



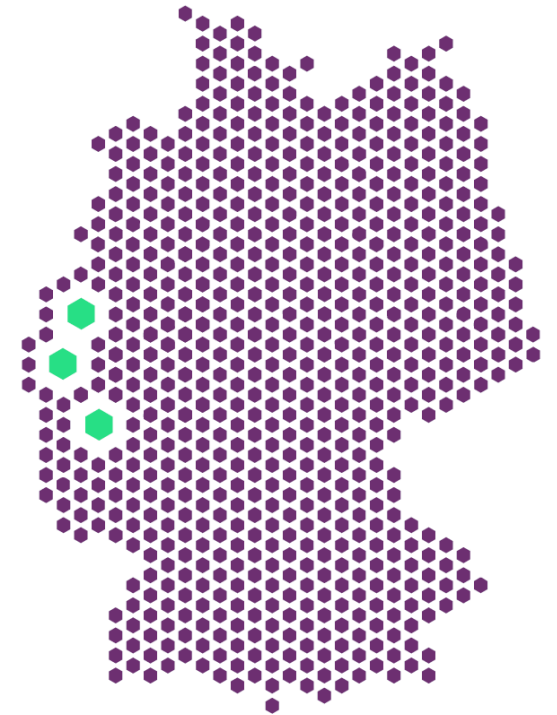
SmartQuart: Reallabor der Energiewende – zukunftsweisende Quartierskonzepte in Essen, Bedburg und Kaisersesch

Motivation – Reallabore der Energiewende



© BMWi/Susanne Eriksson

- Ideenwettbewerb des BMWi
- Testraum für Innovationen in realem Umfeld
- Themen: Sektorenkopplung, Speicher, Quartiere, Wasserstoff, Gesellschaft
- 20 Projekte ausgewählt



- SmartQuart: Smarte Energiequartiere
- Start 1.1.2020
- 5 Jahre Laufzeit
- 12 Partner
- 60 Mio. € Gesamtinvestition
- 3 Quartiere in Deutschland

Entwicklung einer **modularen Blaupause** für eine **dezentrale** Energie- und Wärmewende auf Quartiersebene

Q1

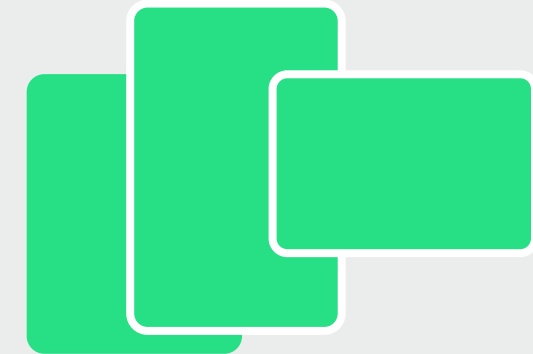
„all electric“
Neubauwohngebiet

Q3

Hochverdichteter
urbaner Bereich

Q2

Gewerblich-industrieller
Fokus mit H₂-Microgrid



- Ressourcenschutzsiedlung im Rheinischen Revier
 - ≡ Wohnen in Neubausiedlung
 - ≡ Zentrale Wärmepumpen und **Abwasserabwärmenutzung**
 - ≡ Verteilung der Wärme durch **LowEx-Wärmenetz** im Quartier
 - ≡ Dezentrale Temperaturerhöhung durch **Wärmepumpen**
 - ≡ Direktanbindung einer örtlichen **Windkraftanlage (WKA)**
 - ≡ Quartiersstrom-Konzept via **Kundenanlage**
 - ≡ Energiespeicherung mittels **Batteriespeicher**
 - ≡ Intelligente Vernetzung aller Teilnehmer
- Fragestellungen:
 - ≡ Optimaler Betrieb für maximale Nutzung EE aus WKA
 - ≡ Bestriebsstrategie Wärmenetz mit Abwasserabwärmenutzung
 - ≡ ...



■ Hochverdichteter urbaner Bereich

- ≡ Mischnutzung (Bildung, MFH, Büro ...)
- ≡ **Intelligente Quartierssteuerung** zur Optimierung der Energieflüsse innerhalb des Quartiers
- ≡ Erzeuger- und Speichereinheiten
- ≡ Aufbau **Monitoringsystem**
 - = Anlagentechnik
 - = Nutzer
 - = Netz
 - = Wetter

■ Fragestellungen:

- ≡ Betriebsoptimierung unter Fokus des Grünstromimports aus anderen Quartieren
- ≡ Prädiktive Komfortbereitstellung in einem Hotel
- ≡ ...



■ Gewerblich-industrielle geprägtes, ländliches Quartier

- ≡ Aufbau und Betrieb eines **Wasserstoff-Microgrids**
- ≡ Keine CO₂ Emissionen bei dem Einsatz von grünem Wasserstoff
- ≡ Demonstration der gesamten Wertschöpfungskette von lokal produzierten Grünstrom zu **Wasserstoff-Endanwendungen** in allen Energiesektoren

■ Fragestellungen auf 3 Ebenen:

- ≡ Anlagenbetrieb 100 % H₂ Brennstoffzelle
- ≡ Betriebsoptimierung des Wasserstoffquartiers
 - = Interaktion mit Netz (netzdienlich)
 - = Interaktion mit anderen Quartieren
- ≡ Analyse Energiekonzept
 - = Analyse Sektorenzusammensetzung & -abhängigkeit
 - = Systemische Bewertung
 - = Einbindung Wasserstoff in Energiesystemoptimierung



Bedburg-Kaster als Teil des Reallabors SmartQuart

Systemische Vernetzung der Quartiere ermöglicht Mehrwert über die Quartiersgrenzen hinaus



Nutzung der Flexpotenziale zum Verschieben von Überschussenergie in den städtischen Kontext

Ressourcenschutzsiedlung Bedburg-Kaster

Wohngebiet im Neubau („all electric“) mit Erzeugung und smarter Vernetzung der Teilnehmer untereinander sowie teilzentraler Versorgung mit Wärme

Verbandsgemeinde Kaisersesch „HyZell“

Gewerblich-industrieller Fokus mit Optimierung im Bestand und Aufbau eines wasserstoffbasierten Microgrids zur Sektorkopplung Strom/Gas/Verkehr

urbanes Quartier in Essen

Hochverdichteter urbaner Bereich mit Bezug grüner Energie aus dem Umland zur Senkung der CO₂-Bilanz und Erhöhung des Autarkiegrades

Digitale Steuerung innerhalb der Quartiere (Edge Computing) wird ergänzt durch IKT-basierte überregionale Plattform (Cloud Computing) mit Vernetzung der Quartiere untereinander zur Schaffung von marktfähigen Lösungen und Produkten



9 Konsortialpartner

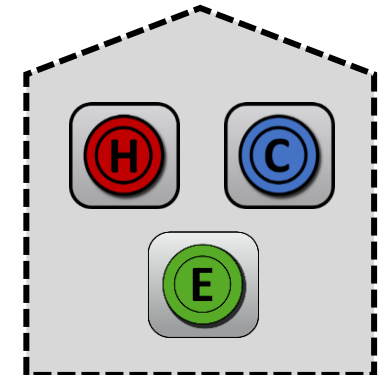
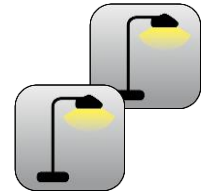
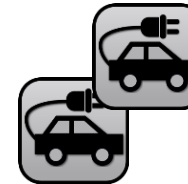
- innogy SE (Konsortialführer)
- gridX
- Hydrogenious Technologies
- RWTH Aachen
- Stadt Bedburg
- Stadt Essen
- Verbandsgemeinde Kaisersesch
- Viessmann

3 assoziierte Partner

- Siemens AG
- RWE Power
- H2Mobility

Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Angebot und Bedarf

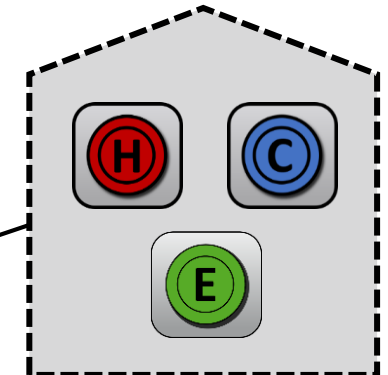
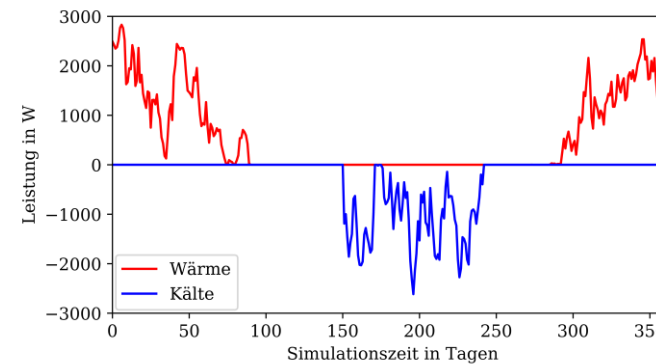
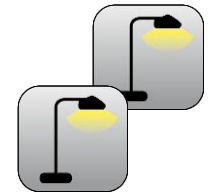
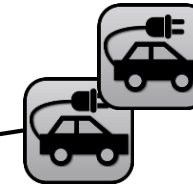
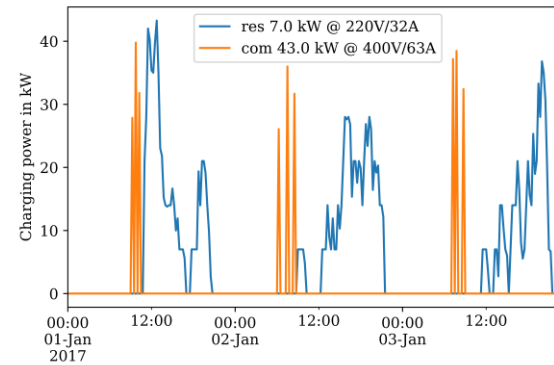
- Auswahl des „richtigen“ Energiesystems hängt von lokalen Randbedingungen ab:
 - ≡ Im Zentrum steht die Bedarfsstruktur
 - = Wärme, Kälte, Strom



Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Angebot und Bedarf

■ Auswahl des „richtigen“ Energiesystems hängt von lokalen Randbedingungen ab:

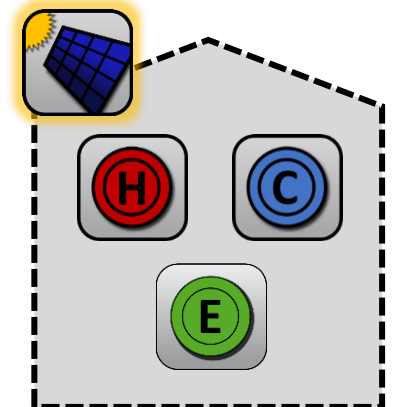
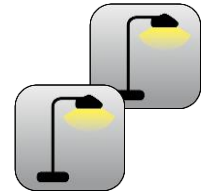
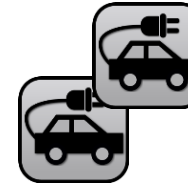
- ≡ Im Zentrum steht die Bedarfsstruktur
 - = Wärme, Kälte, Strom
 - = Unterschiedliche zeitliche Ausprägung



Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Angebot und Bedarf

■ Auswahl des „richtigen“ Energiesystems hängt von lokalen Randbedingungen ab:

