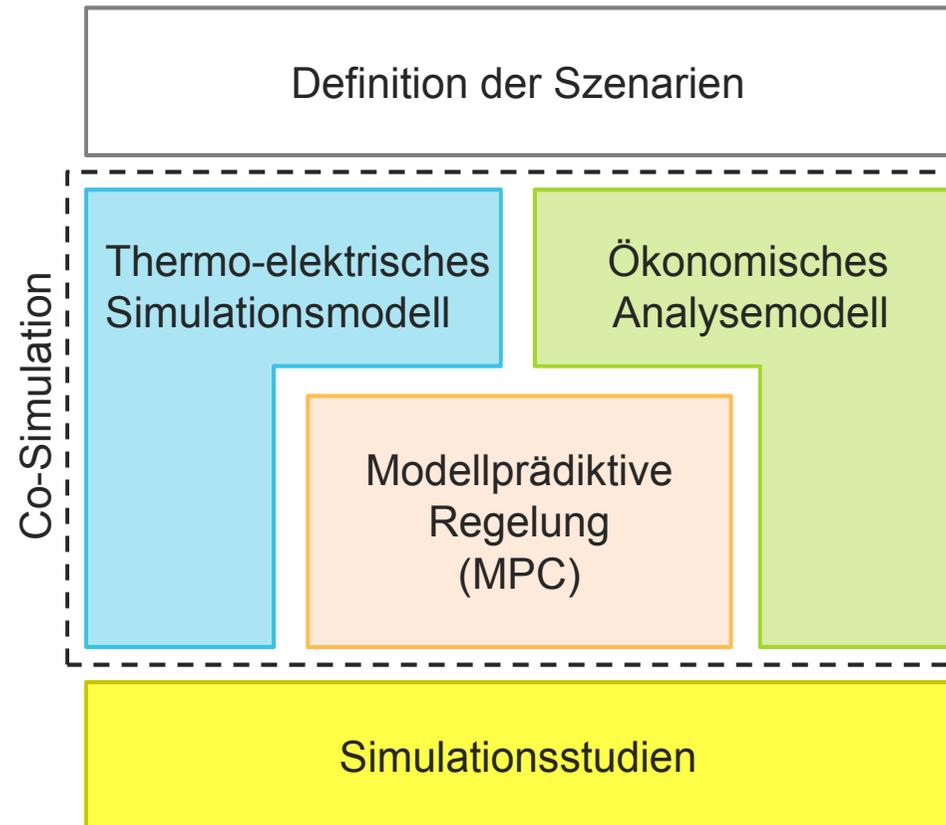
Anlagenkonzept des erweiterten Szenarios





© pixLab studios

Projekt ÖKO-OPT-QUART – Durchgeführte Arbeiten





© pixLab studios

Grundsätzlicher Ansatz der Energietechnischen Simulation und Co-Simulation

Hermann Schranzhofer

Thomas Mach

Peter Nageler

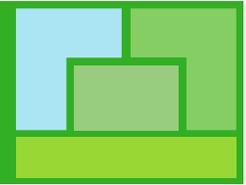
Werner Lerch

TU Graz, Institut für Wärmetechnik



© pixLab studios

Allgemeine Fragestellungen

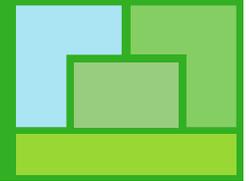


- Energieverbrauch von Gebäuden für Heizen und Kühlen
- Solarer Deckungsgrad von Solaranlagen
- Arbeitszahlen von Wärmepumpen
- Wärmeverluste von thermischen Speichern
- Optimierung von Regelungskonzepten
- Auswirkung von Verschattung auf die Kühllast



© pixLab studios

Thermische Anlagen- und Gebäudesimulation (TAGS)

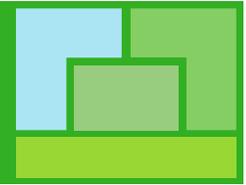


- Detaillierte, zeitaufgelöste Ergebnisse
- Viele unterschiedliche Modellansätze und Tools
- Eingangsdaten und Randbedingungen sind wesentlich
- Grundsätzlich alle Aufgabenstellungen modellierbar
- Variantenstudien, Optimierungsaufgaben
- Arbeitsaufwand oft hoch



© pixLab studios

Co-Simulation

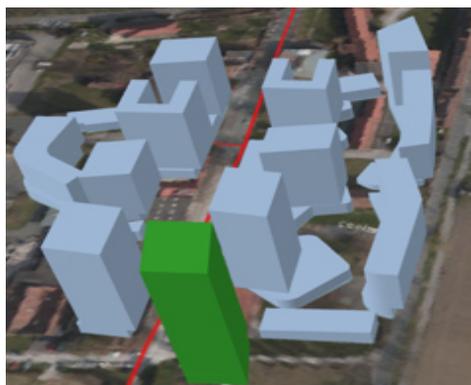
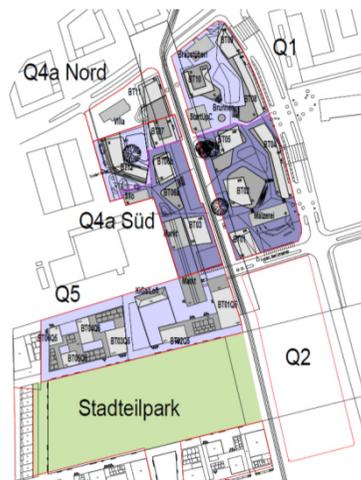


- Dynamische Kopplung von Simulationsplattformen
- Unterschiedliche Technologien (COM, FMI, OOP, BCVTB)
- Ansätze sind schon lange bekannt und im Einsatz
- Stärken unterschiedlicher Programme werden genutzt
- Komplexität erhöht sich
- Arbeitsaufwand oft hoch

