

# Digitalisierung zur Optimierung von Energiesystemen – Anwendungsbeispiele vom Gebäude über Quartiere bis zu Netzregionen

Karsten von Maydell, Peter Klement, Ben Hanke, Frank Schuldt, Jan-Simon Telle, Rasmus Völker, Alexander Dyck

DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme



Wissen für Morgen

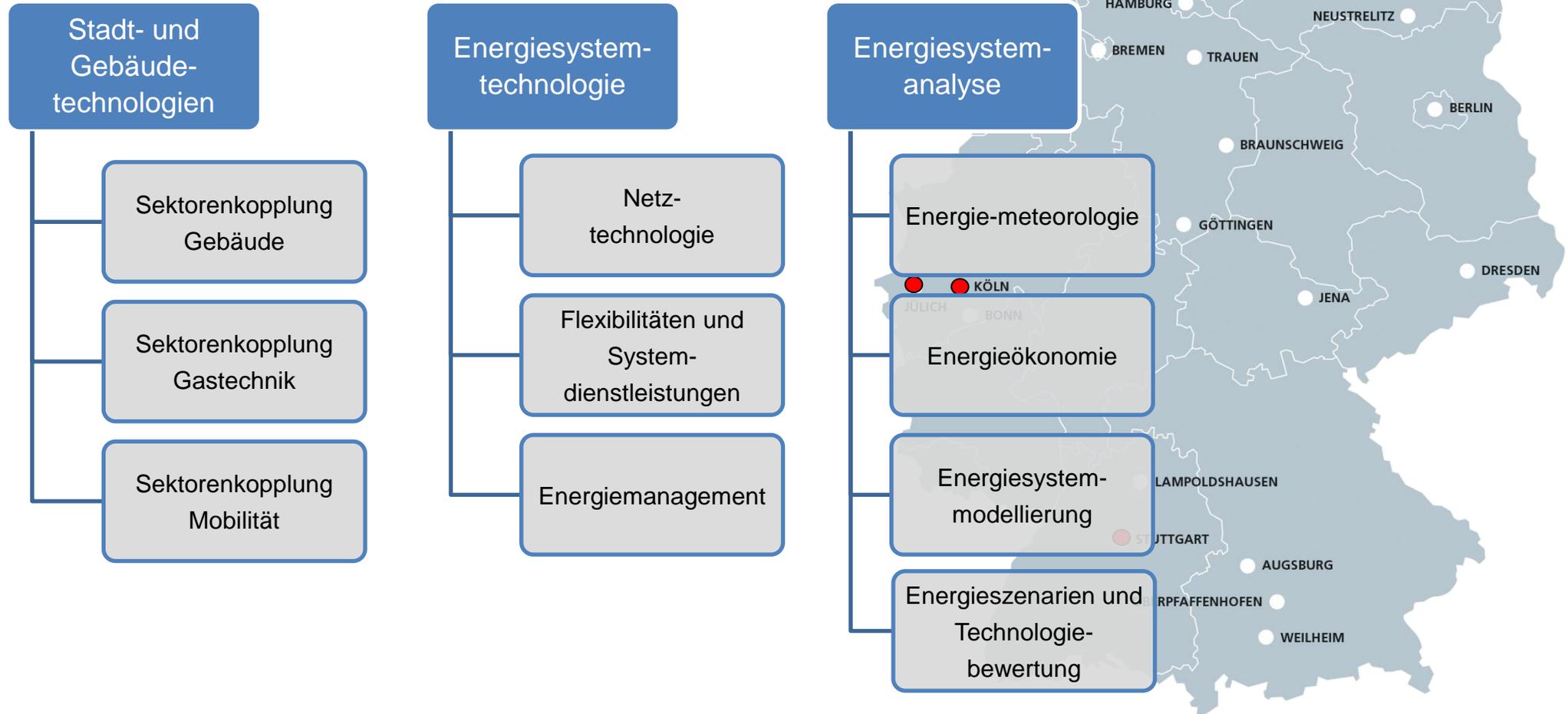


# Das DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme

- Gegründet in 2007 als NEXT ENERGY – EWE-Forschungszentrum
- Seit Juni 2017 DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme
- Haushalt 2018: 14,7 Mio. €, davon
  - 47 % Drittmittel
  - 53 % Grundfinanzierung (Bund/Land)
- 160 Mitarbeiter, davon etwa 85% in Forschung & Entwicklung



# Das DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme Forschungsportfolio



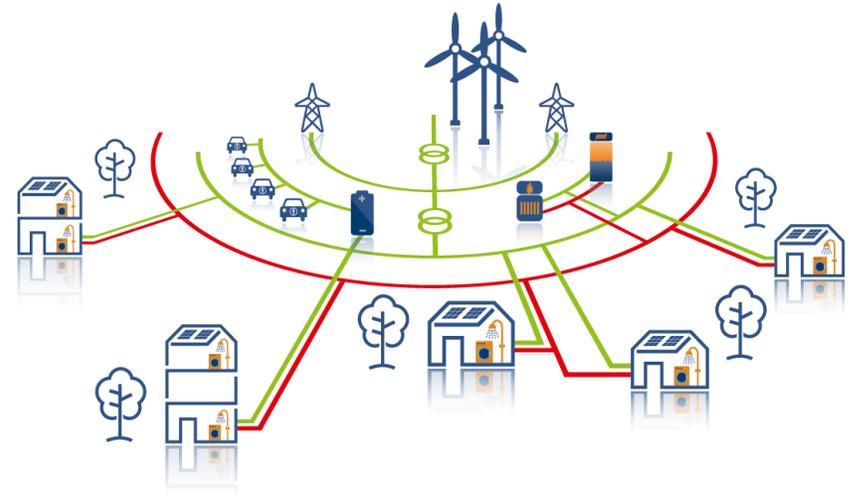
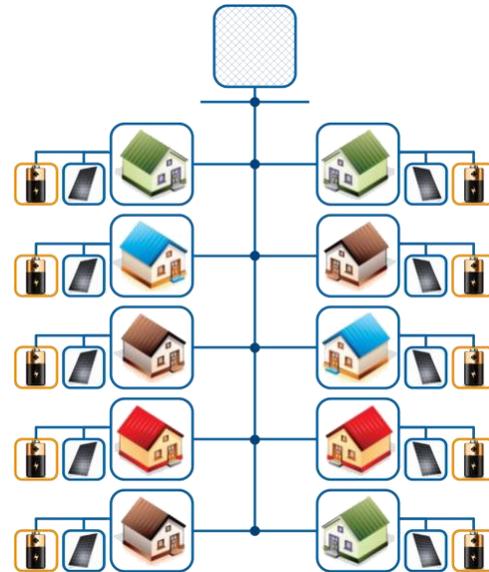
# Unser Wasserstoffauto steht vor der Tür



Kontakt  
[Alexander.Dyck@dlr.de](mailto:Alexander.Dyck@dlr.de)



# Digitalisierung zur Optimierung von Energiesystemen – Anwendungsbeispiele vom Gebäude über Quartiere bis zu Netzregionen



# Digitalisierung von/für Energiesysteme/n

Design- und Auslegungsoptimierung

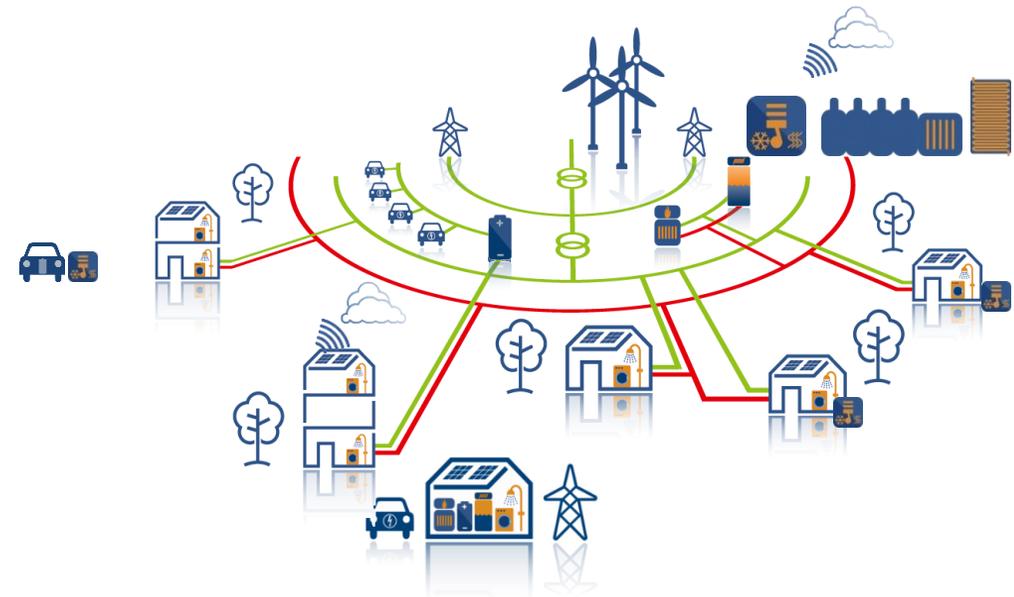
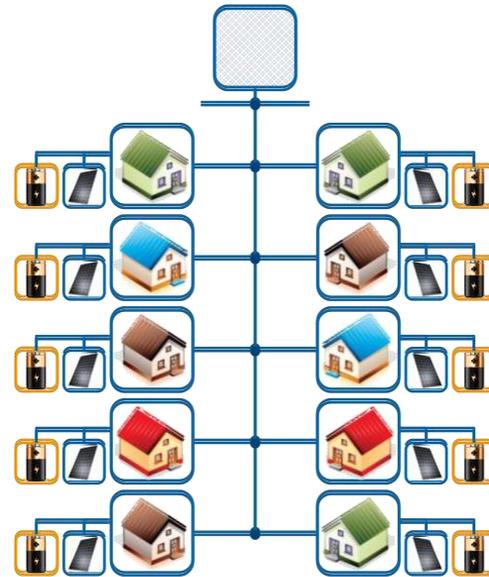
Einsatz von Maschinellem Lernen für Prognosen