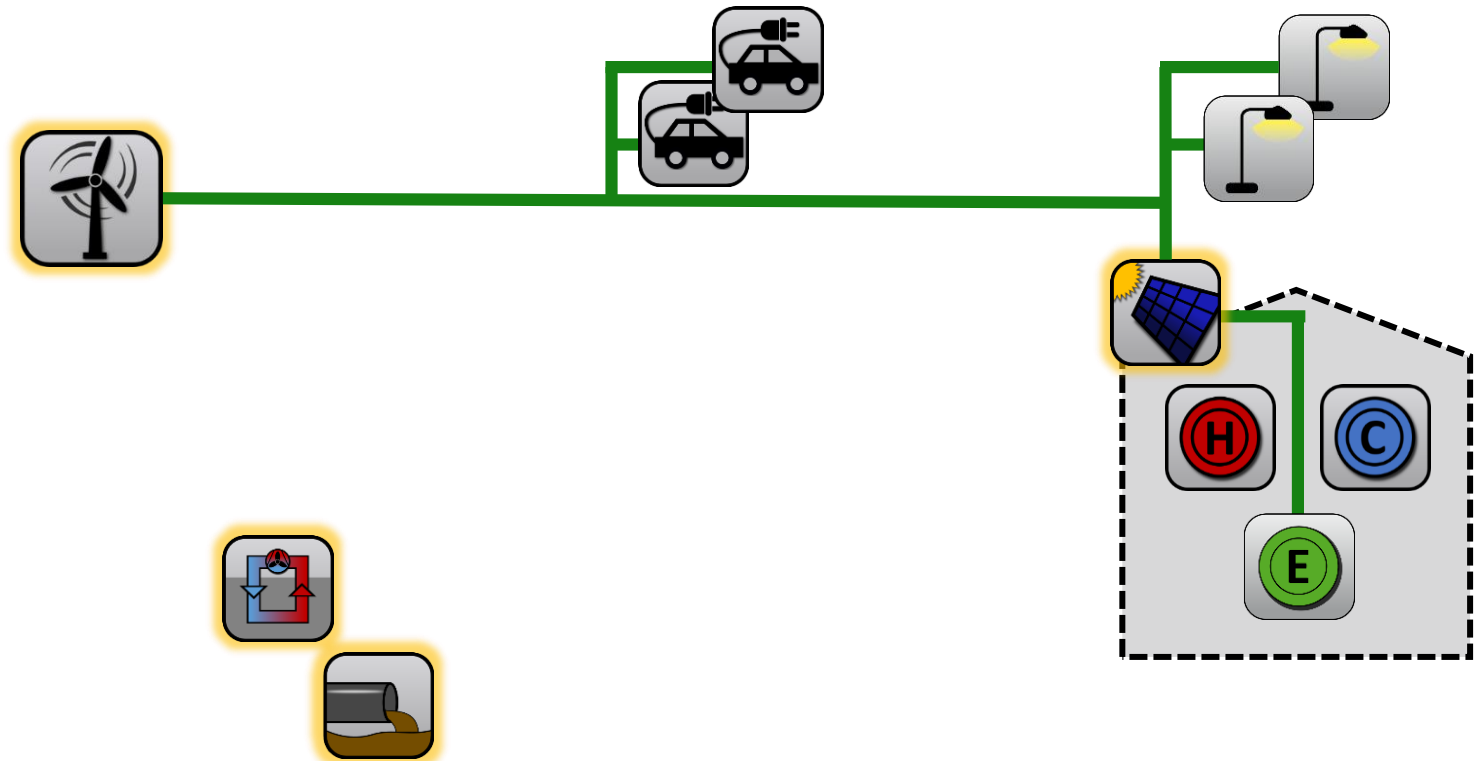
- ≡ Im Zentrum steht die Bedarfsstruktur
 - = Wärme, Kälte, Strom
 - = Unterschiedliche zeitliche Ausprägung
- ≡ Erschließung lokaler Energiequellen
 - = Wind, PV
 - = Abwasserwärme, Geothermie



Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Angebot und Bedarf

■ Auswahl des „richtigen“ Energiesystems hängt von lokalen Randbedingungen ab:

- ≡ Im Zentrum steht die Bedarfsstruktur
 - = Wärme, Kälte, Strom
 - = Unterschiedliche zeitliche Ausprägung
- ≡ Erschließung lokaler Energiequellen
 - = Wind, PV
 - = Abwasserwärme, Geothermie



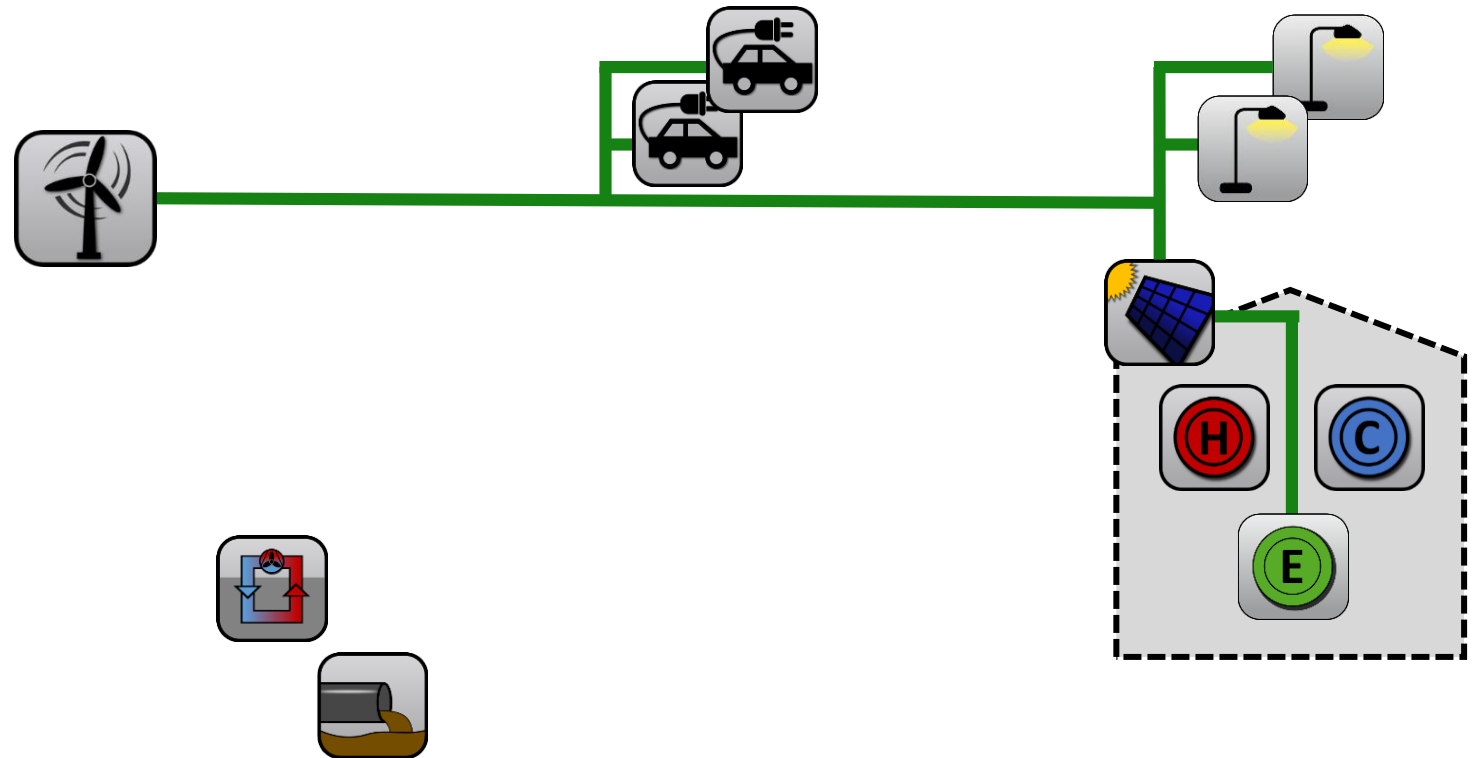
Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Angebot und Bedarf

■ Auswahl des „richtigen“ Energiesystems hängt von lokalen Randbedingungen ab:

- ≡ Im Zentrum steht die Bedarfsstruktur
 - = Wärme, Kälte, Strom
 - = Unterschiedliche zeitliche Ausprägung
- ≡ Erschließung lokaler Energiequellen
 - = Wind, PV
 - = Abwasserwärme, Geothermie

■ Zentrale Herausforderungen:

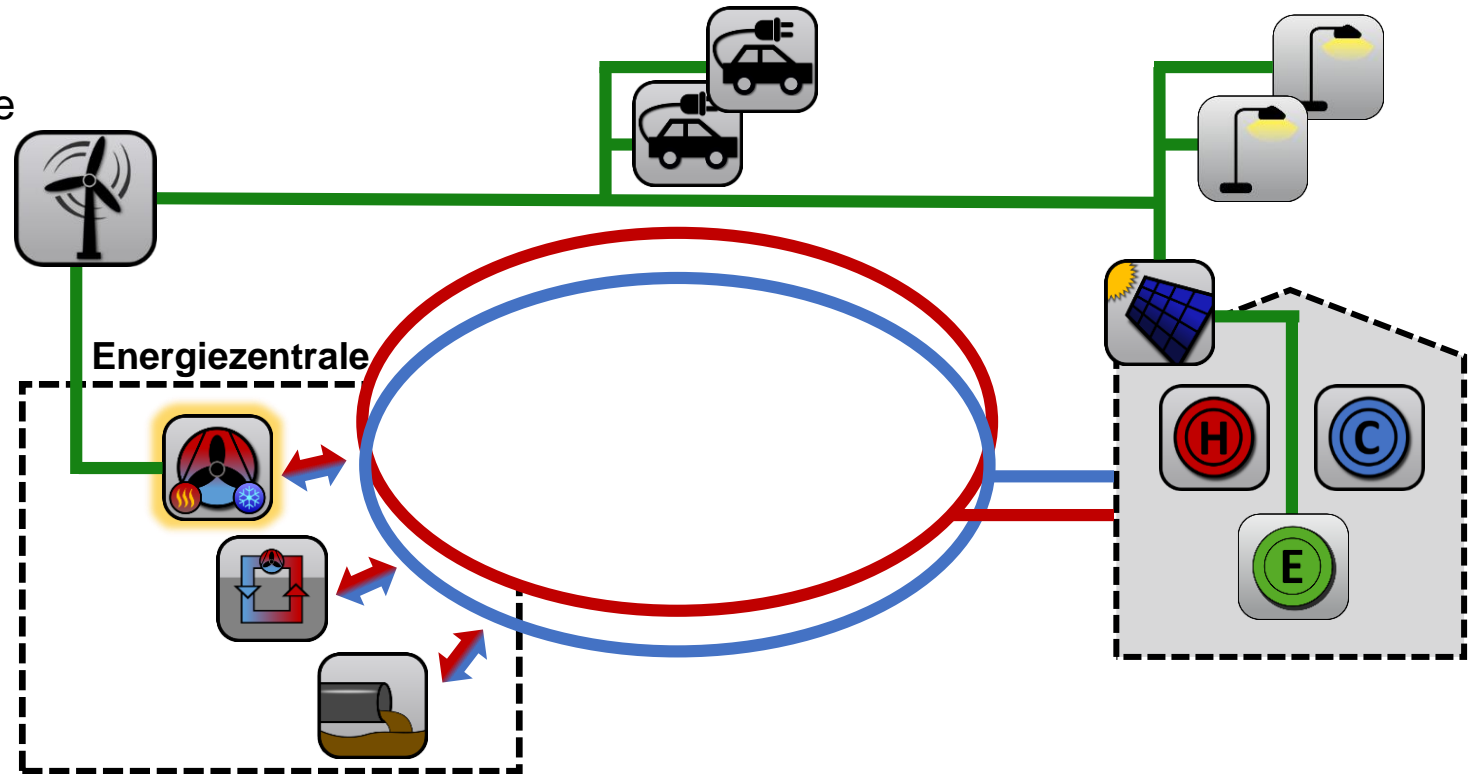
- ≡ Sektorenkopplung
- ≡ Zeitlicher Ausgleich Angebot/Bedarf
- ≡ Effizienter Betrieb des Gesamtsystems
 - = Im Verbund



Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Sektorenkopplung

■ Zentrale Elemente der Sektorenkopplung in Bedburg-Kaster:

- ≡ Niedertemperaturnetz
 - = Heizung, Kühlung und Trinkwarmwasser
- ≡ Wärmepumpe
 - = Integration erneuerbarer Wärme mit niedrigem Temperaturniveau
- ≡ Anlagentechnik/Gebäudetechnik
 - = Gleiche Infrastruktur für Wärme und Kälte



