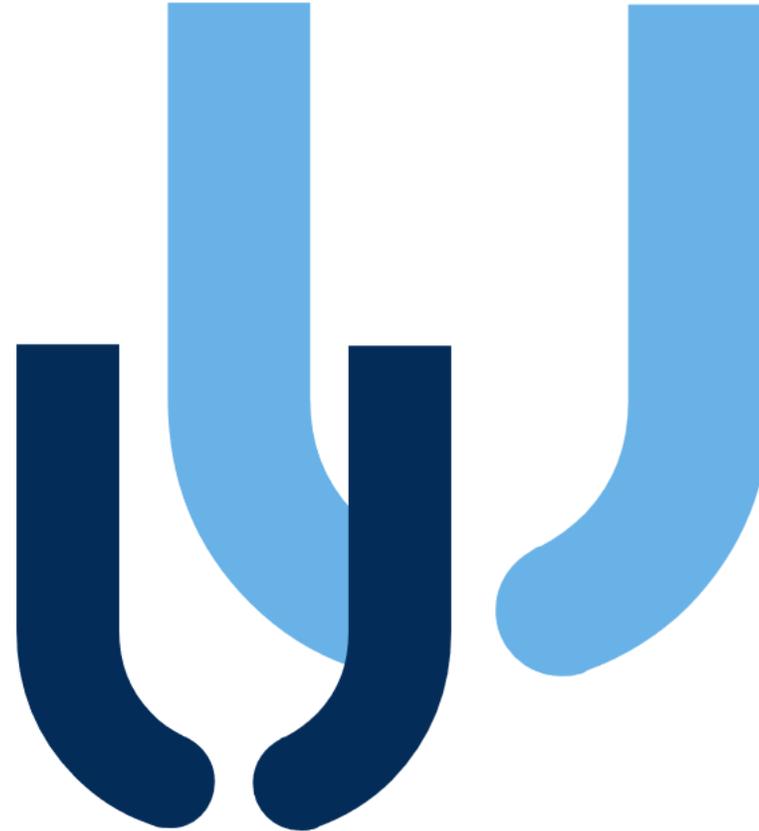


Modellprädiktive EMS für Quartiere – Ergebnisse und Implikationen aus Forschung für die Praxis

06.03.2024

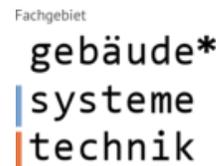
4. EWB-Kongress, Light + Building, Frankfurt/Main



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



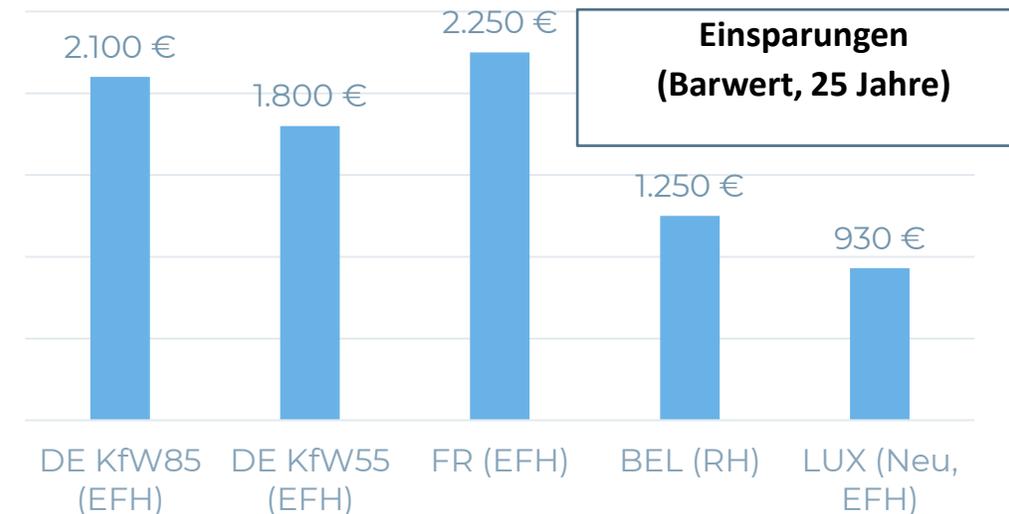
PtH4GR²ID - Power to Heat for the Greater Region's Renewables Integration and Development

Auswirkungen von MPC gesteuerten Wärmepumpen (WP) und Ausbau von PV in EFH:

- > Keine Netzengpässe über 10 Jahre, durch PV-Ausbau
- > Bei Höchstlast* kein Effekt durch MPC WP
- > Bestehende Marktstruktur kaum attraktiv für MPC gesteuerte WP
- > Größere Pufferspeicher (500 l -> 1.500 l):
~1.000 € Energiekosteneinsparung (Barwert, 25 Jahre)