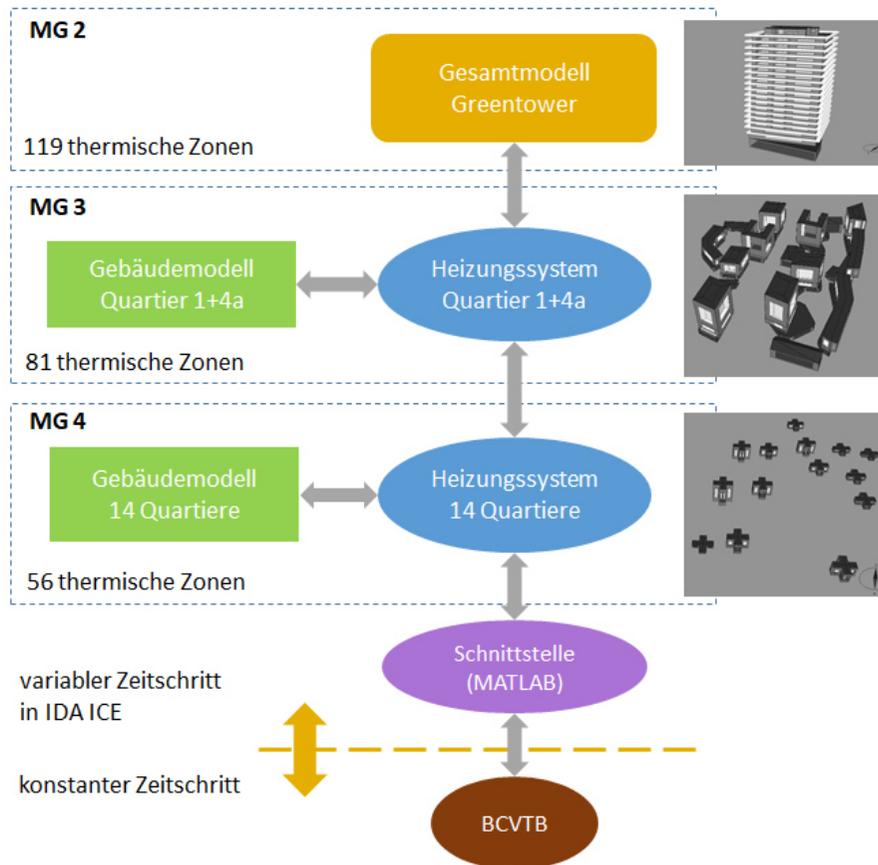


© pixLab studios

Gebäudesimulation in IDA – ICE



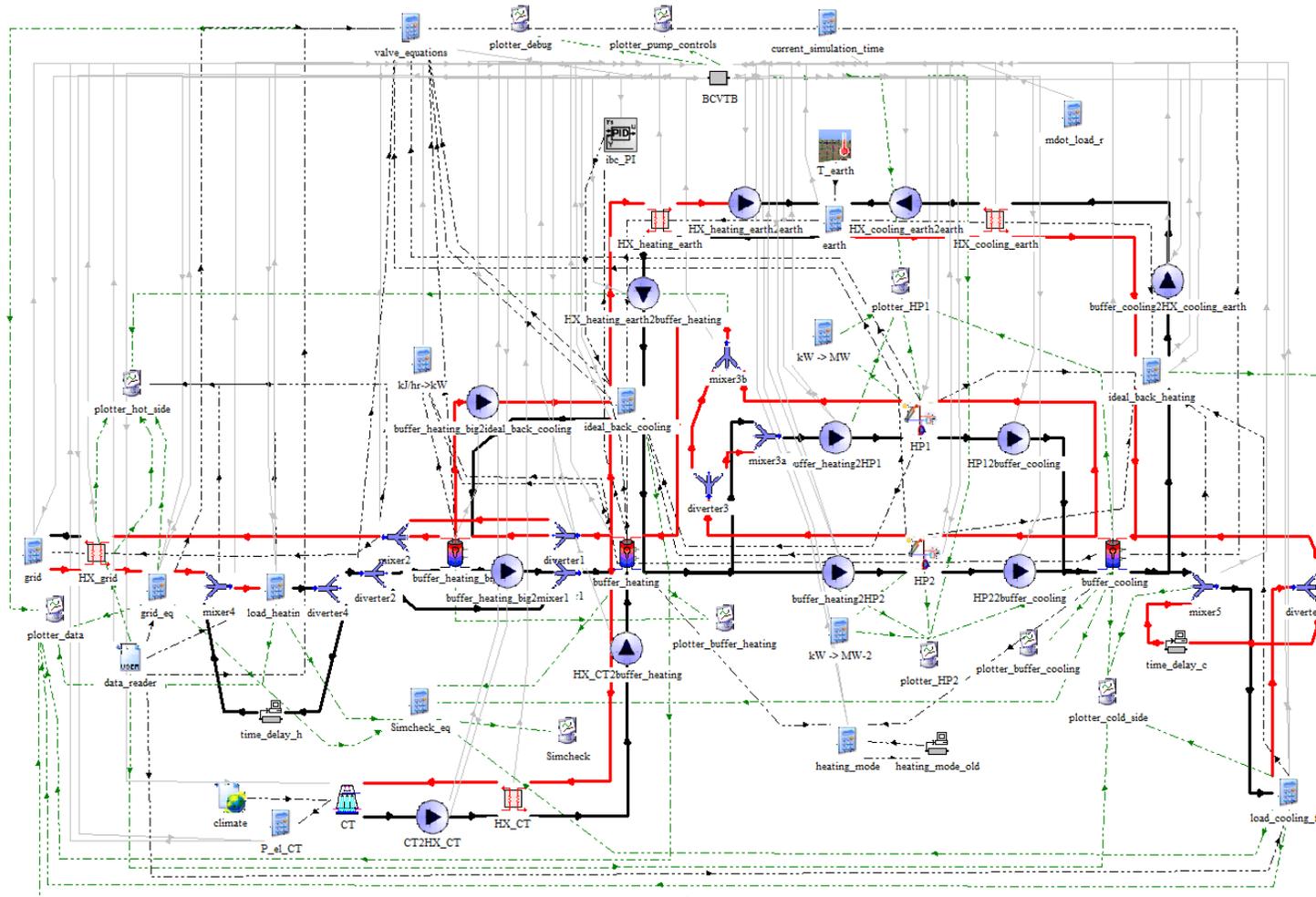
Modellgrößen und interne Co-Simulation





© pixLab studios

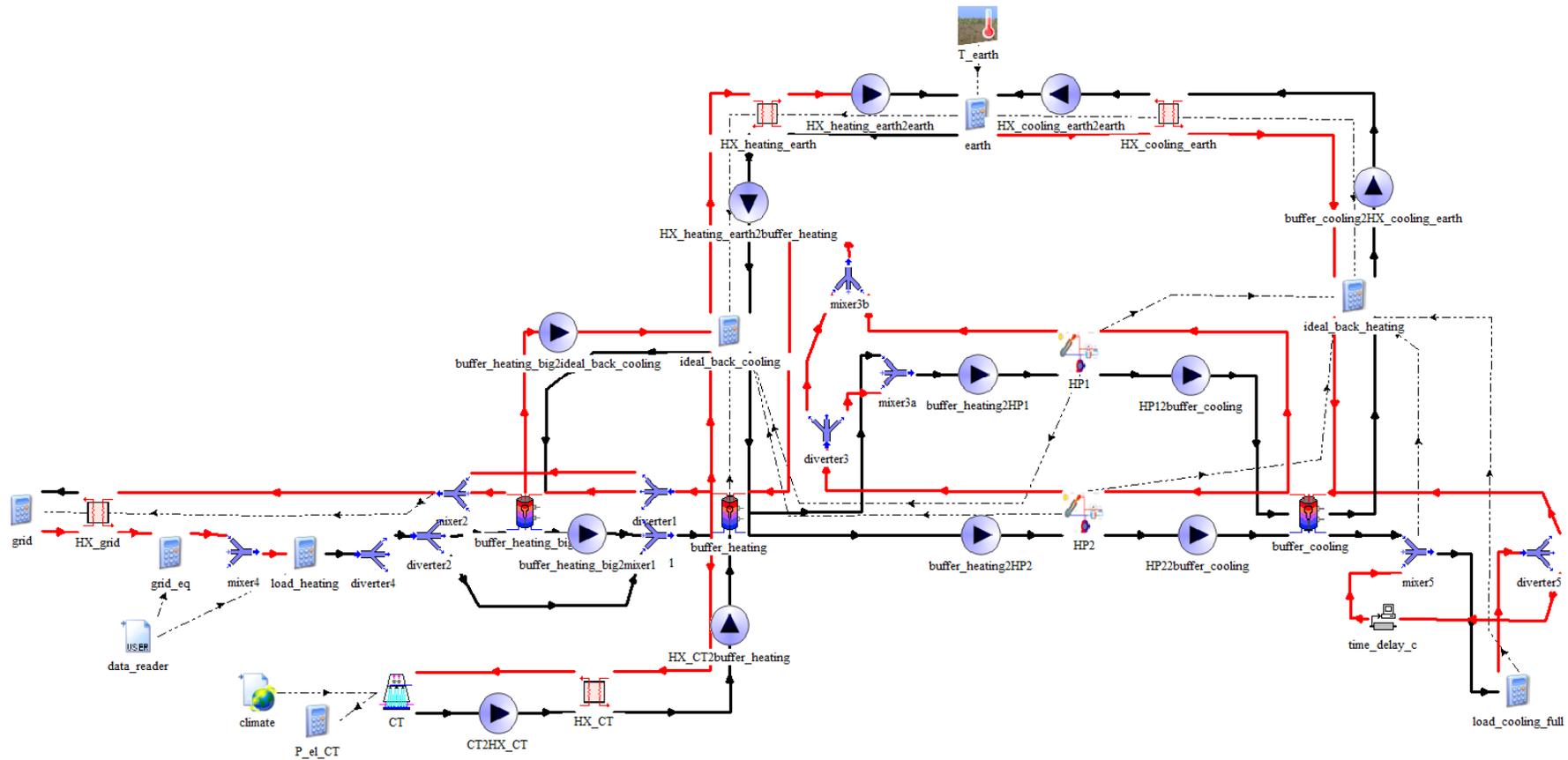
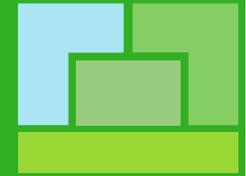
Simulation der Energiezentrale in TRNSYS





© pixLab studios

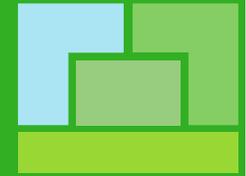
Simulation der Energiezentrale in TRNSYS