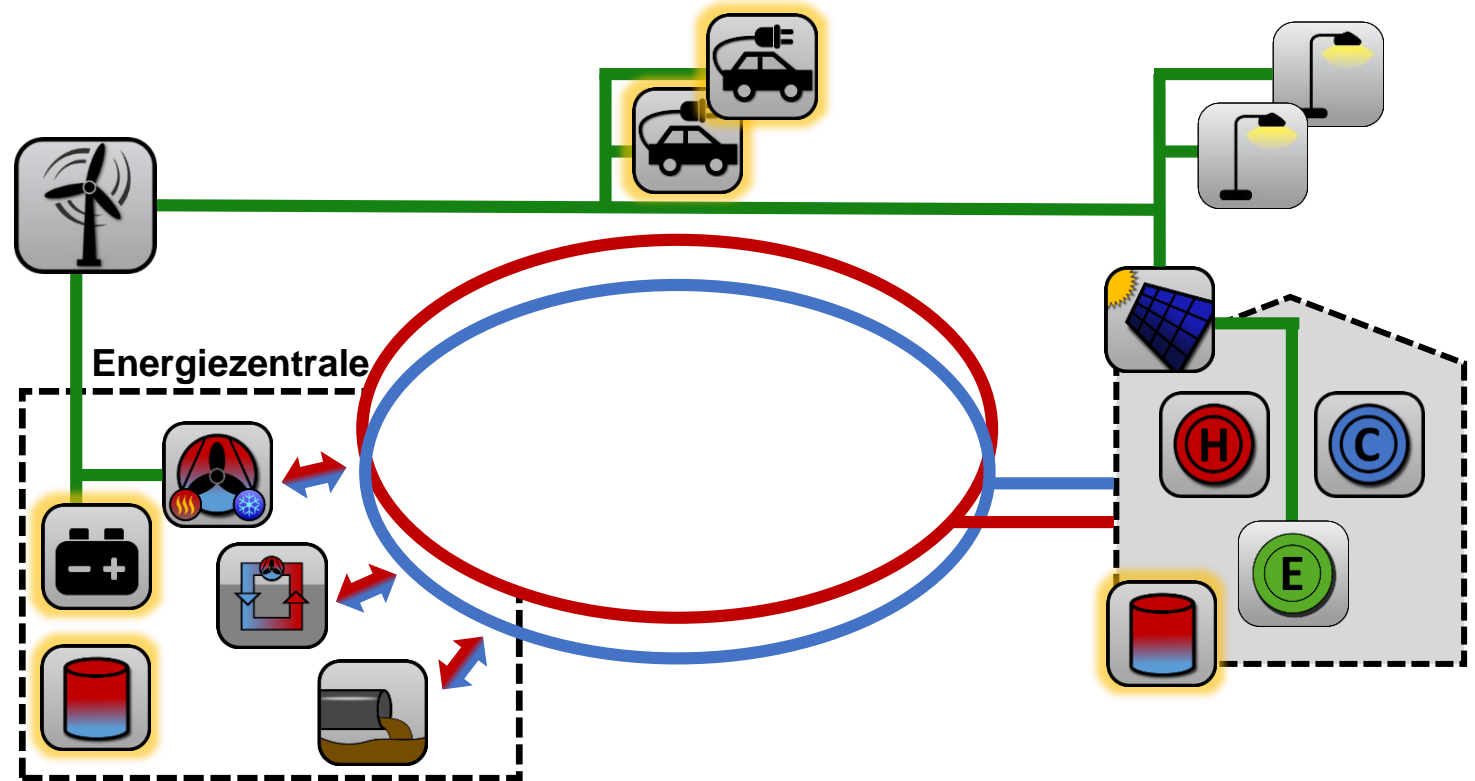
Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Speichereinsatz

■ Zeitlicher Ausgleich durch Einsatz von Speichertechnologien:

- ≡ Zentraler Batteriespeicher
- ≡ Zentraler und dezentrale Warmwasserspeicher
- ≡ Batterien der E-Autos

■ Herausforderung:

- ≡ Auswahl und Auslegung der Speicher
 - = Vorhersage des Bedarfs
 - = Vorhersage der Erzeugung
- ≡ Optimaler Betrieb der Speicher



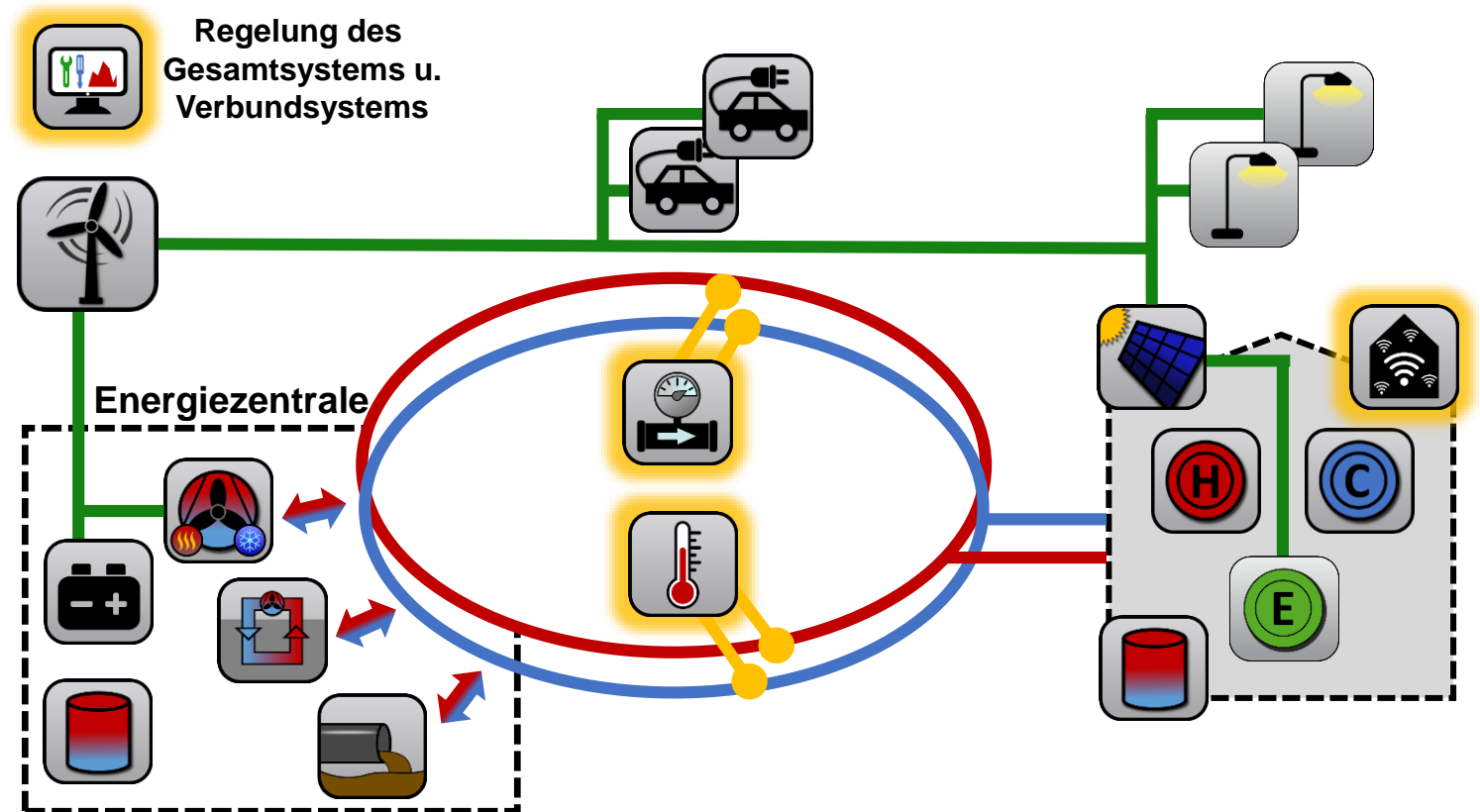
Integration erneuerbarer Energien in Quartieren: Effizienter Betrieb des Gesamtsystems

■ Effizienter Betrieb des Gesamtsystems:

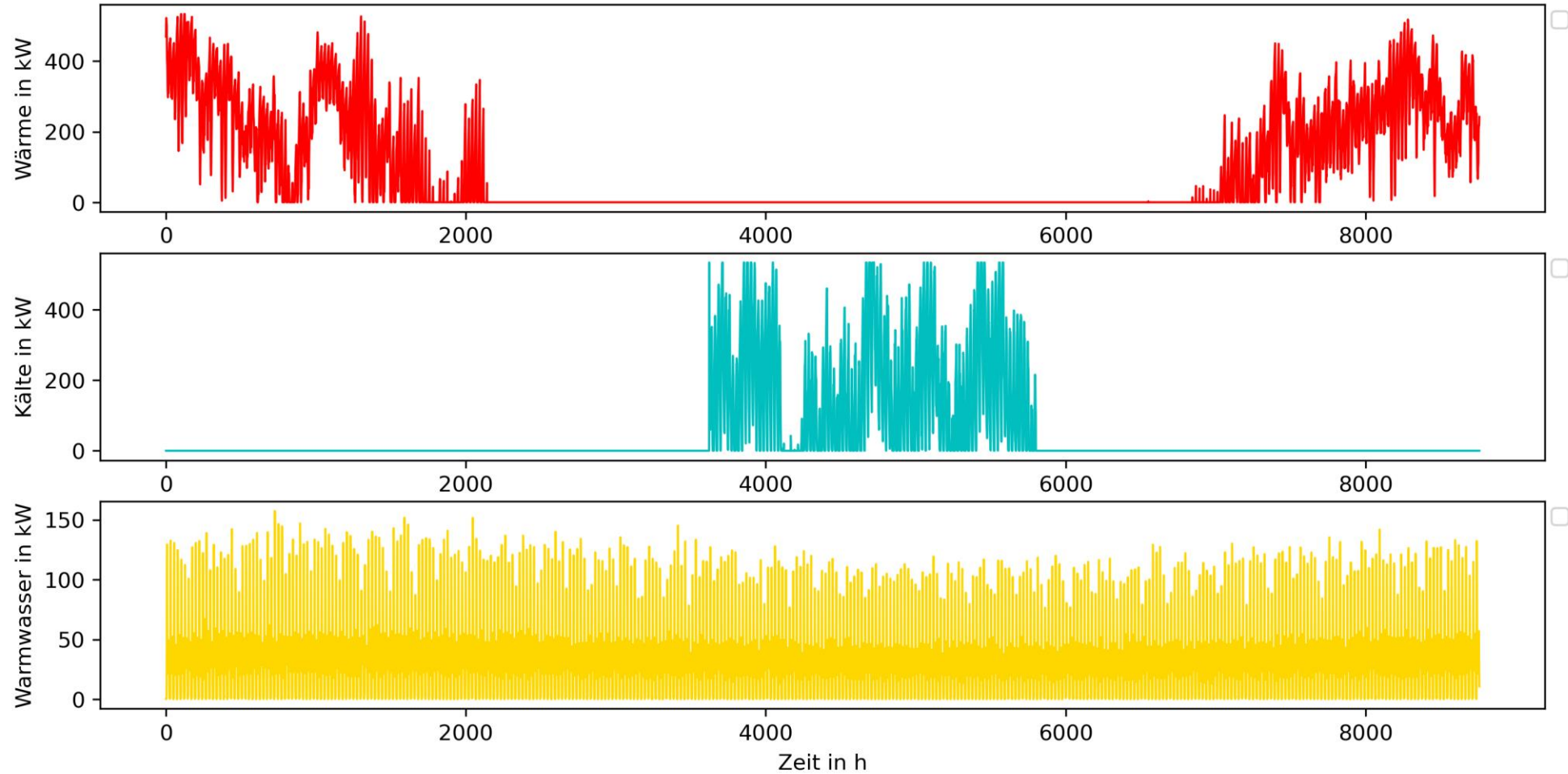
- ≡ Regelung des Gesamtsystems durch Quartiersenergiemanagementsystem
- ≡ Einsatz von Mess- und Regelungstechnik
 - = Erfassung von Systemzuständen
 - = Steuerung von Anlagen
- ≡ Infrastruktur zur Kommunikation zwischen Komponenten

■ Herausforderung:

- ≡ Komplexes Energiesystem
- ≡ Optimaler Betrieb benötigt:
 - = Messdaten
 - = Zugriff auf Anlagen zur Steuerung