Ergebnisse unter: pth4gr2id.com

Reduzierter \emptyset -Arbeitspreis von $\Delta 2$ ct/kWh
durch dynamische Tarife mit MPC WP
-> ~ **2.000 €** (Barwert, 25 Jahre)



EnEff:Stadt:ModEMS4Q

Entwicklung von Modernisierungskonzepten für Wohnquartiere (EFH, MFH) im Bestand auf Basis eines gebäudeübergreifenden EMS zur optimierten Einbindung von erneuerbaren Energien

Laufzeit: 06/2021-09/2023 - Folgeprojekt in Vorbereitung

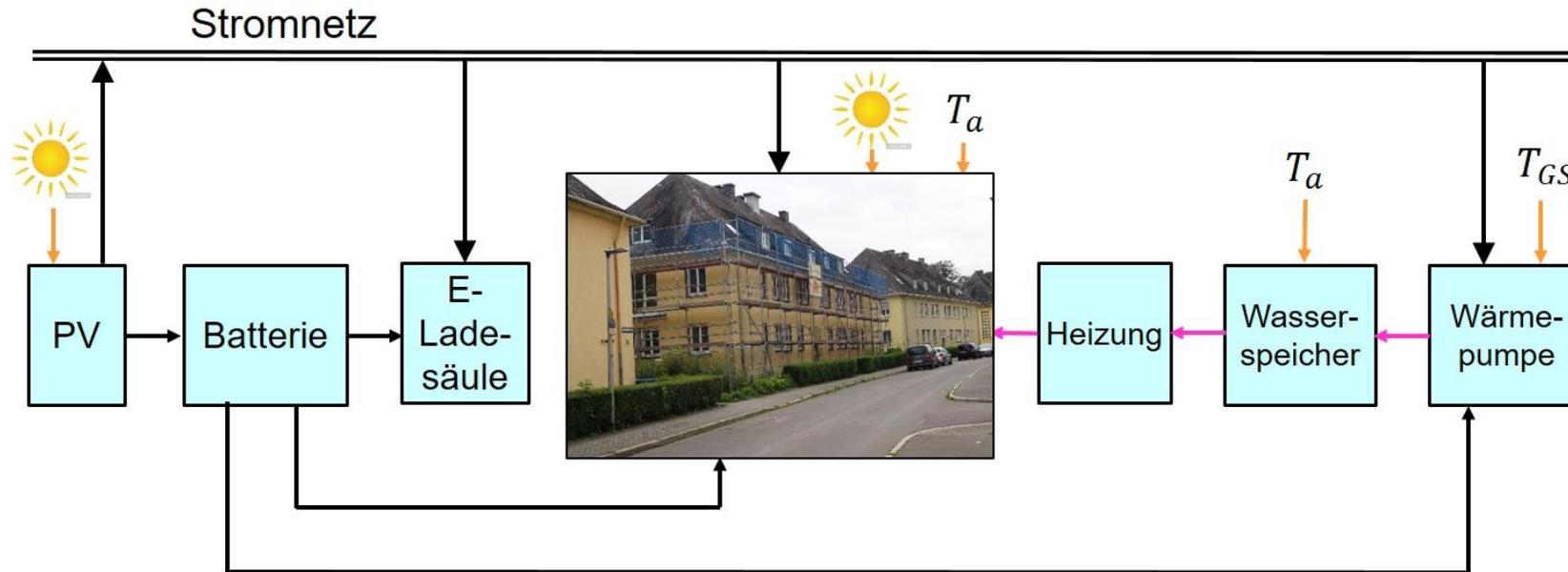
Forschungskonsortium:



Praxispartner:



Modular erweiterbares EMS



Herausforderungen bei Entwicklung der Lösung für Quartiere:

- > **Multi-Variablen** (z.B. Wärmepumpen Ein/Aus, Drehzahl der Wärmepumpen, E-Auto Laden/Entladen, Batterien Laden/Entladen, Leistung des Ladens/Entladens, Sollwerte für Wassertpeicher)
- > **Reduzierung des Engineering-Aufwands**

