

SIMULATIONSUMGEBUNG ZUR ANALYSE DEZENTRALER STEUERUNG VON VERBRAUCHERN

15.02.2024

ENSURE
Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende

GEFÖRDERT VOM



Energiewirtschaftsgesetz

EnWG § 11

„Betreiber [...] sind verpflichtet, ein **sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges** Energieversorgungsnetz **diskriminierungsfrei** zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht zu optimieren, zu verstärken und auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist.“

EnWG § 14a

- Bei **Netzengpass** ist VNB berechtigt den **Leistungsbezug** im betroffenen Netzbereich im notwendigen Umfang zu **reduzieren**
- Teilnahme an Maßnahme **verpflichtet**
- VNB darf Anschluss einer Steuerbaren Verbraucher (Wallbox, Wärmepumpe, ...) nicht verzögern oder ablehnen

[1]

GEFÖRDERT VOM

KOPERNIKUS
ENSURE **PROJEKTE**
Die Zukunft unserer Energie



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Flexible Lasten Intelligent Regeln (FLAIR) Konzept

Zentraler Ansatz

Dezentraler Ansatz

Kommunikationsbedarf?

Hoch

Sehr gering

Berücksichtigung des lokalen Netzzustands?

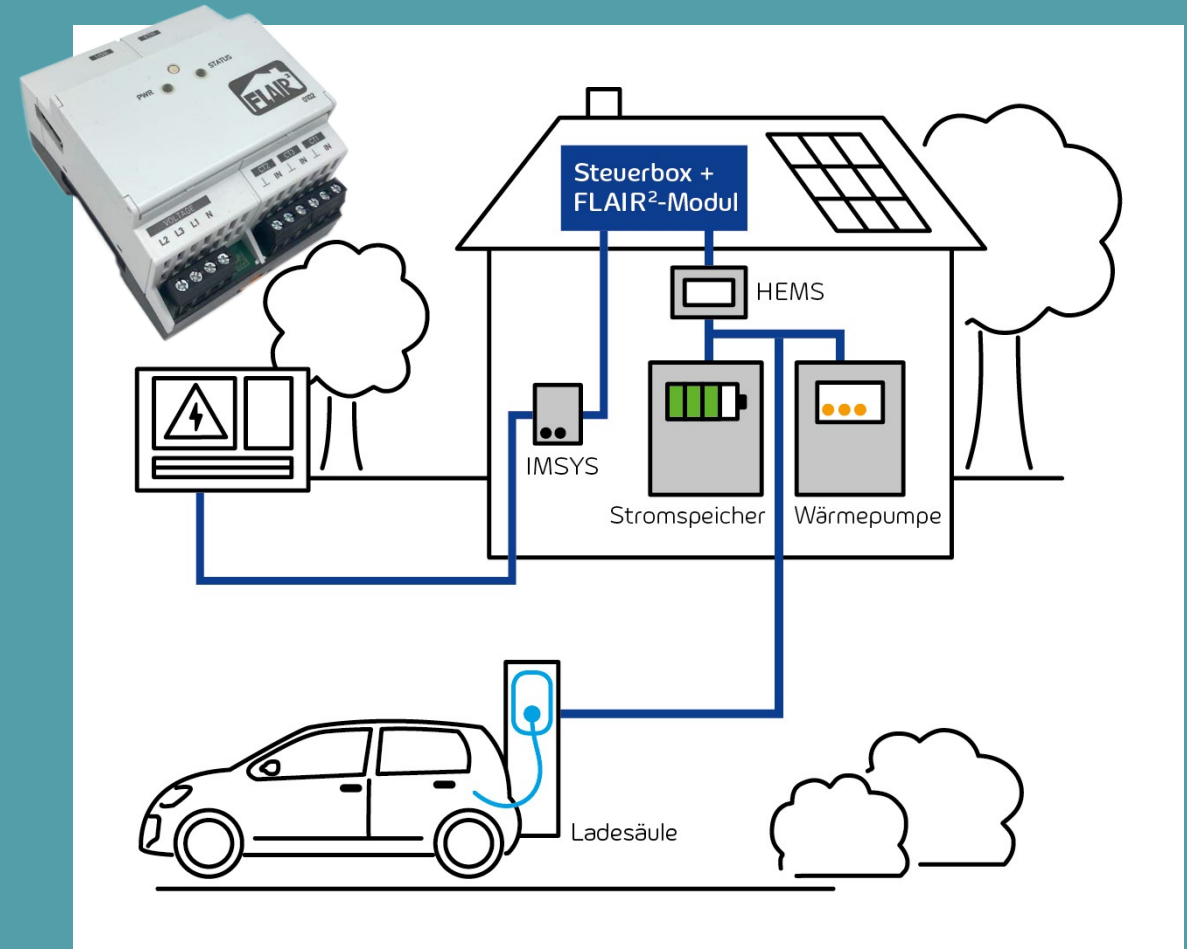
Nein

Ja

Autarker Betrieb möglich (*Fallback-Lösung*)?

Nein

Ja



GEFÖRDERT VOM

Dezentraler Steuerungsalgorithmus

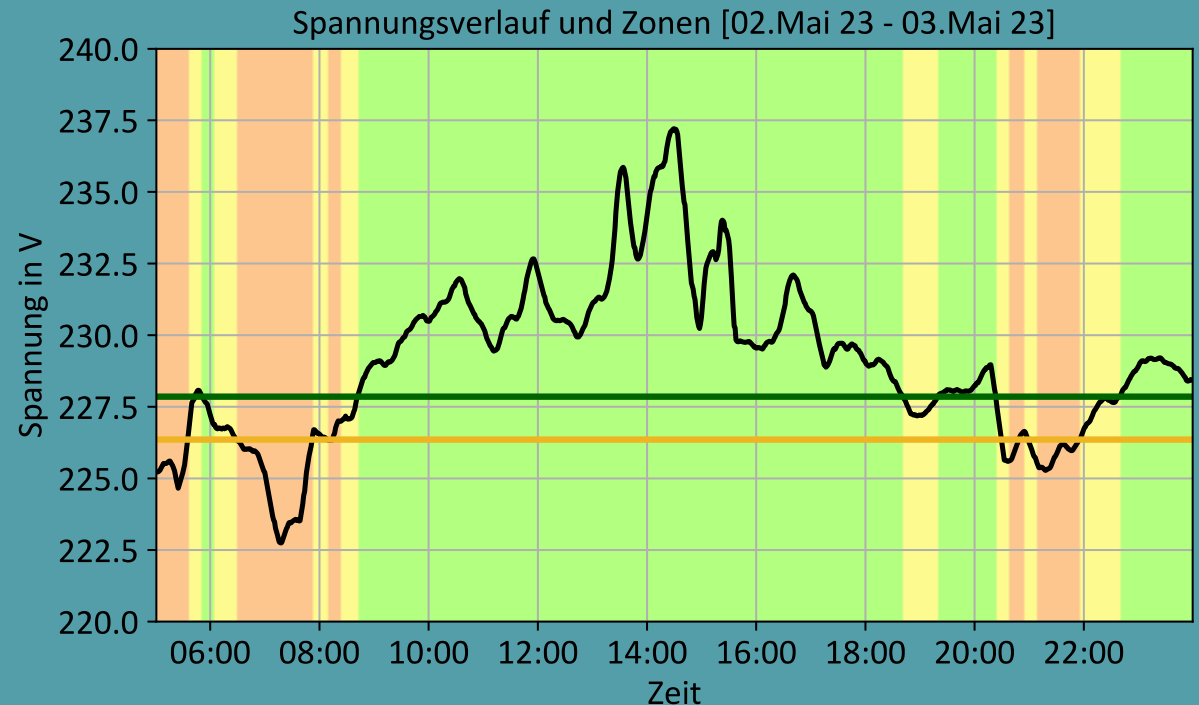
Schwellenwerte unterteilen den Netzzustand

in vier Zonen (●●●●)

- › Unterschiedliche Parametrierung der Schwellenwerteberechnung möglich

Flexible, selbstanpassende
Spannungsschwellen:

- › Basierend auf historischen Messwerten
- › Individuell für jeden Standort
- › Passt sich im Laufe der Zeit an

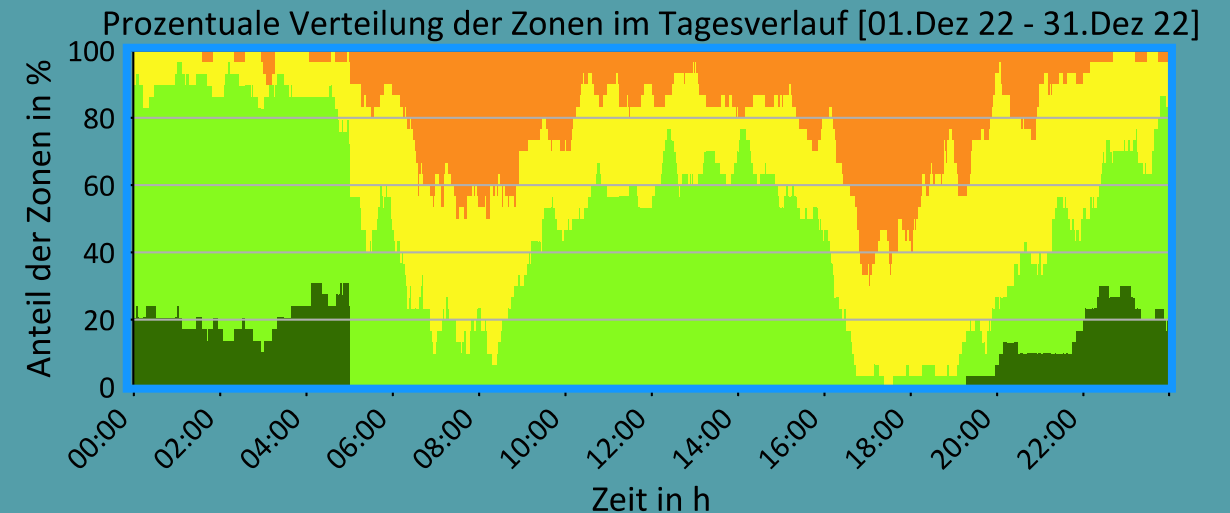
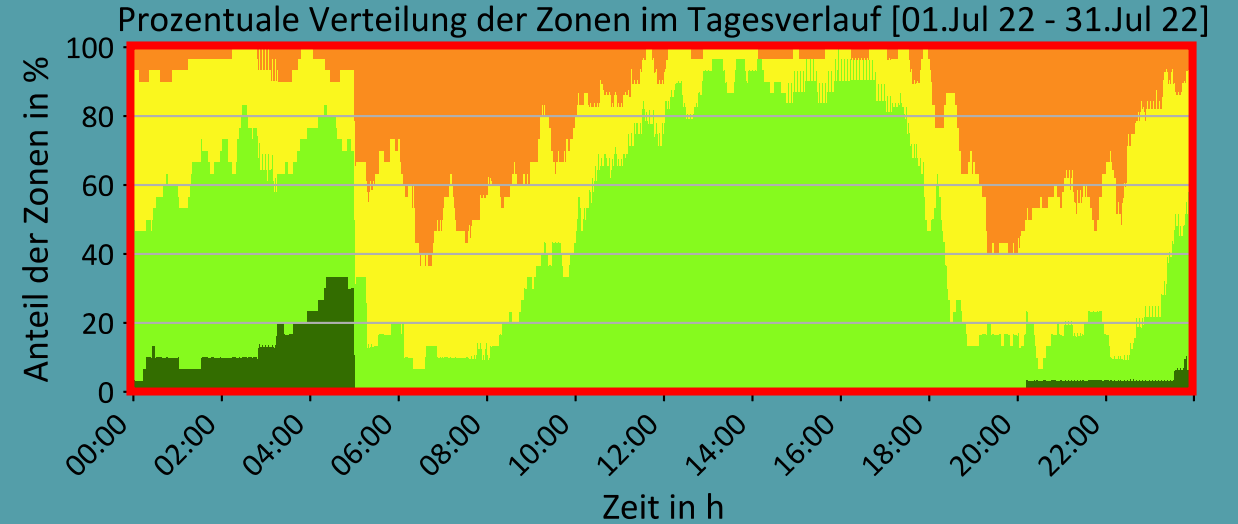
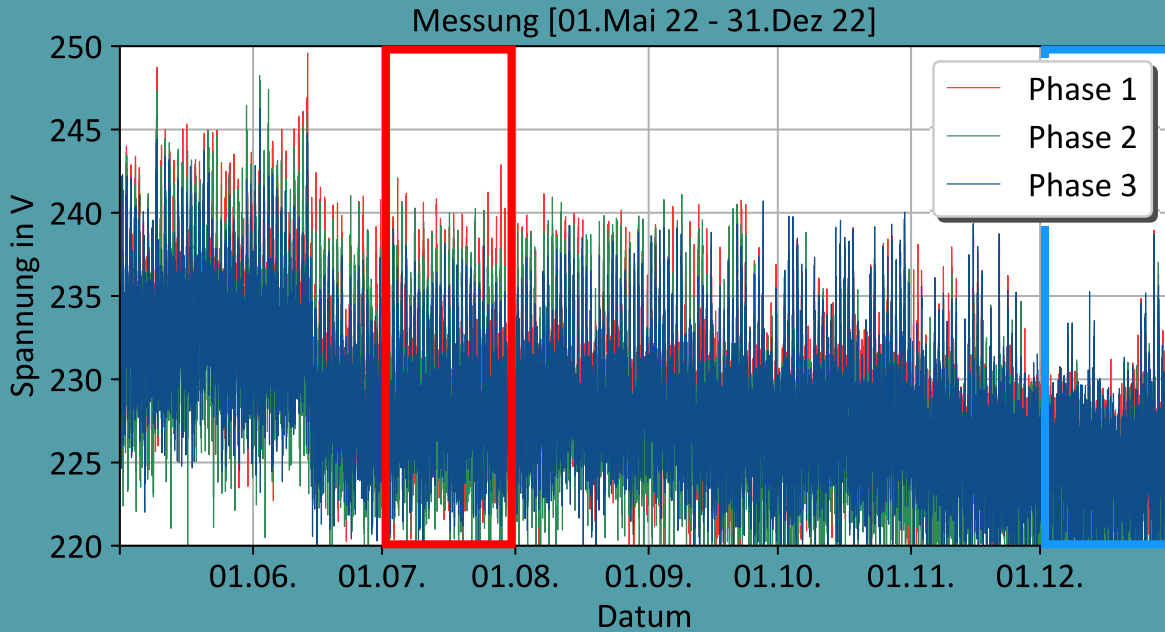


— Gleitender Mittelwert — Schwellwert Grün|Gelb
— Schwellwert Gelb|Orange

GEFÖRDERT VOM

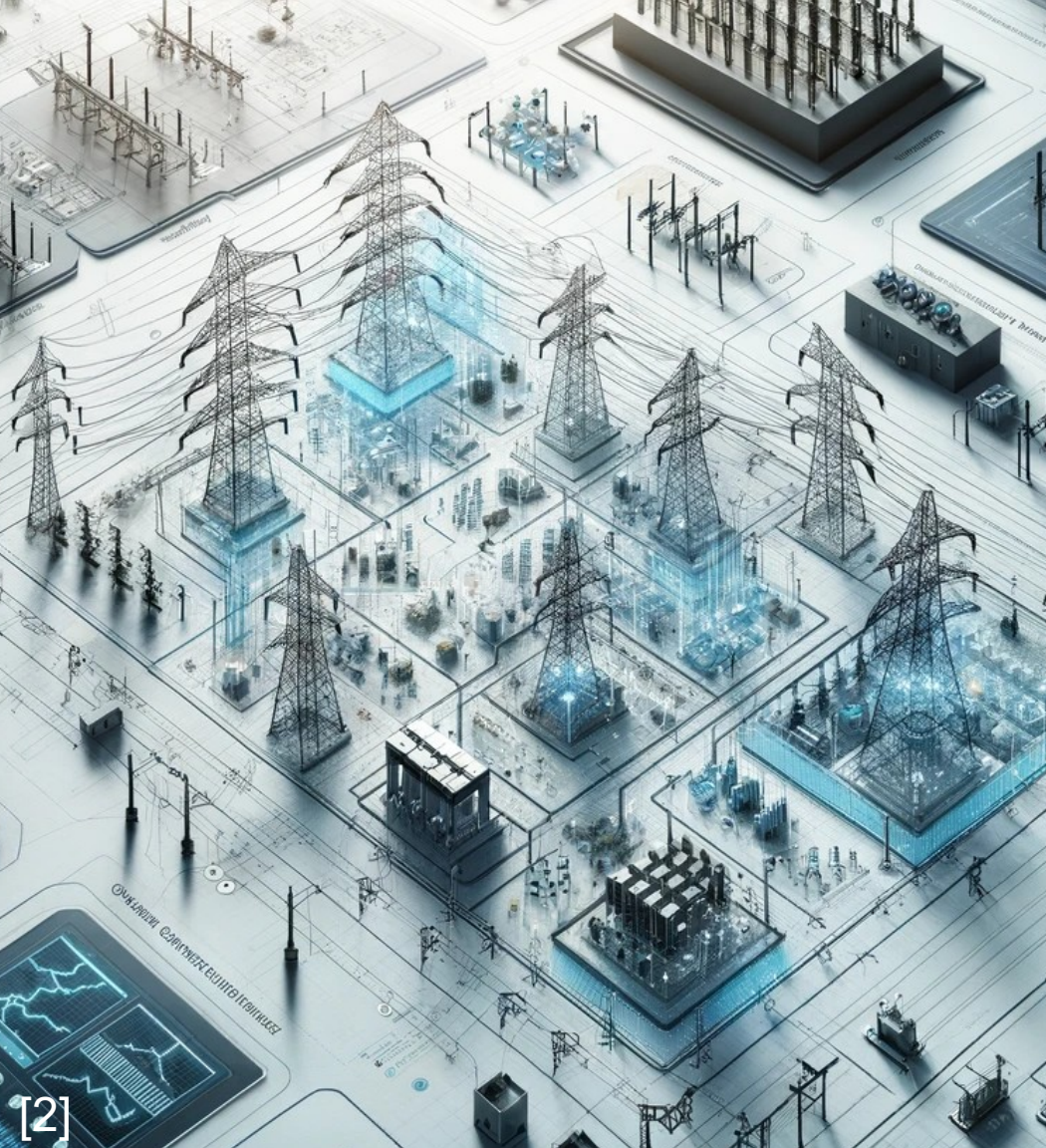


Saisonale Einflüsse auf das Stromnetz im selben Haushalt



GEFÖRDERT VOM



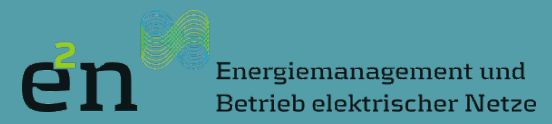


Überblick der Simulationsumgebung



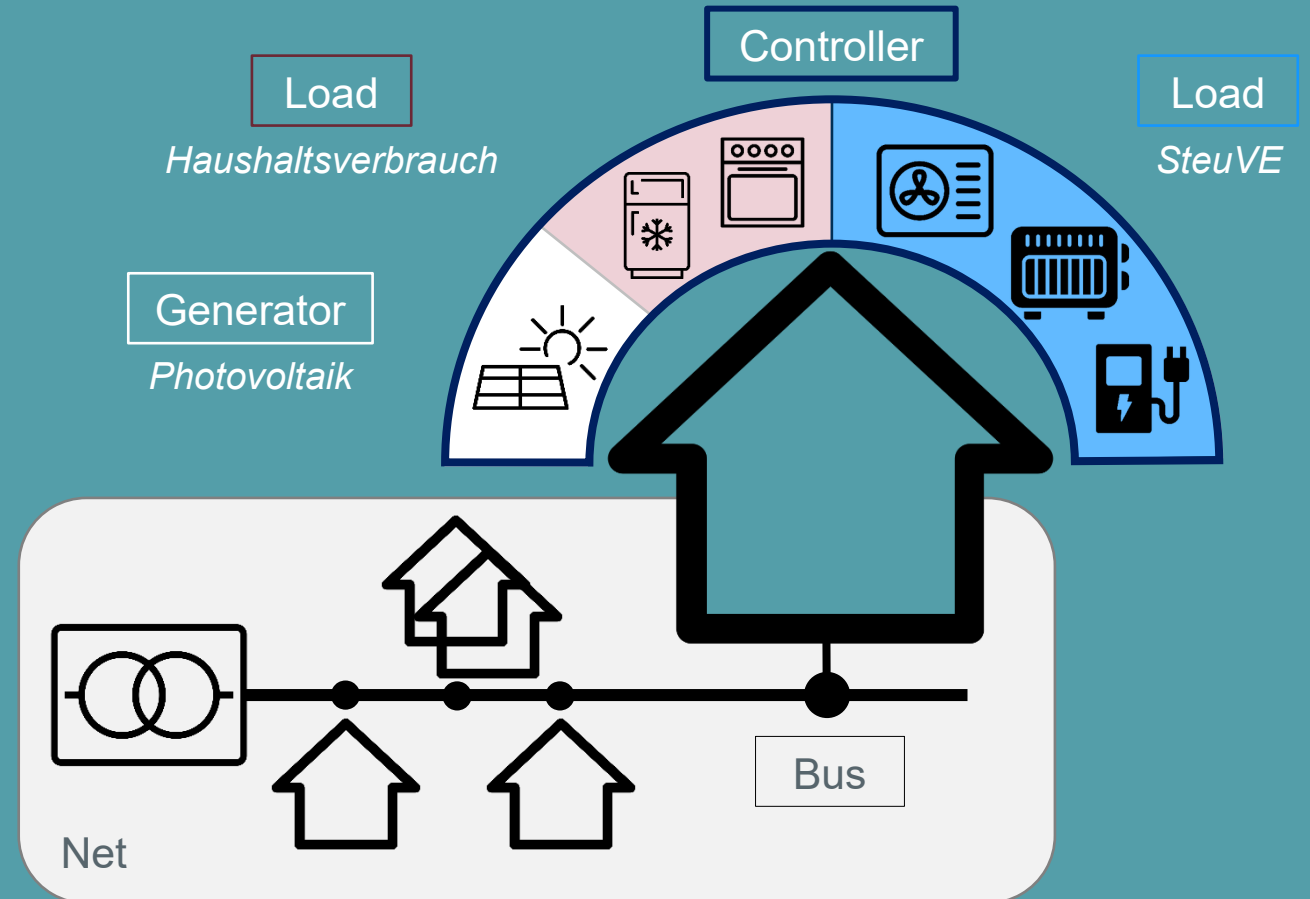
“Pandapower creates an easy-to-use
network calculation program aimed at
automation of analysis and optimization
 in power systems.”
 - pandapower

[2]

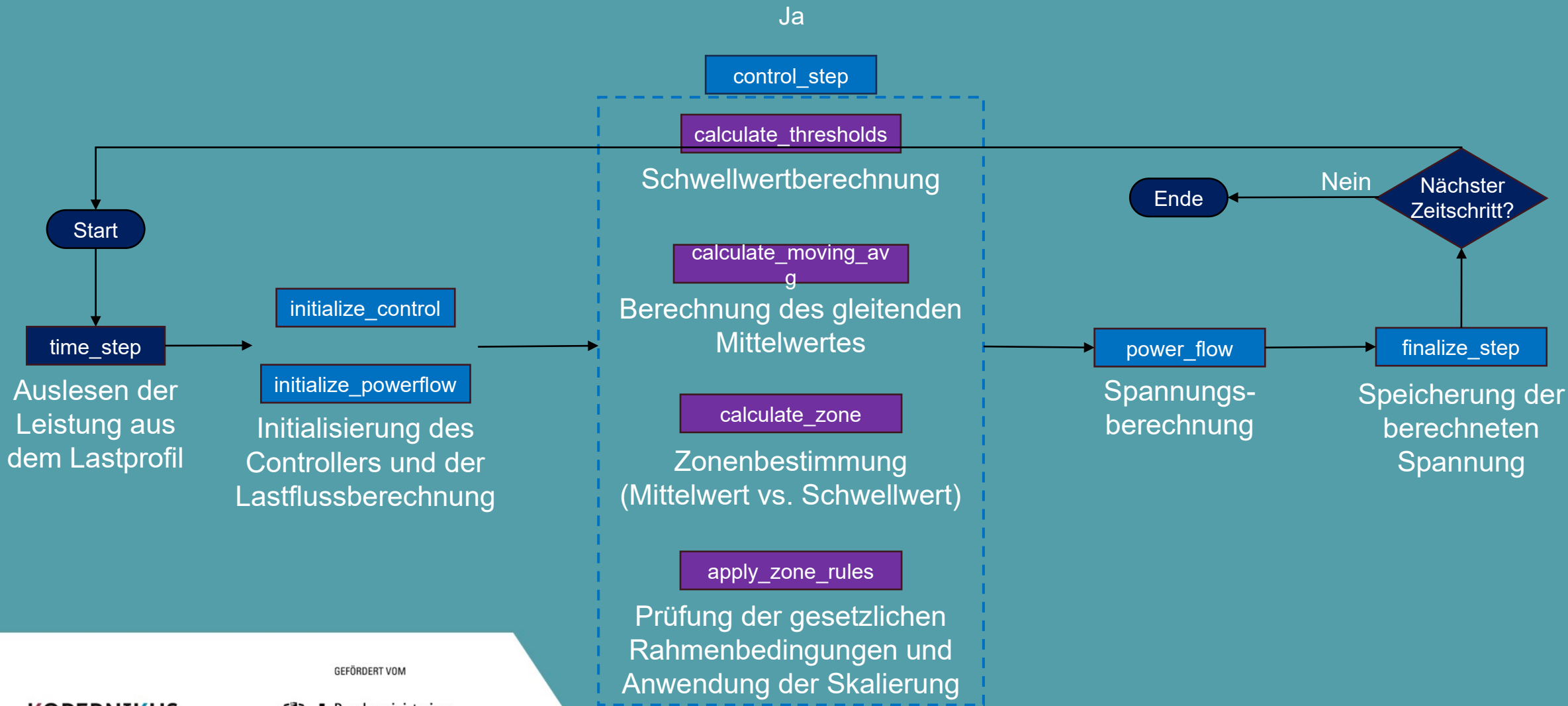


Kern-Elemente aus Pandapower

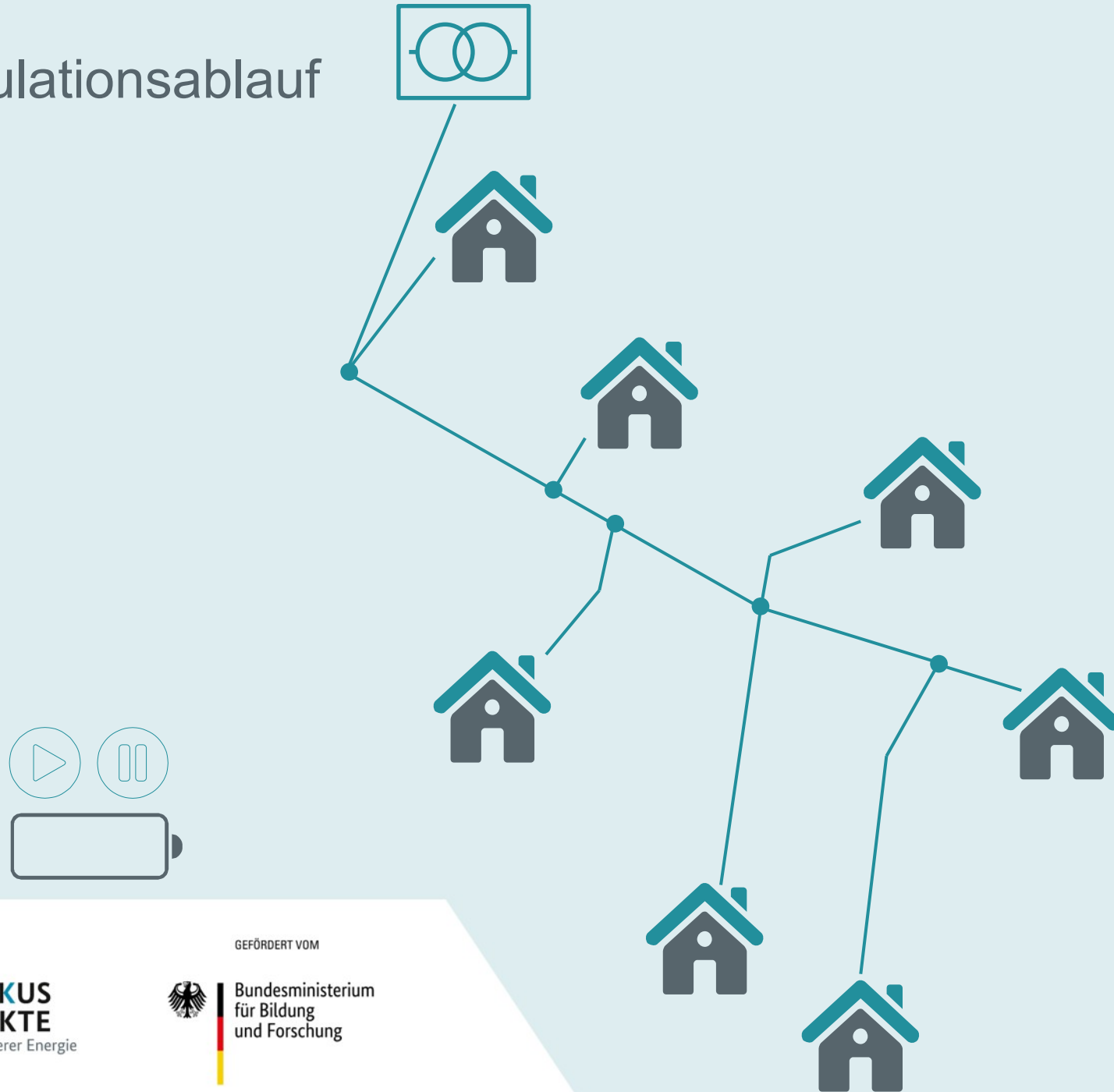
- › **Net:** Zentrale Struktur, die Komponenten verbindet und Analyse sowie Anpassungen des elektrischen Systems ermöglicht
- › **Bus:** Verbindungspunkt für elektrische Elemente, essentiell für den Energiefluss
- › **Load:** Abbildung von Verbrauchern zur Simulation von Lastflussverhalten
- › **Generator:** Bereitstellung von Energie, mit festen oder variablen Leistungen
- › **Controller:** Steuert Netzkomponenten für ein optimiertes Lastmanagement



Zeitreihensimulation

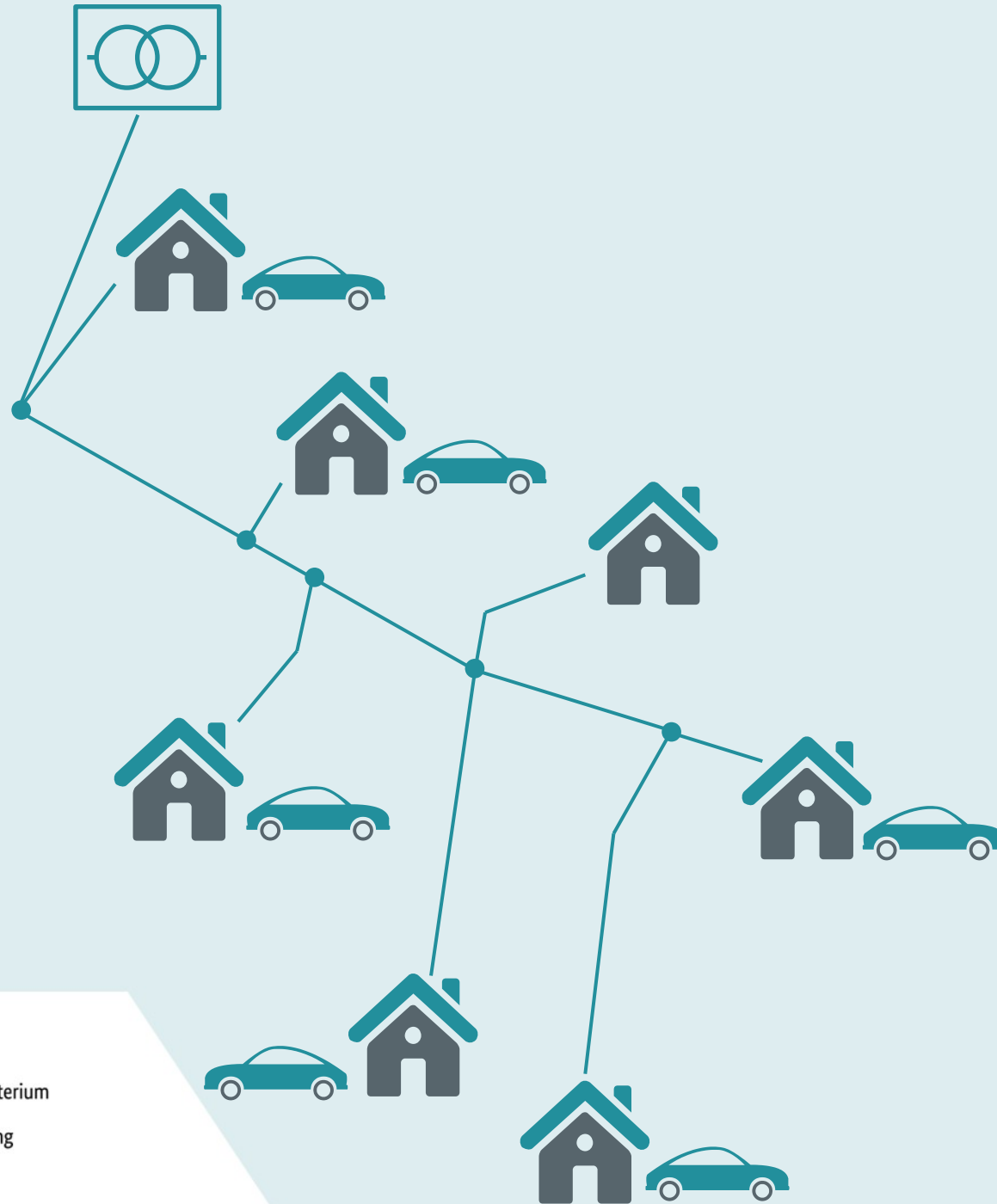
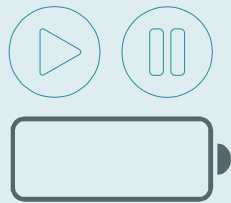


Simulationsablauf



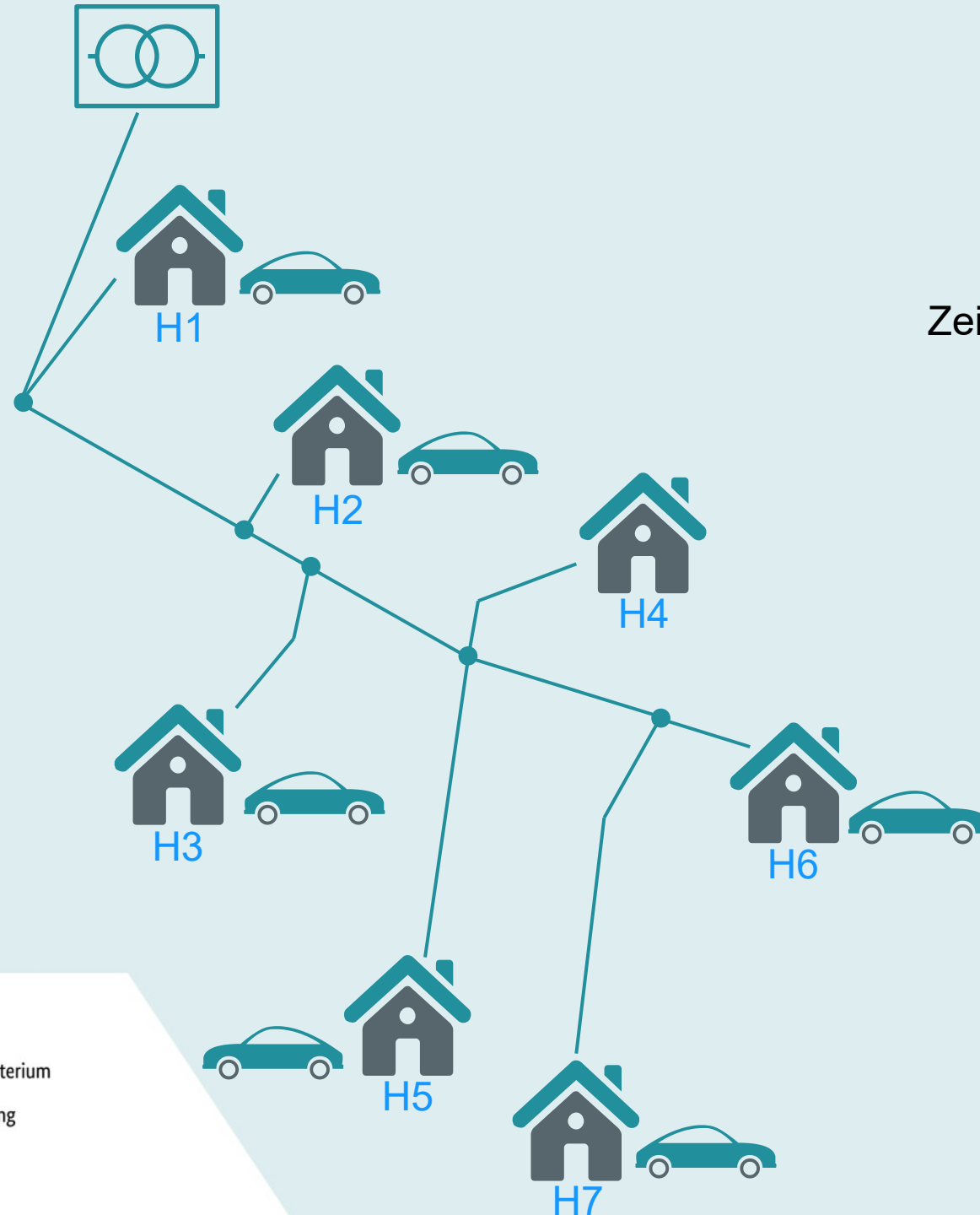
Simulationsablauf

1. Prozentuale Verteilung der Lasten (Wallbox)



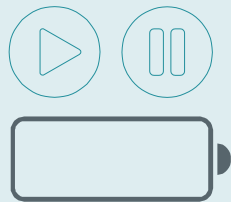
Simulationsablauf

1. Prozentuale Verteilung der Lasten (Wallbox)
2. Zufällige Verteilung der Lastprofile:
 1. Haushalt [HX]



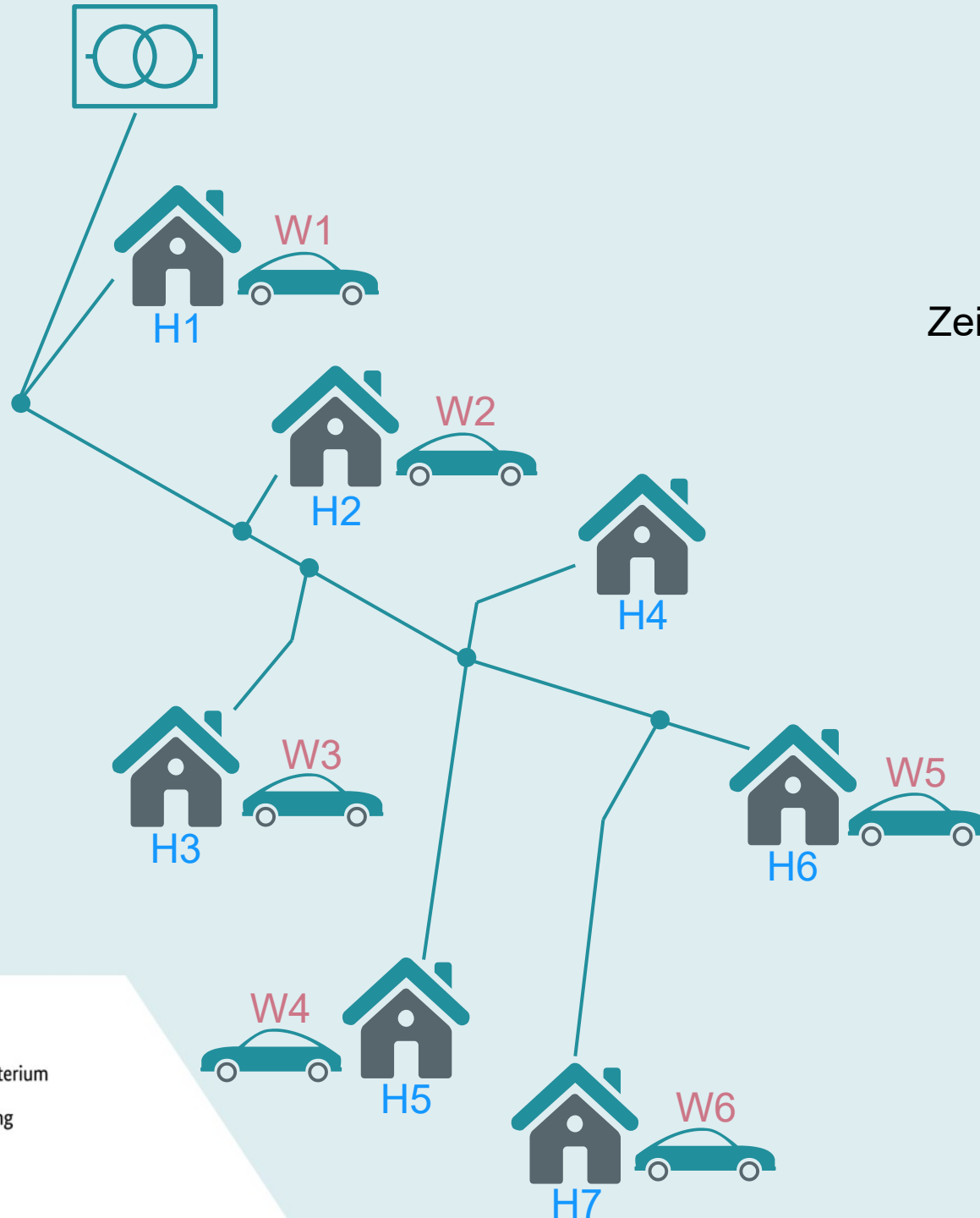
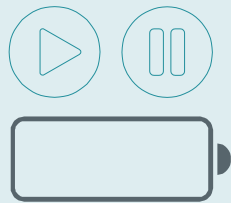
Lastprofile:

H1	H2	H3	...	H7
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX



Simulationsablauf

1. Prozentuale Verteilung der Lasten (Wallbox)
2. Zufällige Verteilung der Lastprofile:
 1. Haushalt [HX]
 2. Wallbox [WX]



Lastprofile:

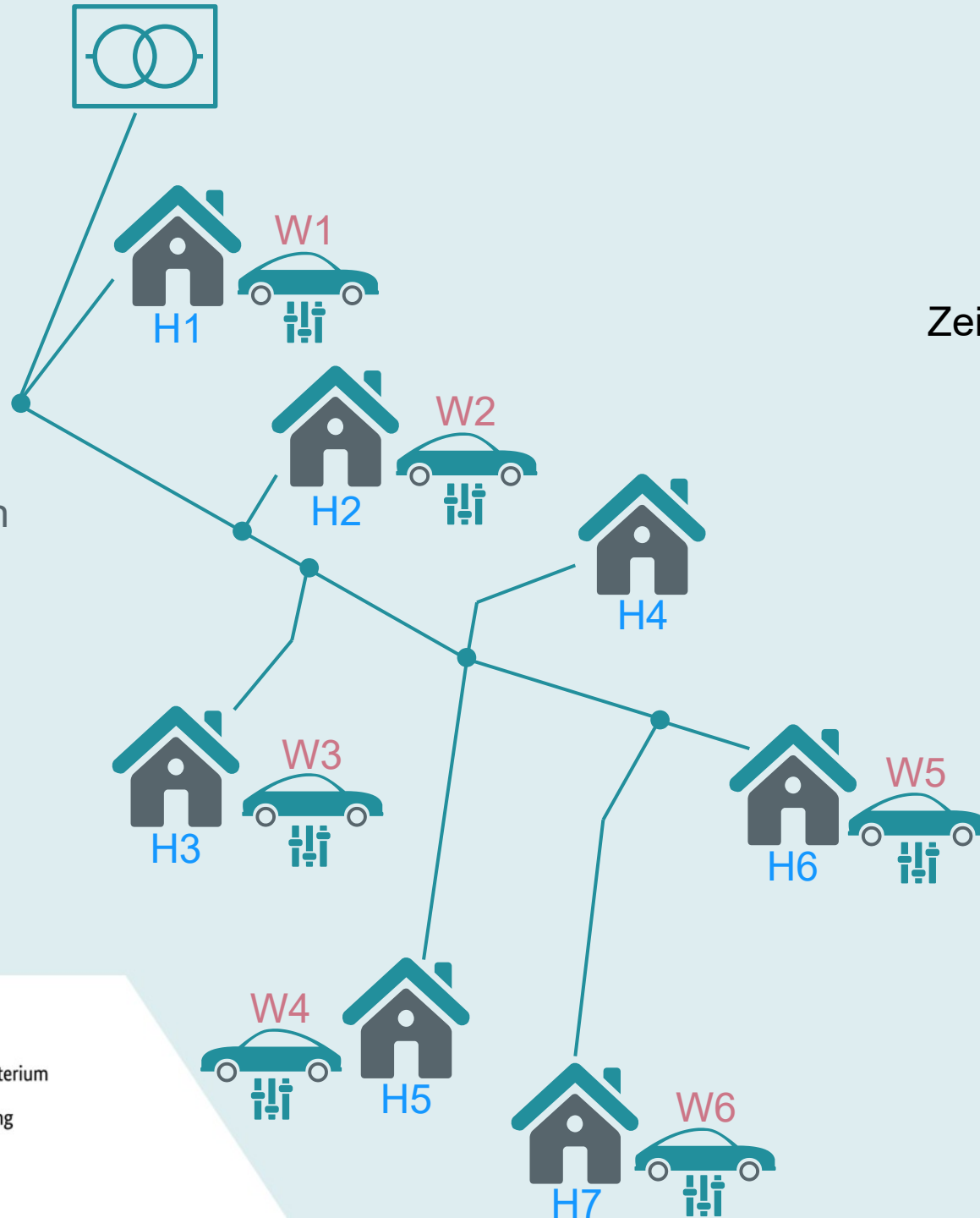
Zeit ↓

H1	H2	H3	...	H7
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX

W1	W2	W3	...	W6
XX	XX	XX	XX	XX
XX	XX	XX	XX	XX
XX	XX	XX	XX	XX

Simulationsablauf

1. Prozentuale Verteilung der Lasten (Wallbox)
2. Zufällige Verteilung der Lastprofile:
 1. Haushalt [HX]
 2. Wallbox [WX]
3. Verteilung Controller an Haushalte



Lastprofile:

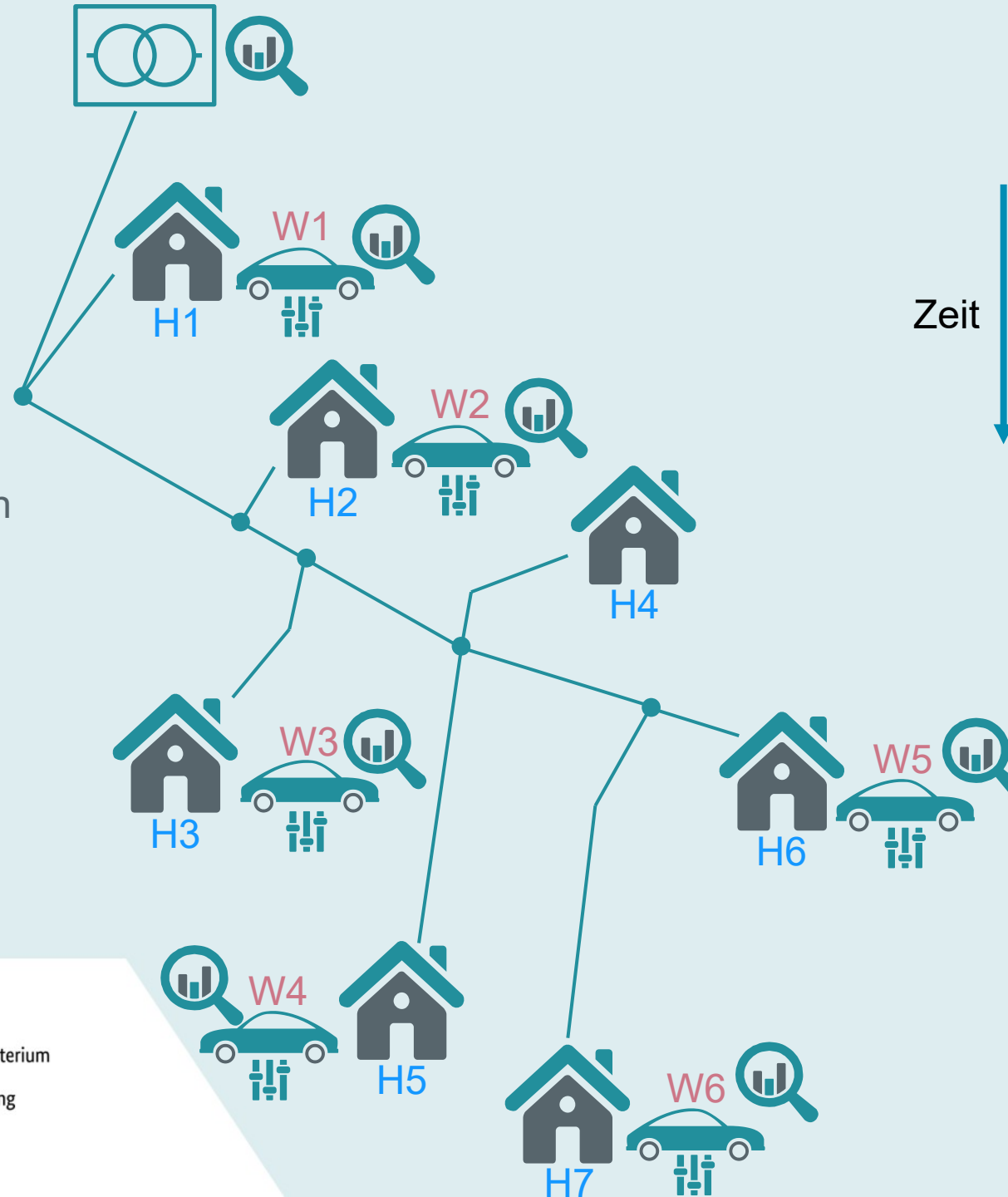
Zeit ↓

H1	H2	H3	...	H7
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX

W1	W2	W3	...	W6
XX	XX	XX	XX	XX
XX	XX	XX	XX	XX
XX	XX	XX	XX	XX

Simulationsablauf

1. Prozentuale Verteilung der Lasten (Wallbox)
2. Zufällige Verteilung der Lastprofile:
 1. Haushalt [HX]
 2. Wallbox [WX]
3. Verteilung Controller an Haushalte
4. Simulation starten



Lastprofile:

Zeit ↓

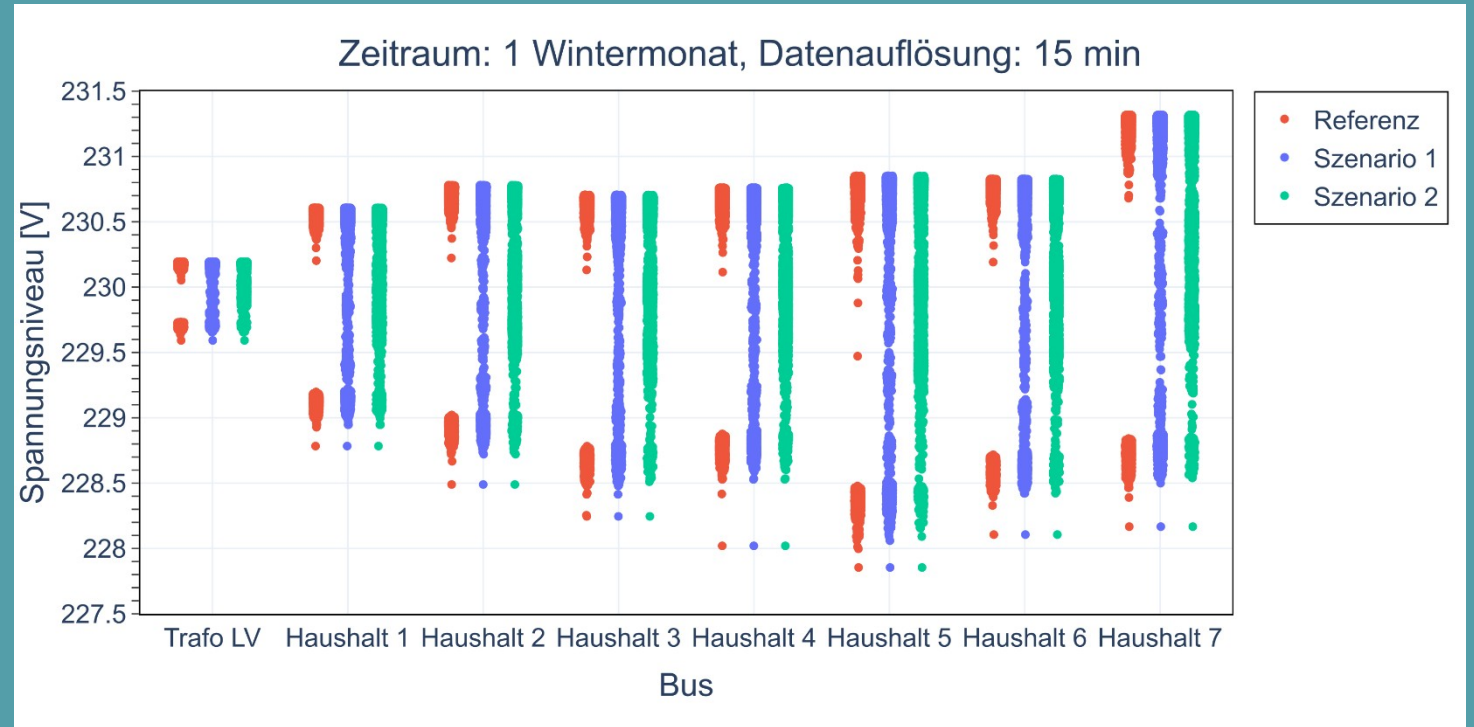
H1	H2	H3	...	H7
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX
XX	XX	XX	...	XX

W1	W2	W3	...	W6
XX	XX	XX	XX	XX
XX	XX	XX	XX	XX
XX	XX	XX	XX	XX

Spannungsniveau der Haushalte in verschiedenen Steuerungsszenarien

Skalierungswerte für Wallbox:

Zone	Referenz	Szenario 1	Szenario 2
Grün	1	1	1
Gelb	1	1	0,6
Orange	1	0	0,3
Rot	1	0	0

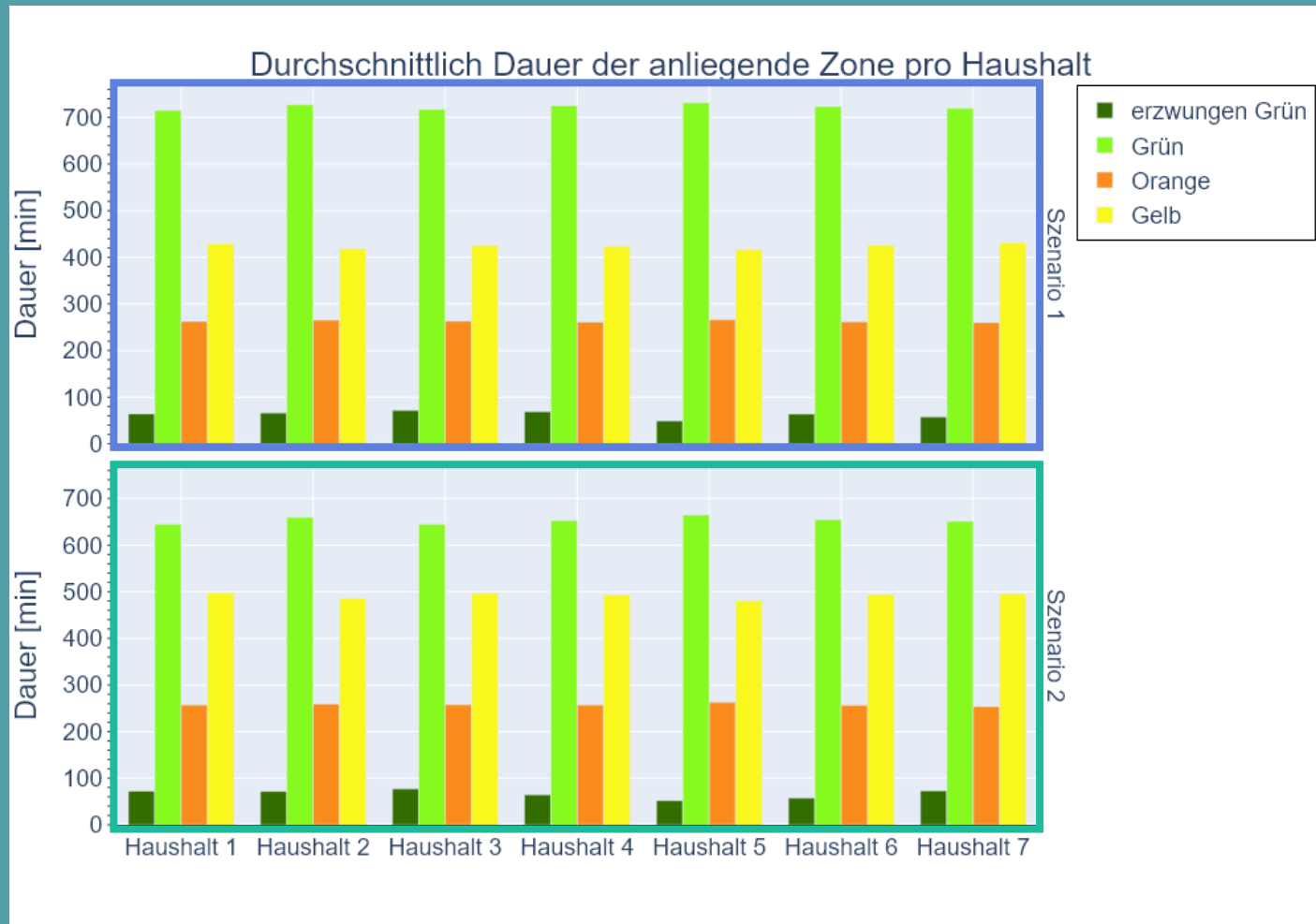


GEFÖRDERT VOM

Durchschnittliche Zonendauer der Haushalte in verschiedenen Steuerungsszenarien

Skalierungswerte für Wallbox:

Zone	Referenz	Szenario 1	Szenario 2
Grün	1	1	1
Gelb	1	1	0,6
Orange	1	0	0,3
Rot	1	0	0



GEFÖRDERT VOM

Zusammenfassung & Ausblick

- › Ziel: Analyse der **Netzstabilität** und deren **Einfluss** auf Haushalte mittels Simulationsumgebung
- › Lauffähige Simulationsumgebung mit Integration **dezentraler Steuerung** erstellt
- › Netzzrückwirkung bei zukünftigen Ausbauszenarien analysierbar

Nächste Schritte:

- › Integration von **Wärmepumpen** und **Speicherheizungen**
- › Modellierung der **zeitlichen Lastverschiebung** bei Verbrauchern
- › Untersuchung **externer Einflüsse**, wie Veränderungen im Übertragungsnetz und Verbrauch großer Abnehmer

GEFÖRDERT VOM

KOPERNIKUS
ENSURE **PROJEKTE**
Die Zukunft unserer Energie



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Hakan Susar | Simulationsumgebung zur Analyse dezentraler Steuerung | 17



ISES

Institut für Nachhaltige
Energiesysteme

HM



Hakan Susar



Lothstraße 64
80335 München



hakan.susar@hm.edu



Veronika Barta



Lothstraße 64
80335 München



veronika.barta@hm.edu



sites.hm.edu/ises



Stephanie Uhrig



Lothstraße 64
80335 München



stephanie.uhrig@hm.edu



sites.hm.edu/ises

GEFÖRDERT VOM

KOPERNIKUS
ENSURE >>> **PROJEKTE**
Die Zukunft unserer Energie



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Quellen

[1] Erstellt mit OpenAI's DALL·E 2 Prompt:

Create an image of a power transmission tower with a realistic and modern background. The image should convey a sense of practical innovation in the field of electrical engineering, with a focus on contemporary technology. Include elements like a clear sky, subtle digital overlays like graphs or data streams to suggest the integration of technology in power transmission, and a landscape that merges nature with urban elements. The color palette should be natural with shades of blue, green, and grey, suitable for a professional research conference presentation on simulation environments.

[2] Erstellt mit OpenAI's DALL·E 2 Prompt:

Create a top-down view image that visualizes a simulation environment for a low-voltage power network, specifically designed to represent a pandapower simulation. The image should depict elements such as power lines, substations, and grid components, with an overlay of digital simulation interfaces and data flows. The aesthetic should be clean, technical, and modern, consistent with the style of a strategy game map, illustrating the concept of electrical network analysis and design.

Quellen 2

[3] Erstellt mit OpenAI's DALL·E 2 Prompt:

Create a top-down view image that visualizes the concept of 'Outlook and Summary' for a presentation slide, focusing on the implementation of additional loads and the evaluation of external influences in a low-voltage network simulation. The image should depict a network grid with diverse load icons and external elements like weather or time impacting the grid, symbolizing future expansions and assessments in the simulation environment. The design should be in the same style as previous strategy game-like images, clear and suitable for a professional presentation.