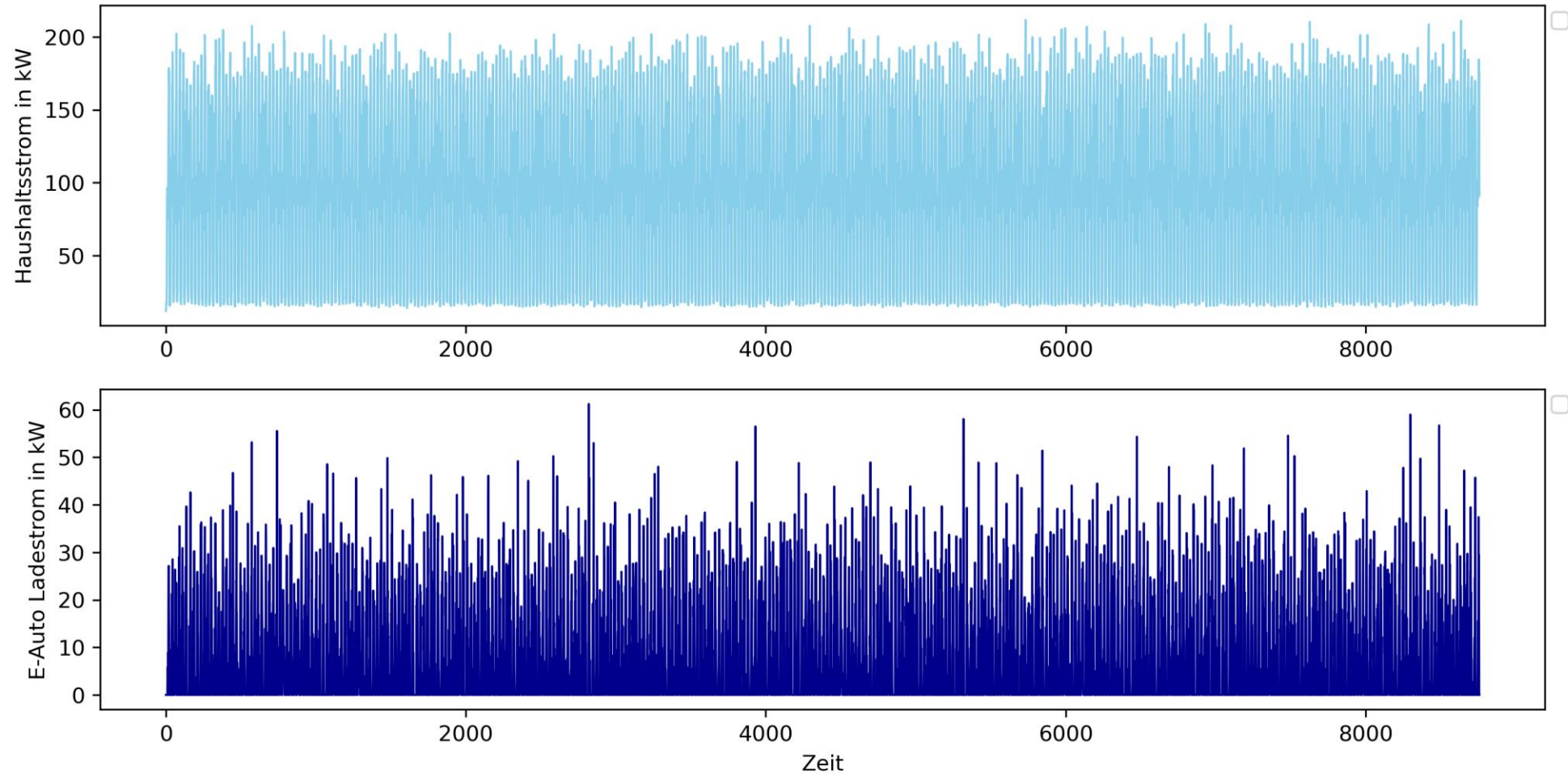


Bedburg – Thermische Bedarfe



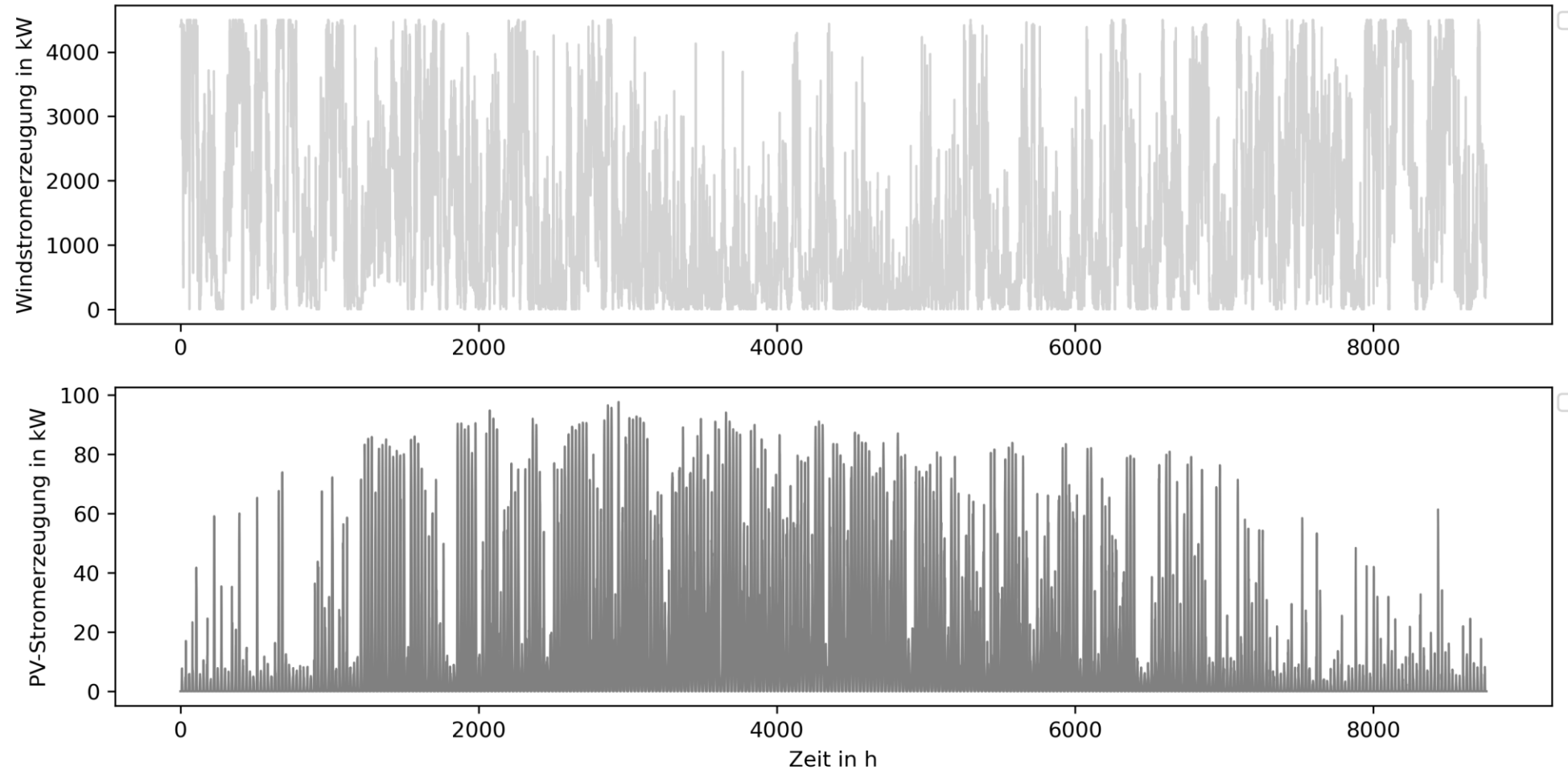
In Bedburg gibt es eine Übergangszeit, in der weder Wärme- noch Kältebedarfe vorliegen
(Annahme: Raumsolltemperaturen 21°C / 26 °C)

Bedburg – Elektrische Bedarfe



Hier angenommen: 20 E-Autos im Quartier, die eine maximale Ladeleistung von 11 kW besitzen.

Bedburg – Stromerzeugung



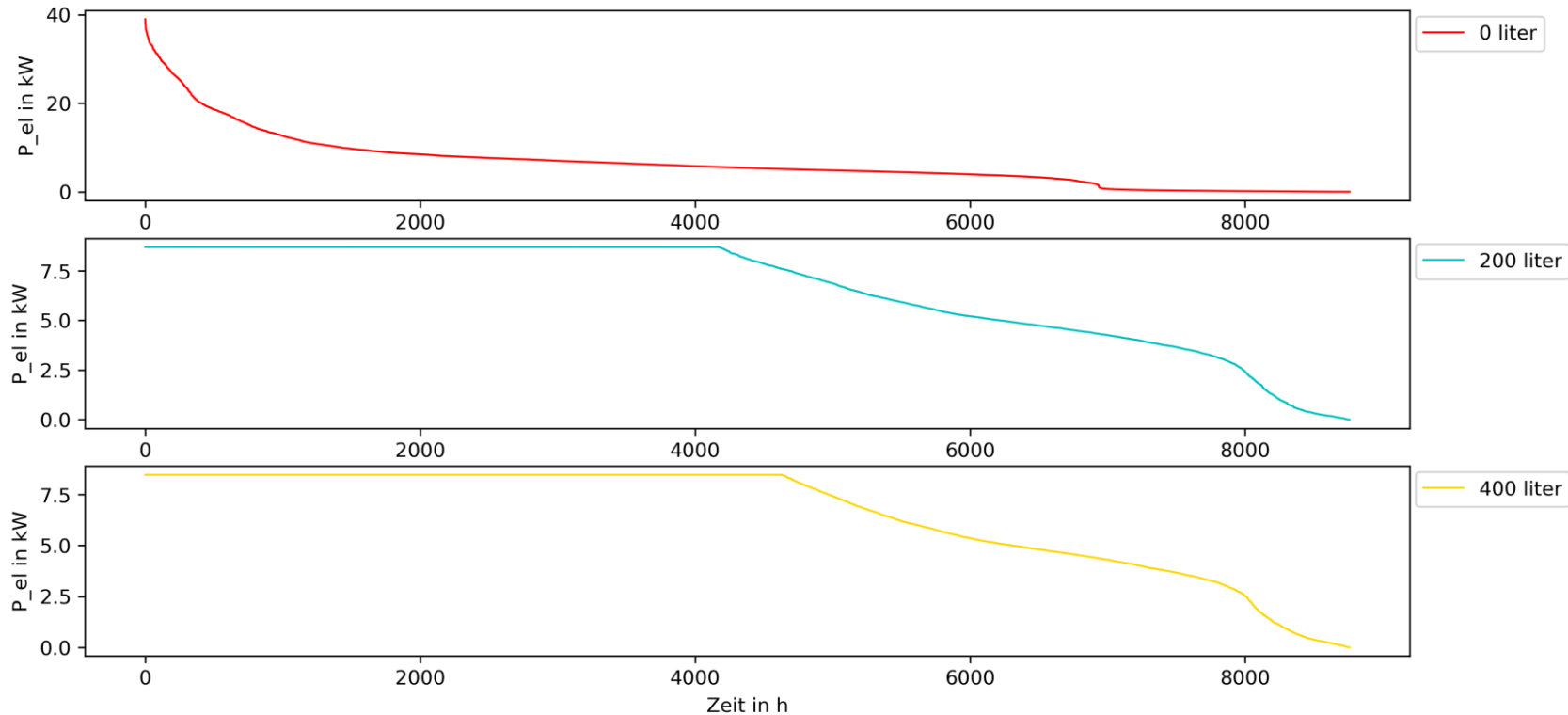
Hier angenommen: PV wird nur auf den MFH installiert (Südausrichtung, 30° Anstellwinkel), jeweils mit 15 kW Peakleistung.

Optimierung Bedburg – Einfluss der dezentralen Wärmepumpen

Flexibilität der dezentralen Wärmepumpen und Trinkwarmwasserspeicher

Zielfunktion der Optimierung: Leistungsreduktion der TWW-Erzeugung

Jahresdauerlinien des Strombedarfs der TWW-Wärmepumpen



Elektrische Peak-Leistung für Trinkwarmwasser (Quartier) [kW]	
38.98	100 %
8.70	22 %
8.46	22 %



Durch intelligenten Betrieb der dezentralen WP und Warmwasserspeicher lässt sich die Peakleistung der kumulierten elektrischen Leistungen für TWW um bis zu 78 % reduzieren. ACHTUNG: stündliche Auflösung der Zeitreihen.

Optimierung Bedburg – Einfluss der E-Autos

■ Abbildung verschiedener Ladestrategien für E-Fahrzeuge

≡ Bedarfsgeführt

- = Das E-Auto beginnt mit dem Laden, sobald es anwesend ist, und lädt solange bis der Bedarf gedeckt ist.



≡ Netzreaktiv

- = Intelligente Ladesteuerung. Das E-Auto kann während der gesamten Anwesenheitszeit geladen werden. Bei Abfahrt ist der Bedarf gedeckt.