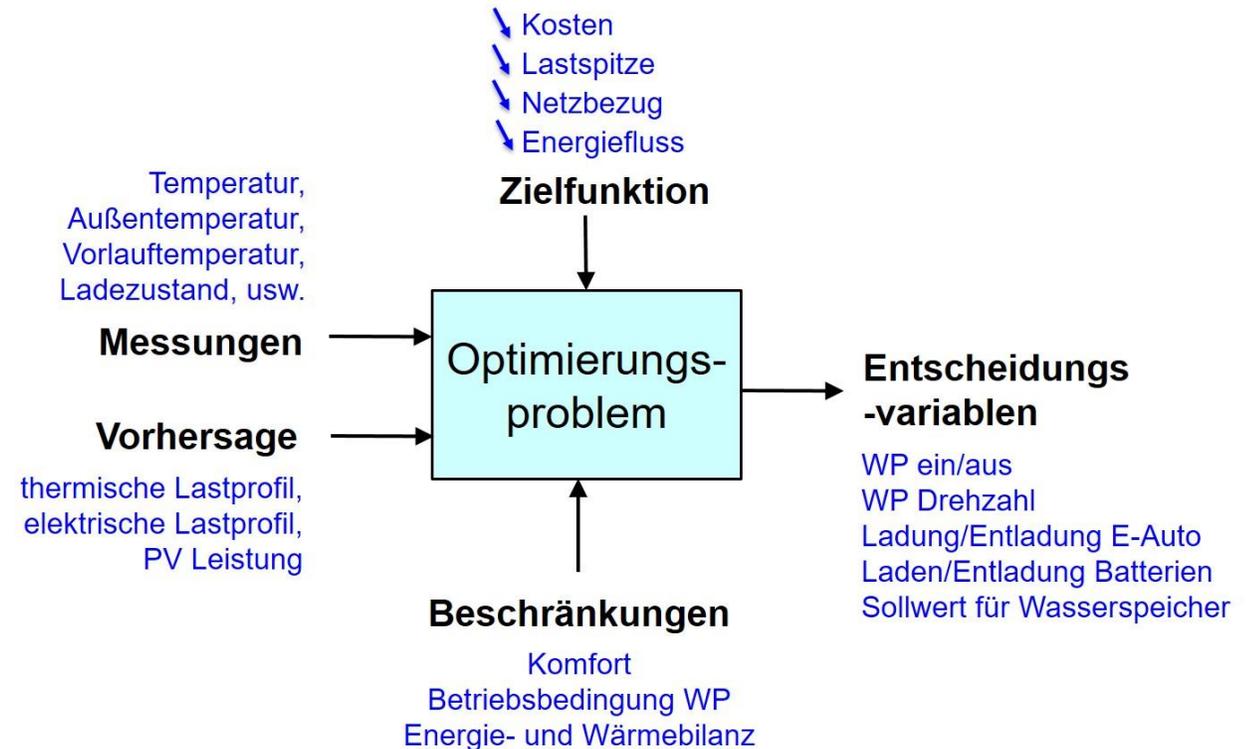
Modular erweiterbares EMS

Grundidee:

- > Ausnutzung der **Wettervorhersage**
- > Das Energiemanagementsystem (EMS) plant den Einsatz der Betriebsmittel **vorausschauend**

Tool für die Umsetzung:

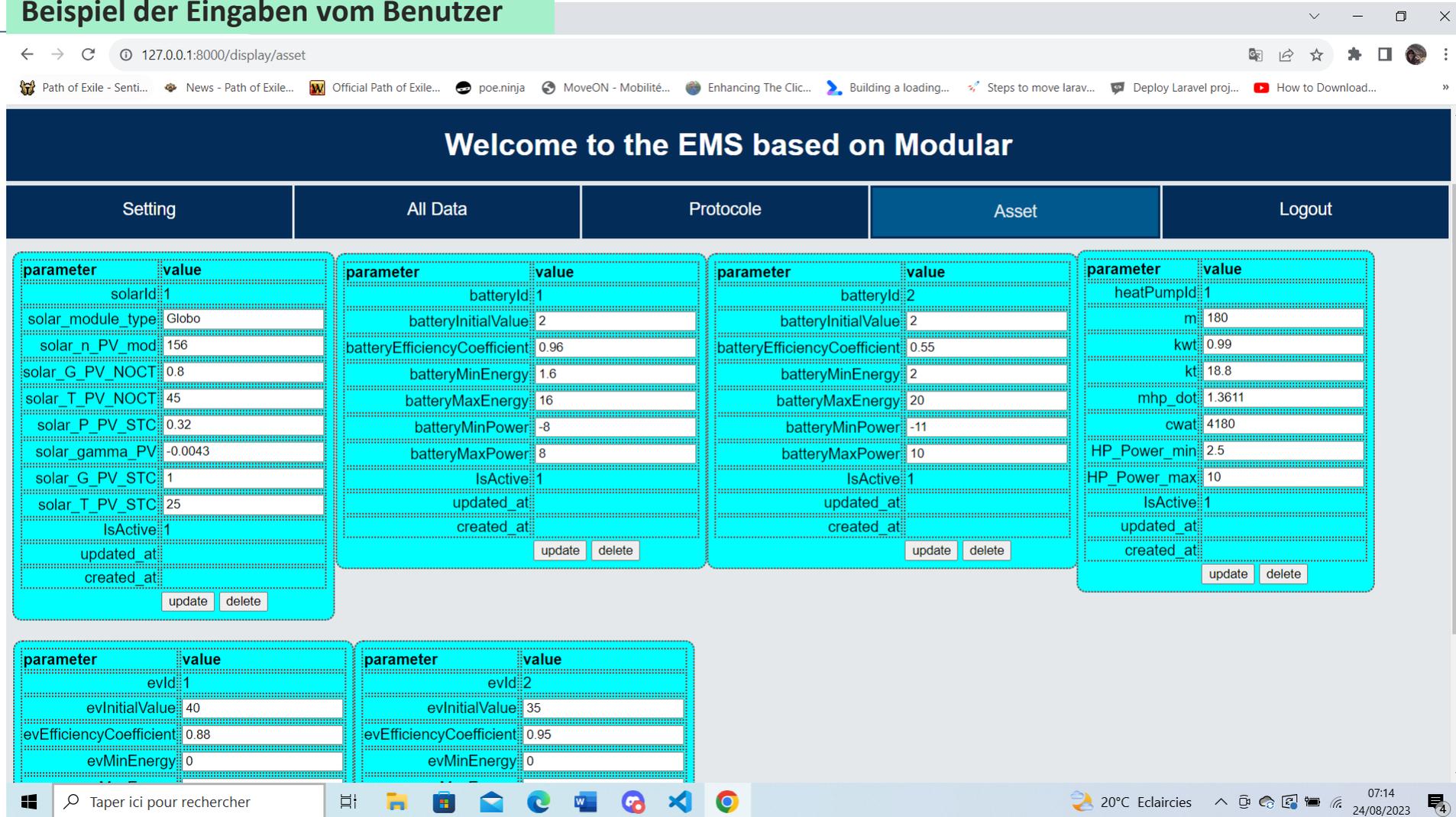
- > Modellprädiktive Regelung
(engl. Model Predictive Control, MPC)
- > Formulierung und Lösung eines Optimierungsproblems