Optimierte Betriebsführung

Einsatzplanung der Sektorenkopplung

Netz-  
betriebsführung

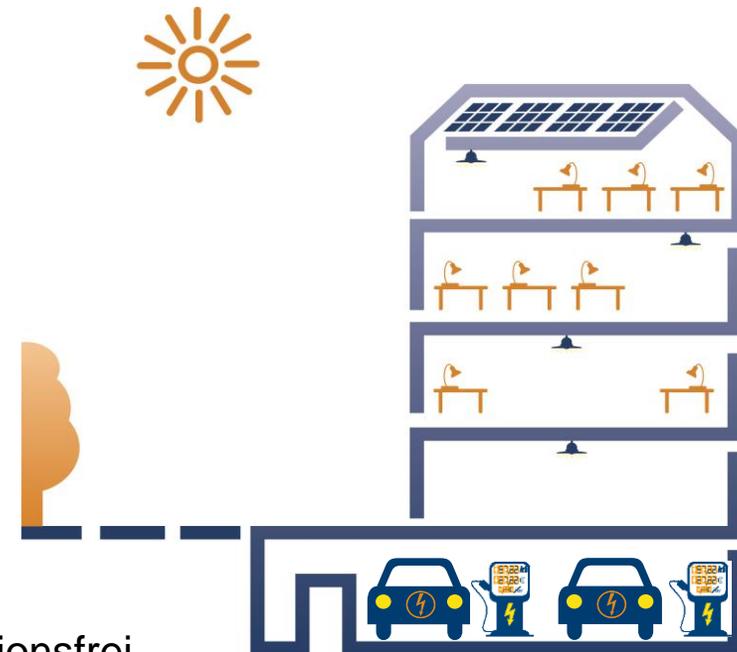


# Beispiel 1 - Gebäude: CO2 neutrales Energieversorgungskonzepte für Gewerbeimmobilien

- Integration einer 99,9 kWp Anlage
- Integration von Elektromobilität
- Dezentralität – lokale Optimierung
- Hohe rechtliche und regulatorische Hürden

Ziel: Optimierung des Eigenverbrauchs & Leistungsbegrenzung

- Entwicklung eines Energiemanagementsystems
  - Lastprognose – Disaggregation
  - Erzeugungsprognose - Kostenfrei und selbstlernend und konfigurationsfrei
  - Eigenverbrauchsoptimierung
  - Back-End gesteuertes Energiemanagement



**EMGIMO**

Gefördert durch:



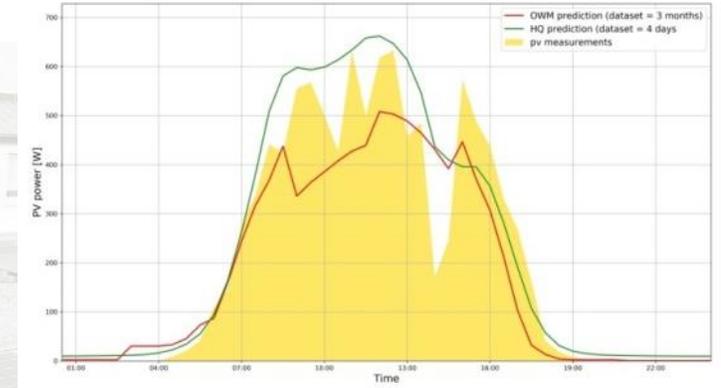
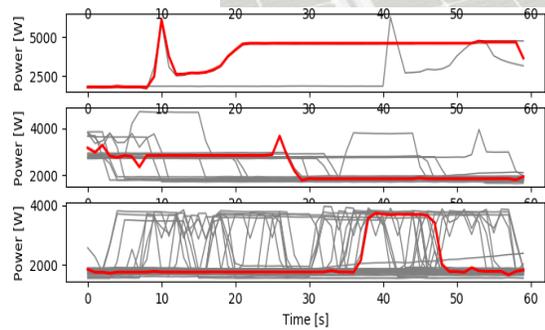
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Digitalisierung des Energiesystems in EMGIMO



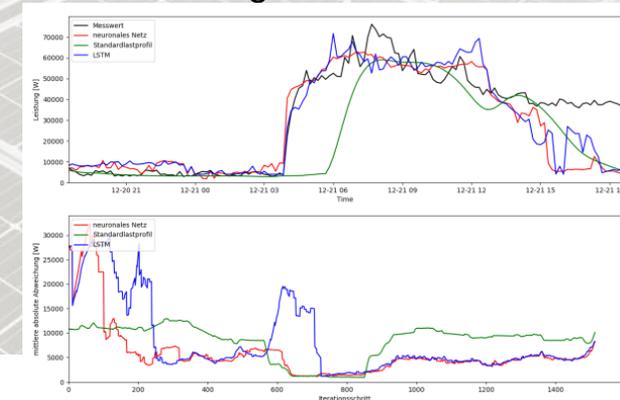
Hochaufgelöste  
Messdatenerfassung

Lasterkennung (Disaggregation)



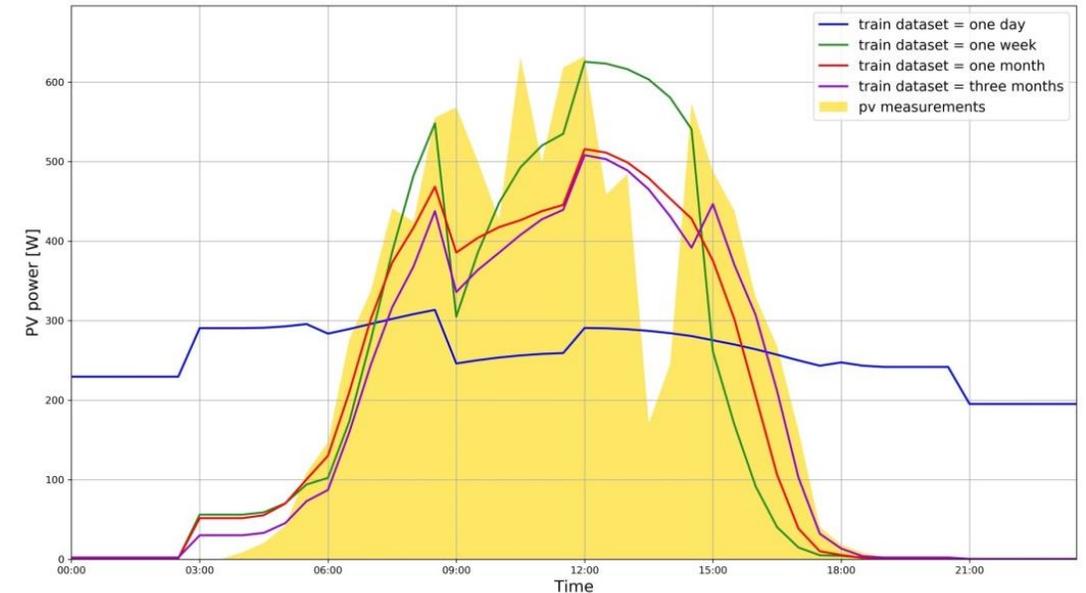
Entwicklung von PV-  
Leistungsprognose-Algorithmen