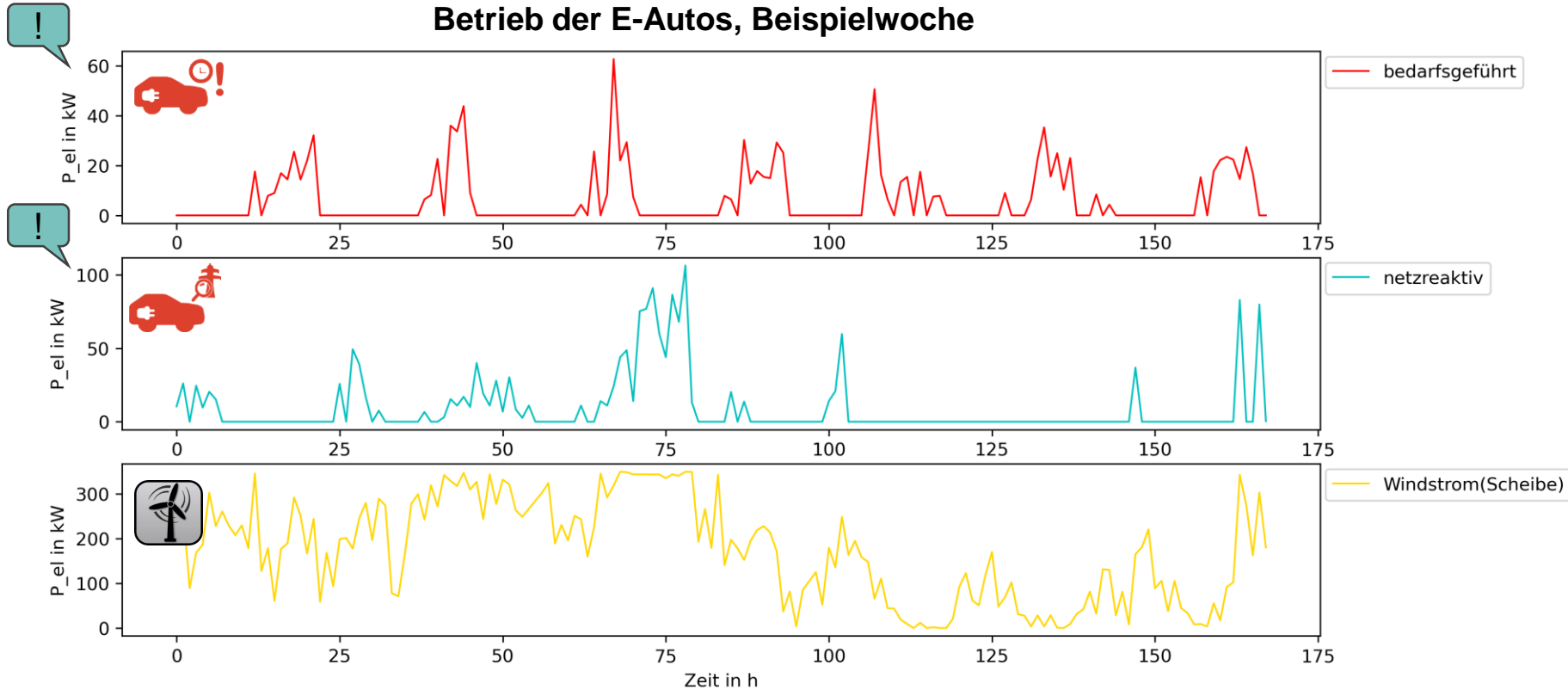


Optimierung Bedburg – Einfluss der E-Autos

Flexibilität der Elektroautos – Integration von Windstrom

Zielfunktion der Optimierung: CO₂-Einsparung im Quartier

Betrieb der E-Autos, Beispielwoche



Anteil Windstrom (-bezug) (Quartier)	CO ₂ -Emissionen (Quartier)
64 % <i>(Der Bedburg zugewiesenen „Scheibe Wind“)</i>	100 %
68 % <i>(Der Bedburg zugewiesenen „Scheibe Wind“)</i>	90 %
100 % <i>(Annahme: Bedburg bekommt eine Leistungs-scheibe von 6 % der Erzeugung)</i>	



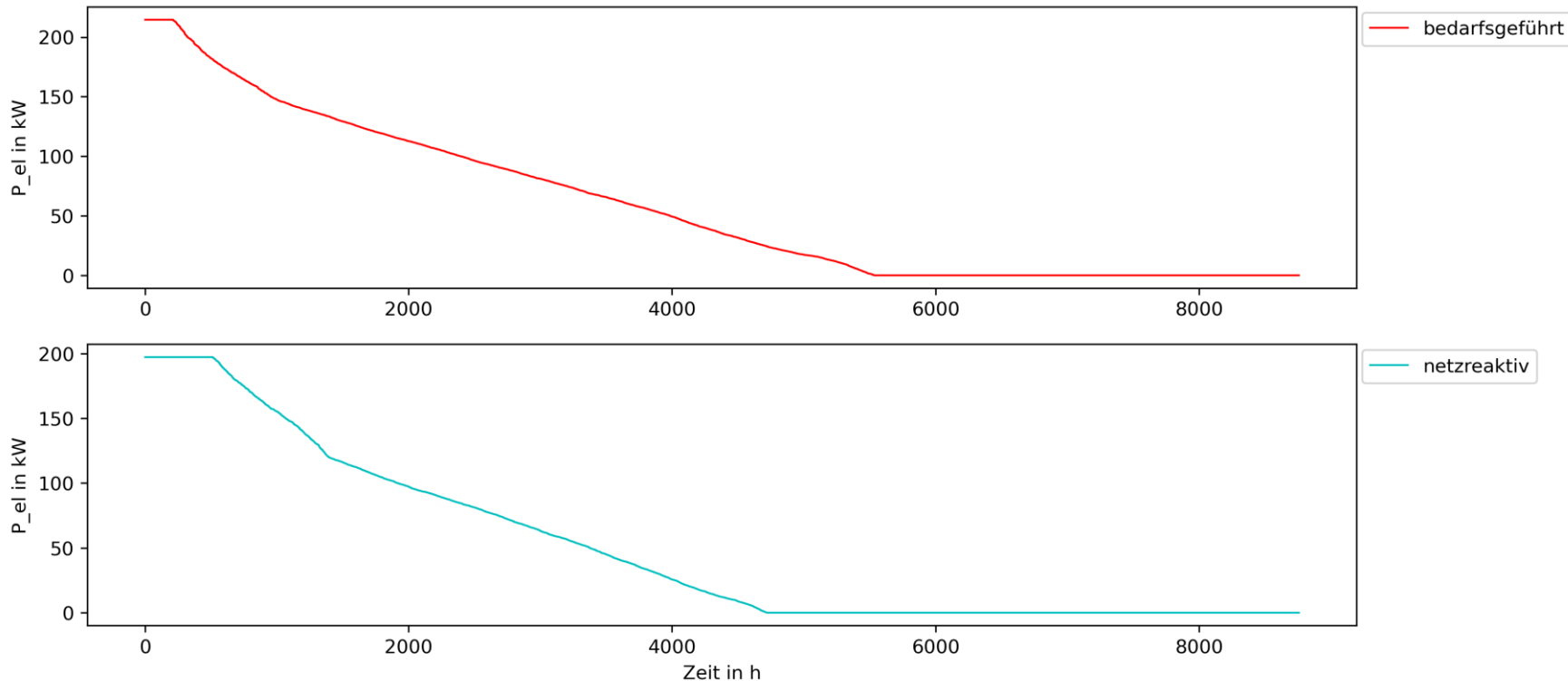
E-Autos besitzen ein hohes Potential zur Integration von Windstrom. **ACHTUNG:** Hier wird eine perfekten Voraussicht des Windstromaufkommens angenommen, sodass es Tage gibt, an denen die E-Autos nicht laden obwohl der Speicher nicht komplett voll ist. Dies geschieht um CO₂ im Quartier zu sparen.

Optimierung Bedburg – Einfluss der E-Autos

Flexibilität der Elektroautos – Peak-Shaving-Potentiale im Quartier

Zielfunktion der Optimierung: Leistungsreduktion des Strombezugs aus dem öff. Netz

Jahresdauerlinien des Strombedarfs aus dem öffentlichen Netz



Elektrische Peak-Leistung Netzbezug (ohne Wind) (Quartier) [kW]	
215.42	100 %
198.01	92%



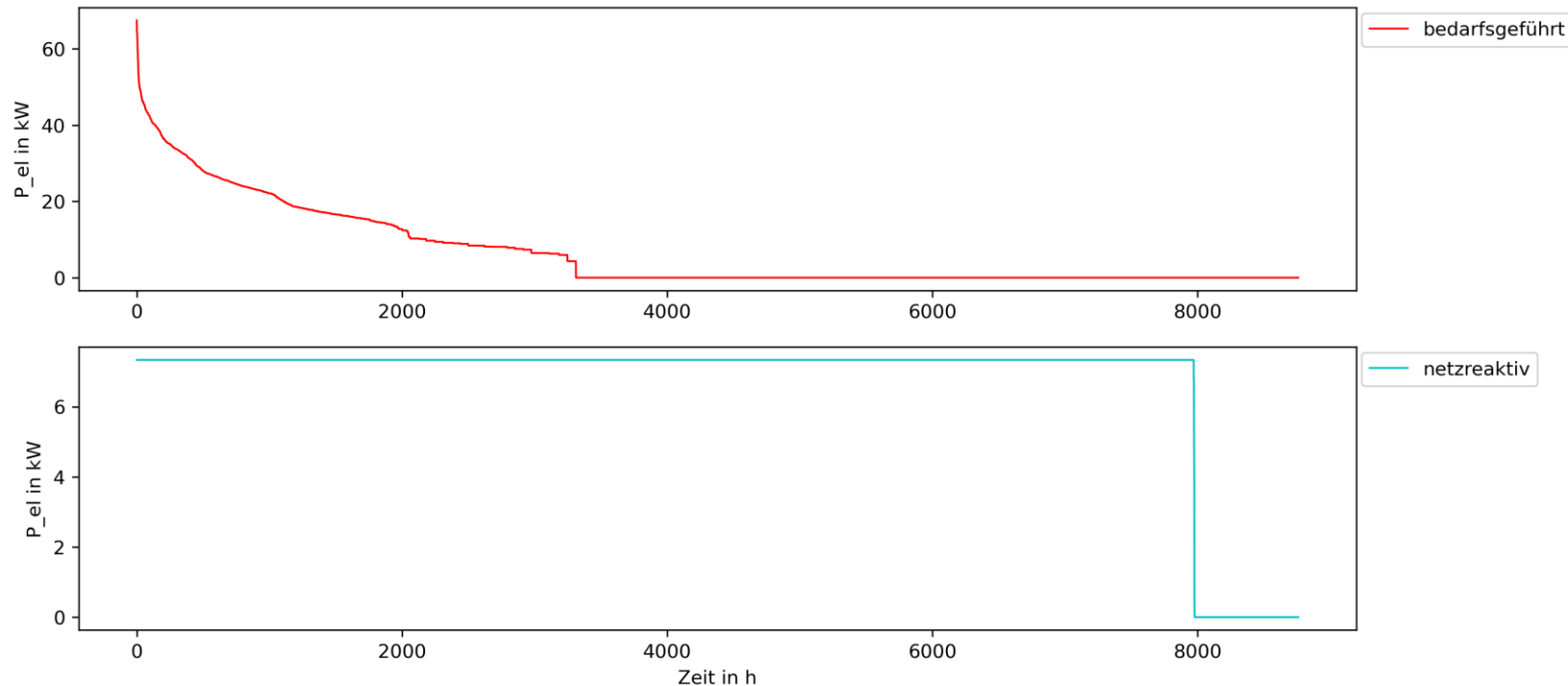
Ein intelligenter Betrieb allein der E-Autos kann zu einer etwa 8 prozentigen Peakleistungs-Reduktion des Residual-Strombezugs aus dem öffentlichen Netz beitragen. Annahme hierbei: Leistungsscheibe von 6 %.

Optimierung Bedburg – Einfluss der E-Autos

Flexibilität der Elektroautos – Peak-Shaving-Potentiale im Quartier

Zielfunktion der Optimierung: Leistungsreduktion der kumulierten Ladeleistung E-Autos

Jahresdauerlinien des Strombedarfs zur E-Auto Ladung



Elektrische Peak-Leistung der E-Autos (Quartier) [kW]	
67.43	100 %
7.33	11 %



Durch intelligenten Betrieb der E-Autos lässt sich die Peakleistung der kumulierten elektrischen Ladeleistungen für die E-Auto Beladung um bis zu 89 % reduzieren. ACHTUNG: stündliche Auflösung der Zeitreihen.