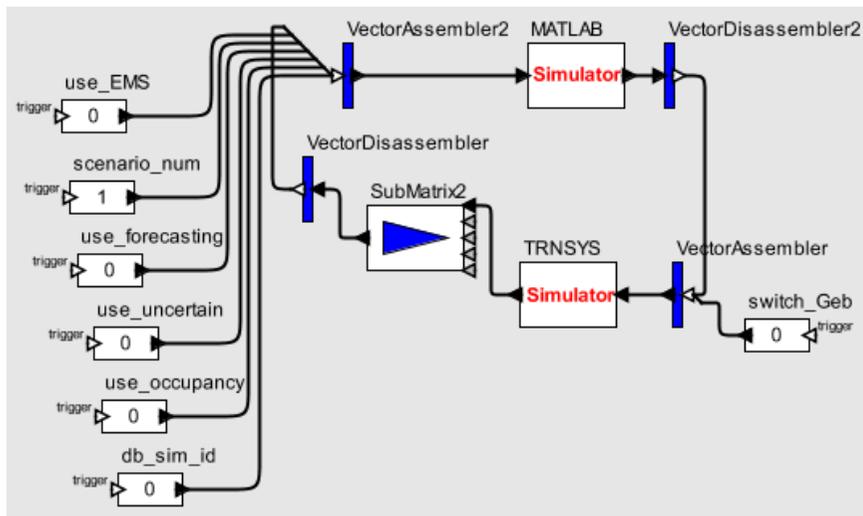


© pixLab studios

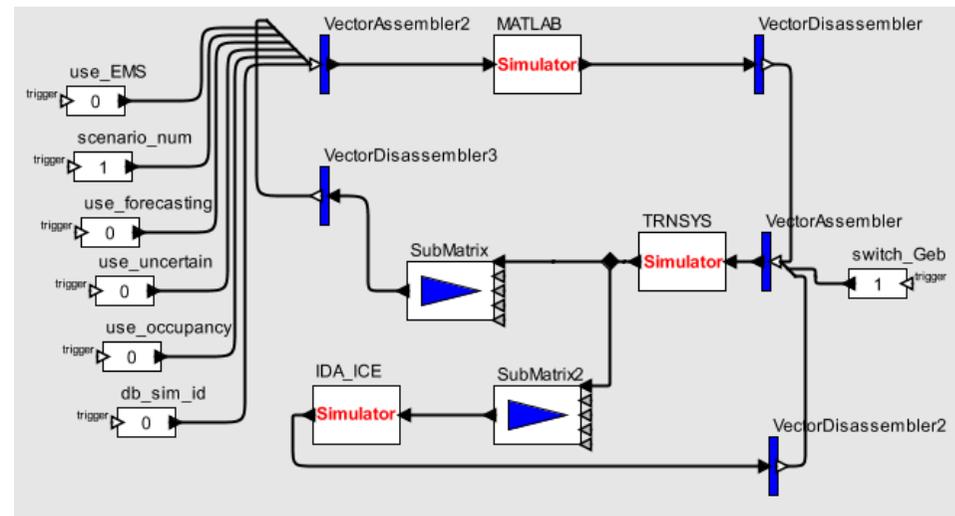
Kopplung über BCVTB



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

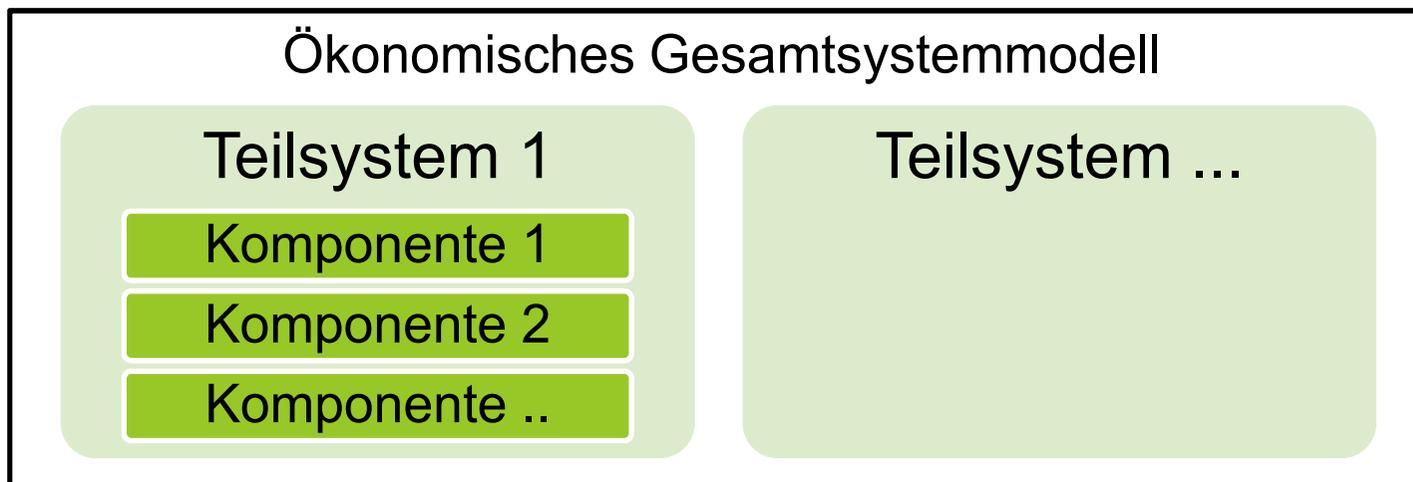
- **Einzigartigkeit jeder Energiezentrale**
→ Modularer Ansatz
- **„Übersetzung“ der Betriebsweise auf Wartung- und Betriebskosten**
→ basiert auf wissenschaftlicher und technischer Literatur sowie Expertenwissen
- **Komplexität**
→ Einschränkung auf wesentliche Komponenten



© pixLab studios

Prinzipieller Ansatz (I)

