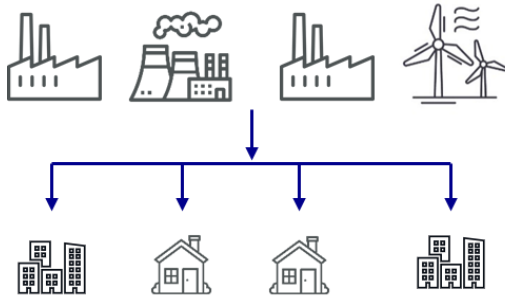


Dr.-Ing. P. Seidel / Dipl.-Wi.-Ing. P. Grun

Neue Methodik zur Sektorenübergreifenden Planung von Zellularen Energiesystemen - Grundlage für eine nachhaltige Energieversorgung

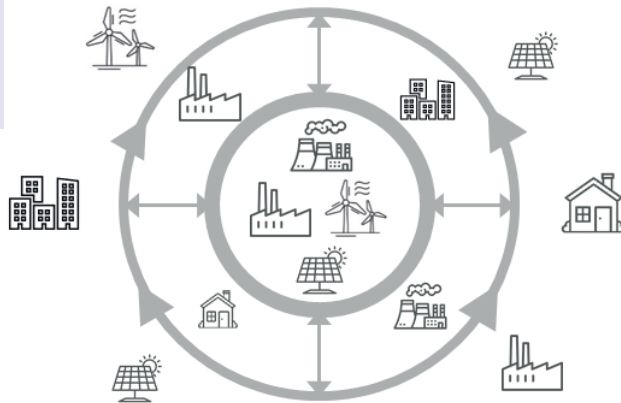
Zellulare Energiesysteme

Eine Lastflussrichtung (bisher)



Anstieg der Komplexität

Multidirektionale Lastflussrichtung (zukünftig)



Ausgangslage:

- Kopplung der Energiesektoren
- Volatilität der Erzeugung (Wind / PV)
- neue Wandlungstechnologien (BZ / Batteriespeicher / PtG)
- neue Akteure in Energieversorgung (VK)

Ziel:

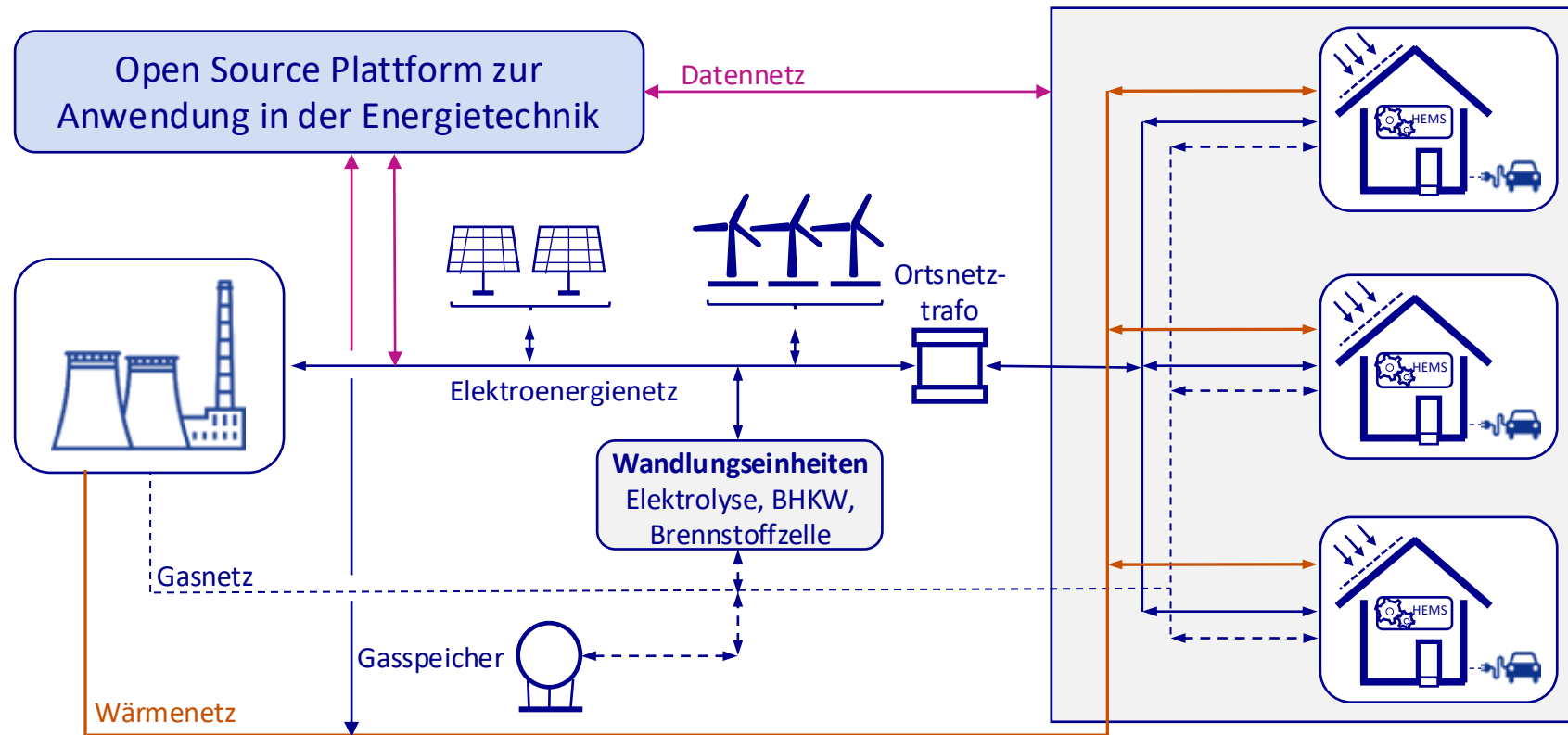
- lokale Kontrolle und Steuerung zur Reduktion der Komplexität **► neue Organisationsformen**

Maßnahmen:

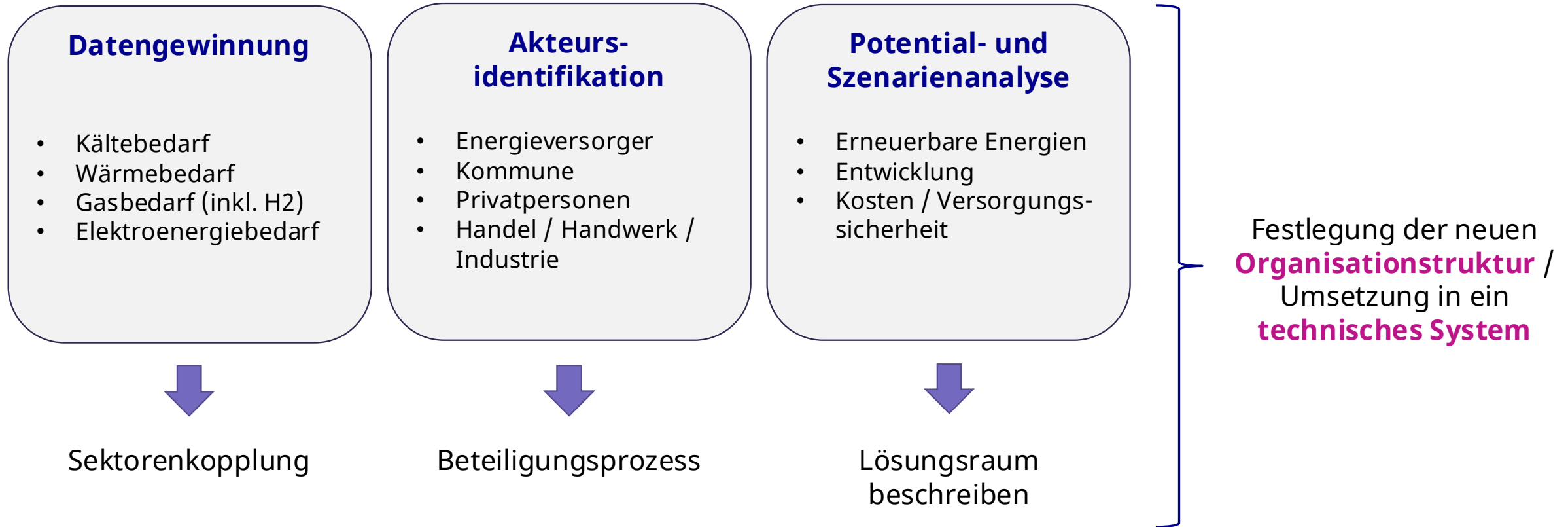
- Gestaltung von Interoperabilitäten (Protokolle / Modelle)
- Digitalisierung als Basis der Massenfähigkeit / Skalierung
- Informationssicherheit / Datenschutz
- Zerlegung in autonome Teilsysteme die miteinander verbunden sind und gekoppelt agieren

Zellulare Energiesysteme

Ein **zellulares Energiesystem** ist ein Organisationsmodell für die Energietechnik, welches aus **Energiezellen** besteht. Die Energiezelle als kleinster möglicher Baustein besteht aus einer Infrastruktur zur Energiewandlung, Energieverteilung, Energiespeicherung und Einheiten zum Energieverbrauch sowie einem Managementsystem.



Planung – aber wie?



