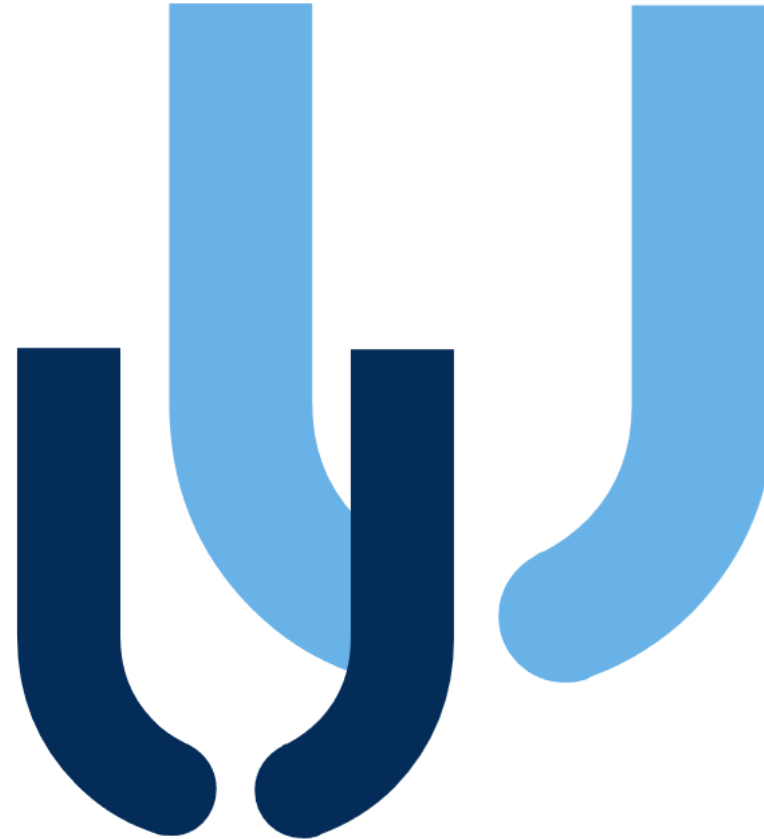


# Modellprädiktive EMS für Quartiere – Ergebnisse und Implikationen aus Forschung für die Praxis

06.03.2024

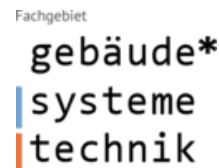
4. EWB-Kongress, Light + Building, Frankfurt/Main



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



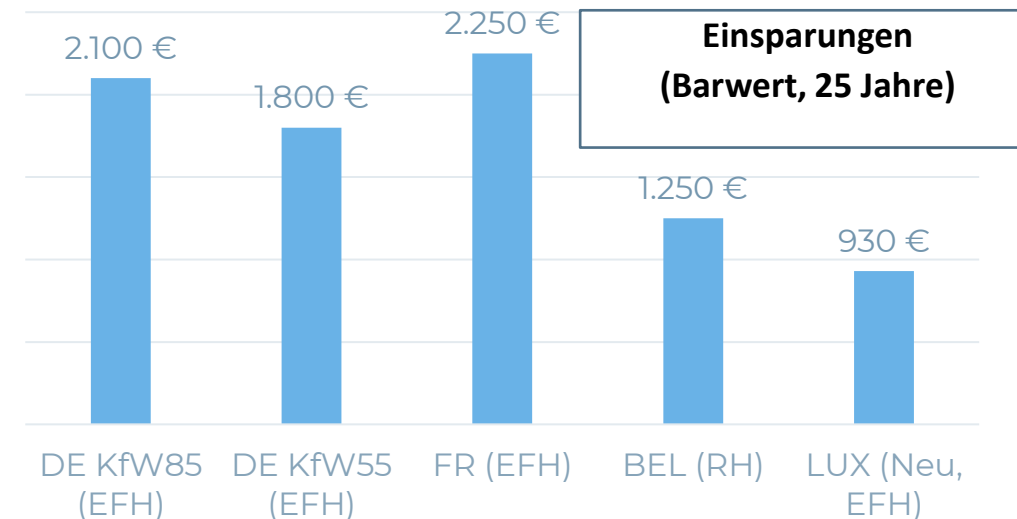
## PtH4GR<sup>2</sup>ID - Power to Heat for the Greater Region's Renewables Integration and Development