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

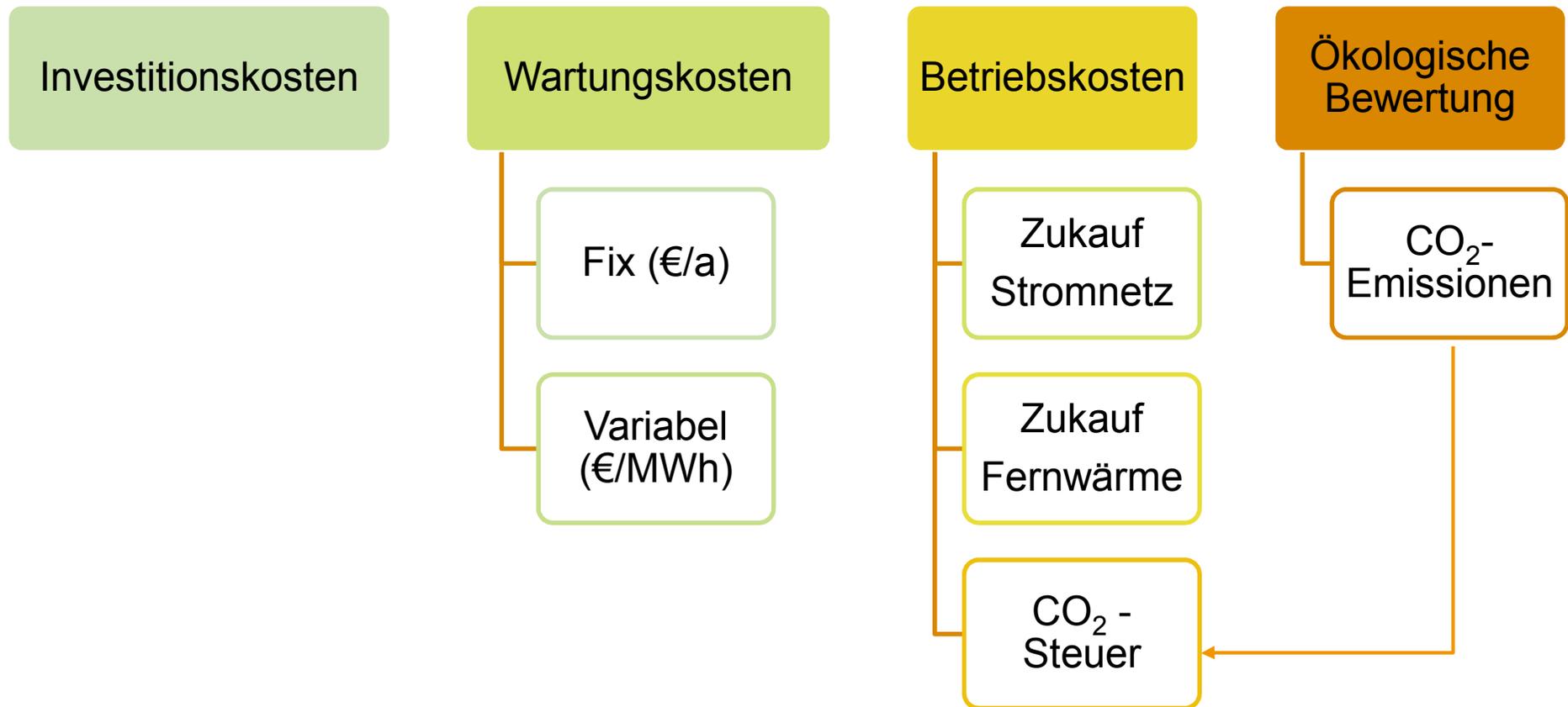




© pixLab studios

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

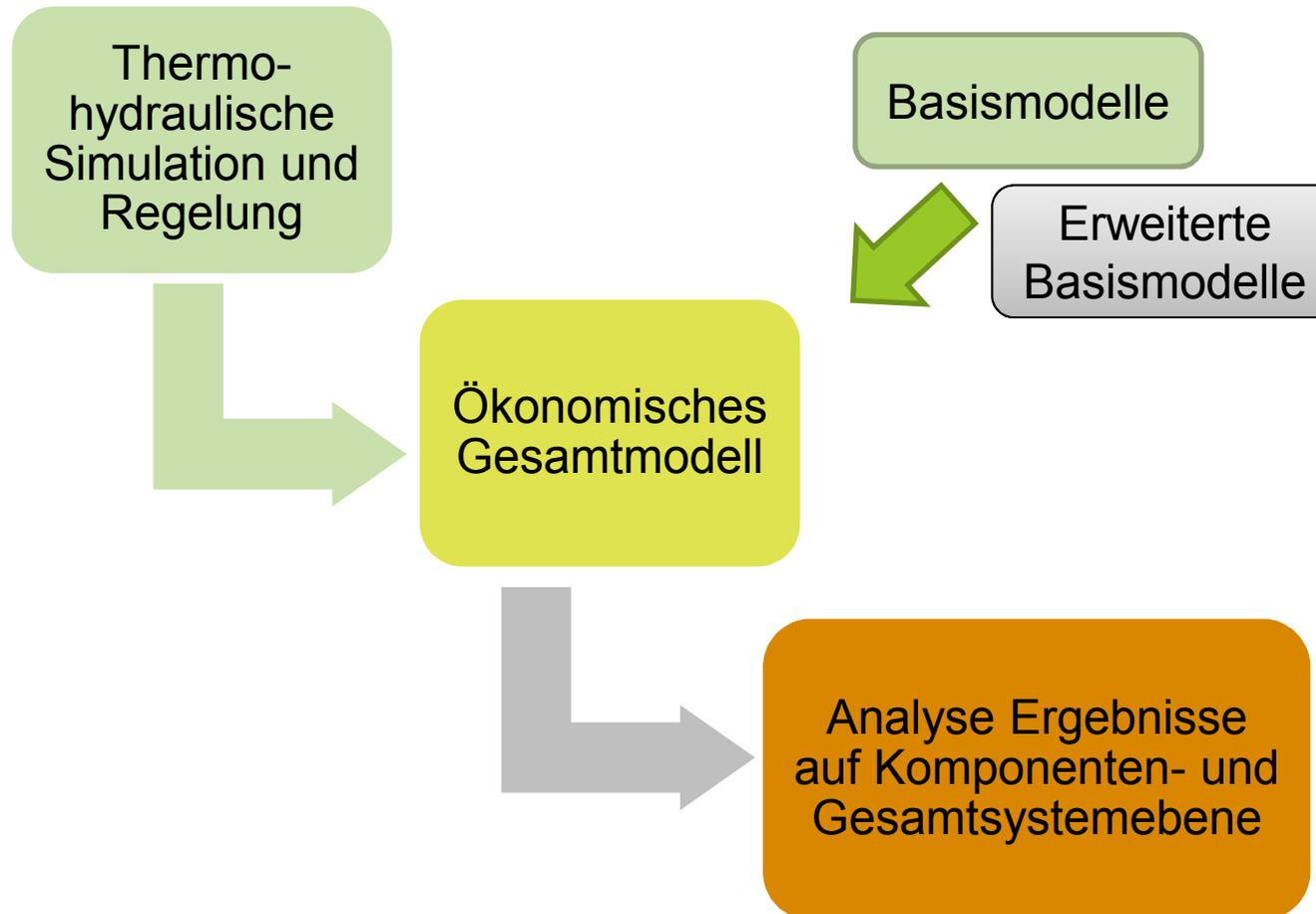
2. Erweitertes Basismodell für

- 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

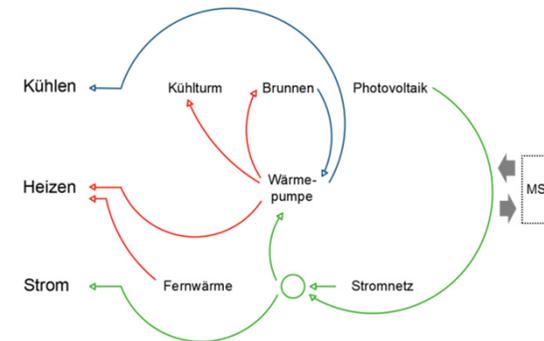


© pixLab studios

Berücksichtigte Komponenten

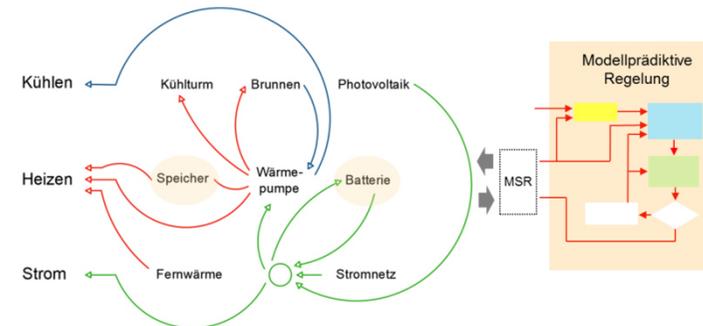
■ Basisszenario

- Umwälzpumpen
- Wärmepumpen
- Kühlturm
- Photovoltaik



■ Erweitertes Szenario

- Batterie
- Speicher
- Modellprädiktive Regelung (MPC)