Merkmale der Lösung:

- > Automatische Generierung des Optimierungsproblems
- > Signifikante Reduzierung des Engineering-Aufwands
- > Modular erweiterbares EMS
- > Benötigte Eingabe bzw. Auswahl vom Benutzer über die Quartiere:
 - Anzahl der WP, Batterien, E-Autos
 - Begrenzungen der Geräte (z.B. Batterie obere und untere Ladegrenze)
 - Ziel der Optimierung

Beispiel der Eingaben vom Benutzer



The screenshot shows a web browser window displaying the EMS interface. The browser address bar shows the URL '127.0.0.1:8000/display/asset'. The page title is 'Welcome to the EMS based on Modular'. The interface has a navigation bar with 'Setting', 'All Data', 'Protocole', 'Asset', and 'Logout'. Below the navigation bar are several data entry forms for different assets, each with a table of parameters and values, and 'update' and 'delete' buttons.

parameter	value
solarId	1
solar_module_type	Globo
solar_n_PV_mod	156
solar_G_PV_NOCT	0.8
solar_T_PV_NOCT	45
solar_P_PV_STC	0.32
solar_gamma_PV	-0.0043
solar_G_PV_STC	1
solar_T_PV_STC	25
IsActive	1
updated_at	
created_at	

parameter	value
batteryId	1
batteryInitialValue	2
batteryEfficiencyCoefficient	0.96
batteryMinEnergy	1.6
batteryMaxEnergy	16
batteryMinPower	-8
batteryMaxPower	8
IsActive	1
updated_at	
created_at	

parameter	value
batteryId	2
batteryInitialValue	2
batteryEfficiencyCoefficient	0.55
batteryMinEnergy	2
batteryMaxEnergy	20
batteryMinPower	-11
batteryMaxPower	10
IsActive	1
updated_at	
created_at	

parameter	value
heatPumpId	1
m	180
kwt	0.99
kt	18.8
mhp_dot	1.3611
cwat	4180
HP_Power_min	2.5
HP_Power_max	10
IsActive	1
updated_at	
created_at	

parameter	value
evId	1
evInitialValue	40
evEfficiencyCoefficient	0.88
evMinEnergy	0

parameter	value
evId	2
evInitialValue	35
evEfficiencyCoefficient	0.95
evMinEnergy	0

Test der Konzepte durch Co-Simulation

Das EMS wurde für verschiedene Zeiträume und Szenarien evaluiert.