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](http://pth4gr2id.com)

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

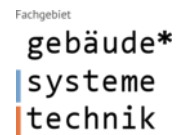


## EnEff:Stadt:ModEMS4Q

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

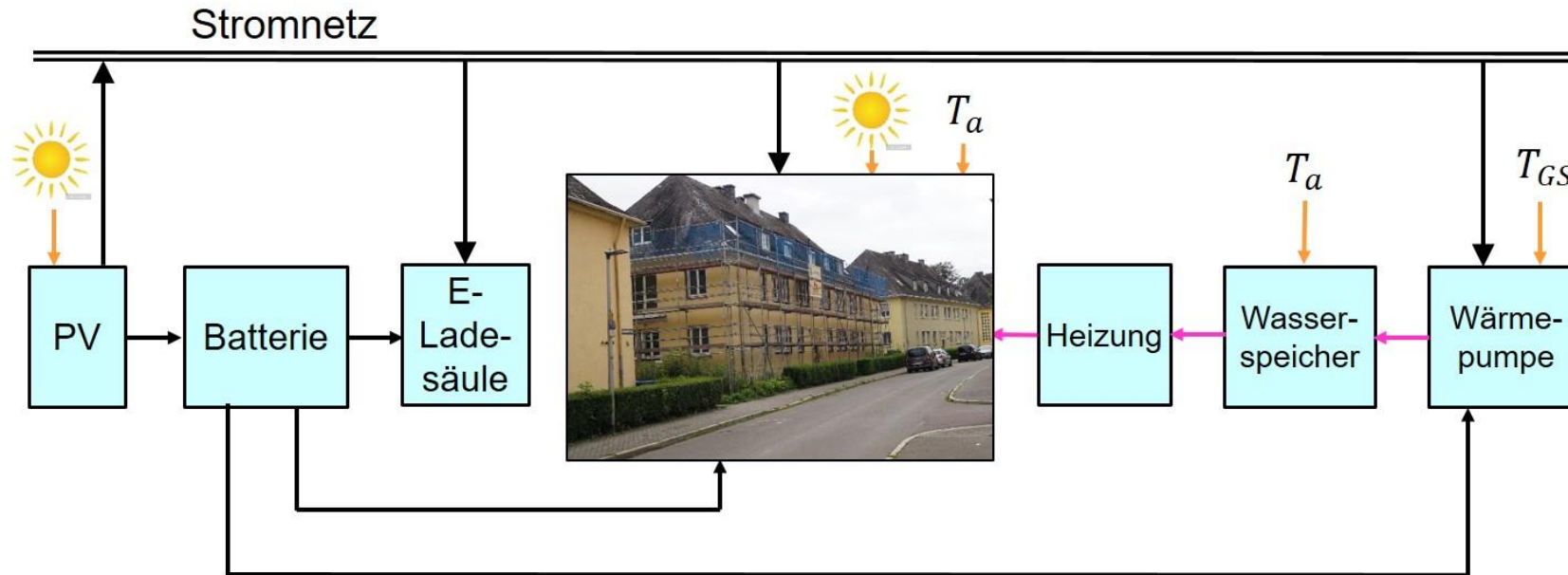
### Forschungskonsortium:



### 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 Wasserspeicher)
- > **Reduzierung des Engineering-Aufwands**

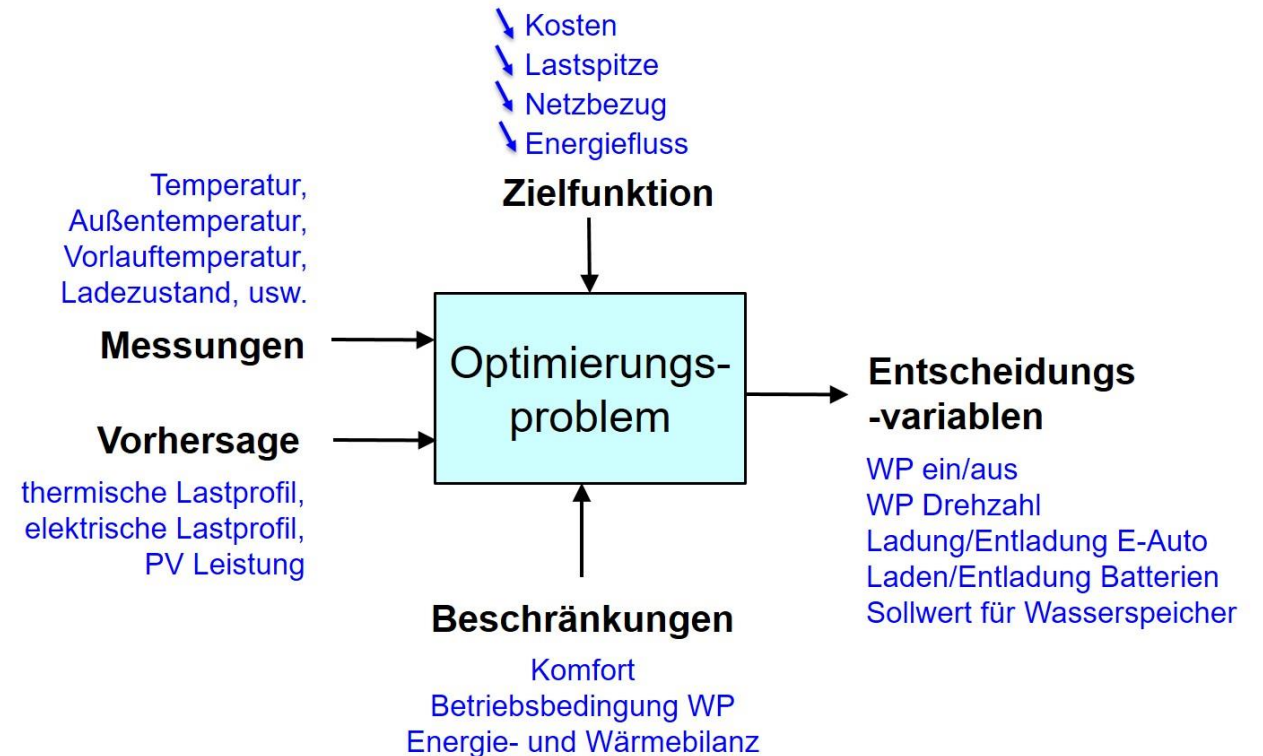
# Modular erweiterbares EMS

## 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

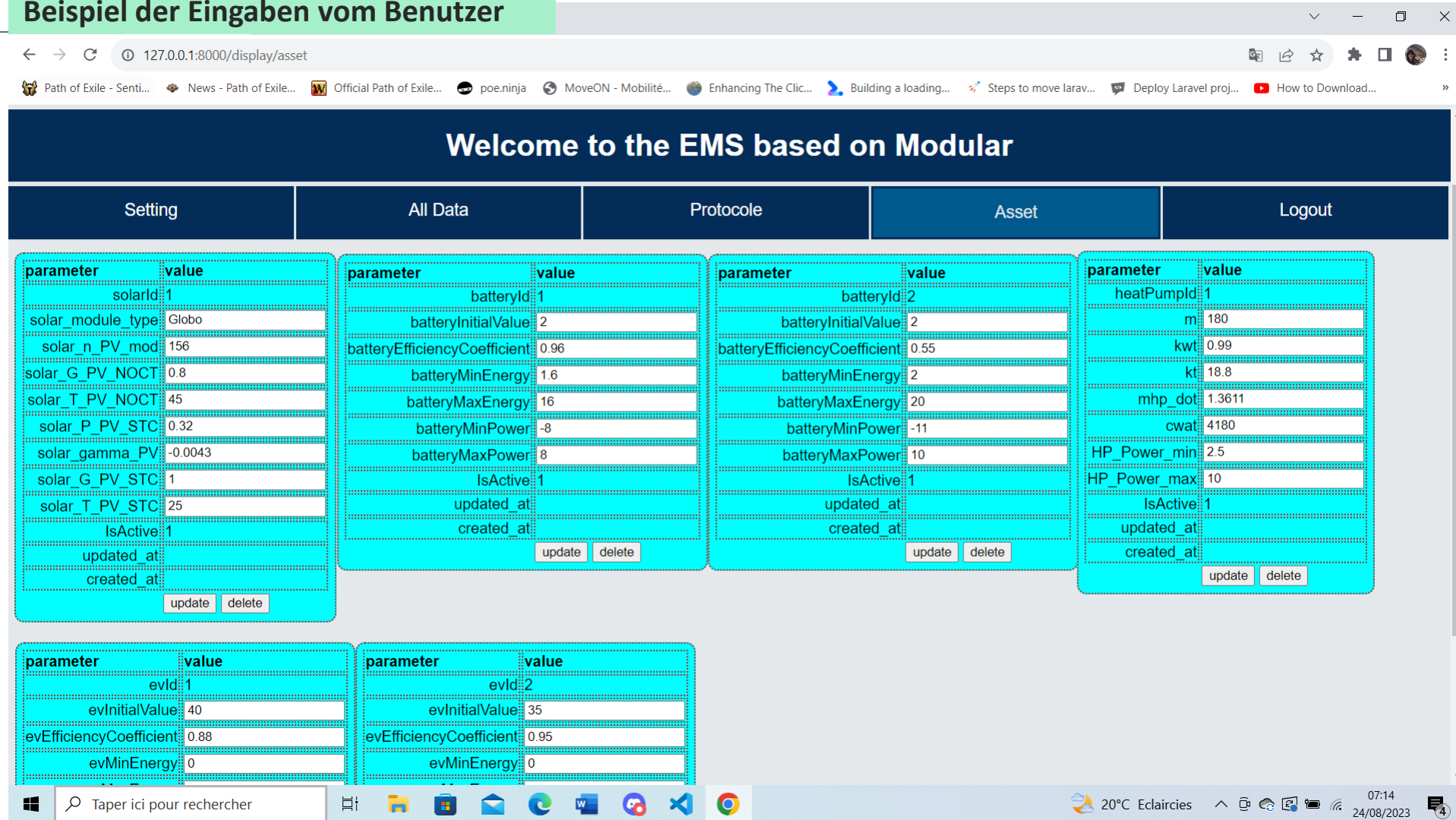


## Merkmale der Lösung:

- > 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