Entwicklung von Lastprognose-  
Algorithmen



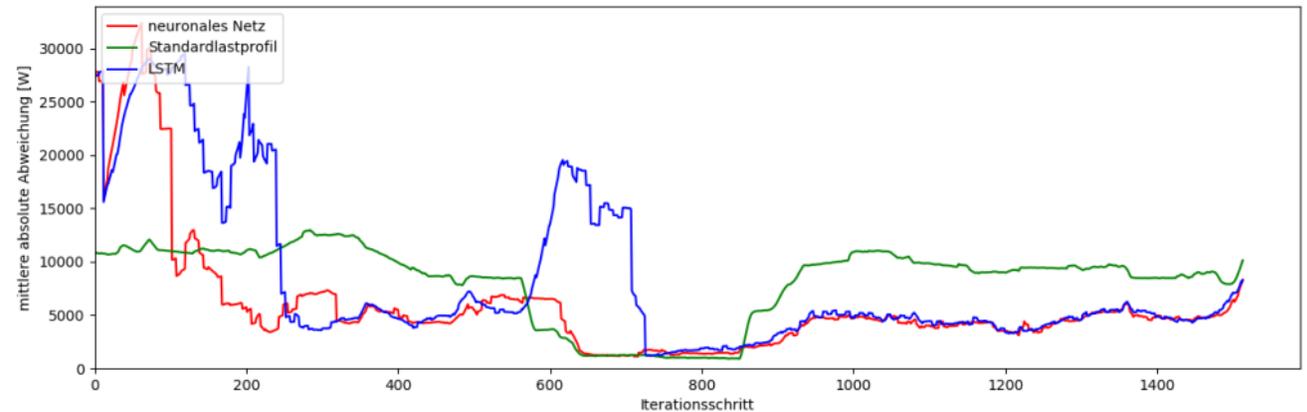
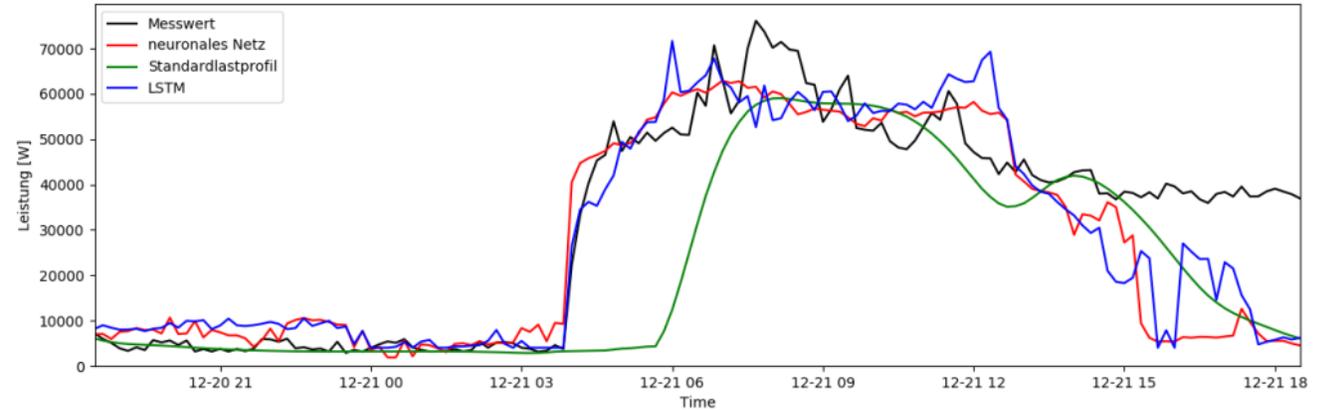
# Entwicklung einer selbstlernende adaptiven PV-Prognose

- „low-cost“ Ansatz -> Nutzung der vorhandenen Infrastruktur (Wechselrichter und Smart Meter)
- Kostenfreie Datengrundlage aus frei verfügbaren Daten
- Wartungsarm - > automatisiert-konfigurationsfrei /selbstlernend (Fehler & Änderungen werden automatisch in Prognosen berücksichtigt/gelernt)
- Forschungsfragen
  - ML vs. Analytische Ansätze
  - Big Data vs. low Data ?
  - wie lang darf/muss mein Training dauern?
  - Wie schnell kann ich unwichtige oder falsche Informationen wieder vergessen



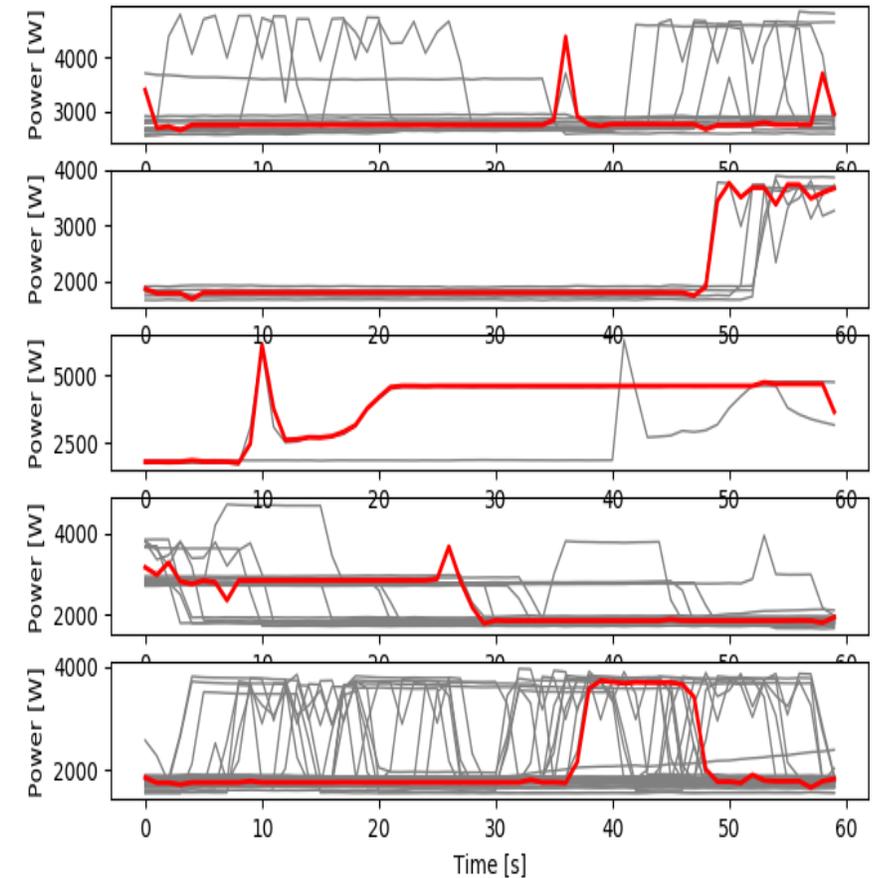
# Verbraucher - Vollautomatisierte Lastprognose – Flexible Lasten und Elektroautos – Planung des Tages (E-Mobilität)

- **Datengrundlage:**
    - lokal erfasste (Smart Meter) Messwerte (P, Q, i, u ggf. T)
    - Hohe Auflösung (<15 Min) notwendig?
  - **Algorithmusauswahl:**
    - Neuronale Netze, Deep Learning vs. personalisierte Standard Last Profile
    - Trainingsintervalle und –dauer (Prognosehorizont 3 - 24h)
  - **Selbstlernend:**
    - Automatische Berücksichtigung disruptiver Ereignisse (z.B. fehlerhafte Geräte oder neue Verbraucher und Mieterwechsel)
- Implementierung in EMS für die gezielte Steuerung flexibler Lasten, Ladplanung BEV und Lastspitzenverschiebung



# Mustererkennung im Lastverlauf – Erkennung von kurzfristig wiederkehrenden Lastereignissen → Lastmanagement

- Disaggregation von Lastprofilen
- Profilerkennung einzelner Verbrauchergruppen oder Geräte
- Kurzfristprognose – genaue Vorhersage für Einhaltung von Leistungsgrenzen → Lastmanagement
- Verbesserung von Kurzzeit Prognose für:
  - Z.B. Erkennung An- und Abschaltverhalten einzelner Verbraucher und anschließende Vorhersage des restlichen Lastprofils/Musters (Prognosehorizont: Minuten bis Stunden)
  - Gefahrenprävention bspw. durch kurzfristige Anpassung BEV Ladefahrplänen



[www.emgimo.eu](http://www.emgimo.eu)