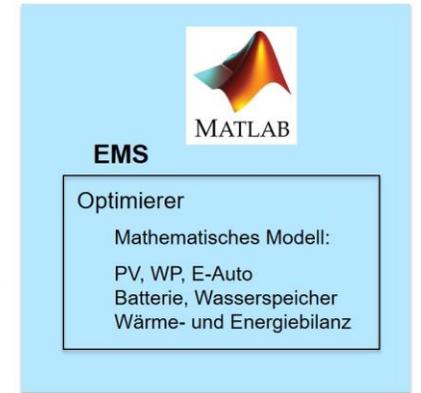
- > **Gebäude:** Rembrandtstraße, Trier
- > **Wetterdaten:** Jahr 2020
- > **Vorhersage:** 24 Stunden
- > **Abtastzeit:** 15 min
- > **Anforderung:** Heizwärmebedarfe abdecken
- > **Wärmepumpen:** drehzahlvariable, max. Leistung 10 kW
- > **Wasserspeicher:** Temperatur im Tank
- > **Strompreis:** Börsenpreis
- > **PV-Einspeisevergütung bei Überschuss:** 0,082 €/kWh



Wärmebedarf



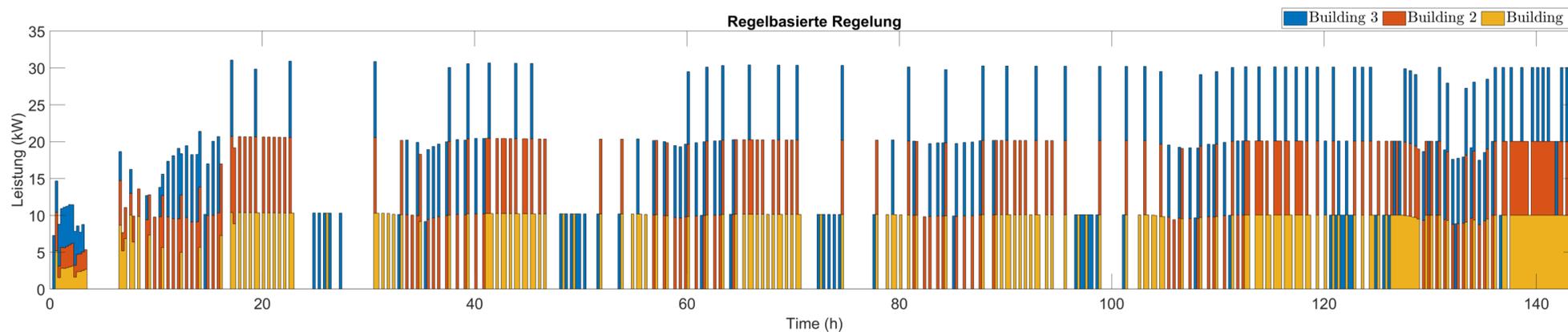
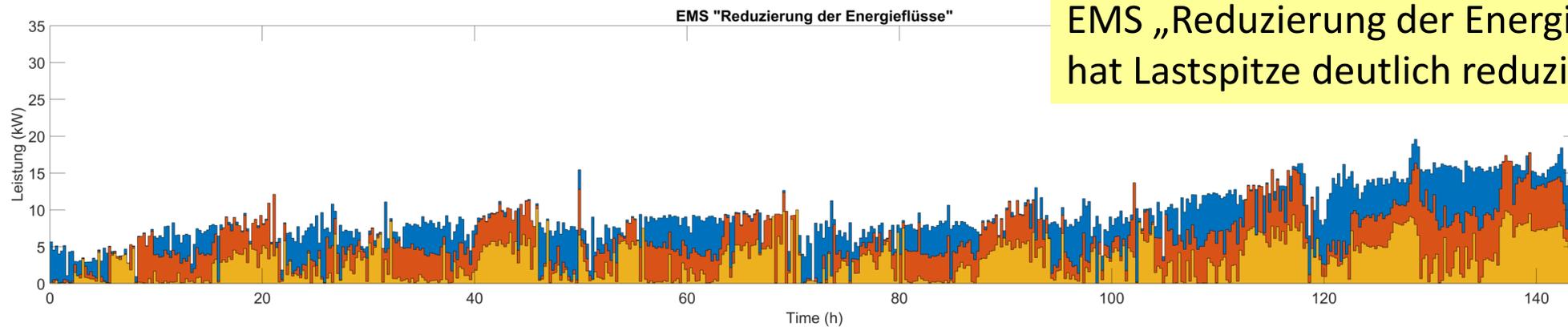
Vorlauftemperatur
zur Heizung