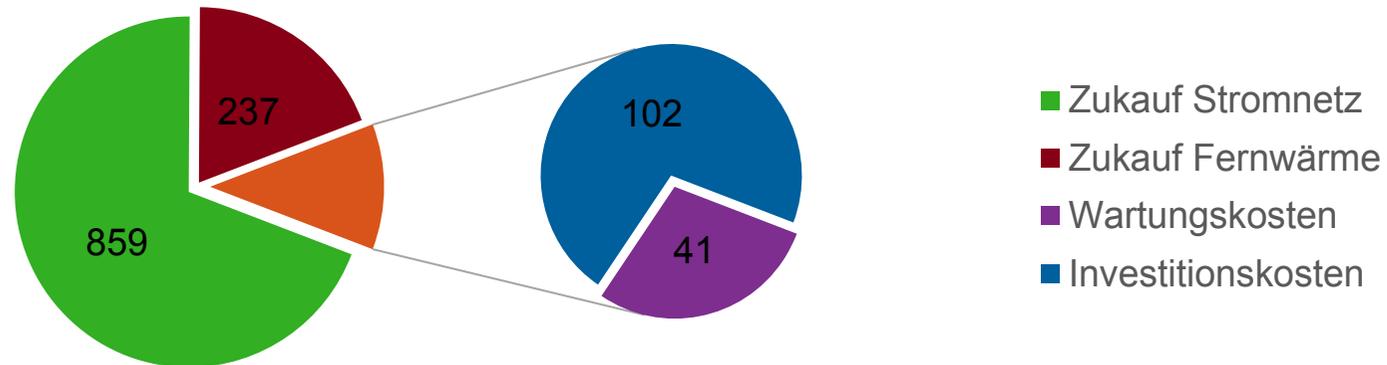


© pixLab studios

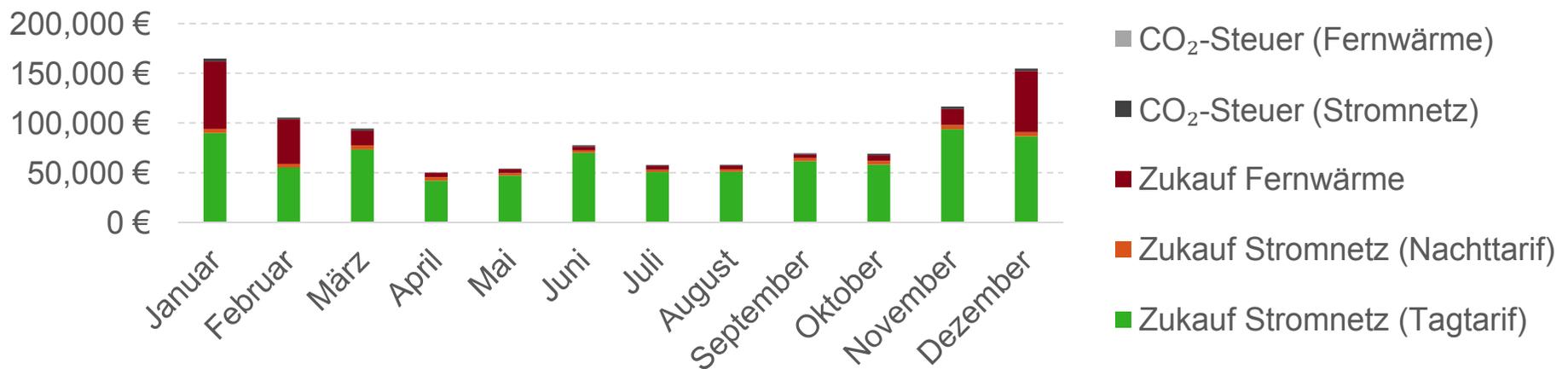
Bewertung auf Gesamtsystemebene

Beispielhaftes Ergebnis für das Basisszenario

Aufteilung der Gesamtkosten in k€/a



Betriebskosten





© pixLab studios

Modellprädiktive Regelung

Andreas Moser

Daniel Muschick

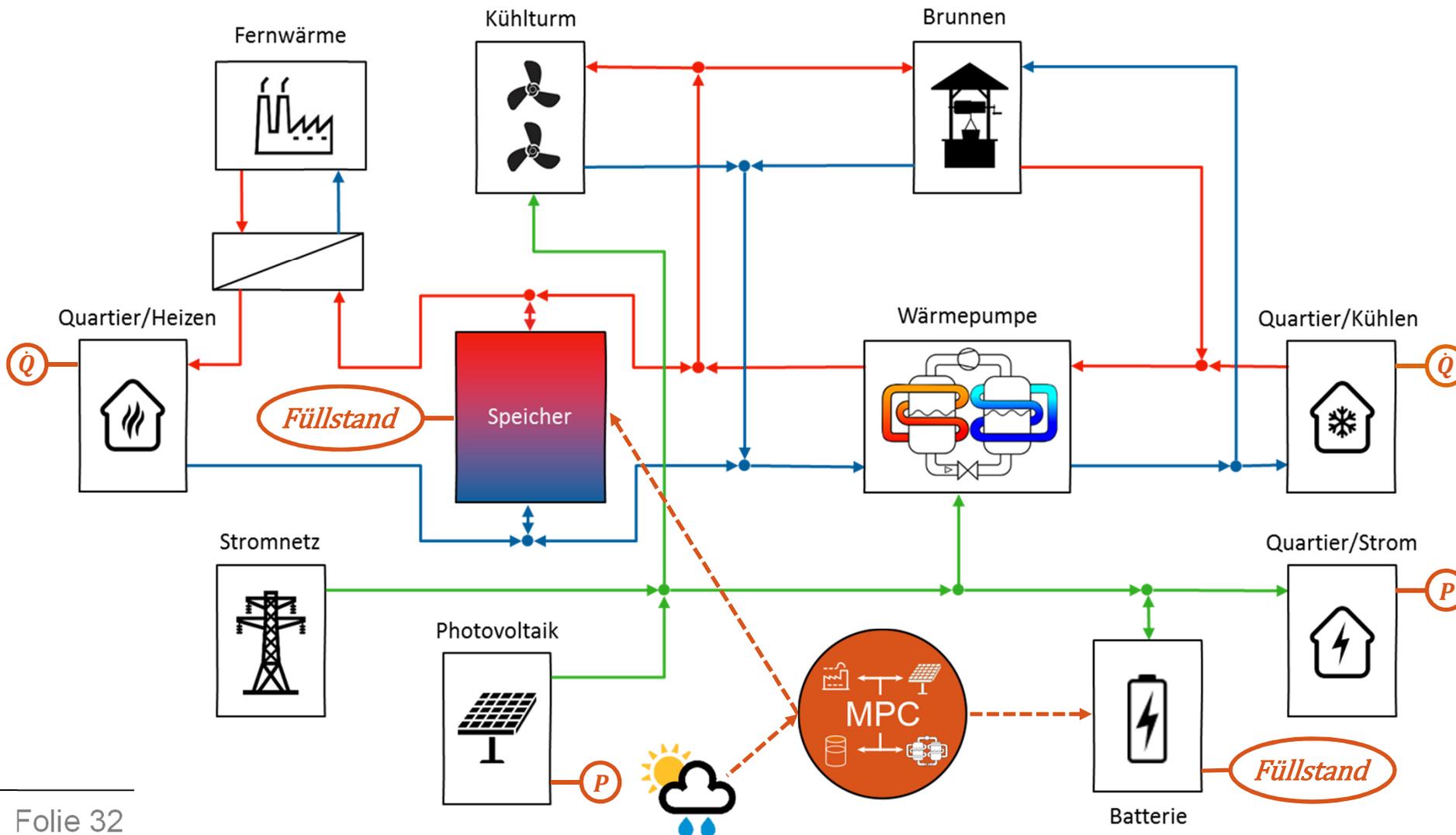
Markus Gölles

BIOENERGY 2020+



© pixLab studios

Modellprädiktive Regelung (I)

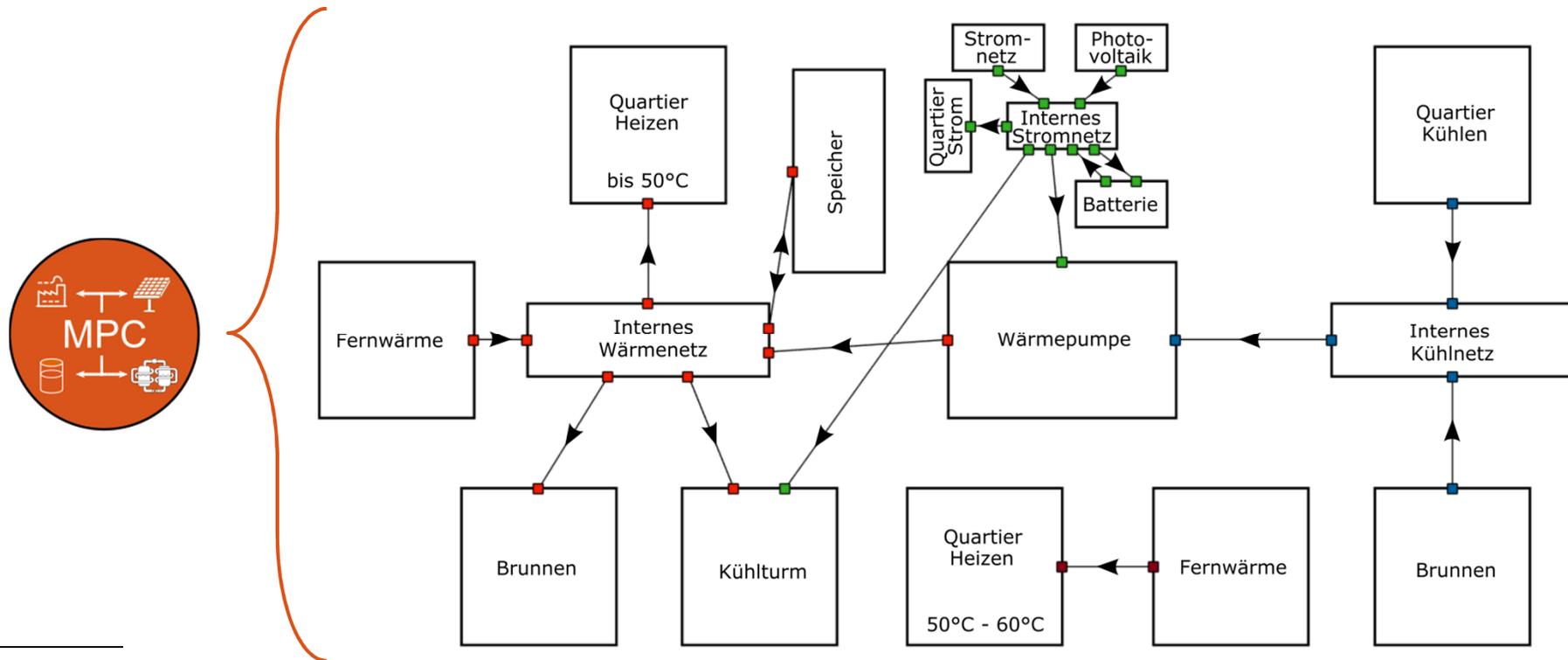




© pixLab studios

Modellprädiktive Regelung (II)