Achtung: Kommunale Wärmeplanung (KWP) adressiert nur Teilaspekte

Agenda

- I. Status Quo: Energieatlas 2023
- II. Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse
- III. Technologiemodelle / Zeitreihen-Modellierung
- IV. Weiterführende Analysen
- V. Ergebnisse des Forschungsprojektes

Agenda

- I. Status Quo: Energieatlas 2023**
- II. Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse
- III. Technologiemodelle / Zeitreihen-Modellierung
- IV. Weiterführende Analysen
- V. Ergebnisse des Forschungsprojektes

Status Quo: Energieatlas 2023

Wärmeatlas + Elektroenergieatlas (+ Gasatlas) = Energieatlas

Bedarfsanalyse mit Stand 2023 für den Stadtkern Wittichenau

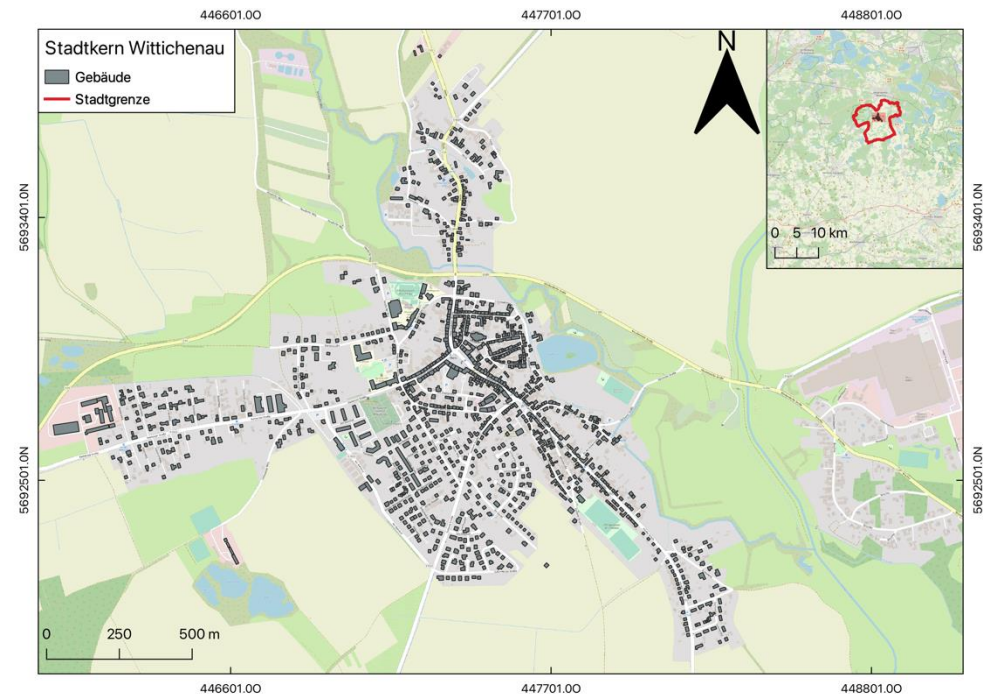
Lage:
ca. 70 km nordöstlich von Dresden

Charakteristik:
Kleinstadt, suburbaner Raum

Einwohnerzahl:
ca. 5.700 Einwohner

Fläche:
ca. 61 km²

Netzbetreiber:
**MITNETZ (Strom) – EVSE (Gas)
keine Fernwärme**



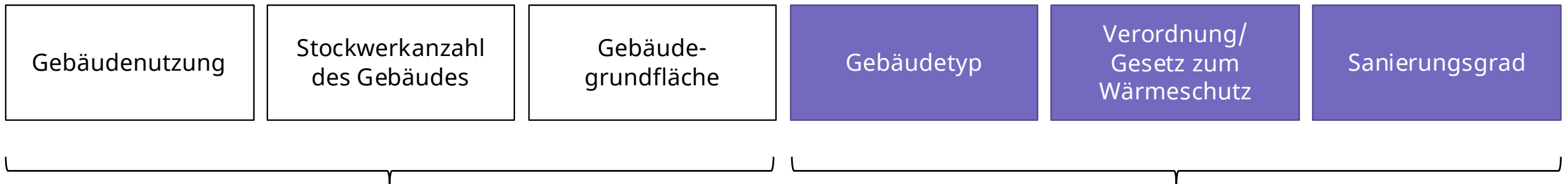
Status Quo: Energieatlas 2023

Gebäudeanalyse

Wärmeatlas

= Geografische Stadtkarte zur Veranschaulichung der jährlichen Wärmebedarfswerte pro Haus mittels einer farblichen Skala.

Betrachtete Größen:



- ▶ verschiedene Datenquellen
u.a.: GeoSN¹ verknüpft mit OSM²-Datensatz
- ▶ Qualität der Daten nicht einheitlich

- ▶ Eigene Methodik Gebäudeanalyse

¹ Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN), ² Openstreetmap (OSM)

Status Quo: Energieatlas 2023

Gebäudeanalyse



Gebäudetyp:

- zwei Etagen
- Gebäudegrundfläche : 104m²
- ein Briefkasten, eine Klingel

Wärmeschutzbestimmung:

- kleine Einzelfenster, alte Tür
- Auf Satellitenbild von 1995-2000 bereits zu sehen
- Knick im Dach

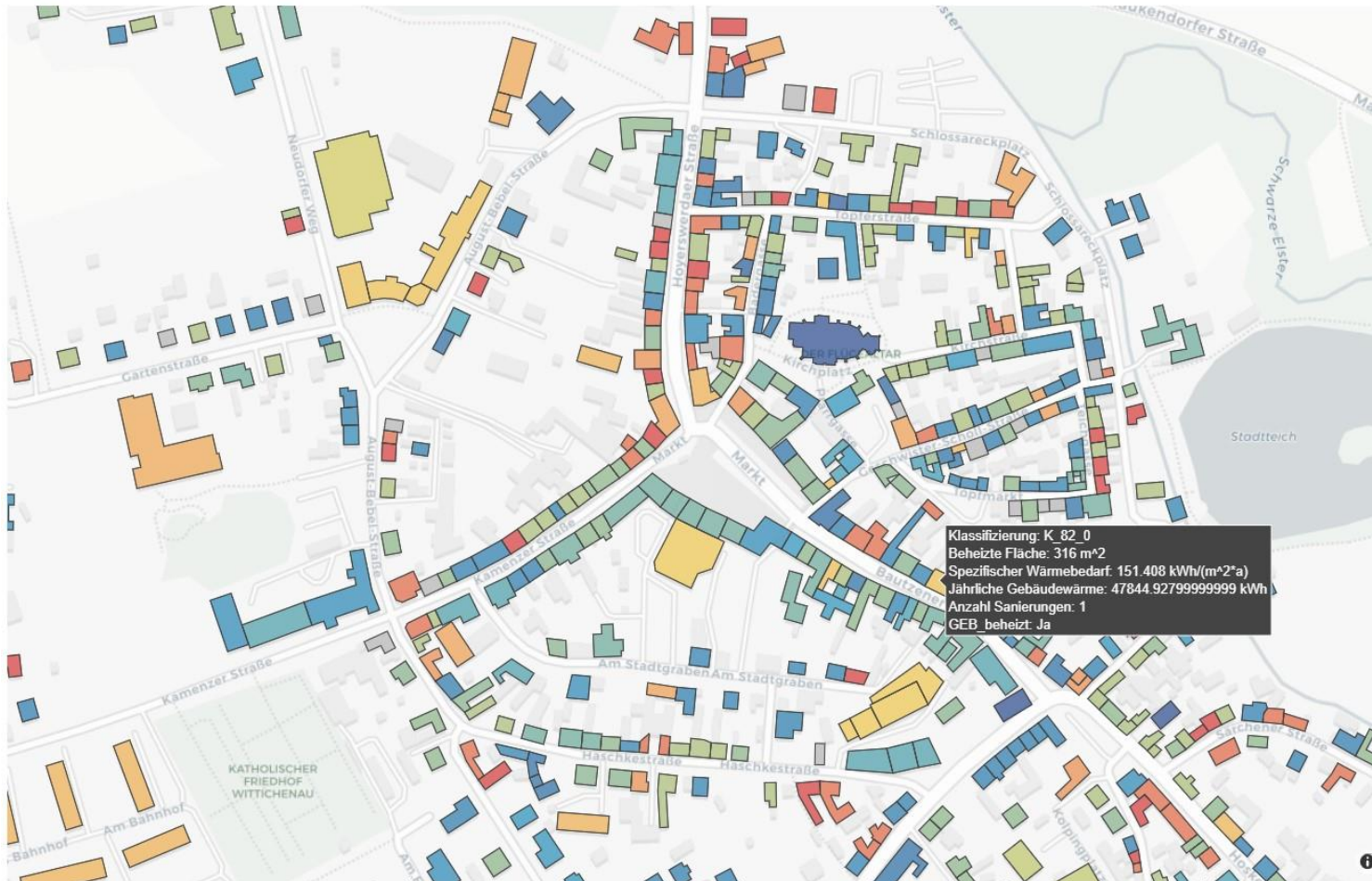
Sanierungsgrad:

- Wärmeverbundsystem vgl. Sockel
- neues Dach, neue Fenster

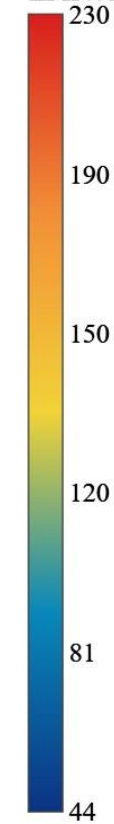
► **Einfamilienhaus, 1. WSVO 1977, saniert**

Status Quo: Energieatlas 2023

Wärmeatlas als Teil des Energieatlas



Flächenbezogener
Wärmebedarf
in kWh/(m²a)



Status Quo: Energieatlas 2023

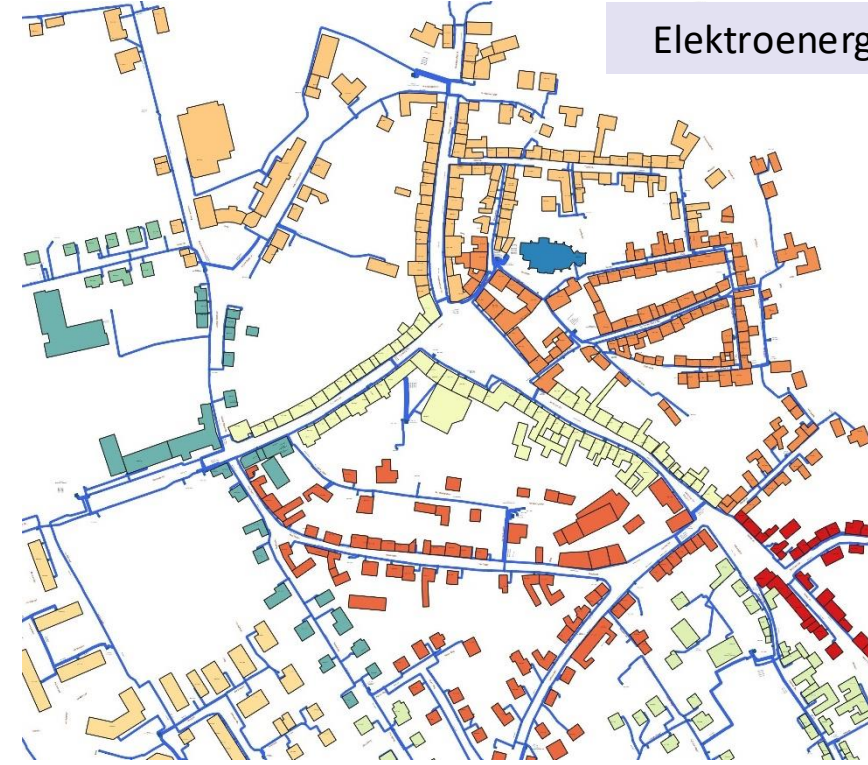
Wärmeatlas + Elektroenergieatlas (+ Gasatlas) = Energieatlas