$$f(T_{oa}) \leq T_1, T_2, T_3, T_4 \leq f(T_{oa}) + 10K$$

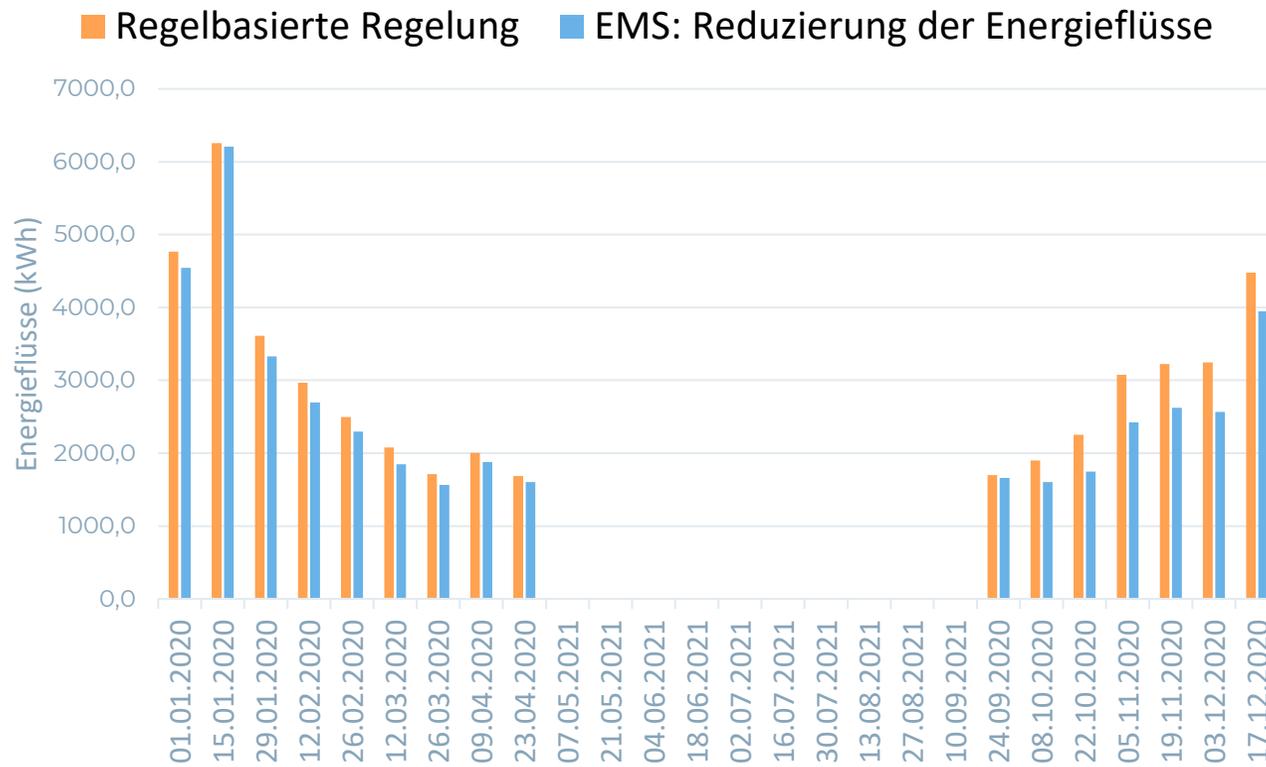
Test der Konzepte durch Co-Simulation

Ziel der Optimierung: Reduzierung der Energieflüsse



Test der Konzepte durch Co-Simulation

Ziel der Optimierung: **Reduzierung der Energieflüsse**



> Vergleich der Energieflüsse:

EMS vs. **Regelbasierte Regelung**
48060 kWh vs. **53307 kWh**

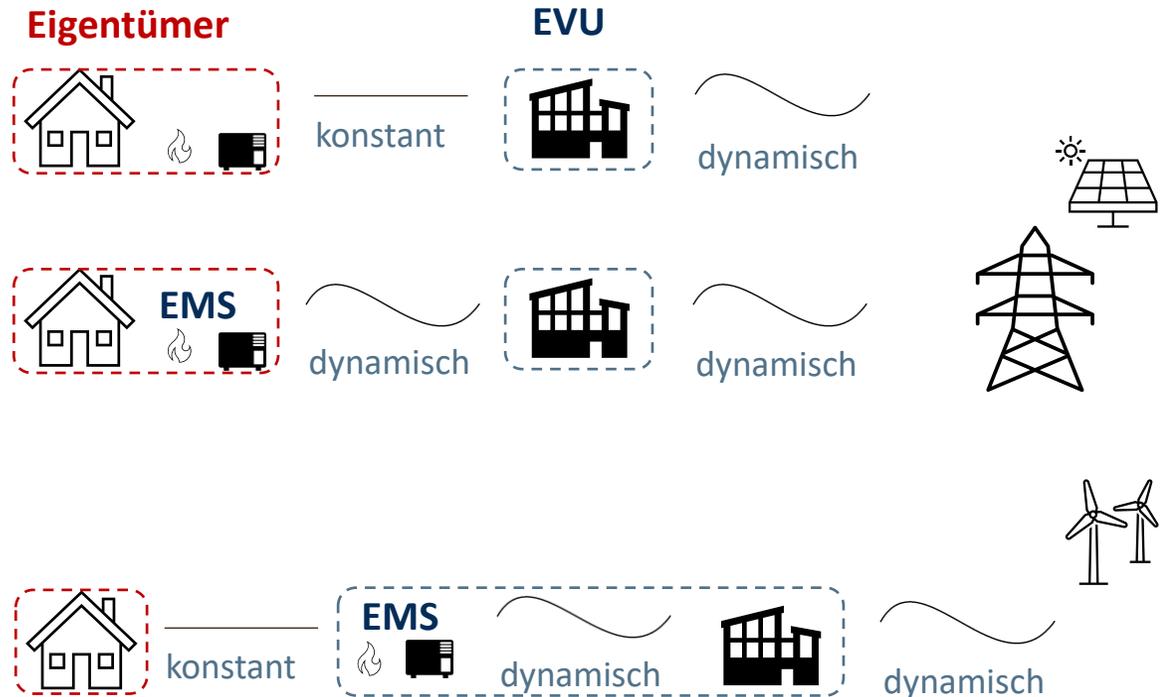
- > **EMS „Reduzierung der Energieflüsse“ hat Lastspitzen reduziert**
- > **Im Vergleich zu regelbasierter Regelung spart EMS min. 10% der Energieflüsse**