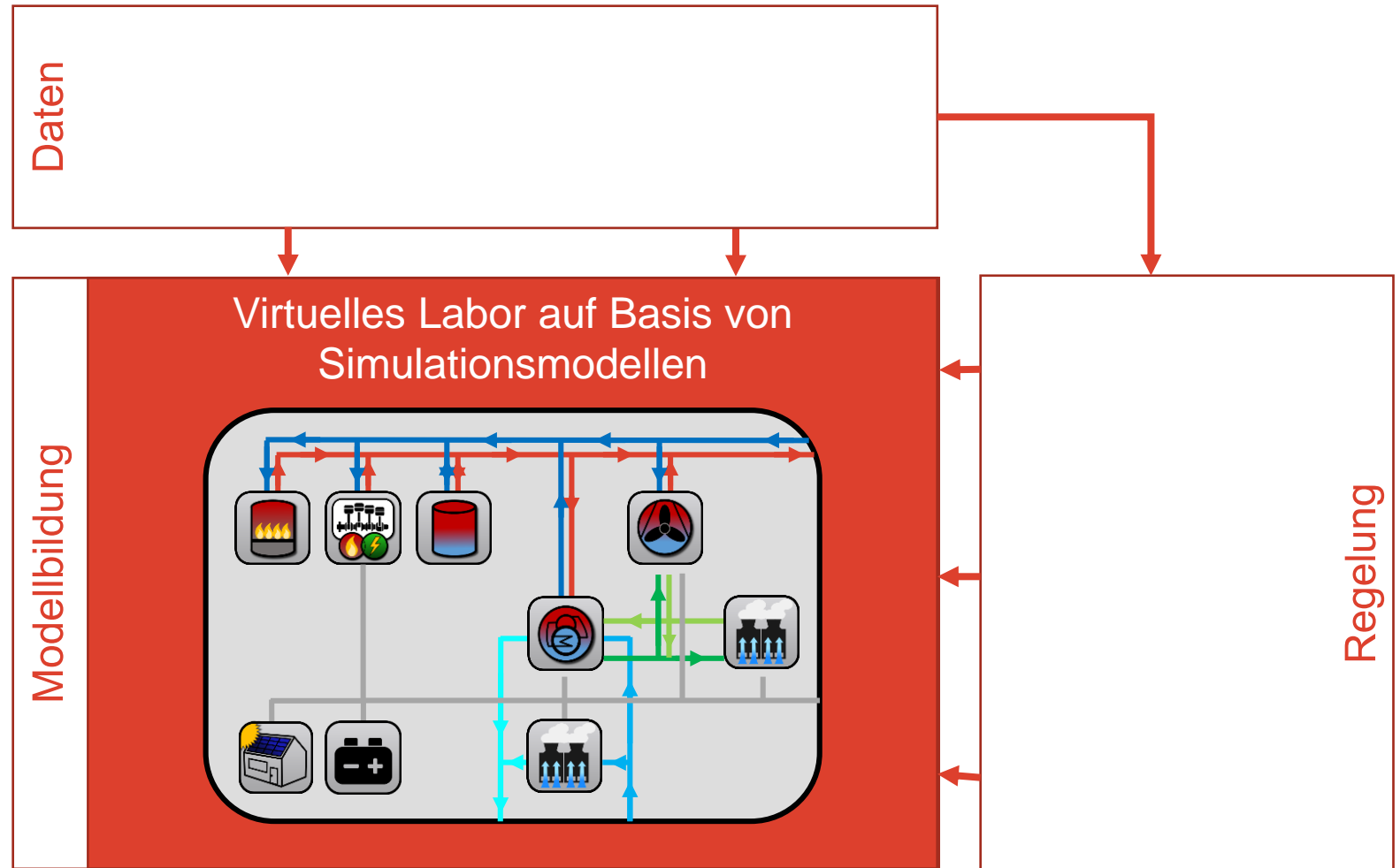
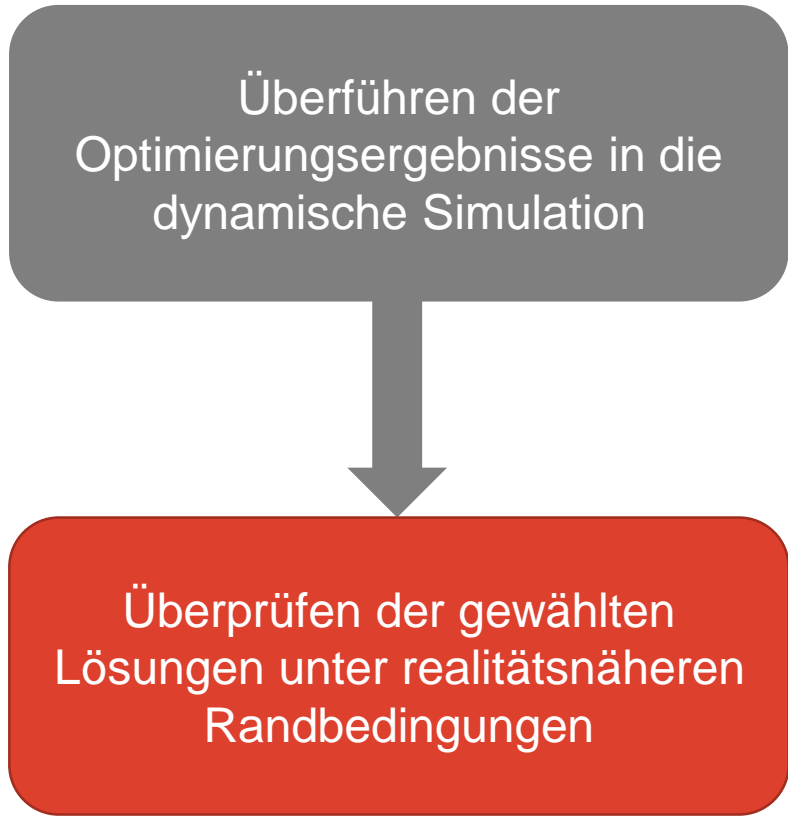
Entwicklung von Regelungsstrategien im virtuellen Labor

Überführen der
Optimierungsergebnisse in die
dynamische Simulation

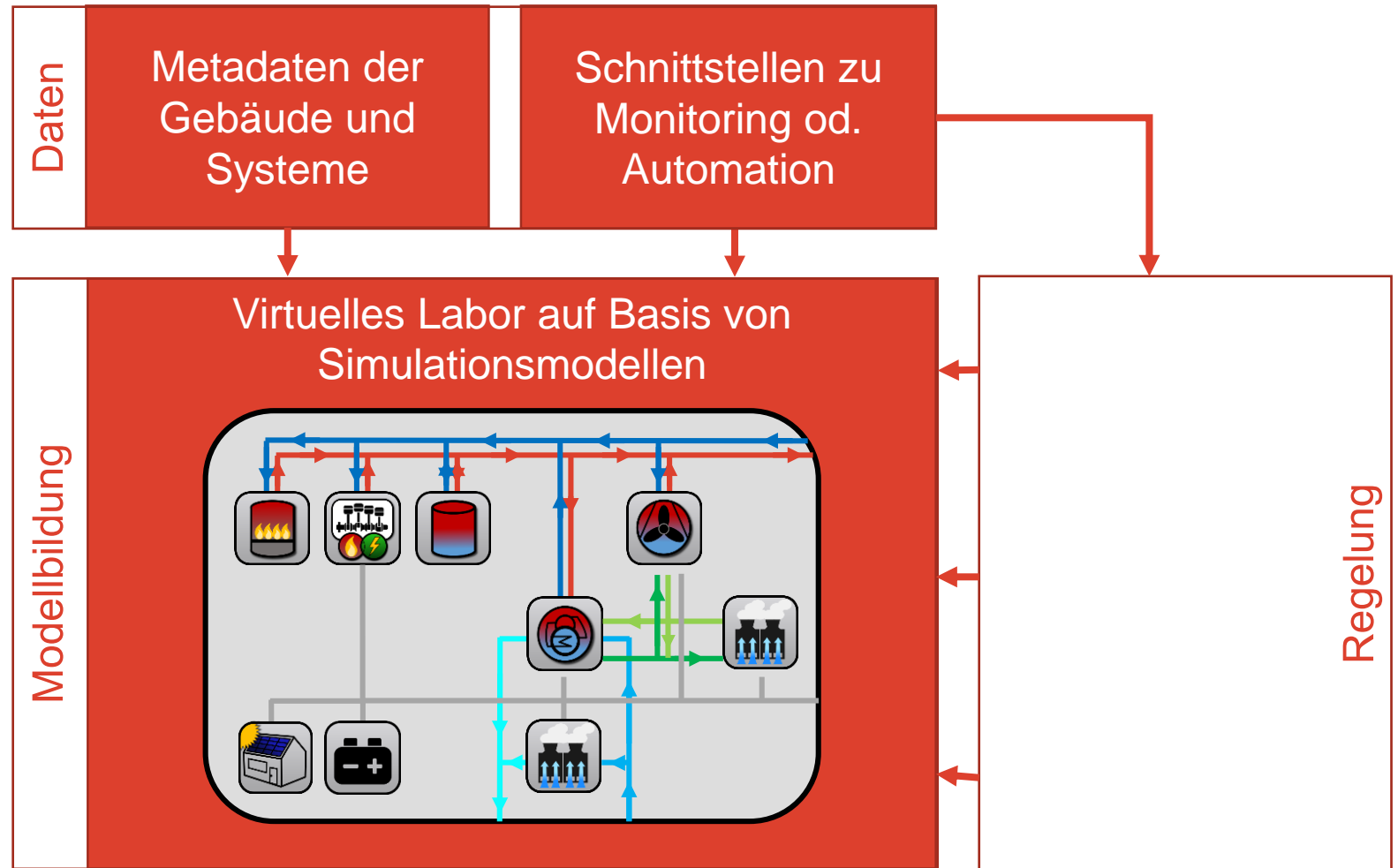
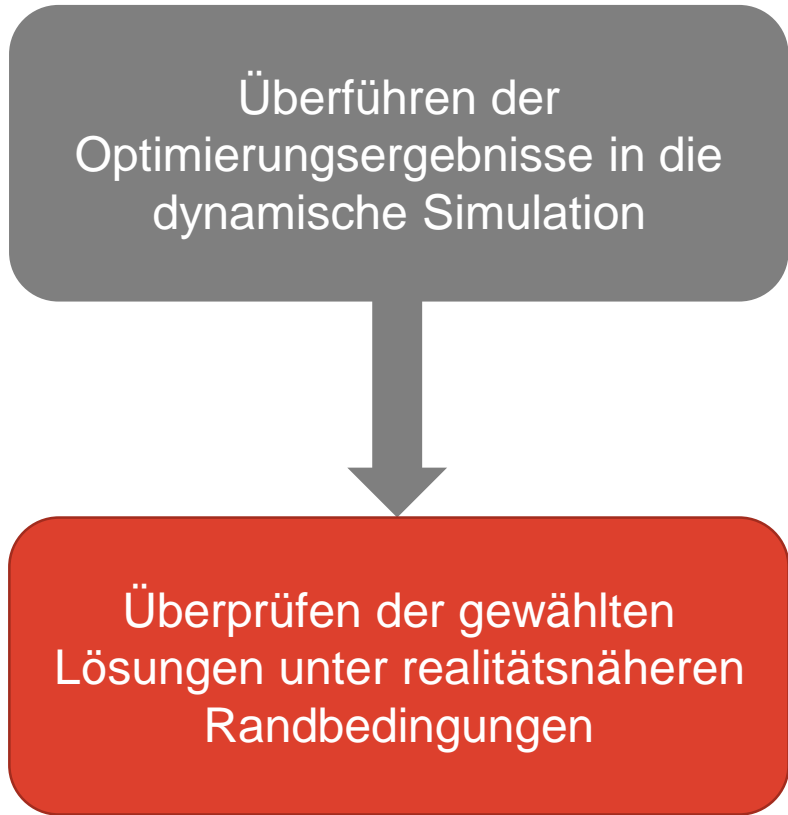