# Beispiel 2: Quartiersebene

Design- und Auslegungsoptimierung

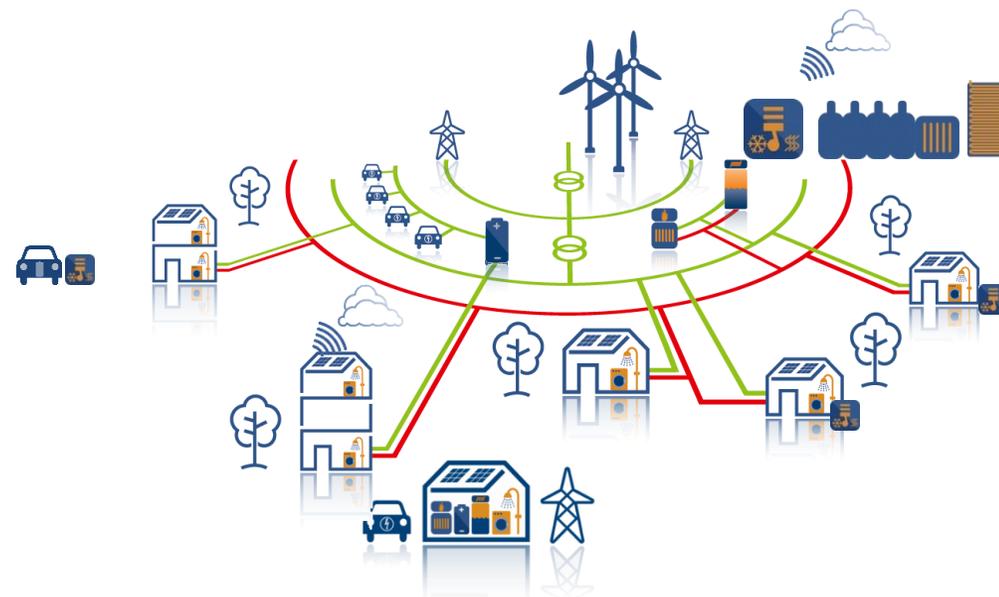
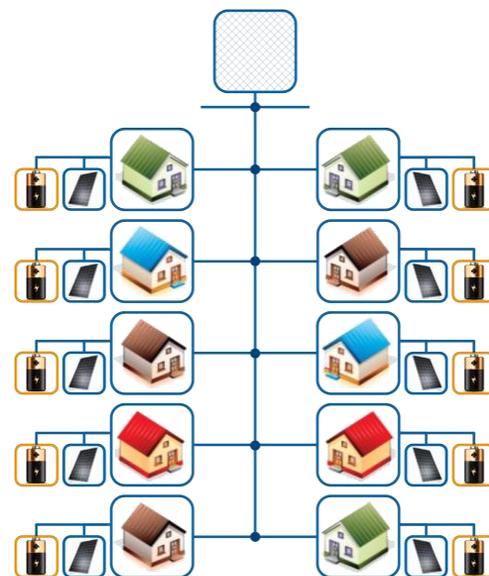
Einsatz von Maschinellem Lernen für Prognosen



Optimierte Betriebsführung

Einsatzplanung der Sektorenkopplung

Netz-betriebsführung



GEFÖRDERT DURCH



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

AUFGUND EINES BESCHLUSSES DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES



**Energetisches  
Nachbarschaftsquartier  
Fliegerhorst Oldenburg**

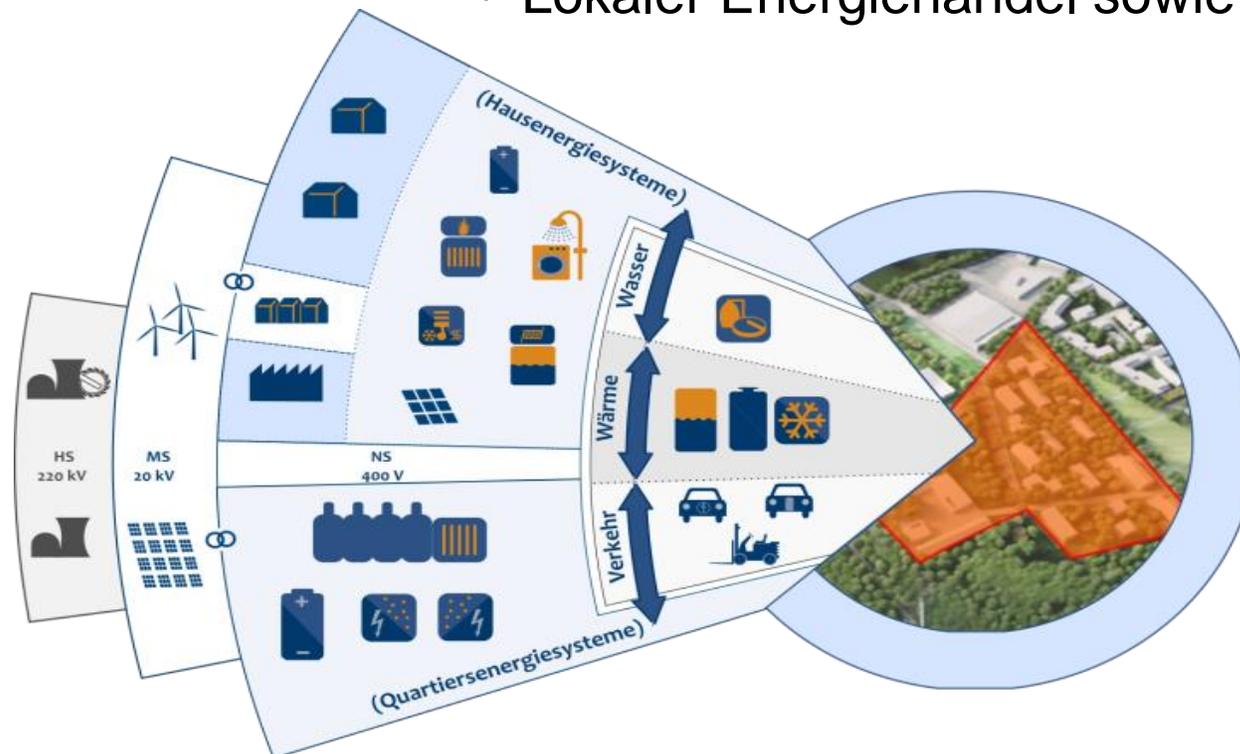
Mit Bürgern für Bürger

Quelle: Stadt Oldenburg und Jens Gehrcken



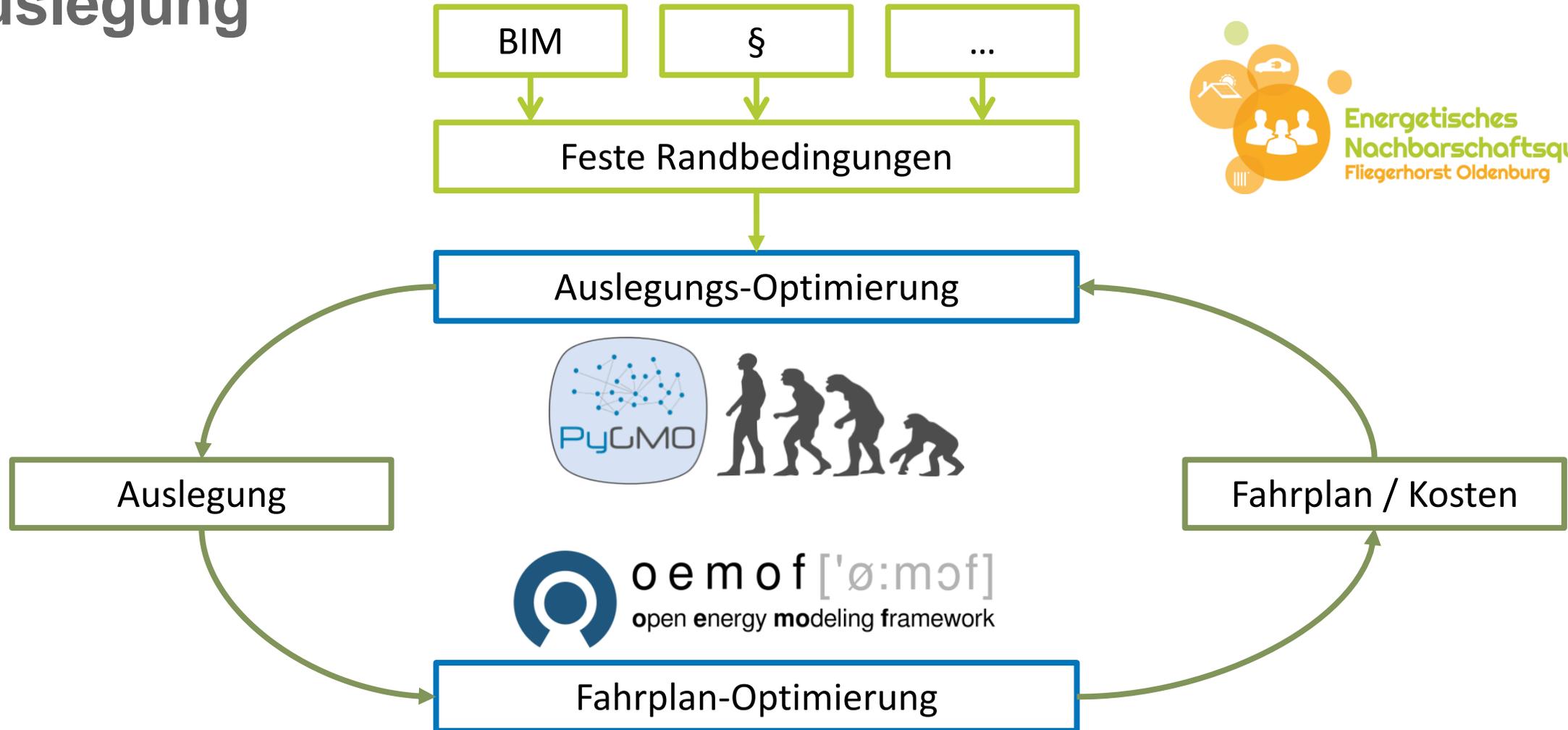
# Projekt ENaQ – Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg: Smart City Living Lab