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





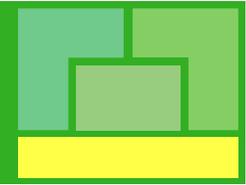
© pixLab studios

Ergebnisse



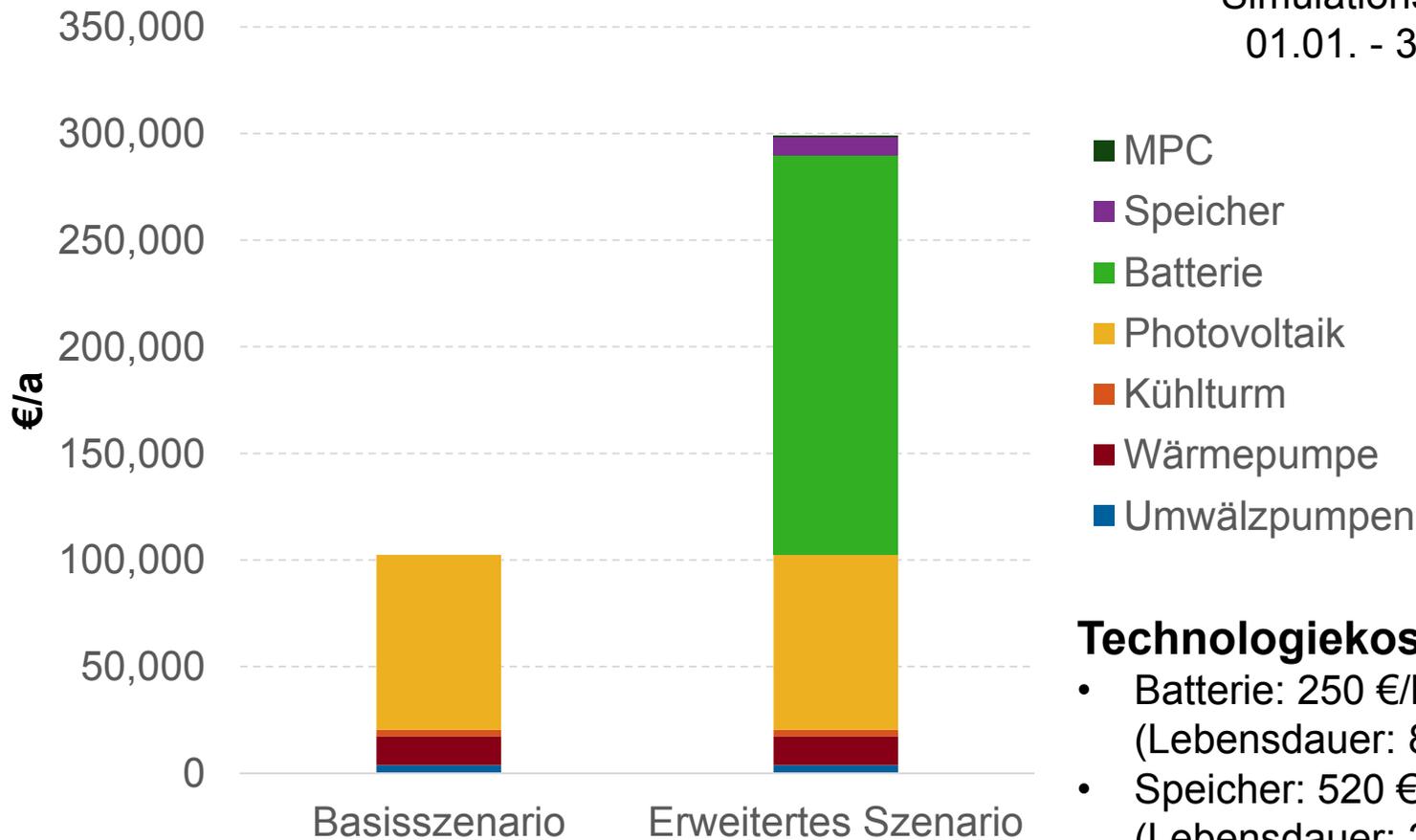
© pixLab studios

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



Investitionskosten

Simulationszeitraum:
01.01. - 31.12.2018



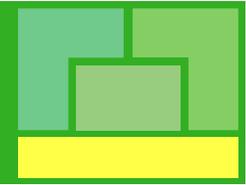
Technologiekosten:

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



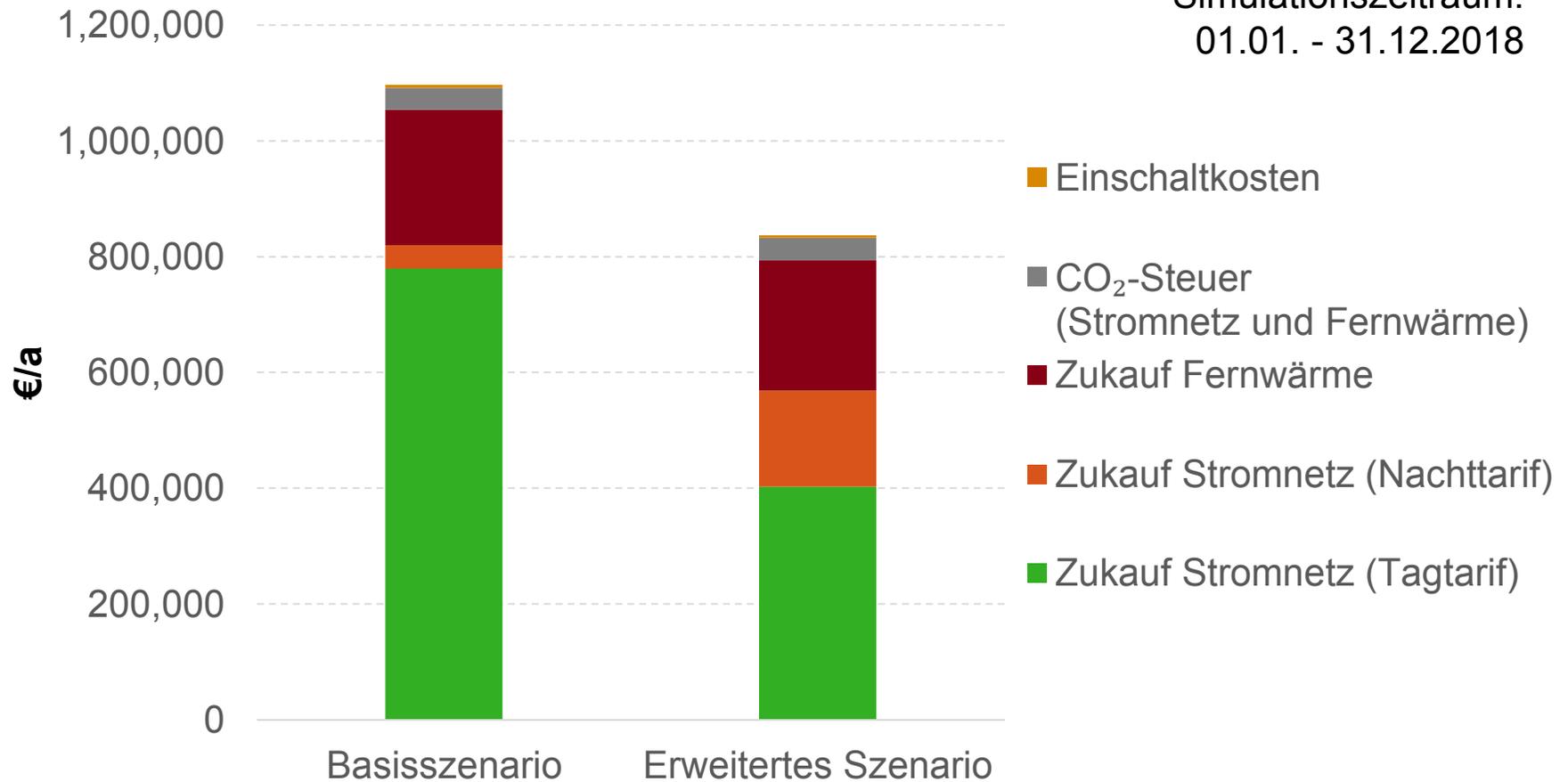
© pixLab studios

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



Betriebskosten

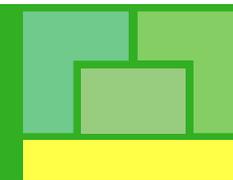
Simulationszeitraum:
01.01. - 31.12.2018