Wärmeatlas



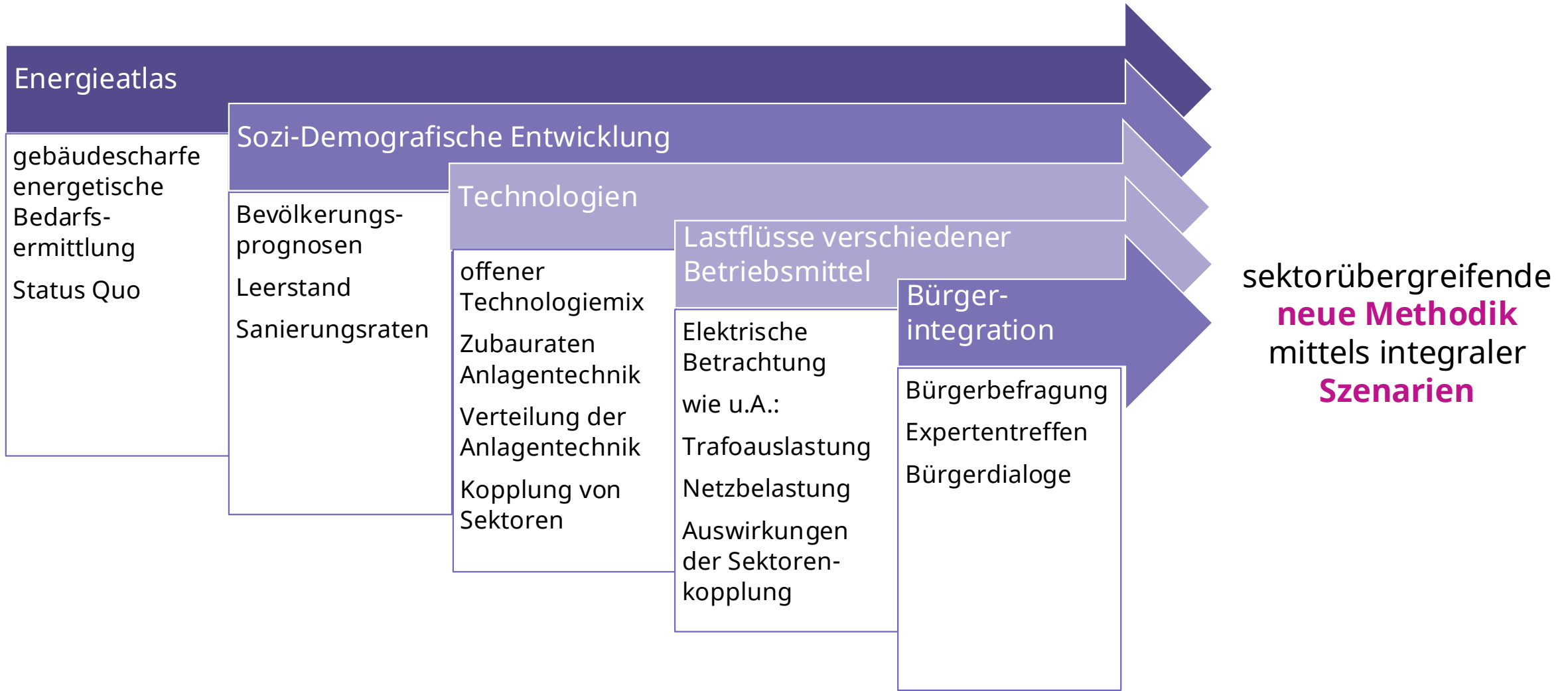
+

Elektroenergieatlas



= Kombinatorische Betrachtung der Energieflüsse + Potentialabschätzungen

Vom Status Quo zur integralen Analyse des Energiesystems

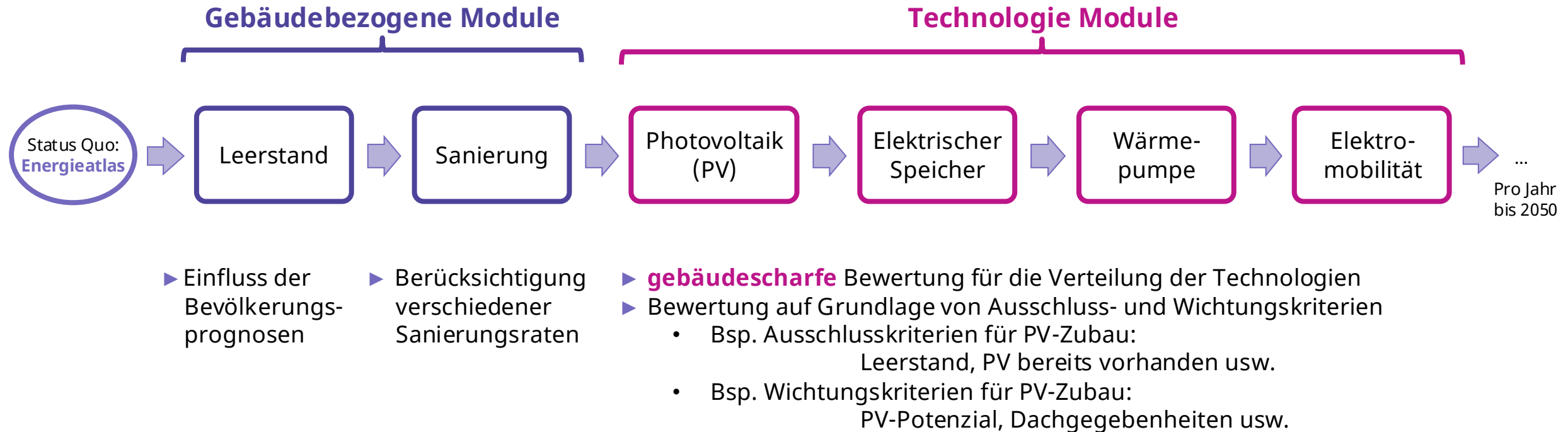


Agenda

- I. Methodisches Vorgehen
- II. Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse**
- III. Technologiemodelle / Zeitreihen-Modellierung
- IV. Weiterführende Analysen
- V. Ergebnisse des Forschungsprojektes

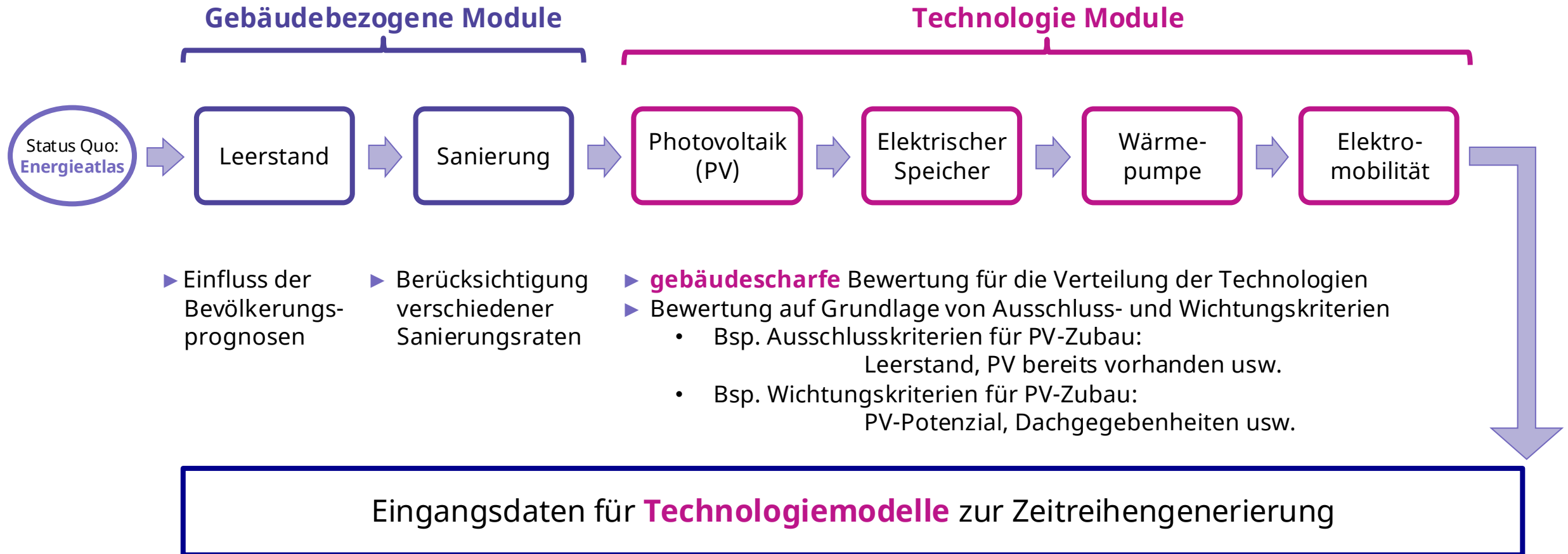
Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:



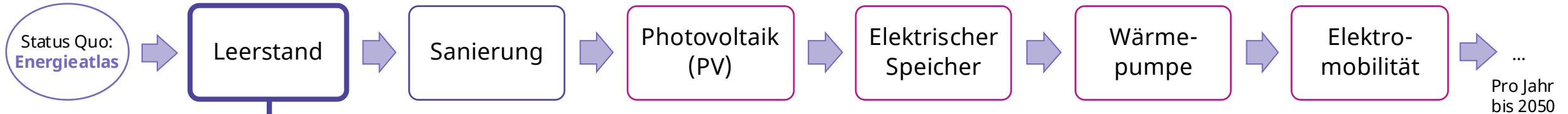
Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:

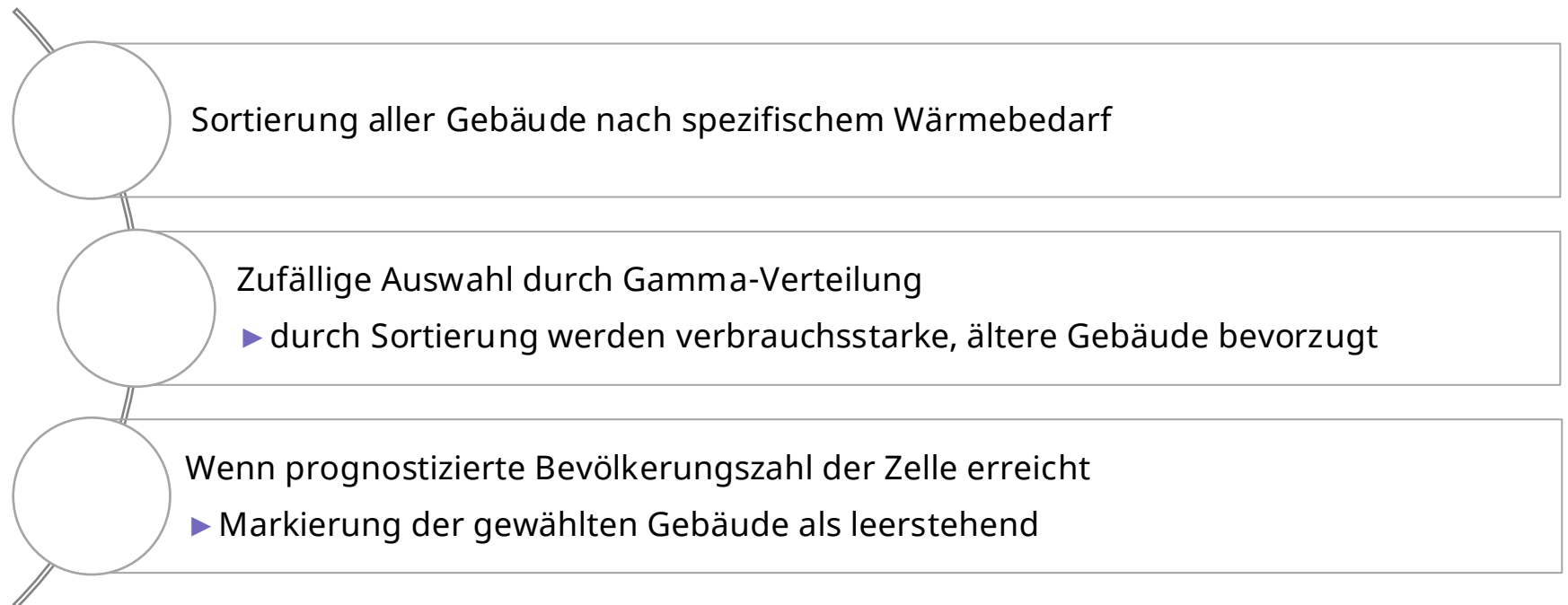


Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:

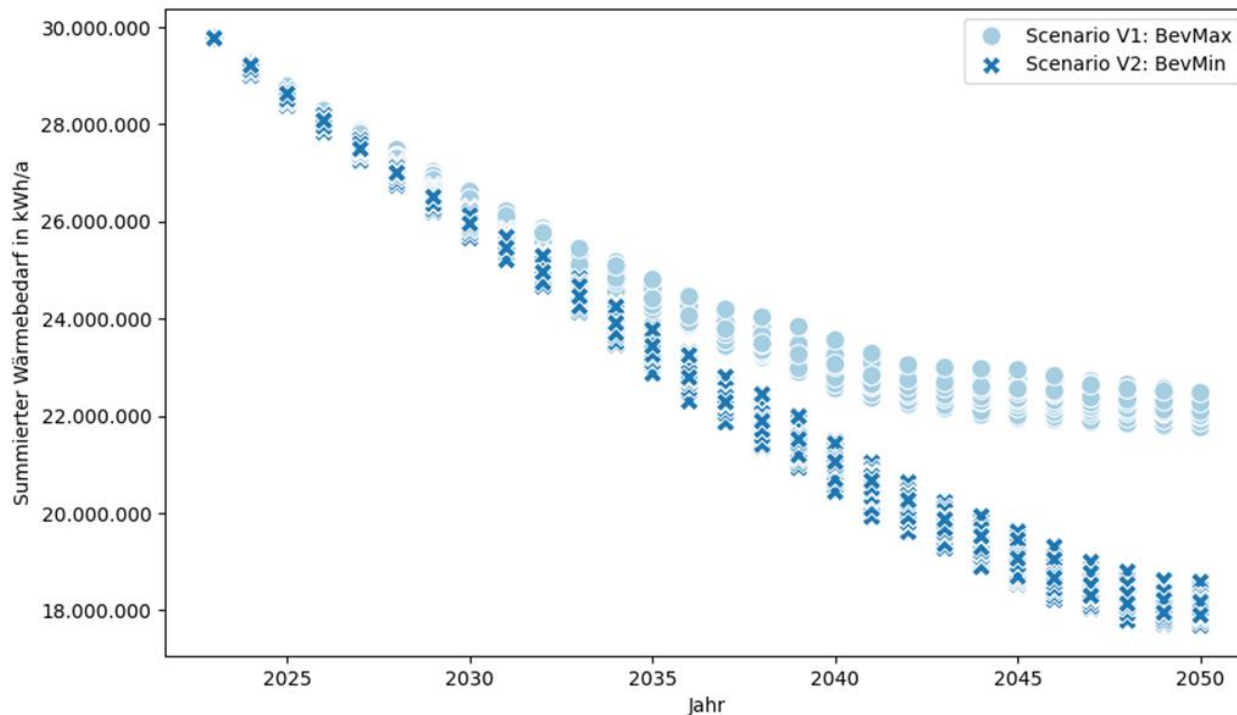
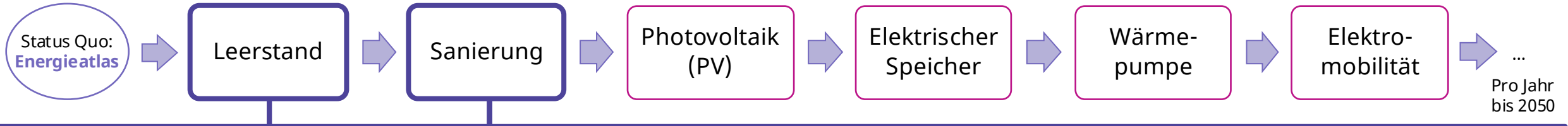


Der Prozess wird wiederholt, bis die Population dem Szenarioziel entspricht



Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:



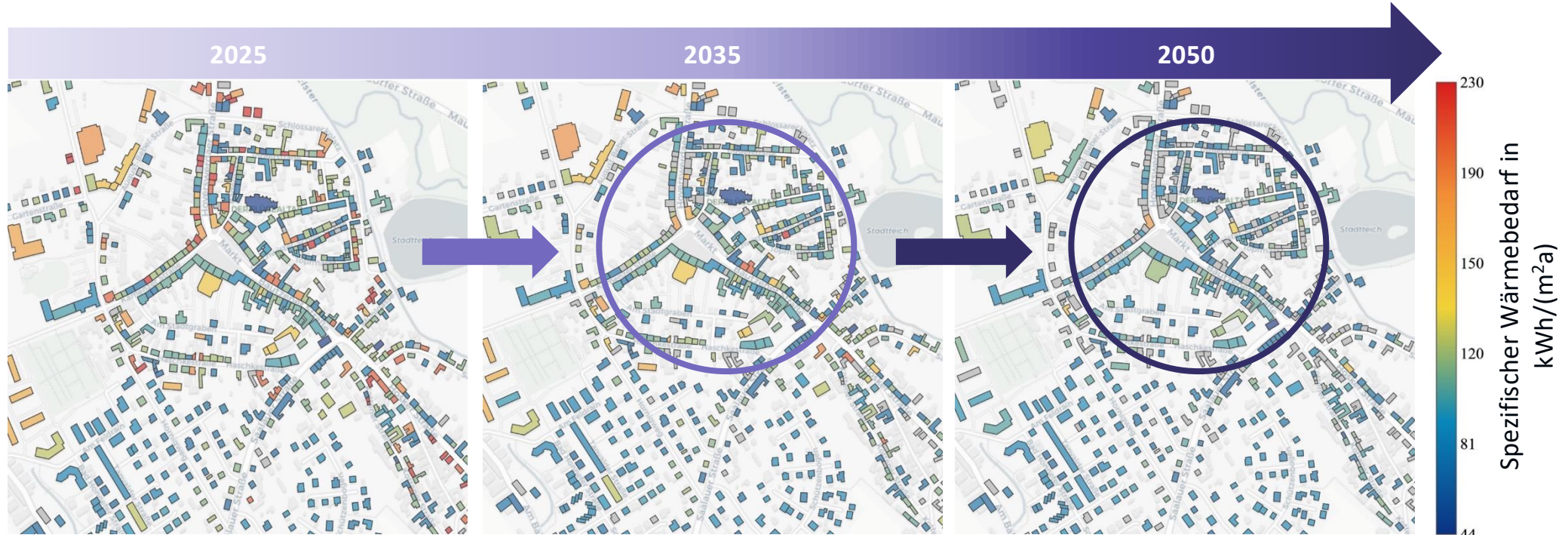
Randbedingung: Sanierungsrate: 1 %

Ergebnis:

- Summe Gesamtwärmebedarf der Zelle je Simulationsdurchlauf (n=100)
- Standardabweichung in Jahren 2030-2040 am höchsten

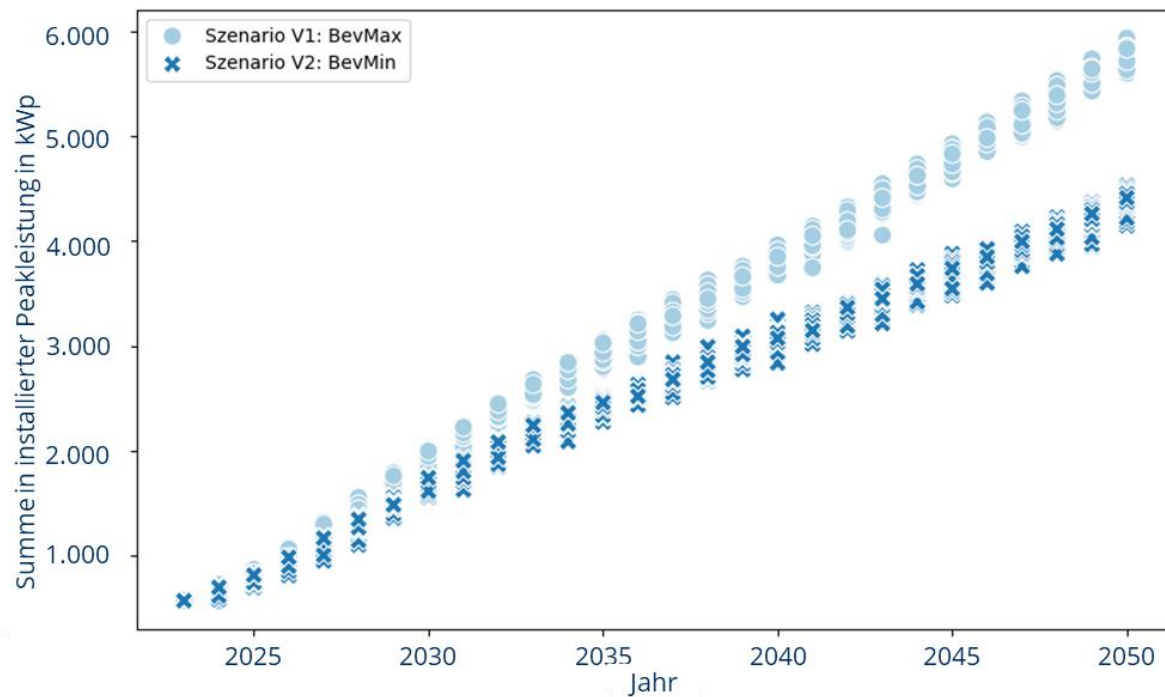
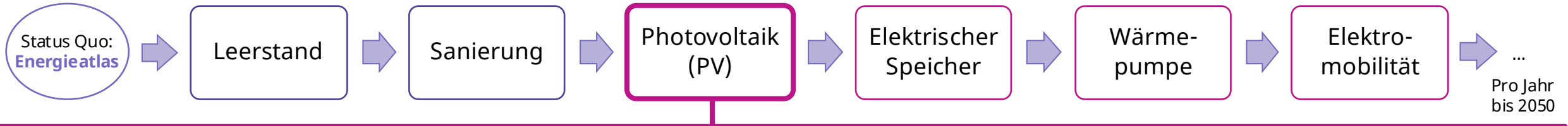
Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:



Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

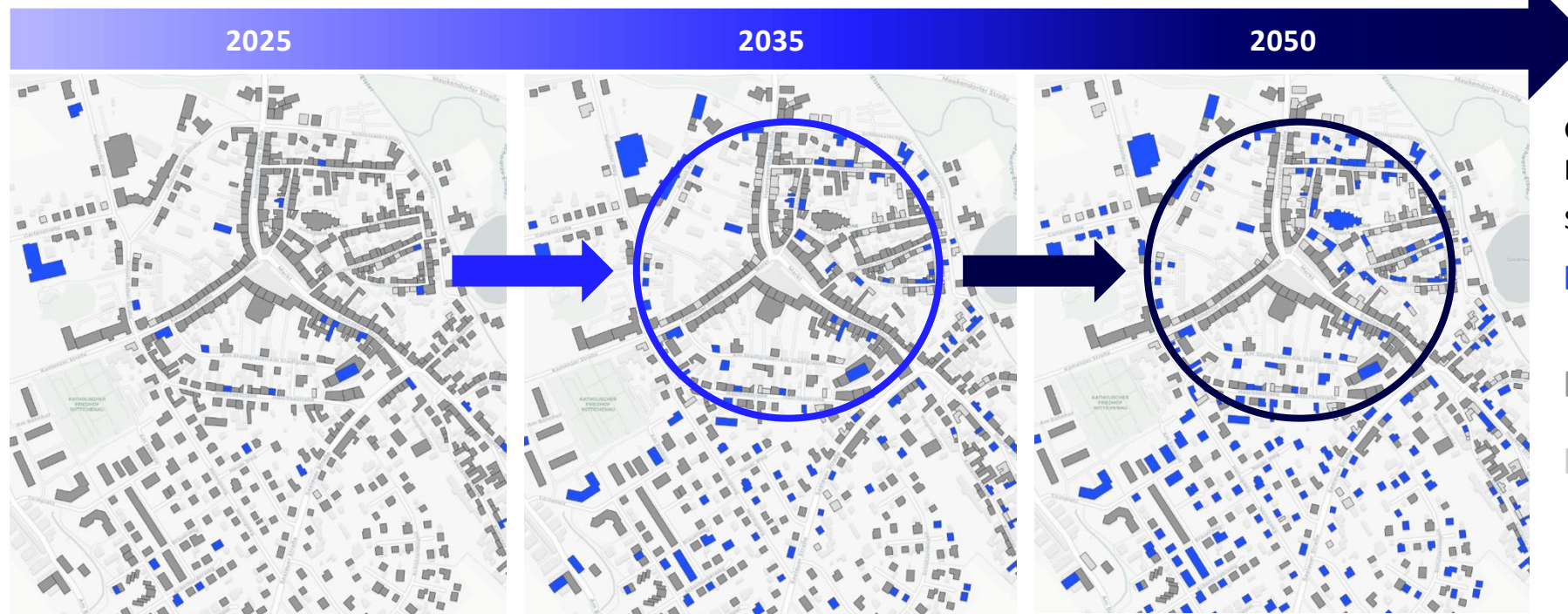
Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:



- Zubau an installierter Leistung
Berücksichtigte Quellen:
EEG 2023, Daten von Mitnetz und Fraunhofer ISE

Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:



Gebäudeatlas Photovoltaik (PV)

Szenario V1: BevMax

Installierte
PV-Anlage im
Gebäude

Keine installierte
PV-Anlage im
Gebäude

Leerstand

Agenda

- I. Methodisches Vorgehen
- II. Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse
- III. Technologiemodelle / Zeitreihen-Modellierung**
- IV. Weiterführende Analysen
- V. Ergebnisse des Forschungsprojektes

Technologiemodelle / Zeitreihen Modellierung

Thermische Lastgänge:

- Grundlage: Wärmebedarfskennwerte aus Gebäudeanalyse
- Ermittlung des tägl. Heizwärmebedarfs mittels Gradtagzahlverfahren
- Berücksichtigung von u.A. Heizgrenze, Urlaubszeiten
- Unterschiedliche Profile für Beheizung (Bezug: Anwesenheit) , Trinkwarmwasser stochastisch verteilt

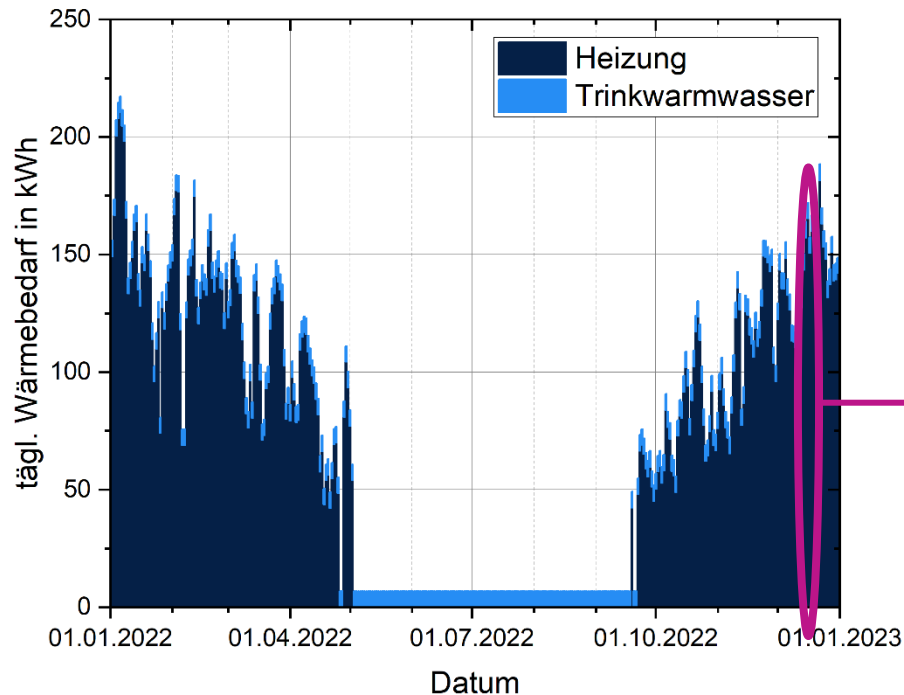


Abb.: Jahresprofil mit Tageswerten für Heizung und Trinkwarmwasser

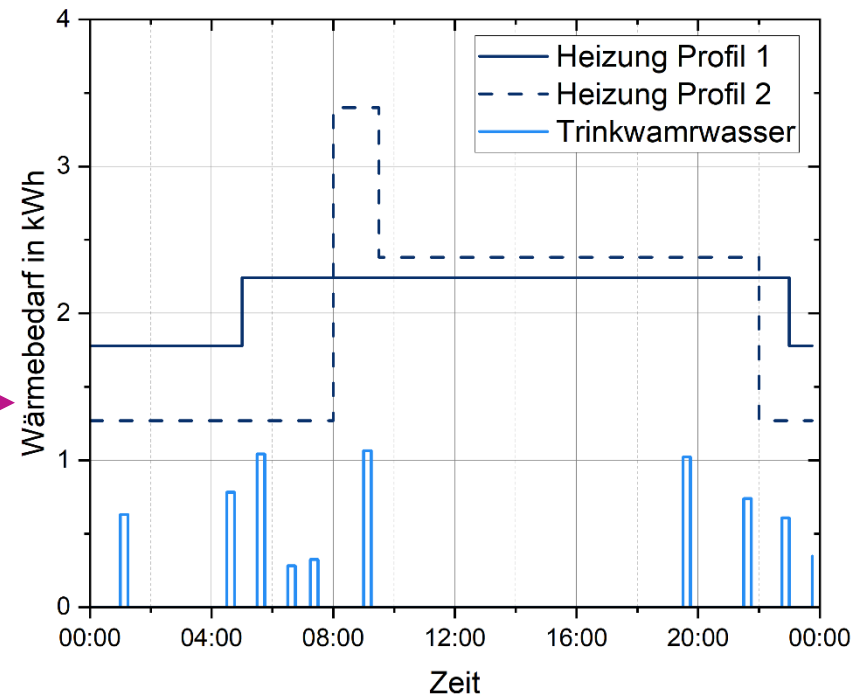


Abb.: Tagesprofil für Heizung und Trinkwarmwasser $\Delta\tau = 15\text{Min}$



Basis für:
Technologie-
modelle und
Zeitreihen-
modellierung

Technologiemodelle / Zeitreihen Modellierung

Überblick Technologiemodelle:

Haushaltslasten

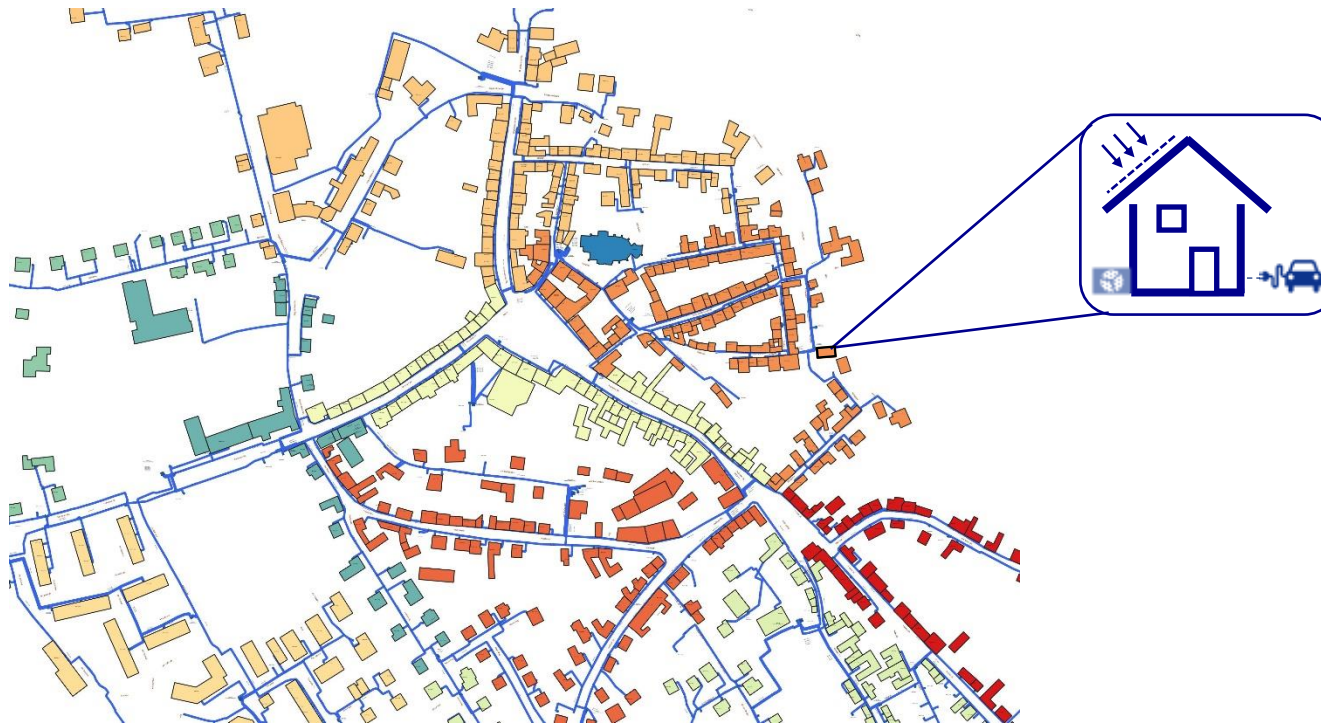
Gewerbelasten

PV

Speicher

Wärmepumpen

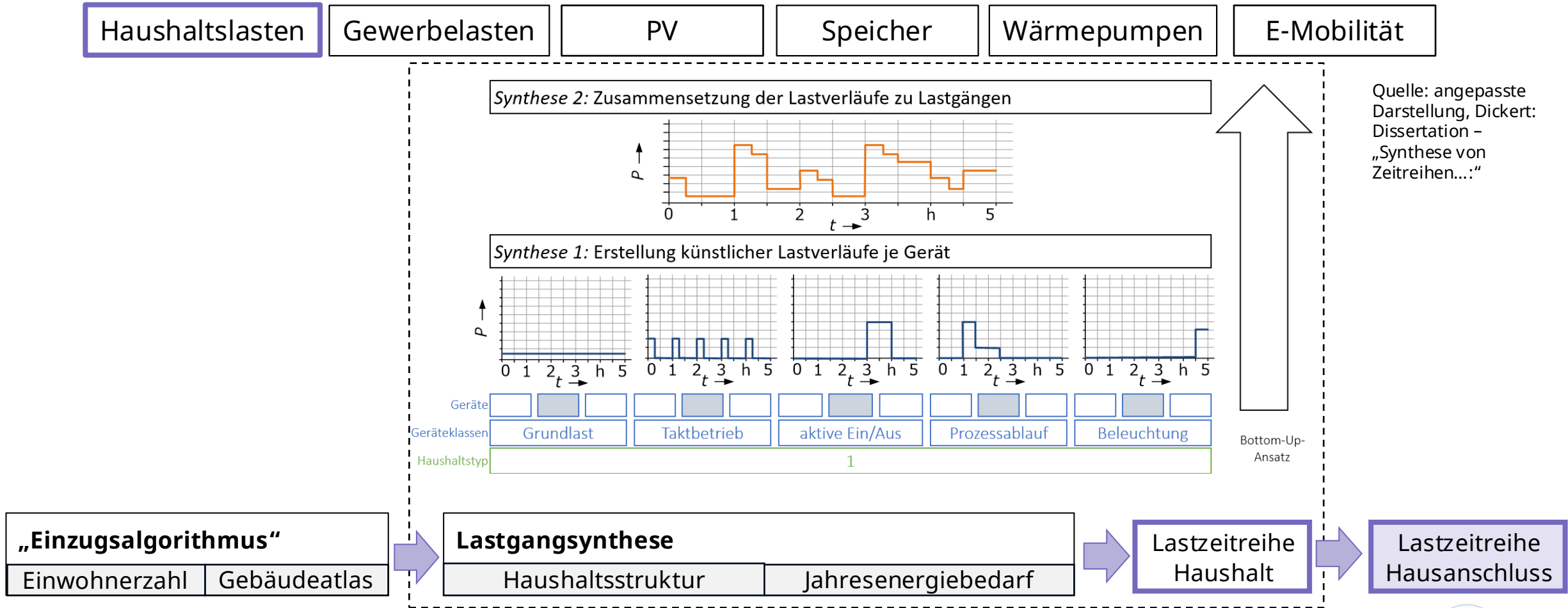
E-Mobilität



- Lastgänge für alle Technologien je Hausanschluss
- Haushaltslasten werden je Wohneinheit bestimmt und am Hausanschluss aggregiert
- Bewertungsgrundlage für:
 - ▶ Gesamtenergiebedarf (Punktmodell)
 - ▶ Belastung von Betriebsmitteln

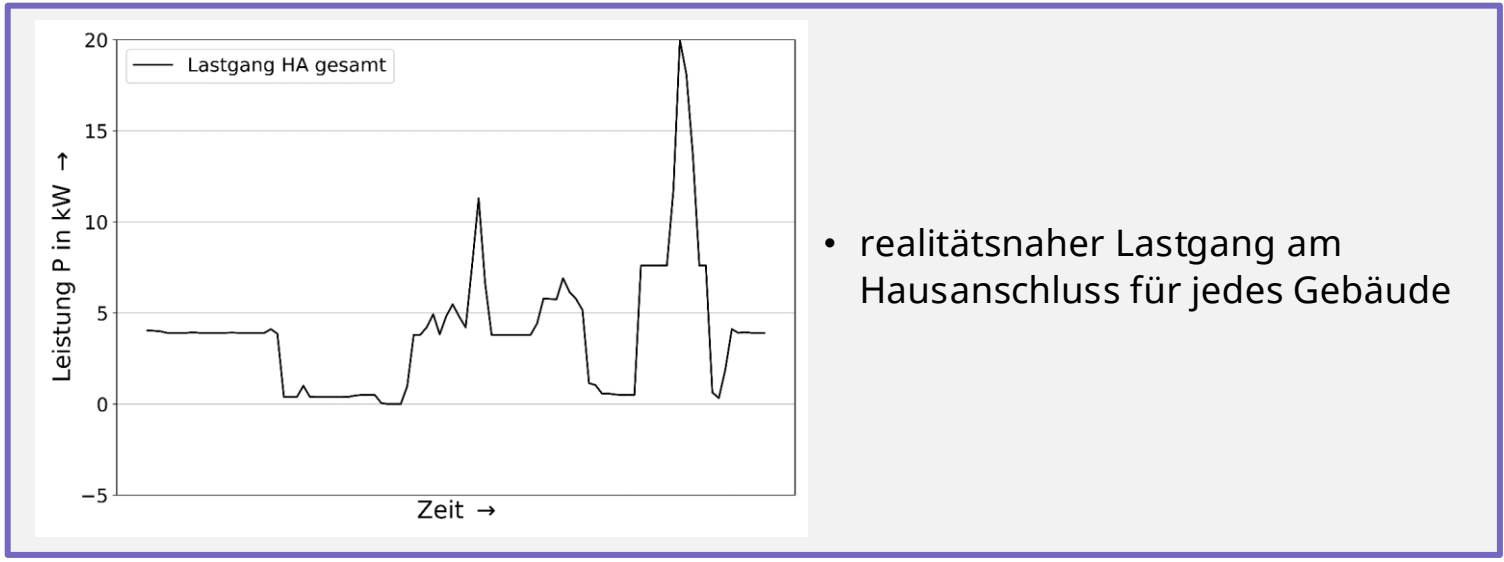
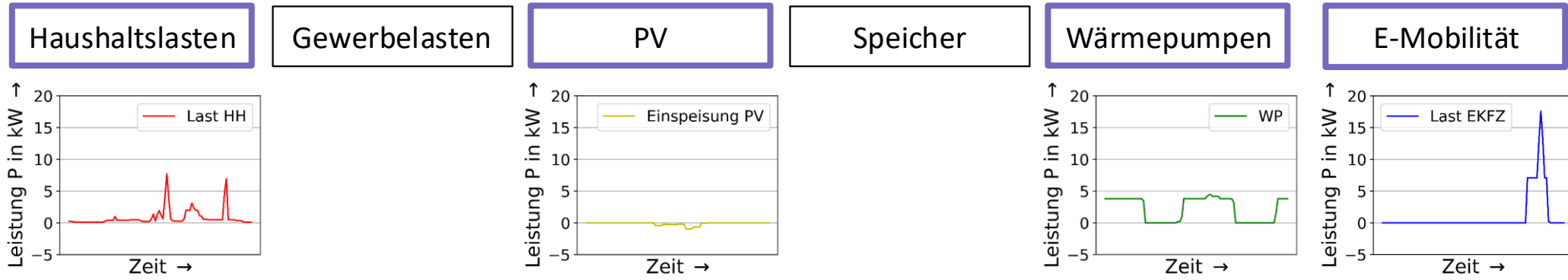
Technologiemodelle / Zeitreihen Modellierung

Überblick Technologiemodelle:



Technologiemodelle / Zeitreihen Modellierung

Überblick Technologiemodelle:



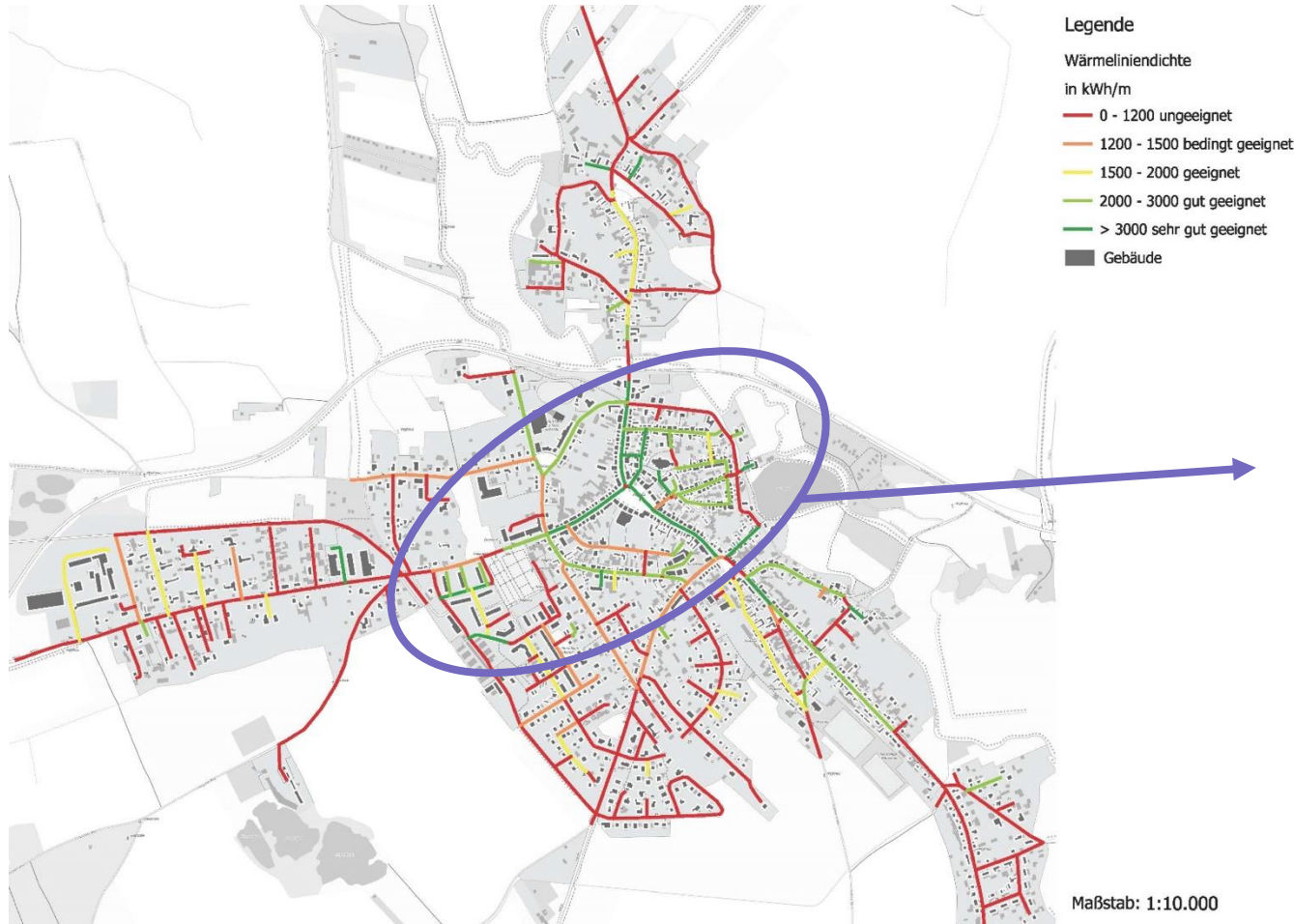
- realitätsnaher Lastgang am Hausanschluss für jedes Gebäude

Agenda

- I. Methodisches Vorgehen
- II. Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse
- III. Technologiemodelle / Zeitreihen-Modellierung
- IV. Weiterführende Analysen**
- V. Ergebnisse des Forschungsprojektes

Weiterführende Analysen

Potenzialanalyse Wärmenetz:



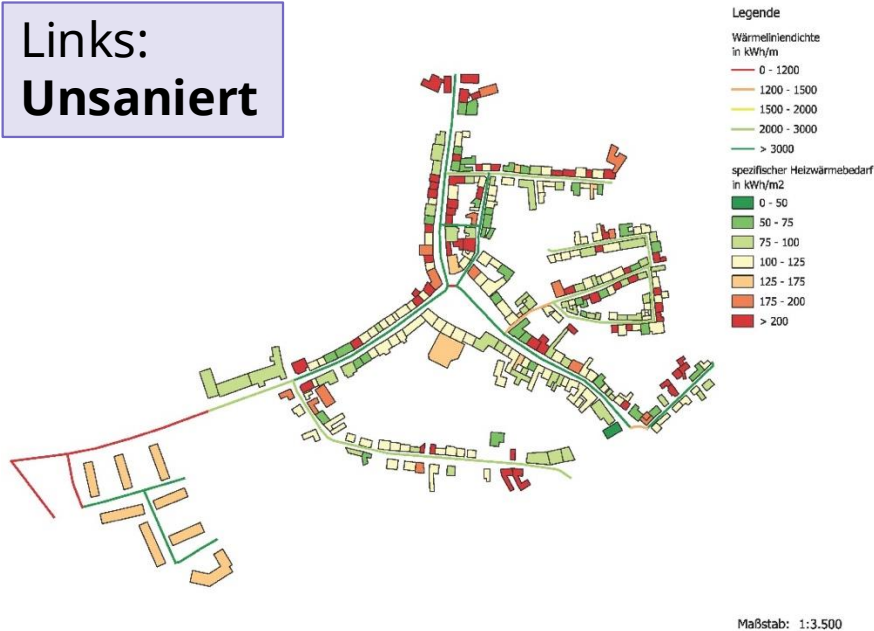
- **Wärmeliniedichte als Schlüsselindikator:** Maß für die Eignung von Straßenzügen für leitungsgebundene Wärmeversorgung (Grenzwert: 1500 kWh/(m·a))
- **Stadtzentrum mit hoher Eignung:** Verdichtete Bebauung → grüne Straßenzüge, gute Voraussetzungen für ein Wärmenetz 4. Generation
- **Außenbereiche ungeeignet:** Geringe Bebauungsdichte mit Einfamilienhäusern → überwiegend rote Markierung, keine Wirtschaftlichkeit
- **Alternative Versorgung:** Für schwach verdichtete Bereiche Prüfung von dezentralen oder kalten Nahwärmenetzen notwendig

Quelle: Julius Brendel: „Kommunale Energieplanung – Konzeptentwicklung und Vergleich eines Nahwärmenetzes mit einer dezentralen Wärmeversorgung“. Diplomarbeit. 2025.

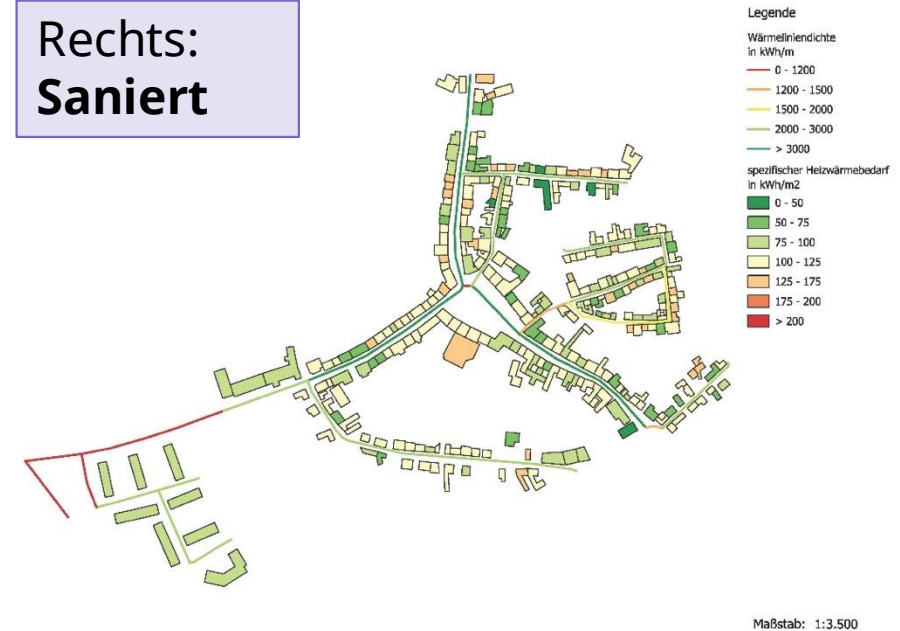
Weiterführende Analysen

Potenzialanalyse Wärmenetz:

Links:
Unsanziert



Rechts:
Saniert



- **Sanierungseffekt sichtbar**
- **Netzeignung bleibt überwiegend erhalten:** Die meisten Straßenzüge liegen auch im Sanierungsszenario über dem Schwellenwert von 1.500 kWh/(m·a)
- **Einzelne kritische Abschnitte:** Grenzwerte werden punktuell unterschritten → erhöhte Sensibilität gegenüber zusätzlicher Sanierung oder Leerstand

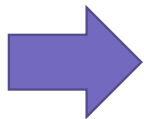
Quelle: Julius Brendel: „Kommunale Energieplanung – Konzeptentwicklung und Vergleich eines Nahwärmenetzes mit einer dezentralen Wärmeversorgung“. Diplomarbeit. 2025.

Agenda

- I. Methodisches Vorgehen
- II. Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse
- III. Technologiemodelle / Zeitreihen-Modellierung
- IV. Weiterführende Analysen
- V. Ergebnisse des Forschungsprojektes**

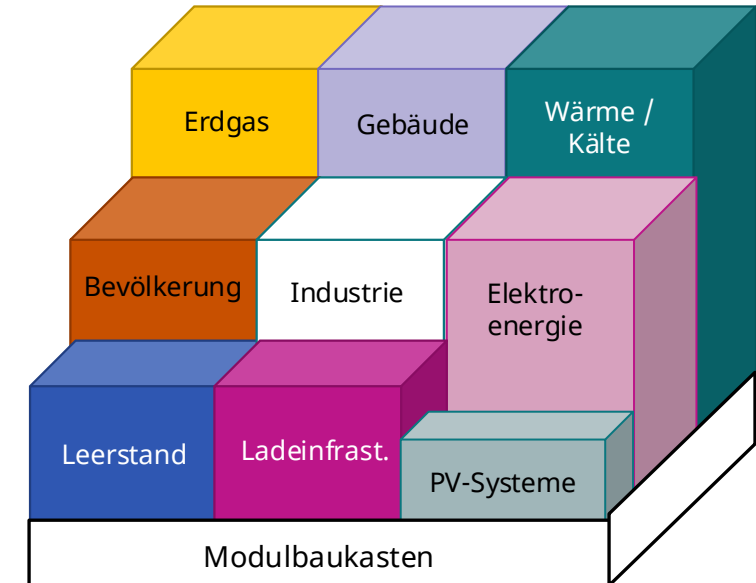
Ergebnisse des Forschungsprojektes

- Modulbaukasten für die detaillierte Analyse und Zukunftsentwicklung von gekoppelten energetischen Systemen
- Methodenentwicklung zur Bestimmung von Zukunftsszenarien unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung
- Sektorenübergreifender Energieatlas
- Design von Fragebögen zur Grundlagendatenermittlung



**Größtenteils Open Source Technologien
zum schnellen Transfer in die Praxis!**

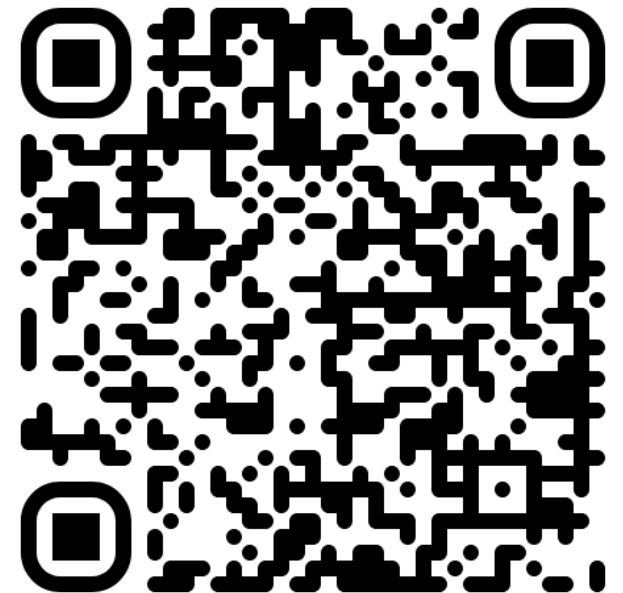
Veröffentlichung unter: <https://zellsys.de/>



Modulbaukasten für die Analyse und Planung von sektorübergreifenden Energiesystemen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

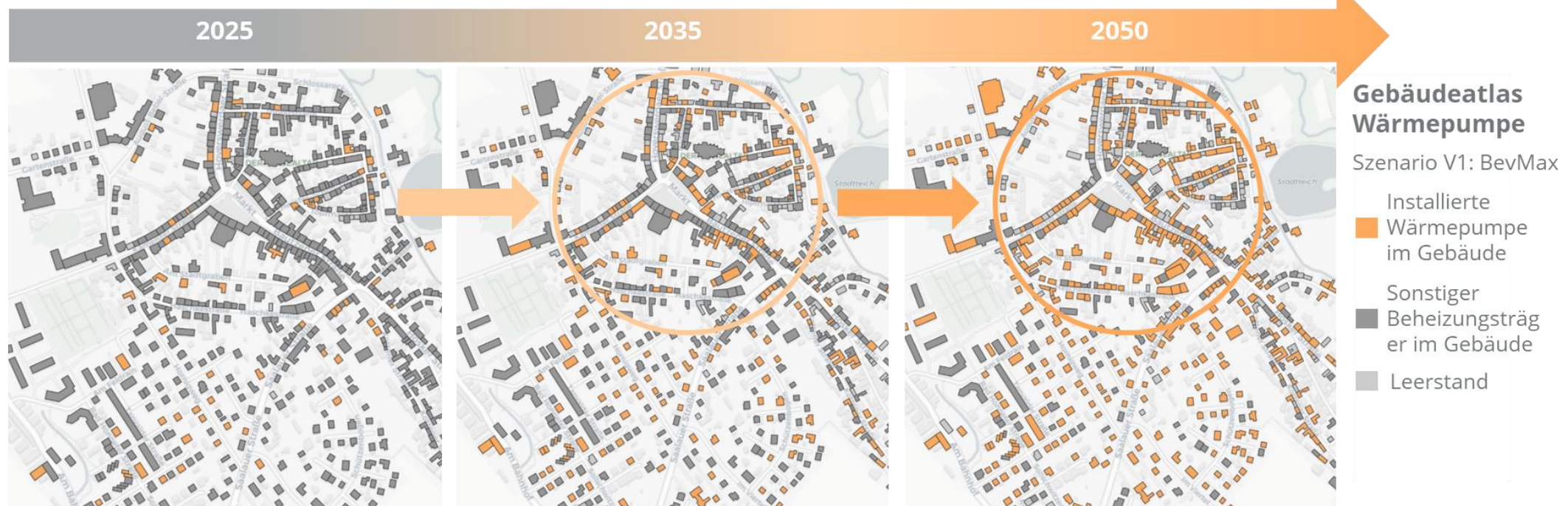
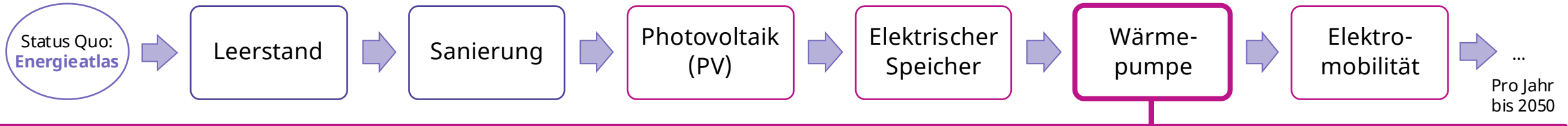
Folgt uns auf LinkedIn! 



Backup

Szenarien – Entwicklung und Ergebnisse

Methodisches Vorgehen in der Szenarientwicklung:



Dissemination: Bürgerintegration als zentraler Projektbaustein

Formate der Bürgerbeteiligung im ZellSys-Projekt



Akzeptanz & Vertrauen

- Offenheit schafft Rückhalt



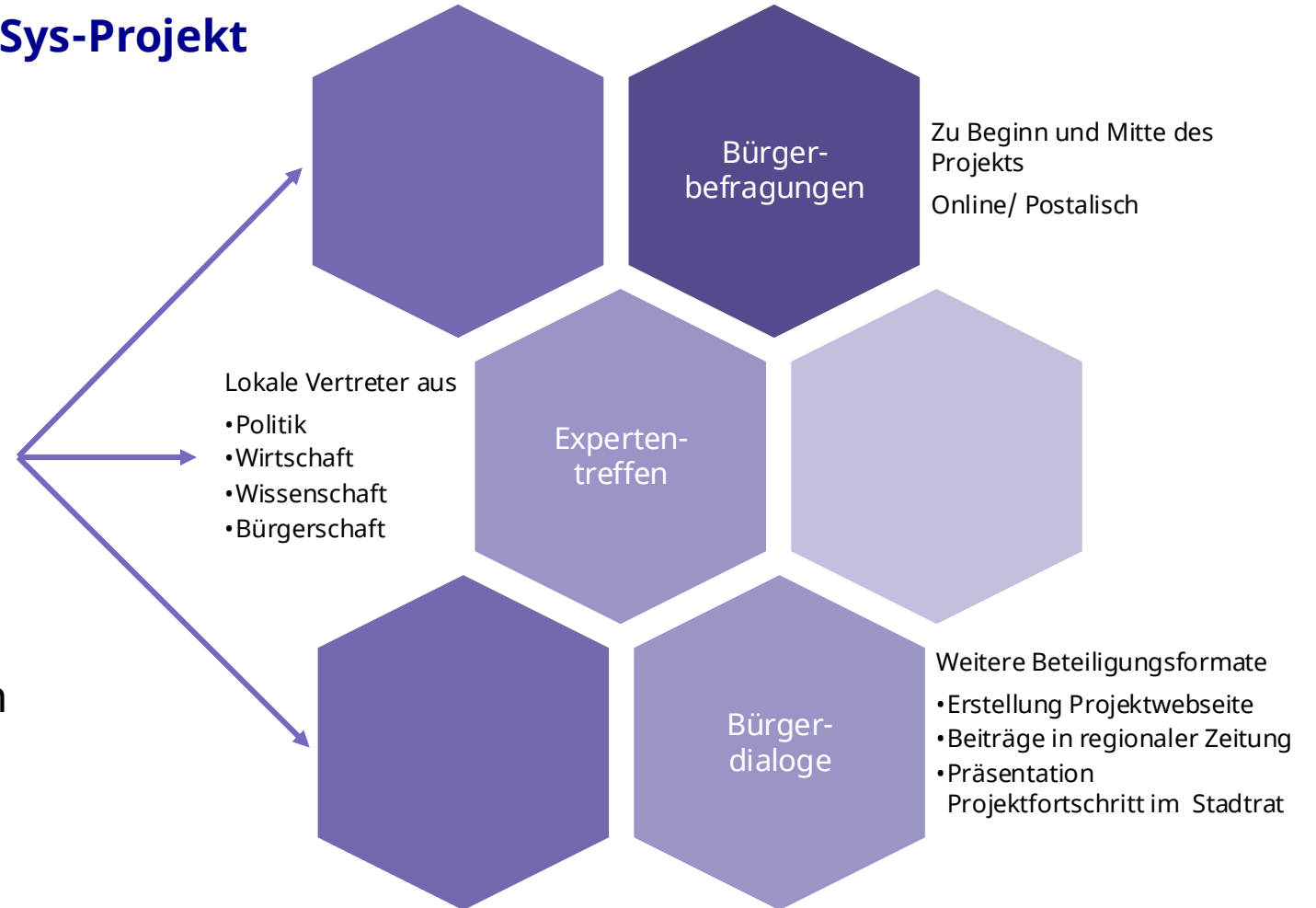
Wissen & Erfahrung

- Adaption lokaler Resonanz



Gestaltungskraft

- Gemeinsam bessere Lösungen



Energetische Bewertung

Beispielanalyse – Leitungsbelastung im Jahr 2050

Zeitreihensimulation:

- 15 min Zeitschritten
- 35040 Simulationen je Jahr u. Szenario
- **> 42 Mio. Simulationen**

Ergebnisse:

- Median der Leitungsauslastung sehr gering
- Maximalwert meist unterhalb 40 %
- vereinzelte Leitungen mit hoher Auslastung bis 70 %