Umgestaltung der typischen Rollenaufteilung, um Flexibilität möglichst effizient nutzen zu können

- > Dynamische Tarife nicht notwendig
- > Bessere Möglichkeiten zum Lastmanagement

Typische Aufteilung:

- 1) Standardtarif/ Abrechnung konstanter Preis/ keine Flexibilität
- 2) Dynamischer Tarif/ Abrechnung dynamischer Preis/ eingeschränkte Flexibilität



ModEMS4Q

- 3) Standard Tarif/ Abrechnung konstanter Preis/ volle Flexibilität EVU

Warum ist Fernwärme derzeit so interessant für Bestandshalter?

> **Abgeben von Verantwortung & (keine) Investitionskosten**

> **Risiko: Preissteigerungen**

Wärmecontracting ModEMS4Q (vor Modernisierung)

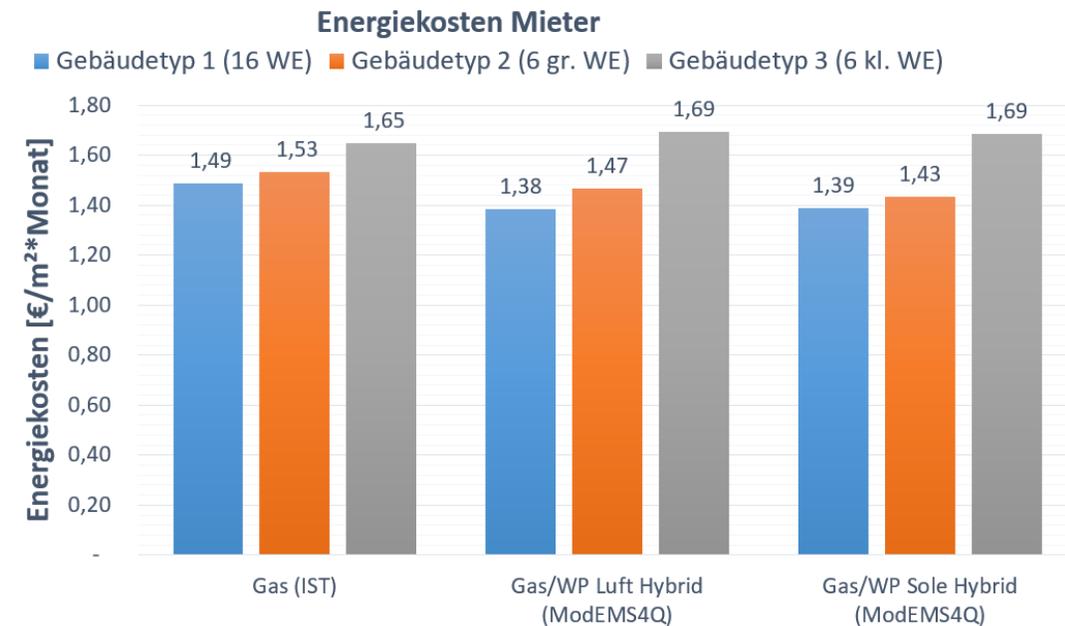
> **Keine Investitionskosten Bestandshalter**

> **Umlage Investitionskosten über Energiekosten**

> **Breakeven Energiekosten bei Gasbezugspreis 10-12 ct/kWh
(keine Mehrkosten für Mieter)**

> Kosten der Wärmelieferung max. gleich Betriebskosten für bisherige Eigenversorgung (§ 556c (1) Satz 2 BGB)

> Fernwärme 12-27 ct/kWh 2023/2024 (Tarife gemäß Finanztip 2024)



Umsetzungsprojekt in Planung:

- > Umsetzung in einem Wohnquartier
- > Entwicklung eines webbasierten Tools zur Bewertung des Einsparungspotentials