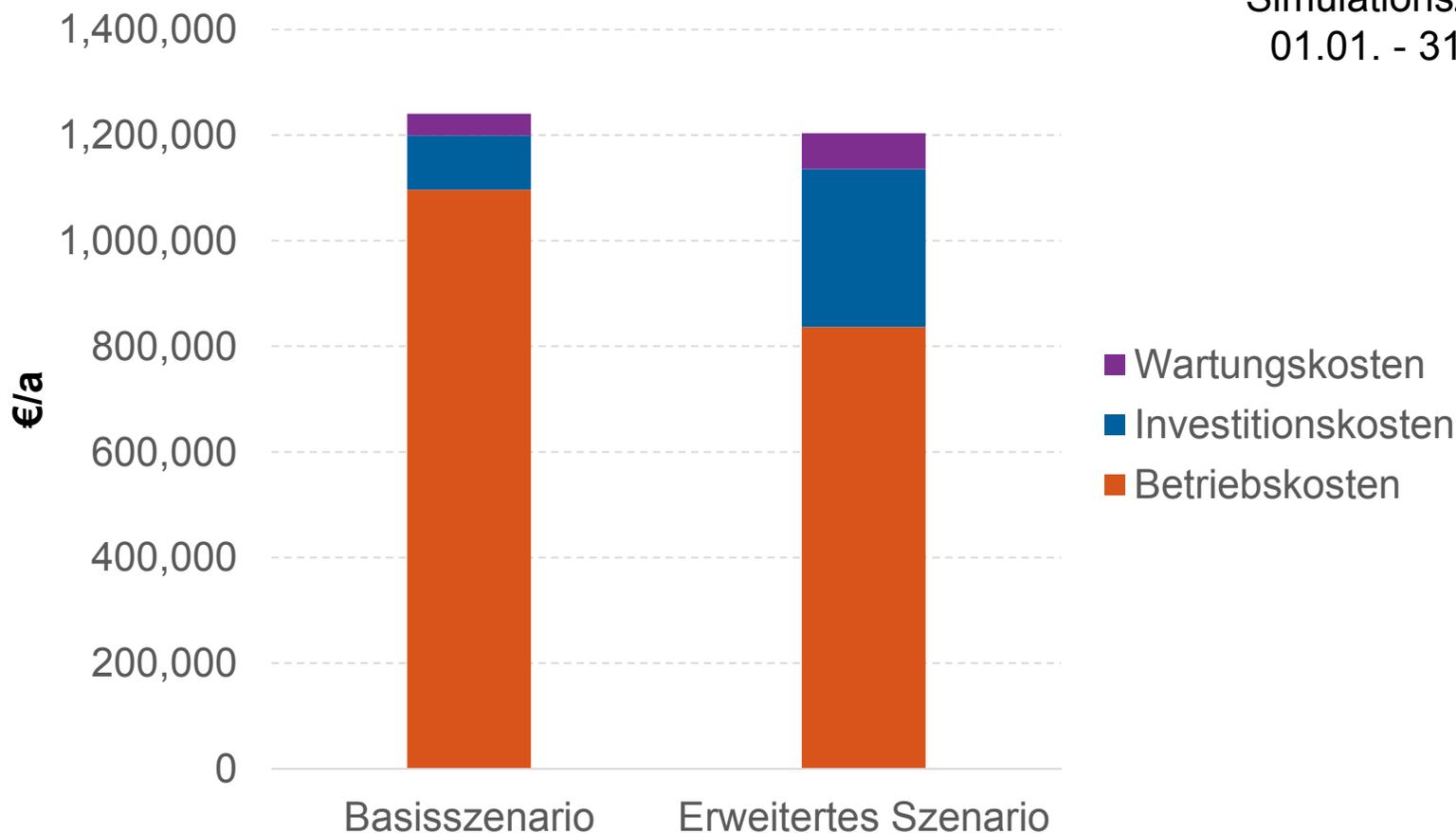
© pixLab studios

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



Gesamtkosten

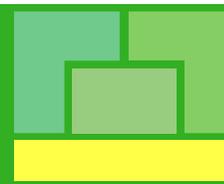
Simulationszeitraum:
01.01. - 31.12.2018



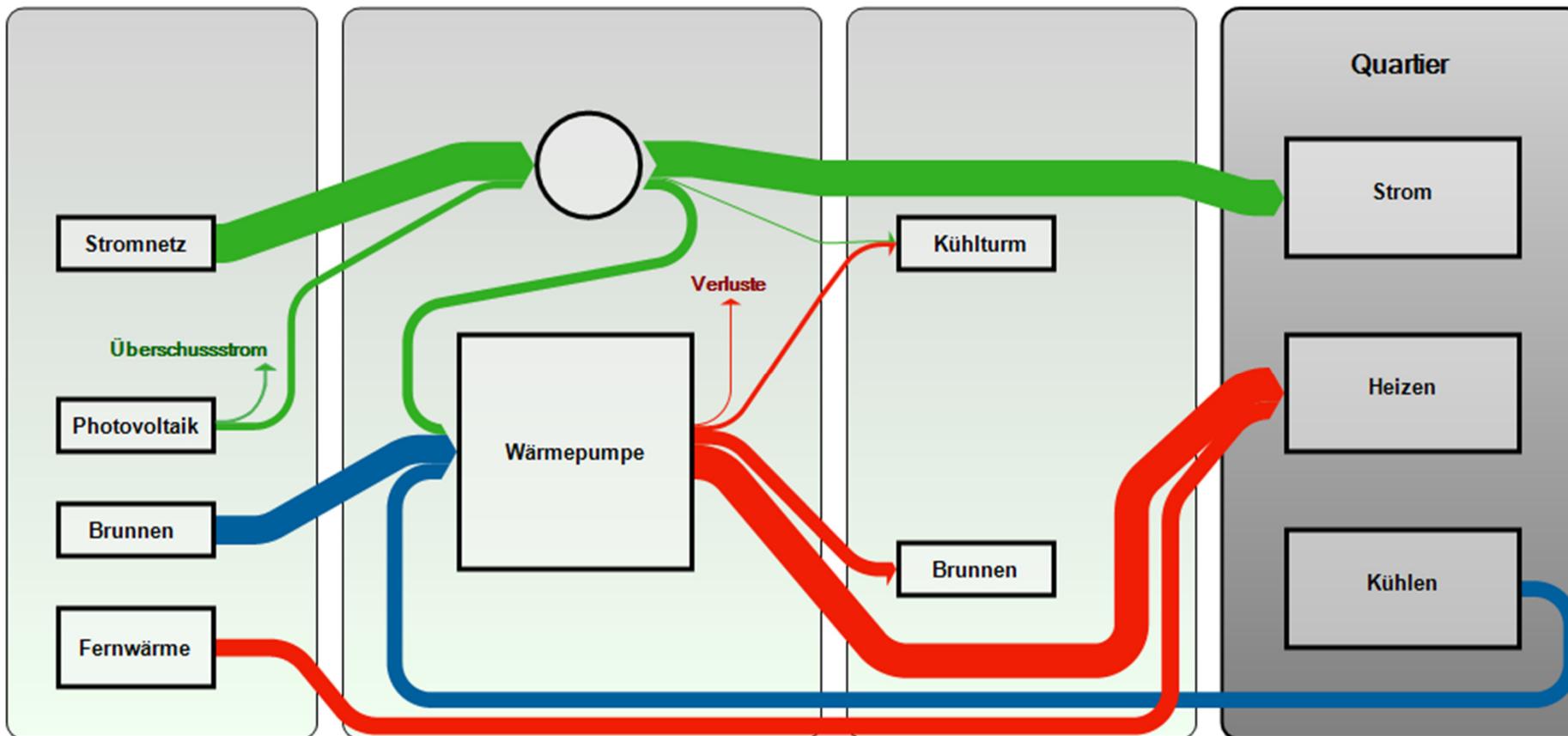
Einsparung: ca. 37,000 € /a (~3%)



Energieflussdiagramm Energiezentrale Basisszenario



© pixLab studios



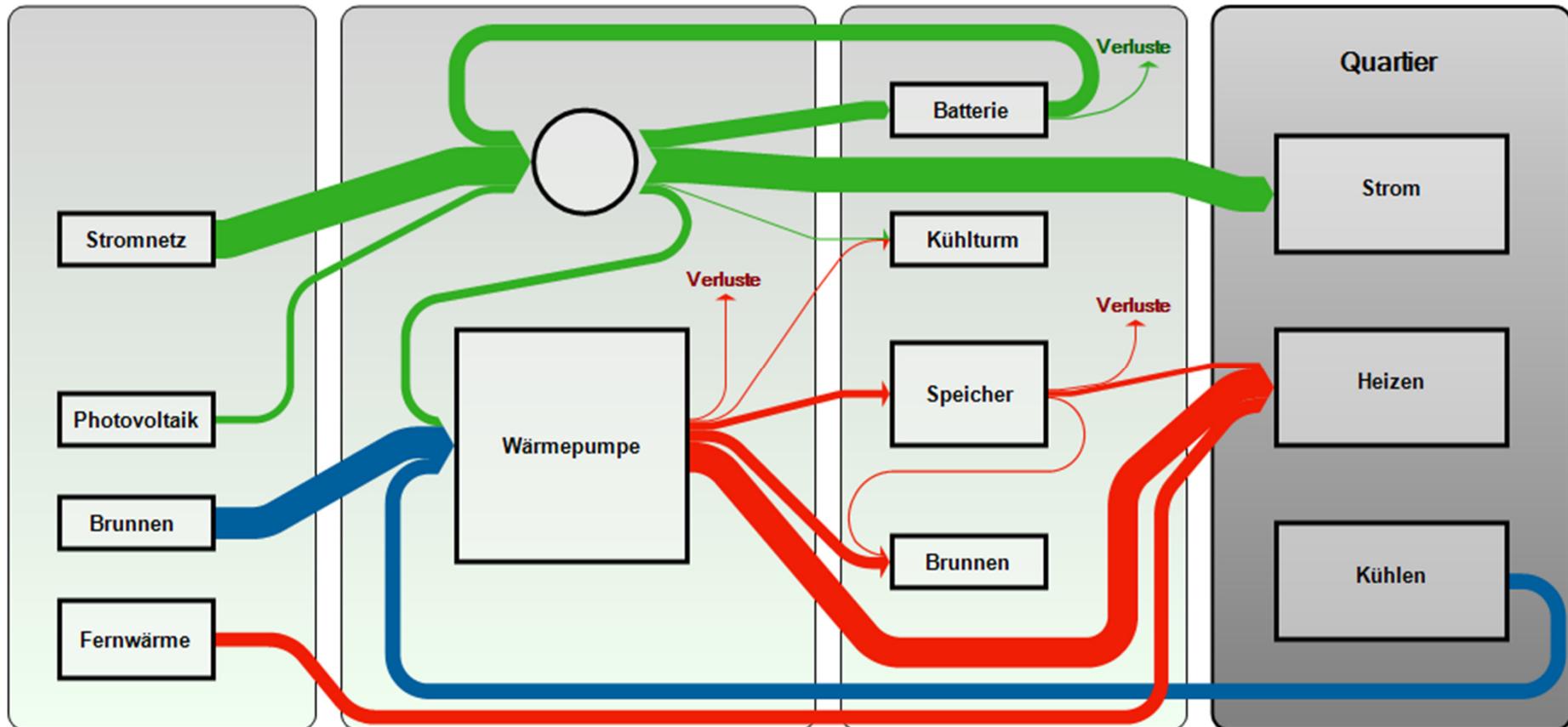
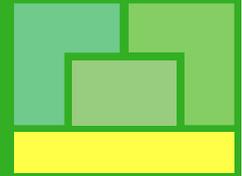
Simulationszeitraum: 01.01. - 31.12.2018