- Entwicklung und Validierung eines multimodalen Energiesystems für ca 150 Wohneinheiten – Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Mobilität.
- Implementierung einer Wasserstoffinfrastruktur
- Intensiver Bürgerpartizipationsprozess - Sozialer Wohnungsbau
- Lokaler Energiehandel sowie Marktplattform

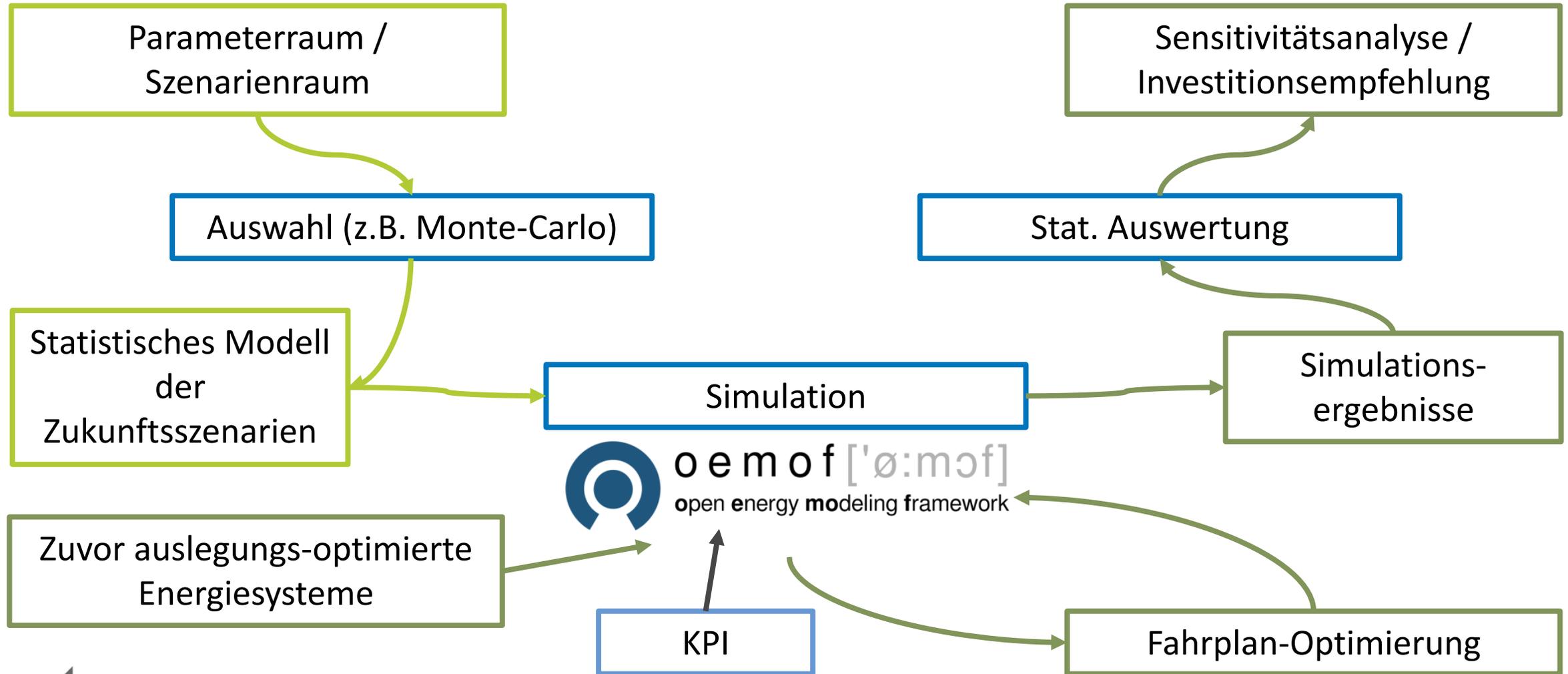


[www.enaq-fliegerhorst.de](http://www.enaq-fliegerhorst.de)

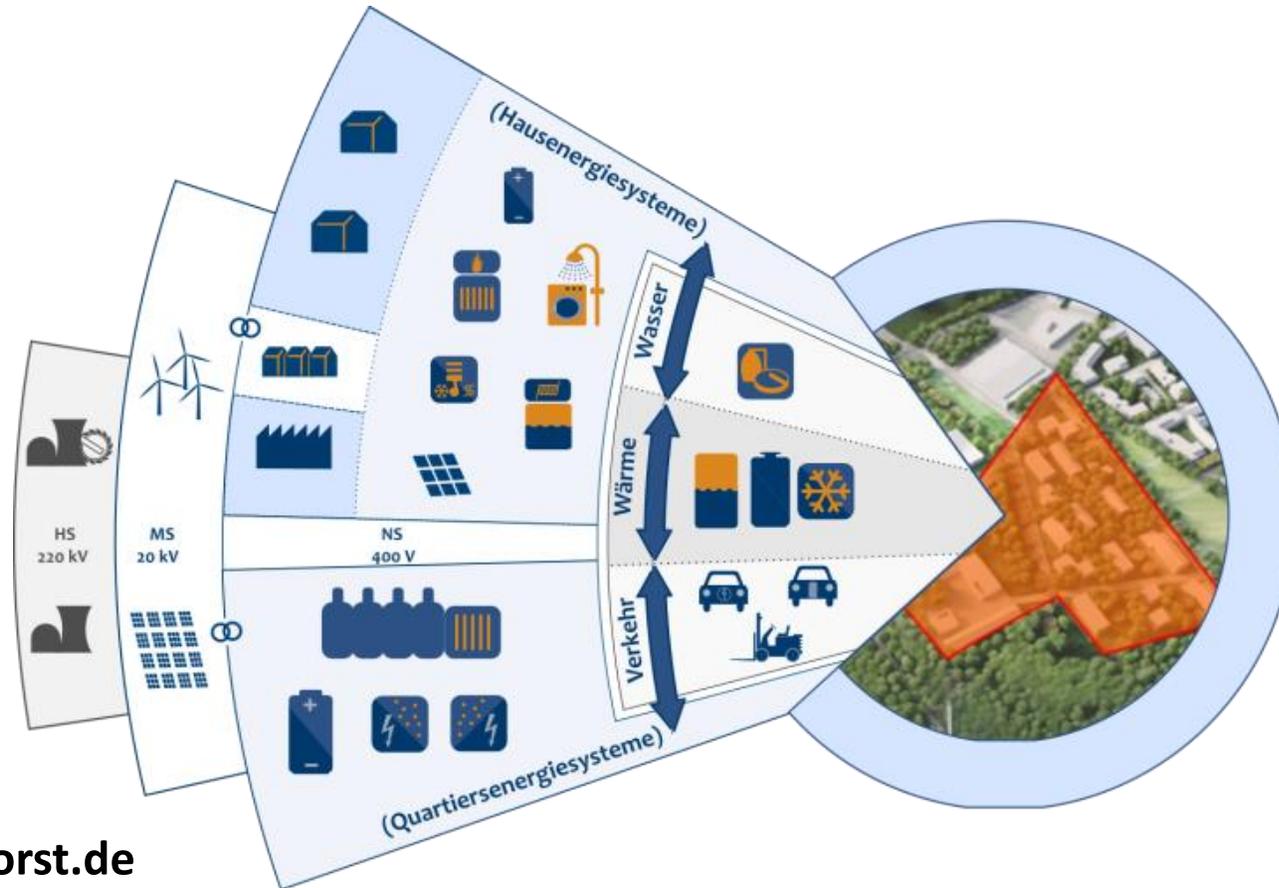
# Design des Energiesystems: Optimierte energetische Auslegung