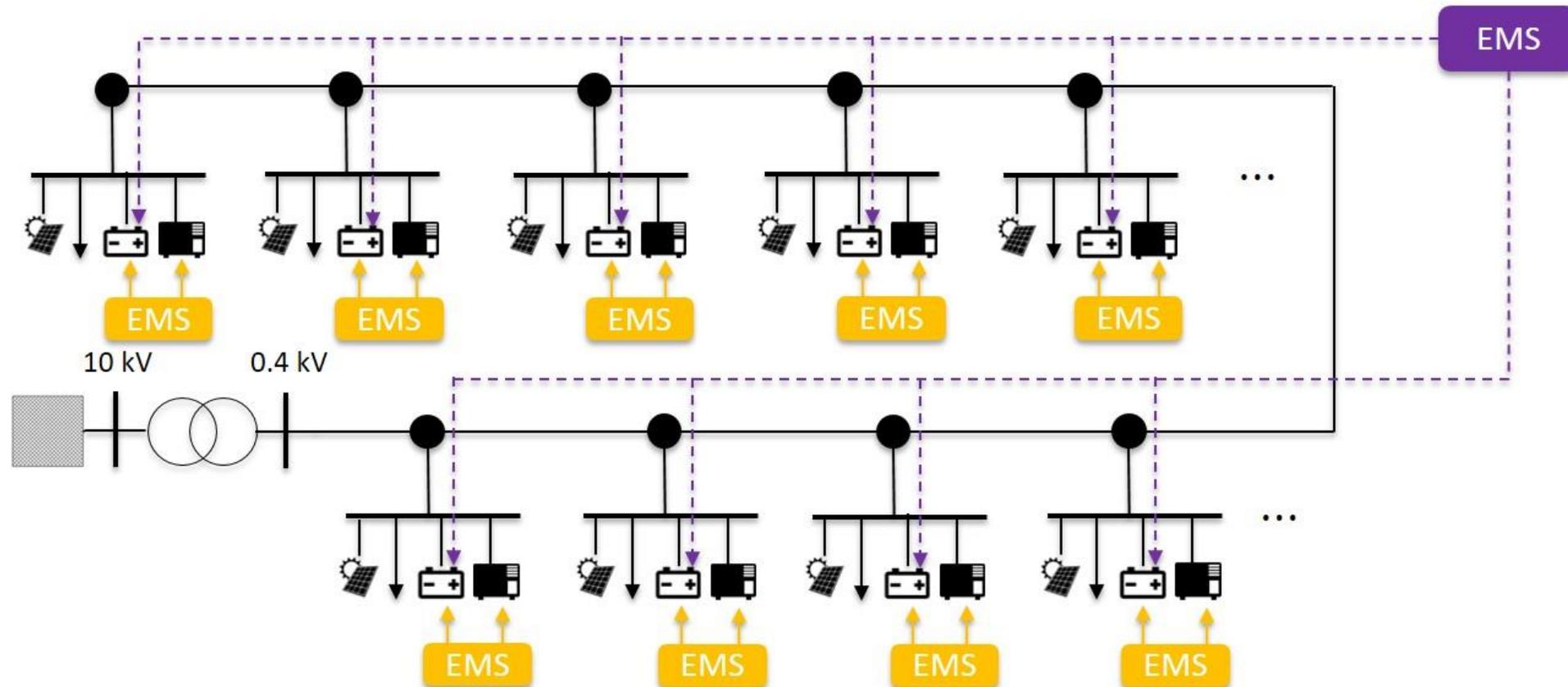
Herausforderungen:

- > Verschiebung von Modernisierungen durch die Immobilienhalter
- > Gestiegene Baukosten
- > Abwarten Kommunale Wärmeplanung bis 2026/2028
- > Fachkräftemangel

Lösungsmöglichkeiten:

- > Sukzessive Modernisierung der Bestandsquartiere

Erweiterbarkeit zu einem Stadtteil:



Planungsleitfaden

Planungsleitfaden

- für Bestandshalter und Fachplaner -

Energetische Modernisierung von Wohngebäuden
und Quartieren mit Berücksichtigung des Einsatzes
eines Energiemanagementsystems

Kurzfassung Projektergebnisse EnEff-Stadt: ModEMS4Q für die Praxis
7. Energieforschungsprogramm - Gebäude und Quartiere



Leitfaden (Fokus Bestandshalter) kostenlos unter:

ewb.innoecos.com >>> ModEMS4Q

Kontaktieren Sie uns bei

- > Interesse an weitergehenden Informationen
- > Interesse an Kooperationen
(z.B. Nutzung EMS aus ModEMS4Q)



Vielen Dank!

Prof. Dr. Ping Zhang, Automatisierungstechnik

Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock, Immobilienökonomie

RPTU Kaiserslautern-Landau

pzhang@rptu.de

bjoern.kurzrock@rptu.de



Appendix: Test der Konzepte durch Co-Simulation