© pixLab studios

Energieflussdiagramm Energiezentrale

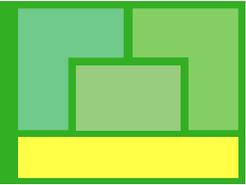
Erweitertes Szenario



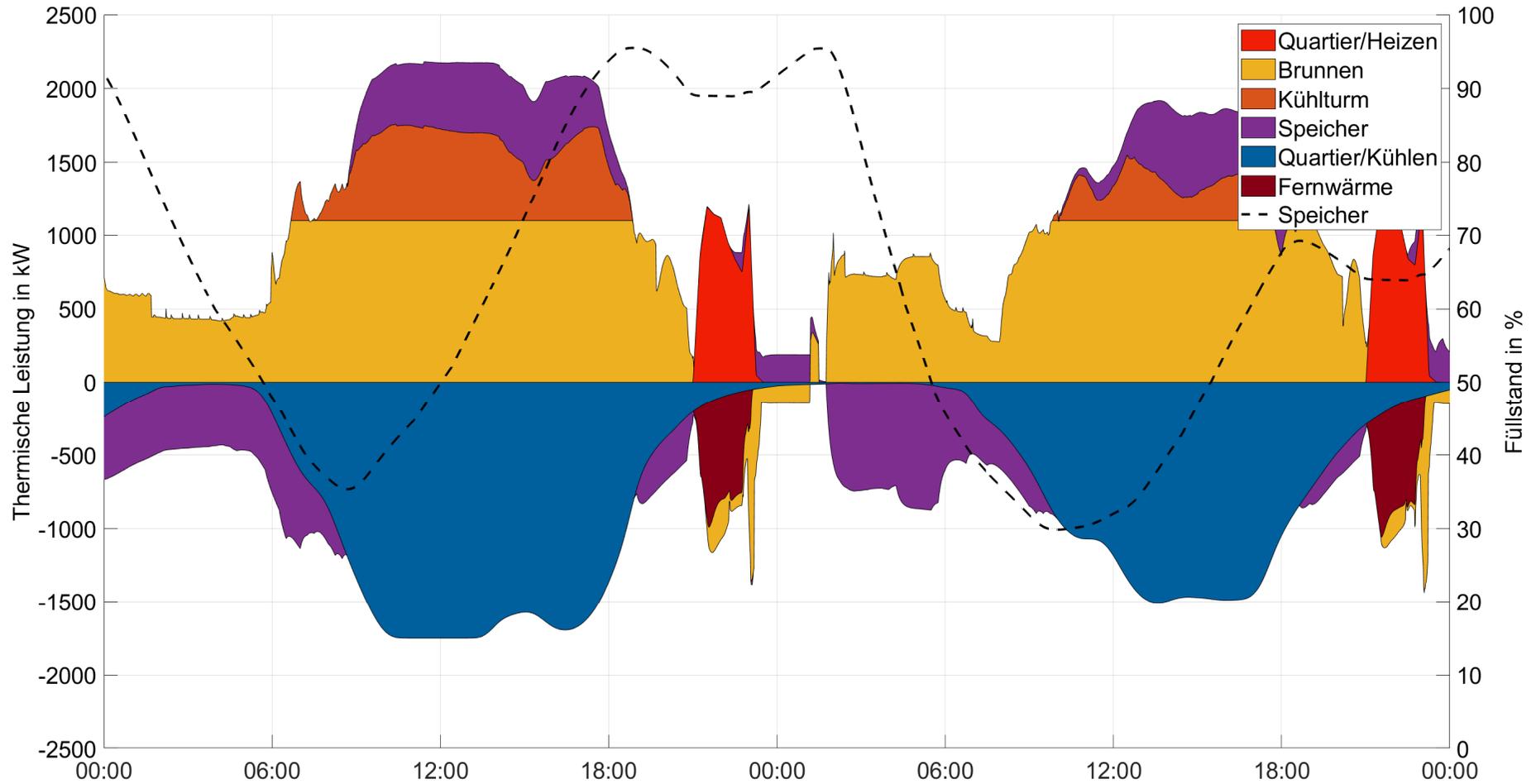
Simulationszeitraum: 01.01. - 31.12.2018



Beispielhaftes Ergebnis des erweiterten Szenarios Speicher zur Rückkühlung



© pixLab studios



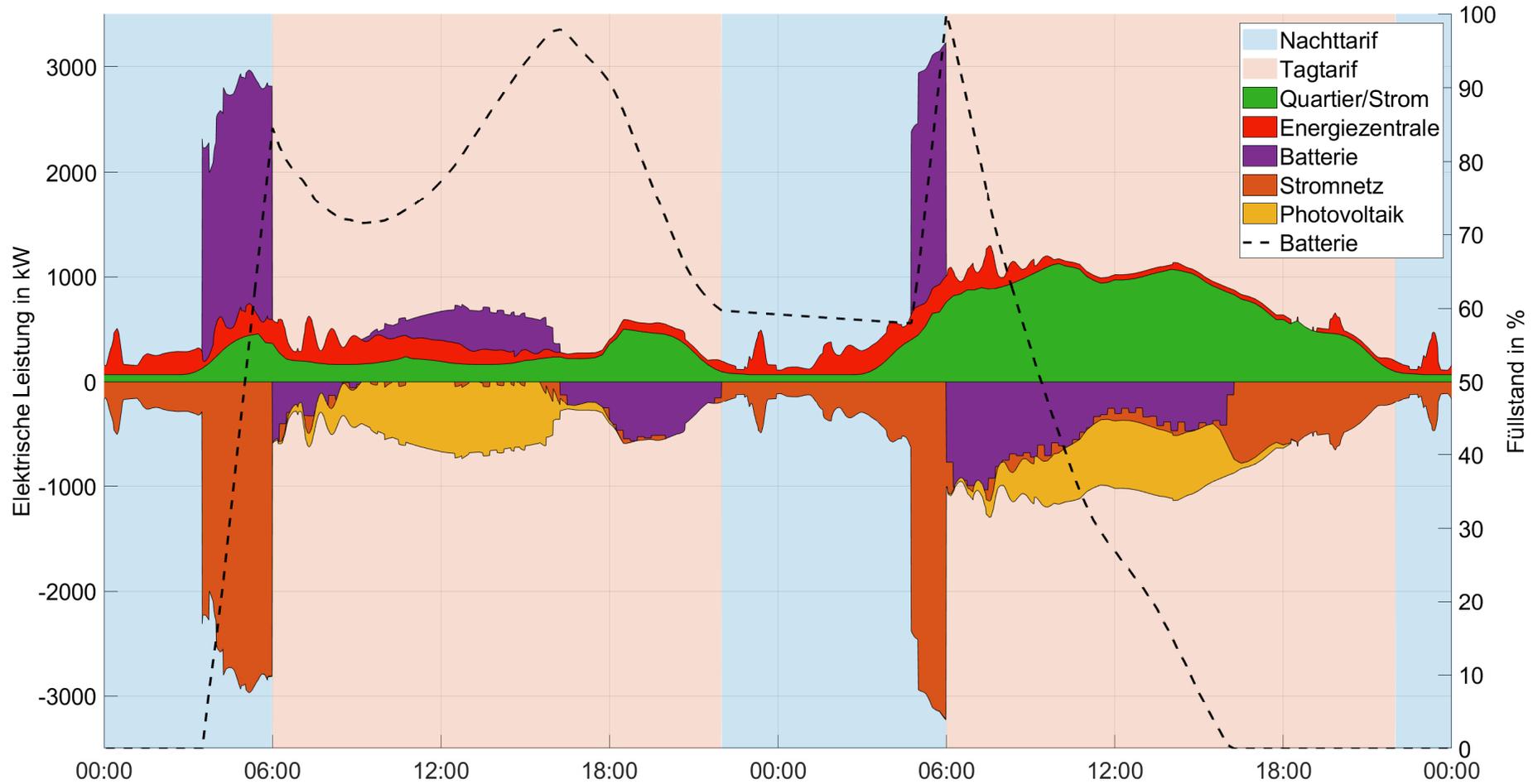
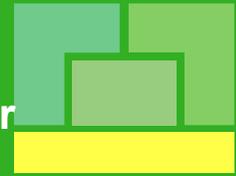
Di. 26.06 2018

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)



TB – STARCHEL



Bundesministerium
Verkehr, Innovation
und Technologie

bioenergy2020+

ÖKO-OPT-QUART

Ökonomisch optimiertes Regelungs- und Betriebsverhalten komplexer Energieverbände zukünftiger Stadtquartiere

Workshop

Graz, 25.01.2019



Stadt der Zukunft ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT abgewickelt.