Überprüfen der gewählten
Lösungen unter realitätsnäheren
Randbedingungen

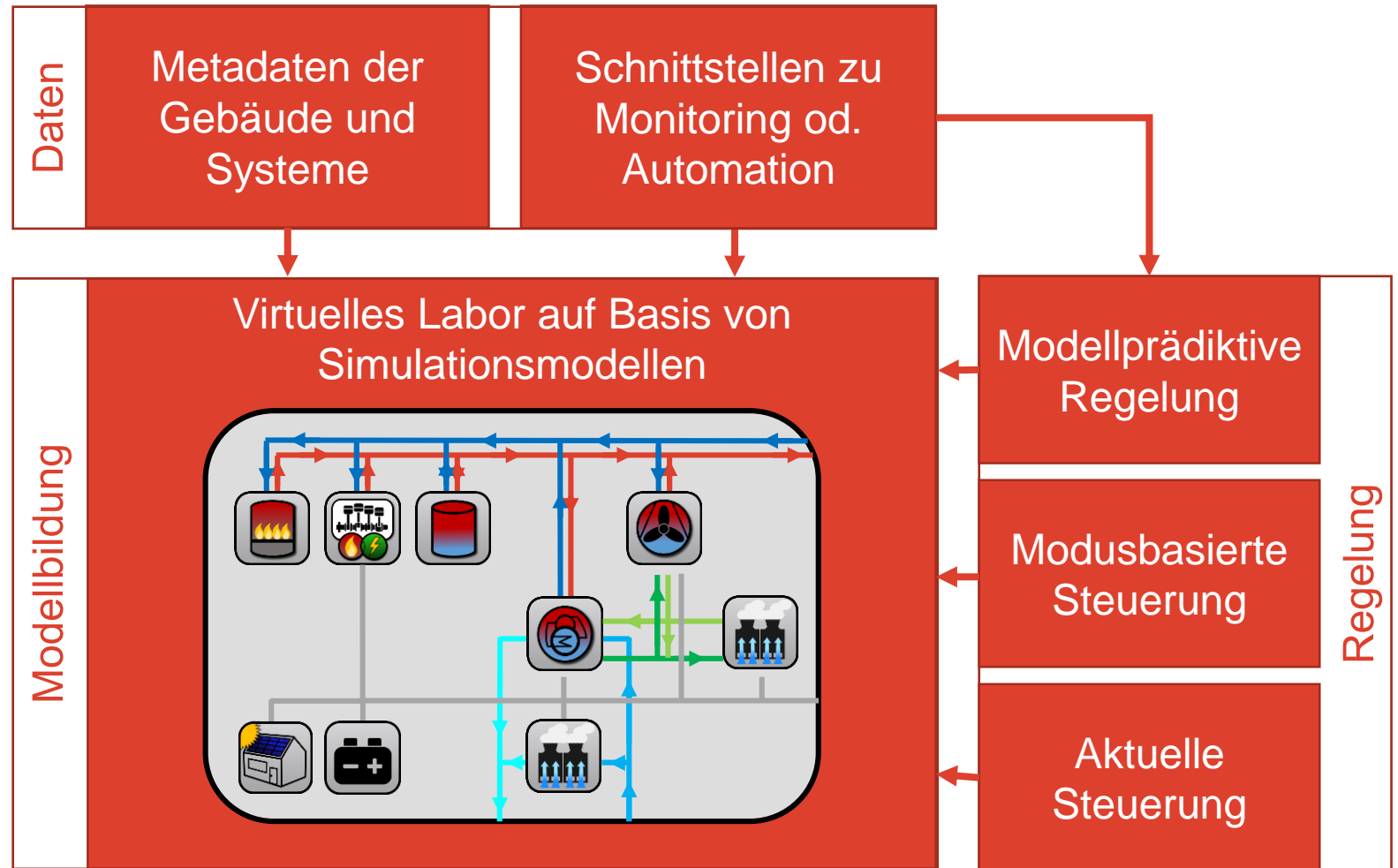
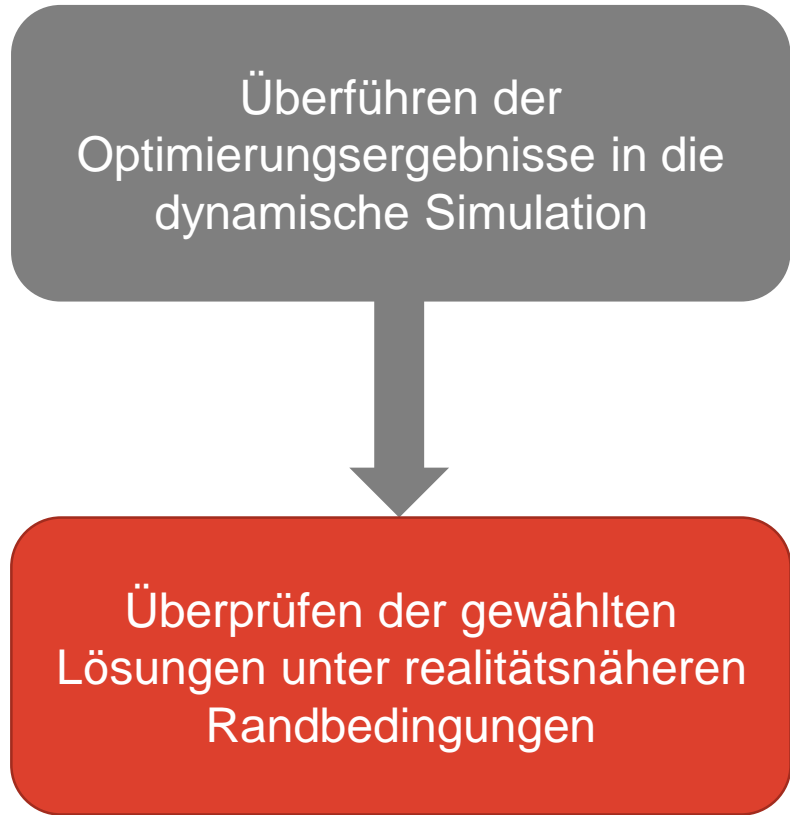
Entwicklung von Regelungsstrategien im virtuellen Labor



Entwicklung von Regelungsstrategien im virtuellen Labor

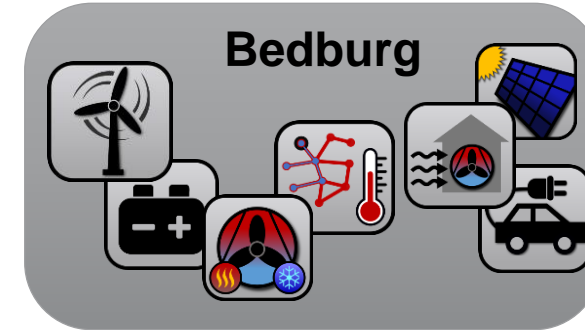
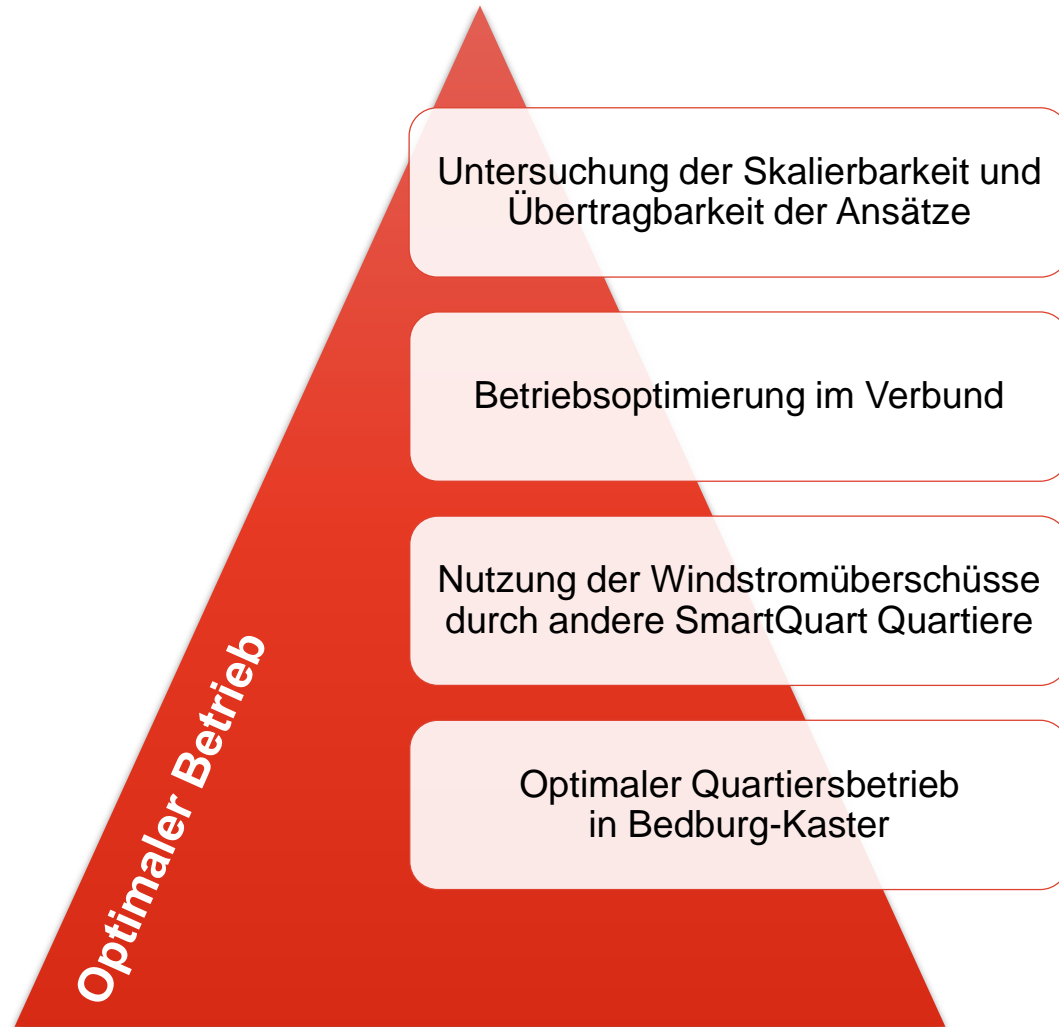