# Sensitivitätsanalyse



# Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg



[www.enaq-fliegerhorst.de](http://www.enaq-fliegerhorst.de)



# Beispiel 3: Netzregion

Design- und Auslegungsoptimierung

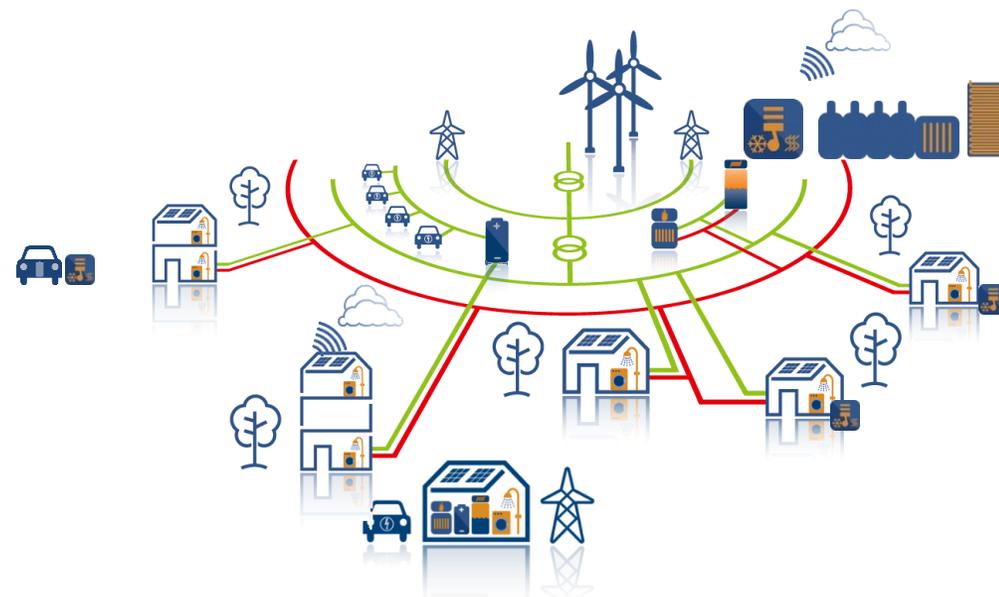
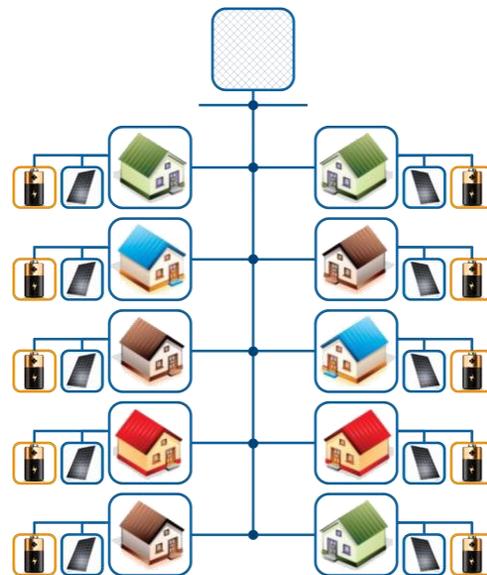
Einsatz von Maschinellen Lernen für Prognosen



Optimierte Betriebsführung

Einsatzplanung der Sektorenkopplung

Netz-  
betriebsführung

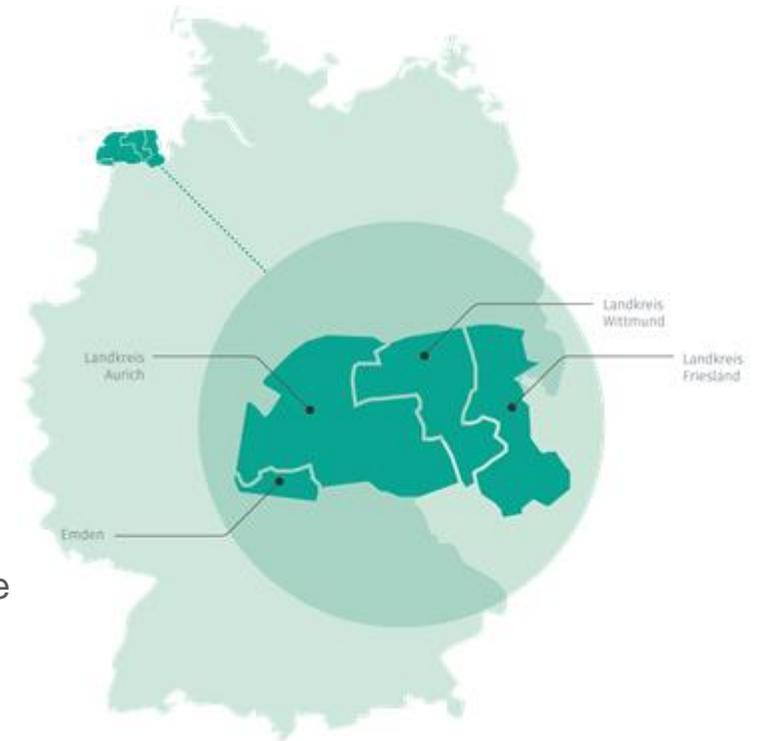


# ENERA: Vernetzung der Bereiche Markt, Daten und Netz in einem Gebiet mit über 200% EE-Strom

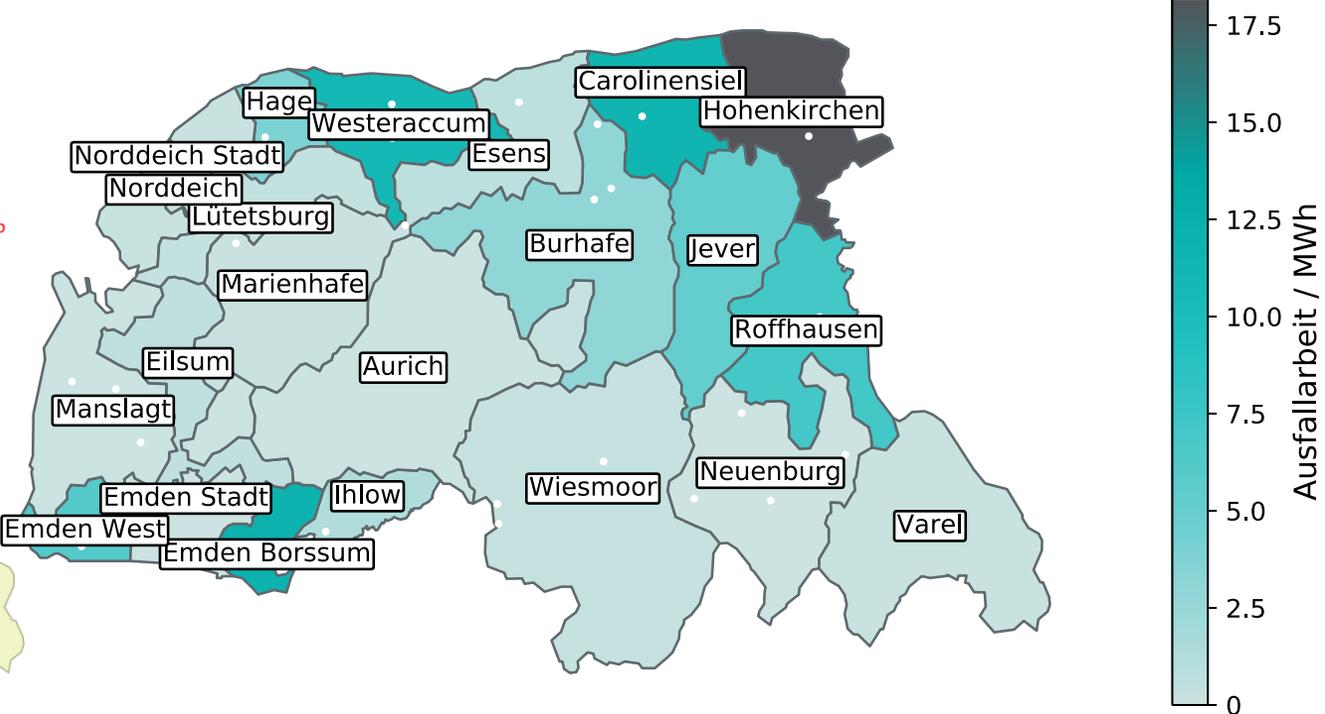
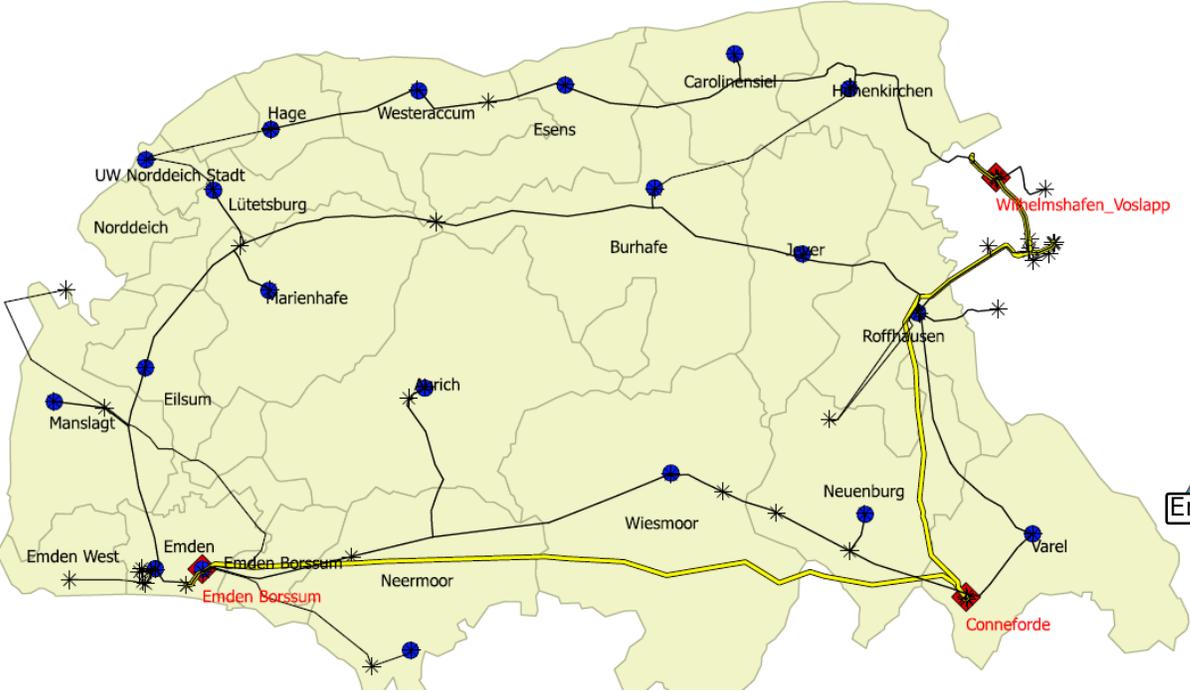
*Praxisgrößter der Energiewende mit dem Ziel der deutschlandweiten Übertragbarkeit*

Nutzung der intensiv vernetzten Kernbereiche **Netz**, **Markt** und **Daten**:

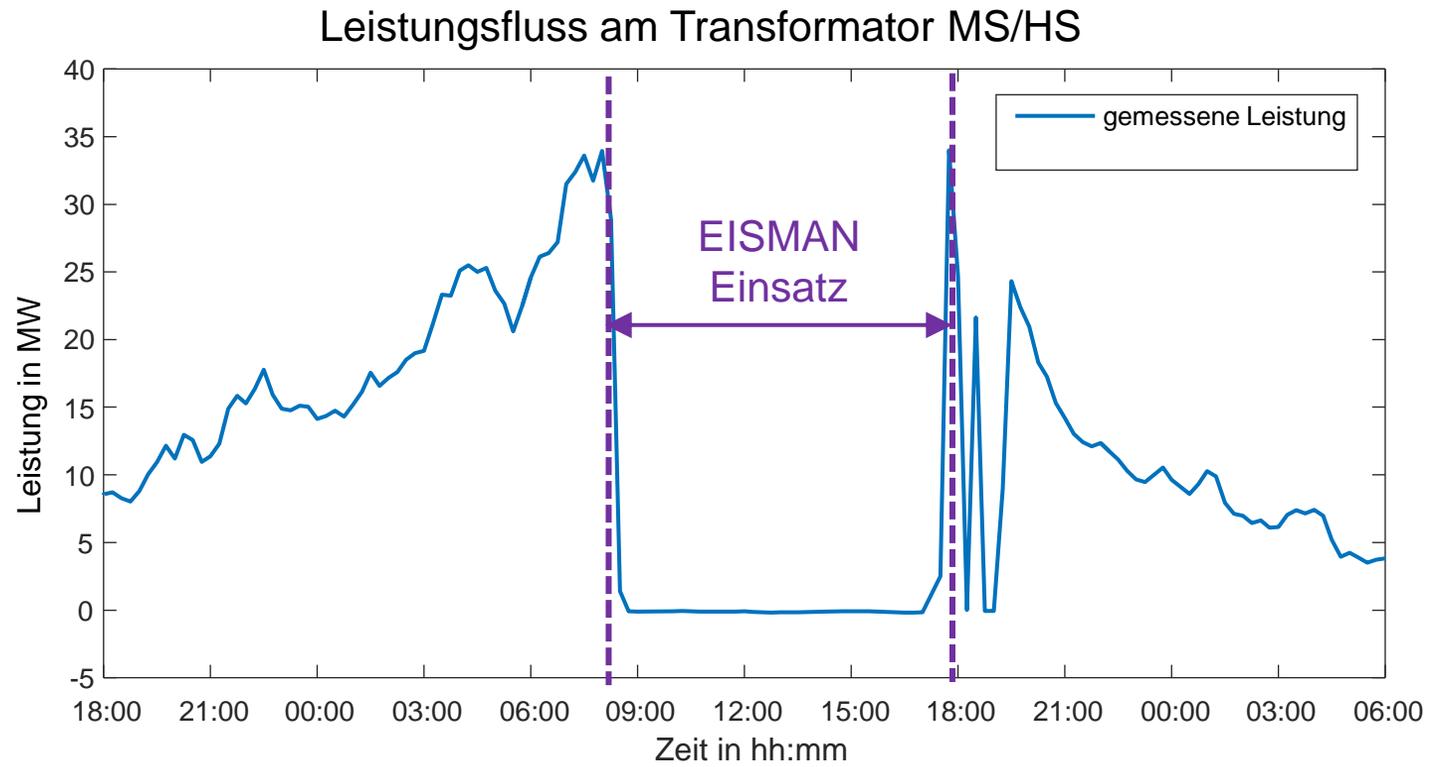
- **Netz:**
  - Flexibilisierung dezentraler Erzeugungsanlagen, Verbraucher und Speicher
  - Entwicklung intelligenter Netzbetriebsmittel
  - Intensiver Einsatz intelligenter Messsysteme
- **Markt:**
  - Verteilnetzdienliche Erweiterung des Intraday-Marktes um regionalisierte Produkte
  - Monetärer Anreiz zur Nutzung regionaler Flexibilitätsoptionen
- **Daten:**
  - Entwicklung einer standardbasierten IKT-Konnektivität aller relevanten Anlagen



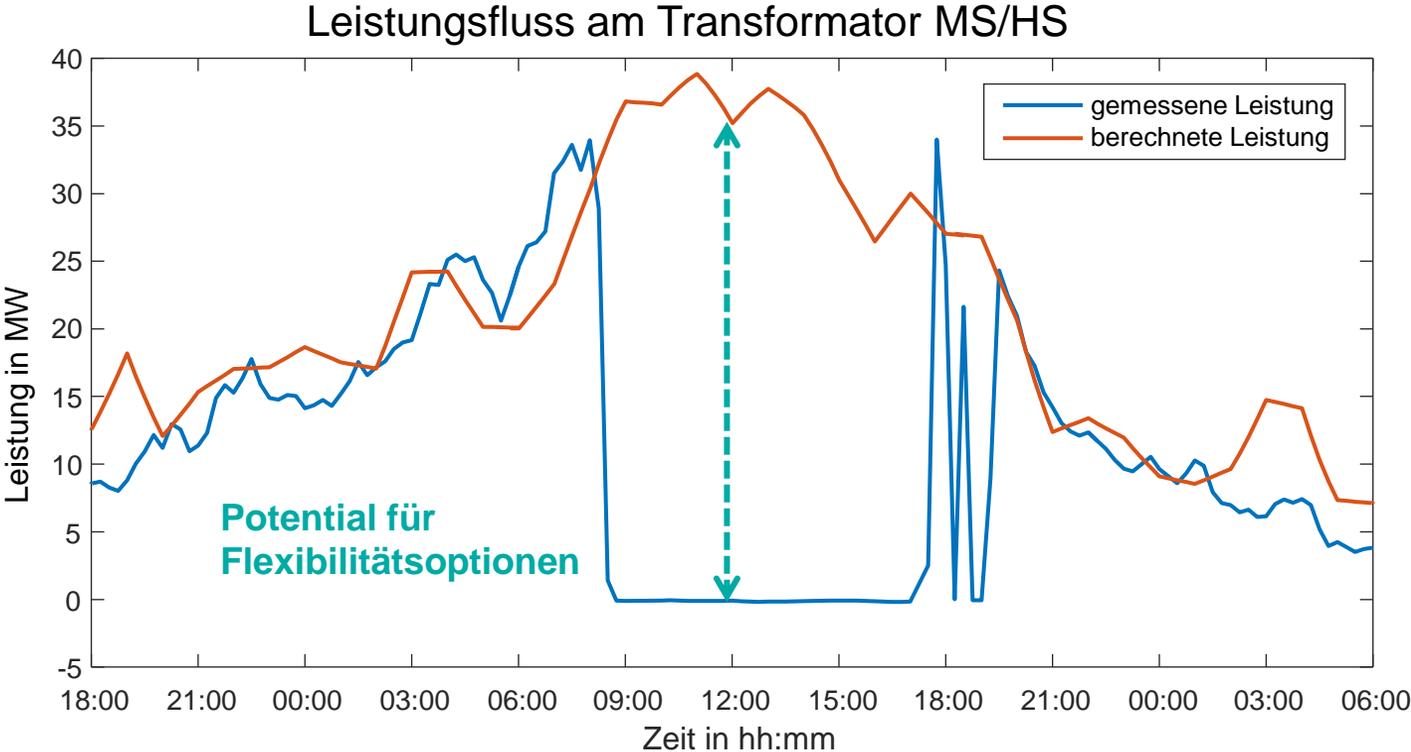
# Bewertung von regionalen Flexibilitätsbedarfen anhand von Leistungszeitreihen und Netzsimulationen



# Abregelung von Windkraftanlagen – EISMAN Einsatz



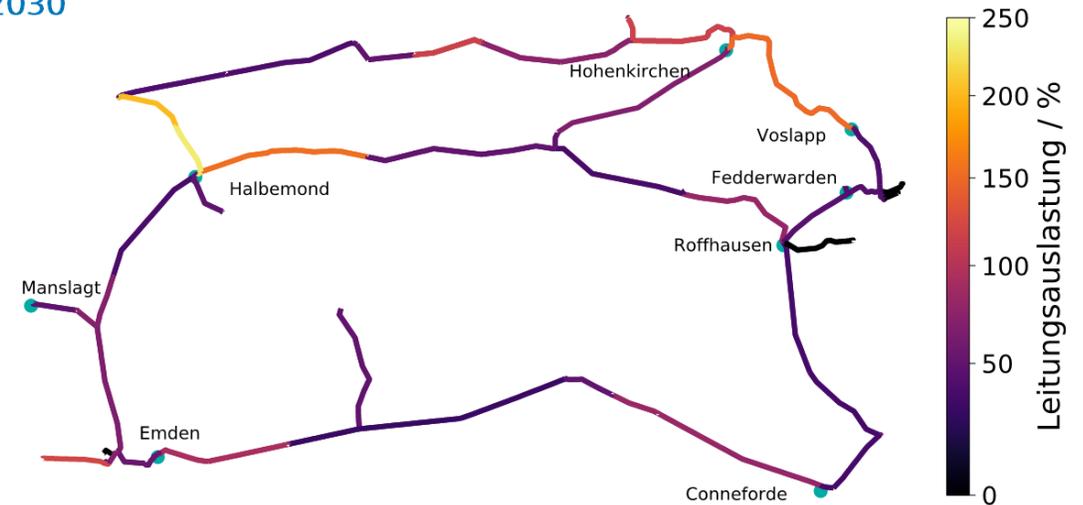
# Entwicklung einer Vorhersage von Netzüberlastungen für den Einsatz von z. B. Flexibilitätsoptionen



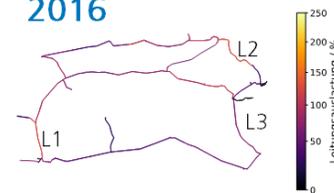
# Einfluss des weiteren Ausbaus von Windenergieanlagen auf die Stabilität der Netze

- **Ausbau** EE Anlagen und Netz nach **NEP2030** für enera Region
- Bspw. **WEA** um **70%** erhöht (1,7 GW → 2,9 GW)
- Ausbau 380 kV Netz und UWs
- **Vergleich** des Referenzjahres 2016 mit Szenario 2030
- Analyse der **Leitungsüberlastungen** und **Überlastungsdauern**

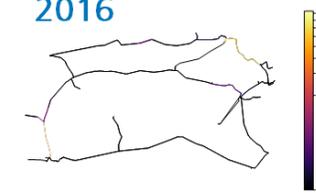
a) 2030



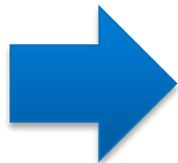
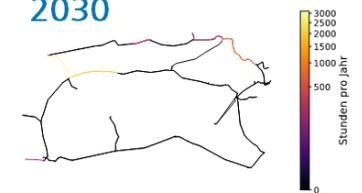
b) 2016



c) 2016



d) 2030

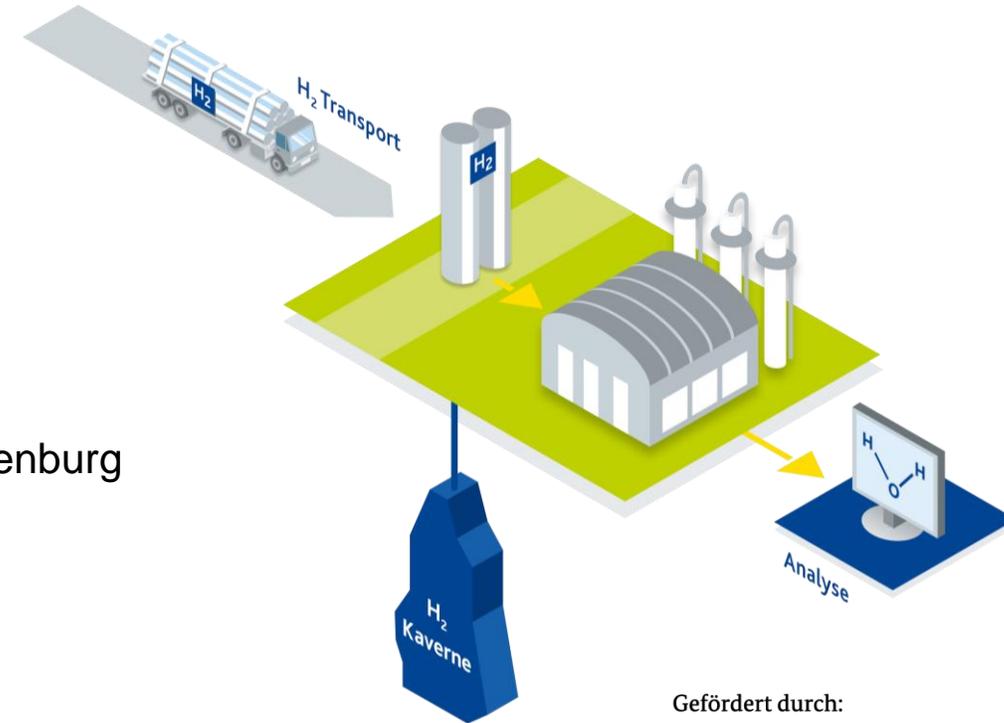


**Zusätzlich zum NEP sind weitere Maßnahmen zur Vermeidung von Engpässen von Nöten! → Einsatz von Flexibilitäten**



# Flexibilitätsoption - Das Projekt: HyCavMobil

- Kopplung der Sektoren EE-Strom und Elektromobilität
- Speicherung von *Wasserstoff* in einer Versuchs-Salzkaverne *als Kraftstoff für die Brennstoffzellen Mobilität*
- Projektkoordinator: EWE Gasspeicher GmbH, Oldenburg
- Projektlaufzeit: 01.06.2019 – 31.05.2022



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:

**NOW**  
NOW - G M B H . D E



# Zusammenfassung

- Dr. Karsten von Maydell – [karsten.maydell@dlr.de](mailto:karsten.maydell@dlr.de)
- Dr. Alexander Dyck – [alexander.dyck@dlr.de](mailto:alexander.dyck@dlr.de)