# Modular erweiterbares EMS

## 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, there 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

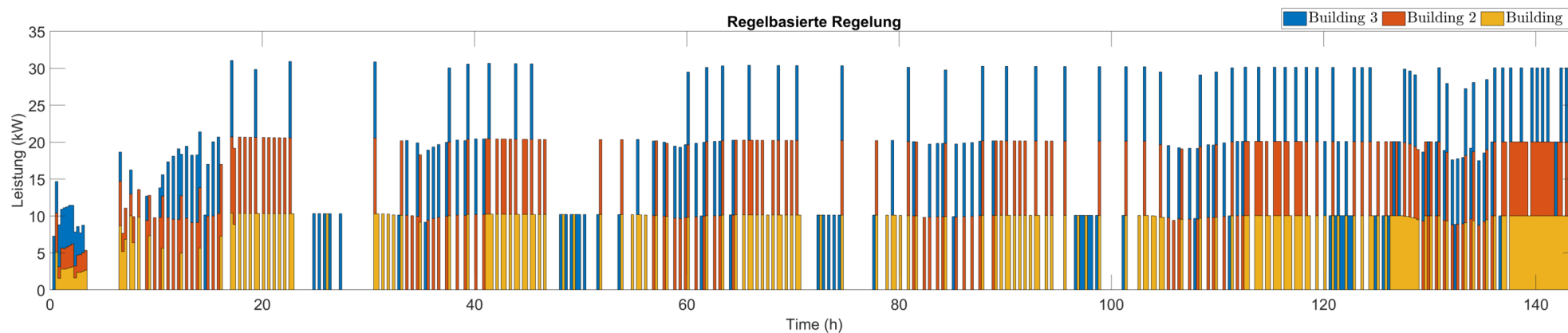
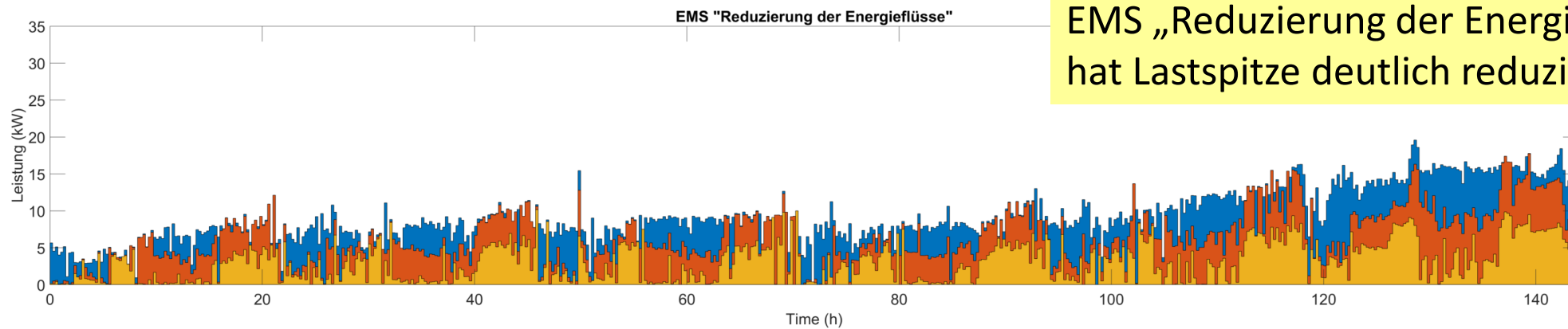


$$f(T_{oa}) \leq T_1, T_2, T_3, T_4 \leq f(T_{oa}) + 10K$$



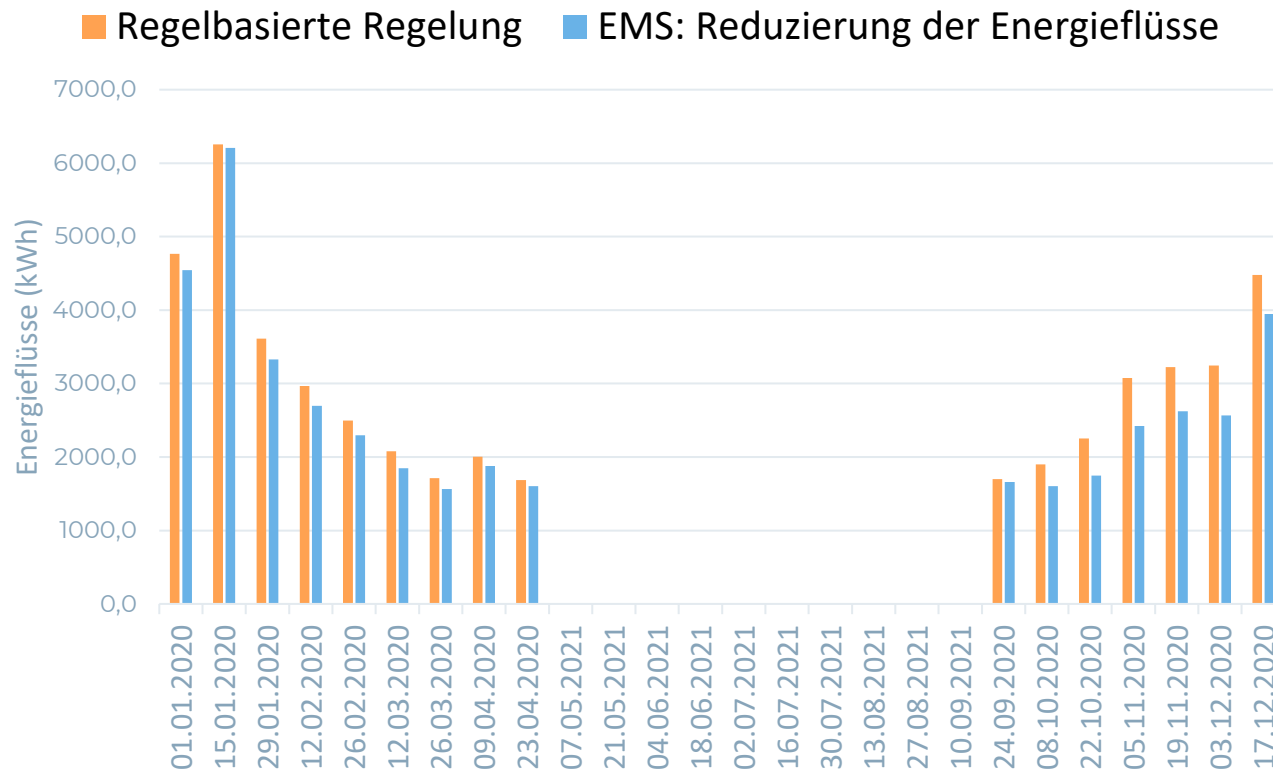
# Test der Konzepte durch Co-Simulation

## 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**

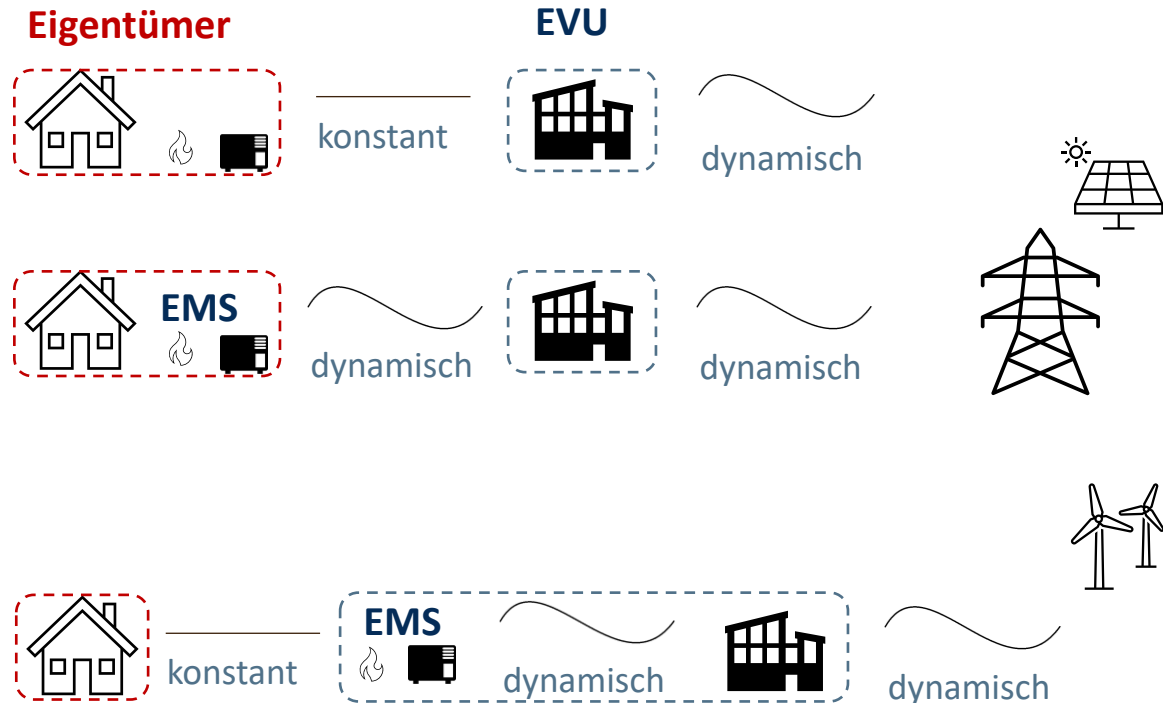
- > **EMS „Reduzierung der Energieflüsse“ hat Lastspitzen reduziert**
- > **Im Vergleich zu regelbasierter Regelung spart EMS min. 10% der Energieflüsse**

## 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)

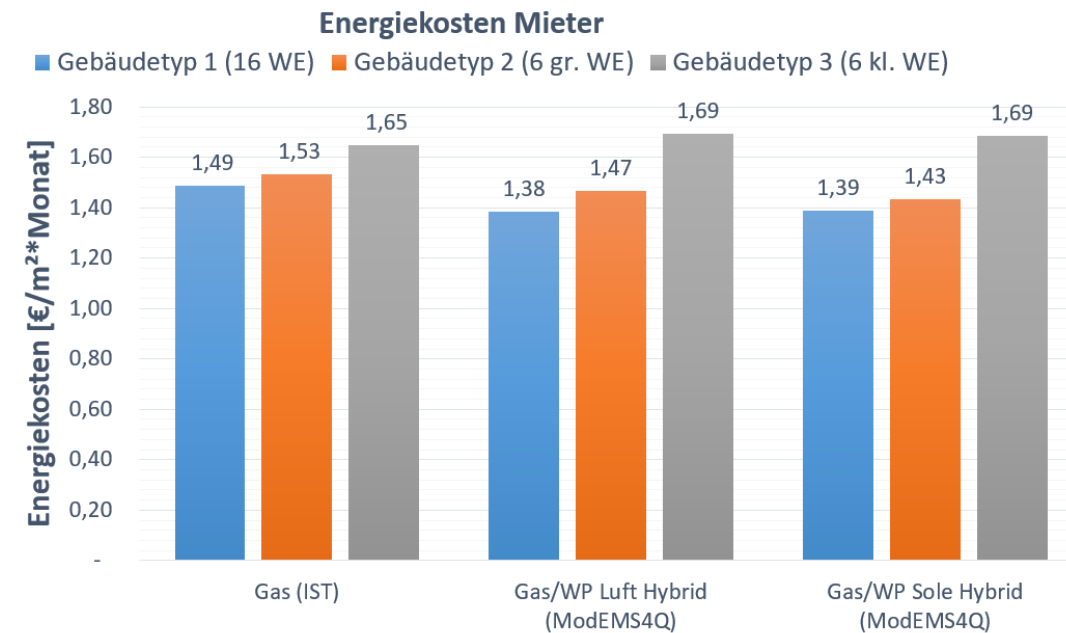
> Keine Investitionskosten Bestandshalter

> 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

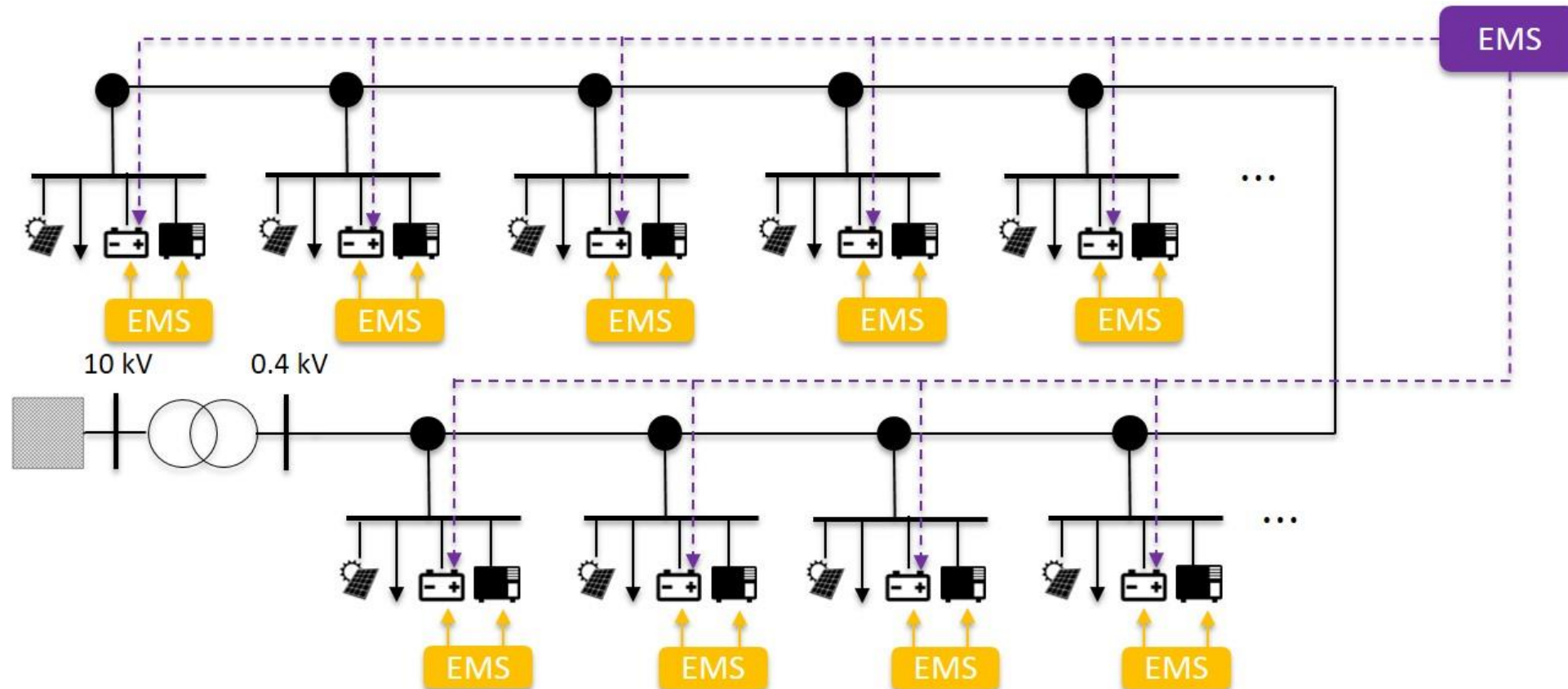
## **Herausforderungen:**

- > 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



Gefördert durch:  
  
Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz  
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## 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](http://ewb.innoecos.com) >>> ModEMS4Q

Kontaktieren Sie uns bei

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



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Vielen Dank!

Prof. Dr. Ping Zhang, Automatisierungstechnik

Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock, Immobilienökonomie

RPTU Kaiserslautern-Landau

[pzhang@rptu.de](mailto:pzhang@rptu.de)

[bjoern.kurzrock@rptu.de](mailto:bjoern.kurzrock@rptu.de)





# Appendix: Test der Konzepte durch Co-Simulation