Entwicklung von Regelungsstrategien im virtuellen Labor



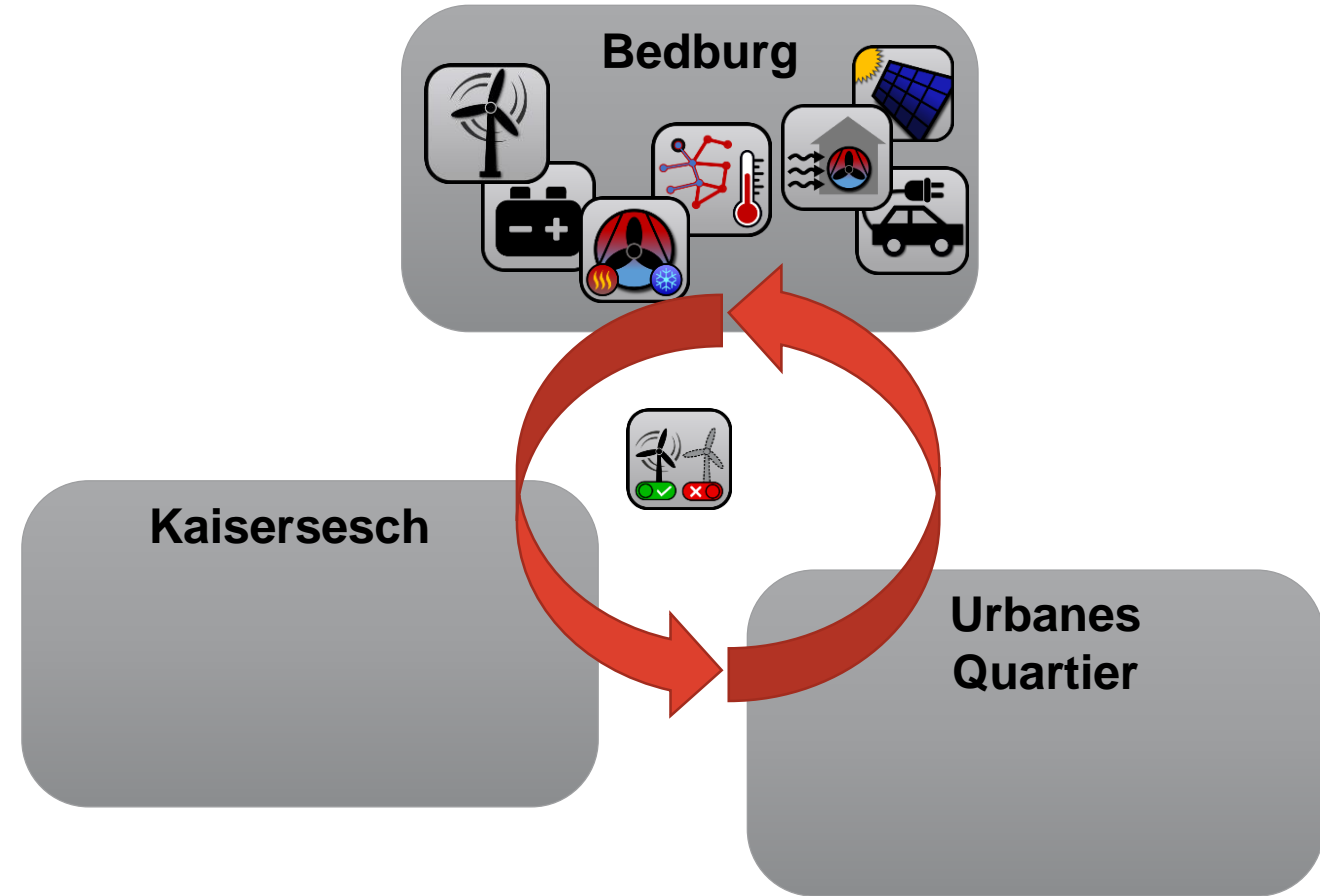
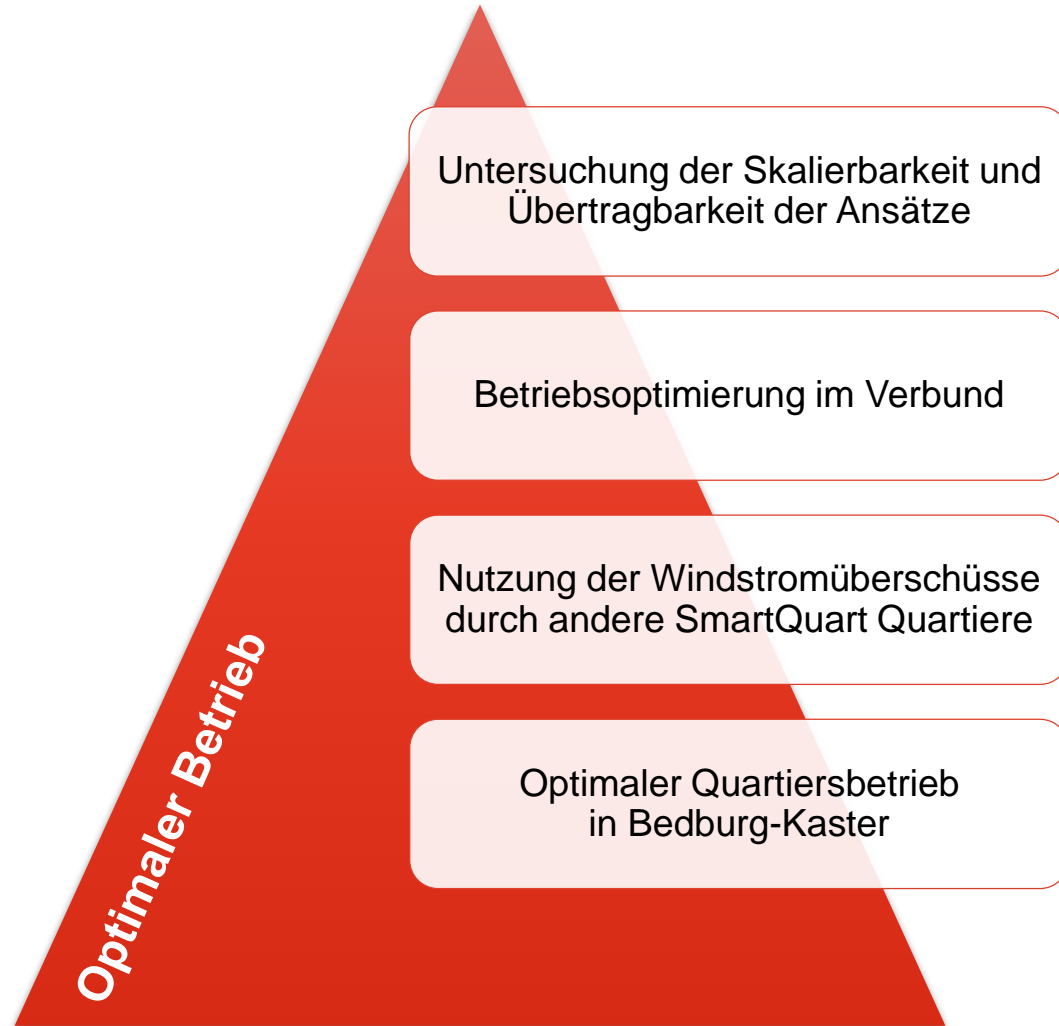
Optimaler Betrieb im systemischen Verbund

Weitere Forschungsziele im Projekt SmartQuart



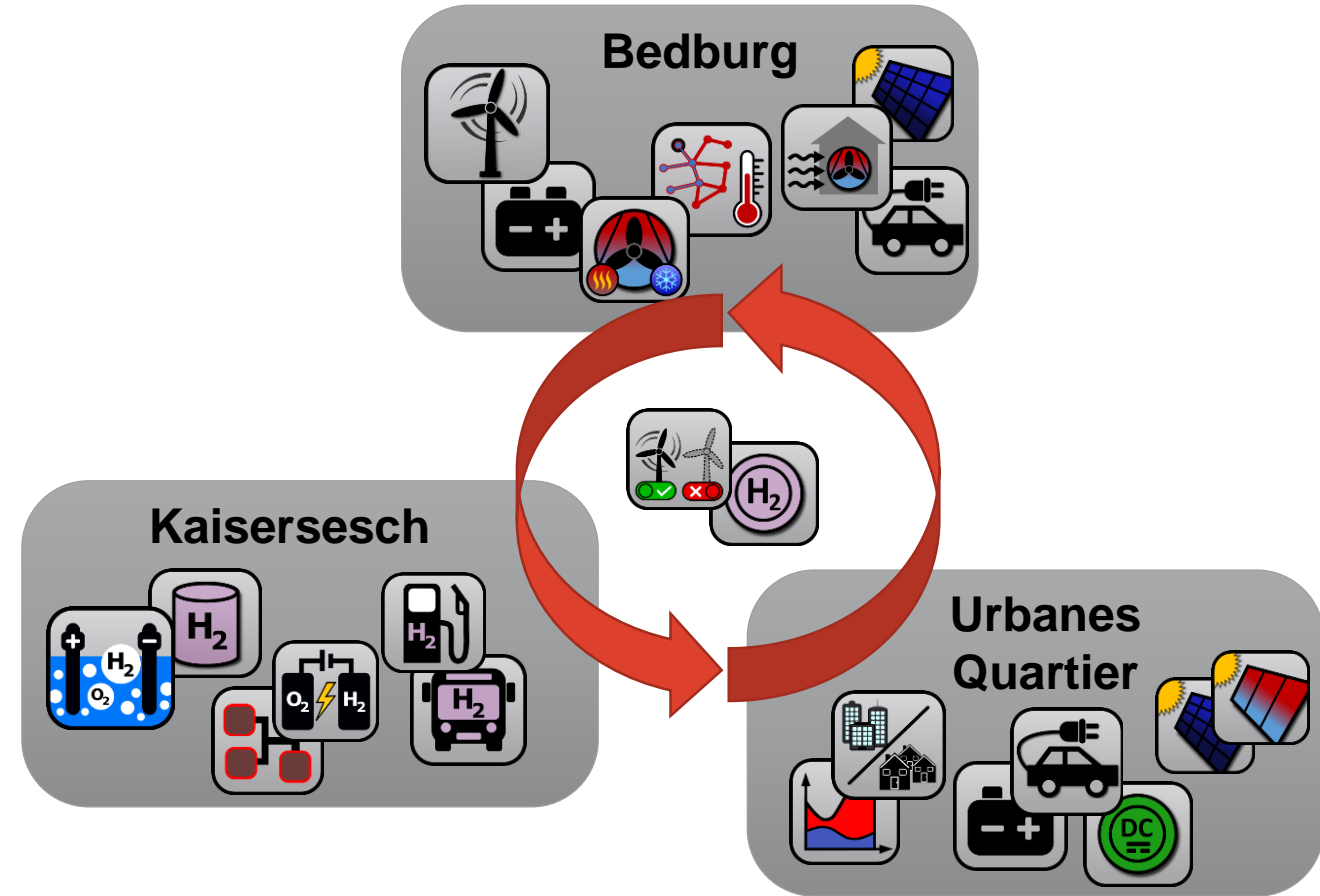
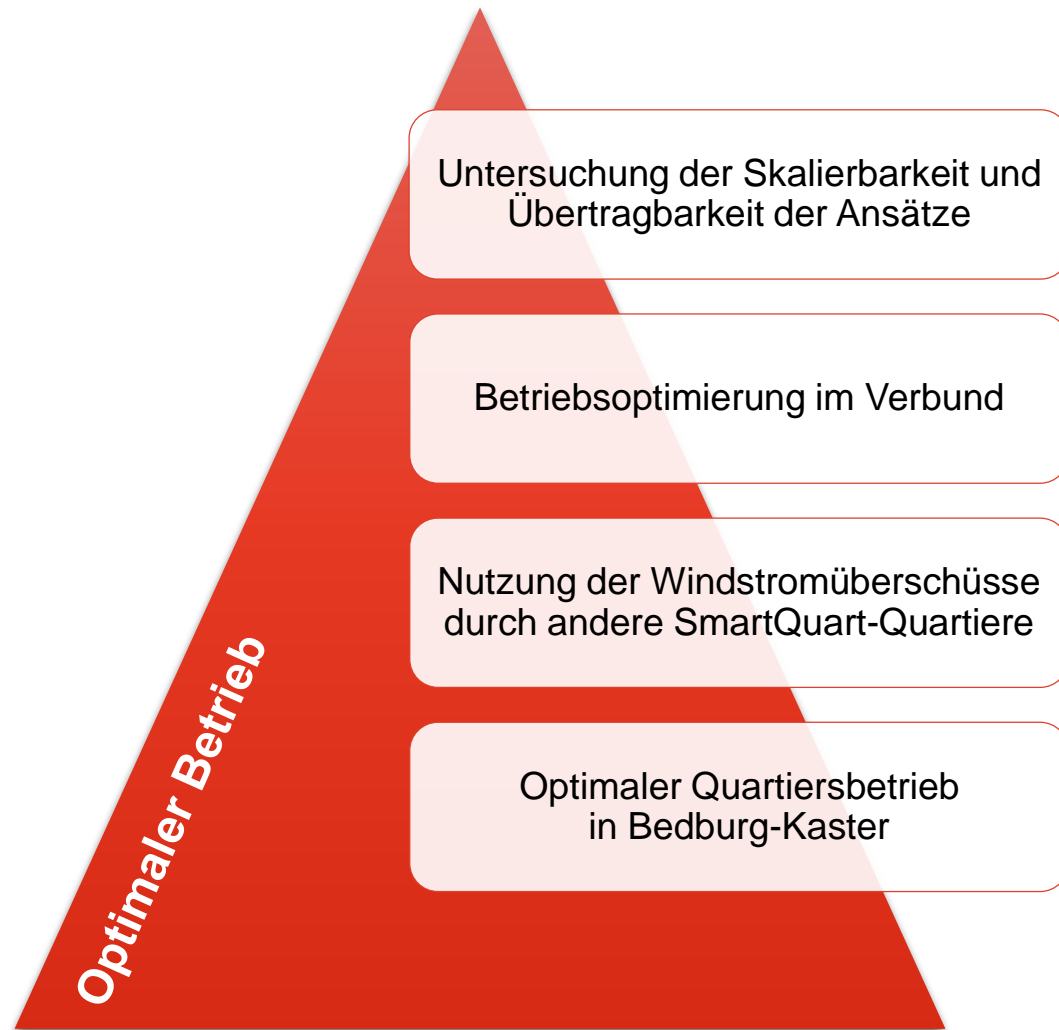
Optimaler Betrieb im systemischen Verbund

Weitere Forschungsziele im Projekt SmartQuart



Optimaler Betrieb im systemischen Verbund

Weitere Forschungsziele im Projekt SmartQuart



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



RWTH Aachen
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller
Mathieustr. 10
52074 Aachen

dmueller@eonerc.rwth-aachen.de
www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages