

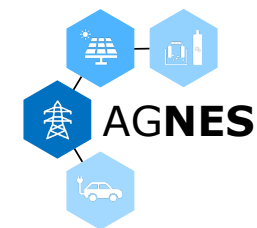


## Forschungs-Atelier: Batteriespeicher in Verteilnetzen

15.05.2024

In Kooperation mit dem

**VDE** OSTWESTFALEN-LIPPE



# PROGRAMM

13:00 – 13:20	<b>Begrüßung und Einführung</b> <i>Prof. Jens Haubrock, HSBI</i>
13:20 – 13:40	<b>Projektergebnisse AI4DG</b> <i>Katrin Schulte, HSBI</i>
13:40 – 14:00	<b>Potenzial von Batteriespeichern zur Vermeidung von Netzausbau</b> <i>Julius Dresselhaus, WWN/HSBI</i>
<hr/>	
14:00 – 14:30	<b>Kaffeepause</b>
<hr/>	
14:30 – 14:50	<b>Storage optimization in fractal networks of tomorrow</b> <i>Hélène Schricke, Atos</i>
14:50 – 15:10	<b>Forschungspotenzial im Zuge des §13k EnWG</b> <i>Prof. Jens Haubrock, HSBI</i>
<hr/>	
Ab 15:15	<b>Abschluss mit Imbiss und Getränken</b>

# PROF. DR.-ING. JENS HAUBROCK

- 2007 Promotion zum Dr.-Ing. an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Thema Brennstoffzellen
- Industrielle Tätigkeit auf dem Gebiet der Simulation und des Trainings von Black-Out-Szenarien
- 2010 Berufung zum **Professor für Erneuerbare Energiesysteme und Elektrotechnik**
- Stellvertretender Leiter des Instituts für Technische Energiesysteme (ITES)
- Leiter der **Arbeitsgruppe Netze und Energiesysteme (AGNES)**
- Professorales Mitglied im **Promotionskolleg NRW**
- Mitglied im Vorstand: **IEEE PES**
- Mitglied **CIGRE, VDE und IEEE**



# INSTITUT FÜR TECHNISCHE ENERGIE-SYSTEME (ITES)

- 7 Professoren\*innen und **21** Mitarbeiter\*innen
- Institut am Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik
- Forschung zu **intelligenten und nachhaltigen Energiesystemen der Zukunft**
- **29** erfolgreich abgeschlossene Projekte
- **1.16 Mio. €** Drittmiteinnahmen 2021



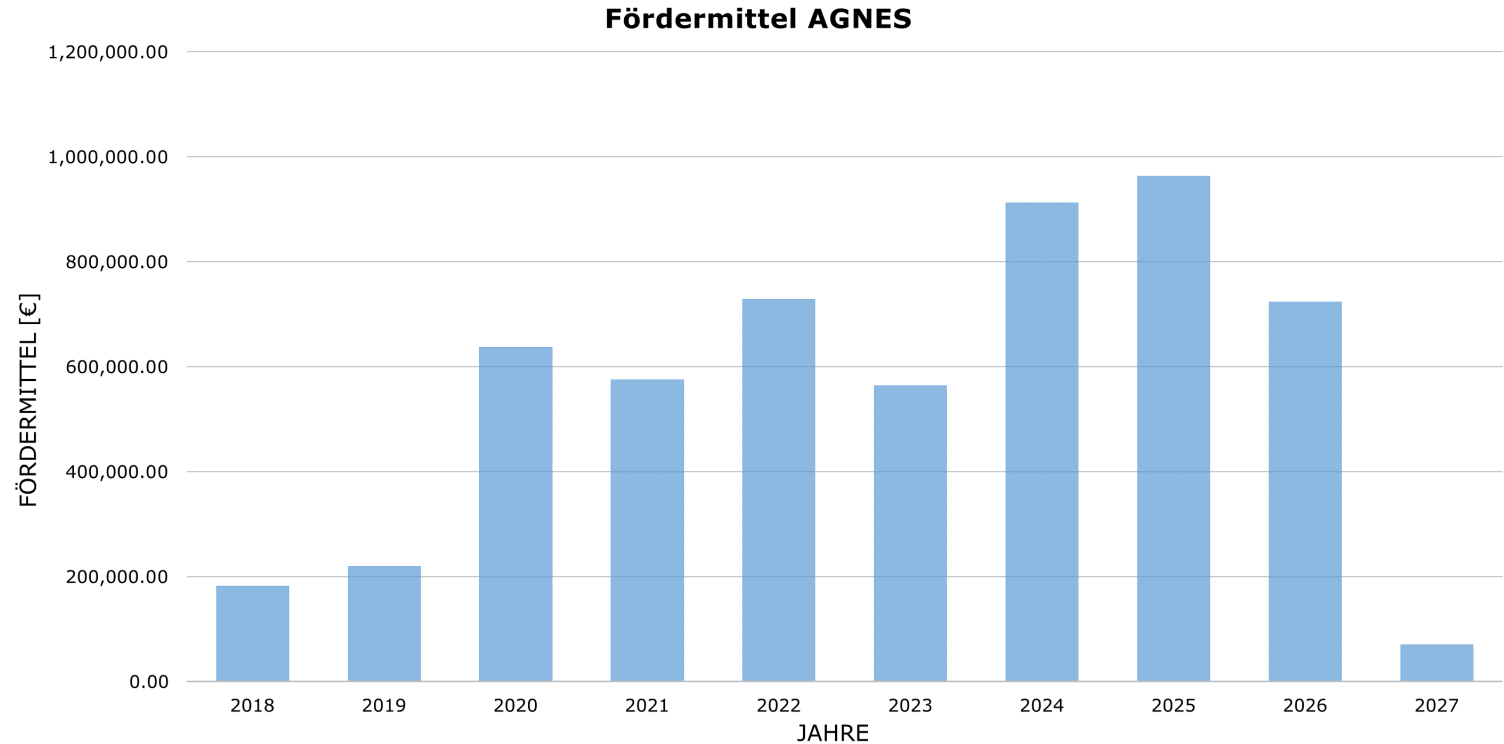
# ARBEITSGRUPPE NETZE UND ENERGIESYSTEME (AGNES)

- Arbeitsgruppe von ITES
- 2 Professoren
- 12 Mitarbeiter\*innen
- Forschungsthemen:
  - Integration von **Elektrofahrzeugen und erneuerbaren Energiesystemen** in das elektrische Netz
  - Einbindung intelligenter Netz- und Messtechnik
  - Einsatz von **KI-basierten Systemen** für den Netzbetrieb



# ZAHLEN, DATEN, FAKTEN

- **7** erfolgreich abgeschlossene Forschungsprojekte
- **7** aktuell laufende Projekte
  - ▮ 4 national
  - ▮ 3 international
  - ▮ 3 Forschungsnetzwerke/-transfer
- **5.58 Mio. €** Drittmiteleinahmen (2018-2027, Stand Nov. 2023)



# SMART ENERGY APPLICATIONS LABORATORY (SEAp)



- **Hardware-in-the-Loop (HiL)**-Teststand mit Hardwarekomponenten zur Simulation von PV, Elektrofahrzeugen, Lasten, Batteriespeicher + Echtzeit-Netzsimulator (OPAL-RT)
- Entwicklung und Validierung von **intelligenten Algorithmen** und Methoden für die Steuerung und Überwachung von elektrischen Netzen zur Bereitstellung von **Flexibilitäten durch Sektorenkopplung**



<https://www.eranet-smartenergysystems.eu/II/133/SEAp---Smart-Energy-Applications.html>

# AI4DG

- I KI-on-the-edge für eine netzdienliche Steuerung von verteilten Solar-Batteriespeichern in Haushalten
  - Partner:
    - Universität Bielefeld, Westfalen Weser Netz GmbH (DEU)
    - Université Grenoble Alpes, ATOS Worldgrid (FRA)
  - Laufzeit: 10/2021 – 09/2024
  - Geldgeber: BMBF
  - Projektvolumen: 1,1 Mio. € (Förderung HSBI 209 T€)



GEFÖRDERT VOM

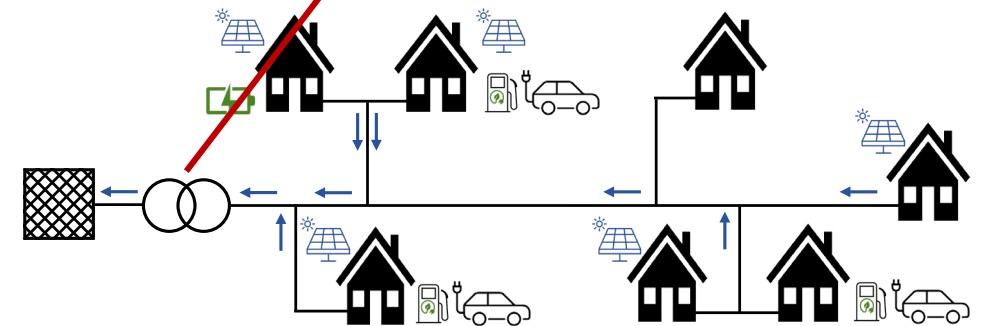
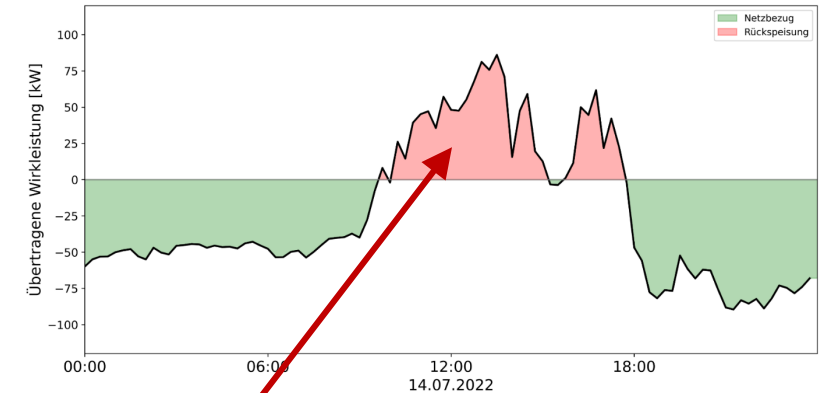




# AI4DG

## I Ziel:

- **Minimierung der Rückspeiseleistung** in einem Niederspannungsnetz mit hohem Anteil an Photovoltaik (PV)-Anlagen
- Erhöhung des Anteils der lokalen PV-Einspeisung durch **netzoptimierte, gesteuerte Solar-Batteriespeichersysteme**
- Optimierung der Trafo-Nutzung durch Steuerung von verteilten Batteriespeichern
  - Minimierung von Leistungsrückspeisungen am Trafo



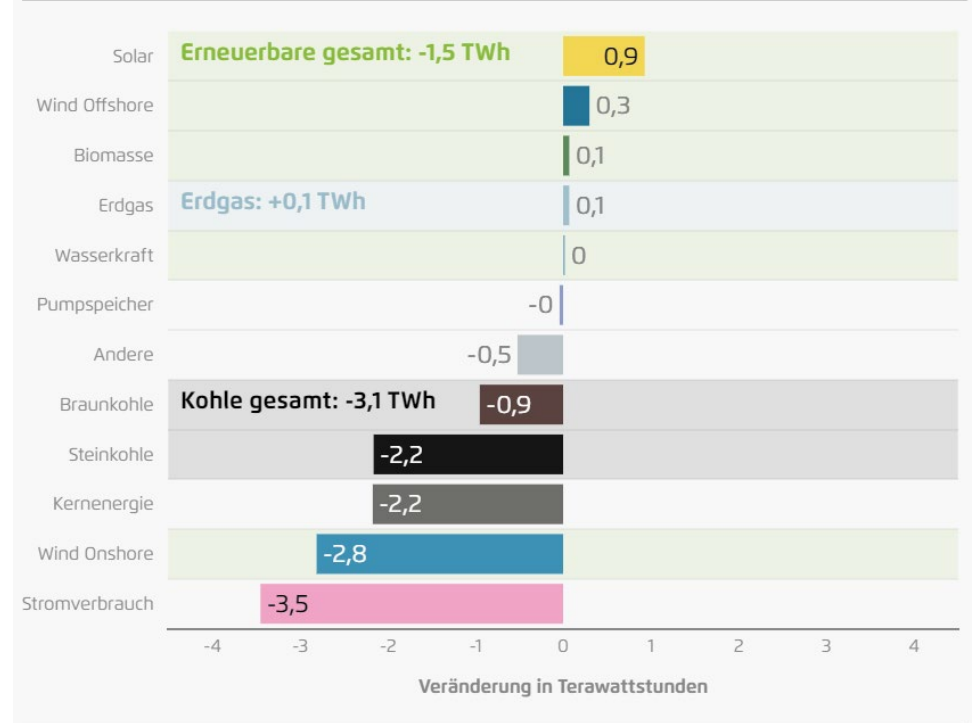
# Warum AI4DG?

# AKTUELLER STAND DER ENERGIEWENDE

- I 2023 deckten Erneuerbare Energien (EE) 52,0% des Stromverbrauchs.** [Quelle: Statistisches Bundesamt]
- I Klimaschutzgesetz - Treibhausgasneutralität bis 2045**
- I EEG-Ziele: 80% des Stromverbrauchs (600 TWh) aus EE bis 2030** [Quelle: EEG 2023 § 4 Ausbaupfad ]
  - I Wind:**
    - I 115 GW bis Jahr 2030 (Onshore)**
    - I 30 GW bis Jahr 2030 (Offshore)**
  - I Photovoltaik:**
    - I 215 GW bis Jahr 2030**
    - I Stand Ende 2023: 82,2 GW**

**! Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien schwankt wetterbedingt.**

Veränderung von deutscher Stromerzeugung März 2024 gegenüber März 2023 in TWh



Agorameter (2024) • Nettostromerzeugung.

# HERAUSFORDERUNGEN

- I Dekarbonisierung der Energiesektoren erforderlich um Klimaziele zu erreichen.
  - I Elektrifizierung der Sektoren → **Stromverbrauchsanstieg!**
  - I Erwarteter Stromverbrauch von 1.000 TWh im Jahr 2045 (Aktueller Stromverbrauch bei 517 TWh)

[Quelle: Netzentwicklungsplan Strom 2023]

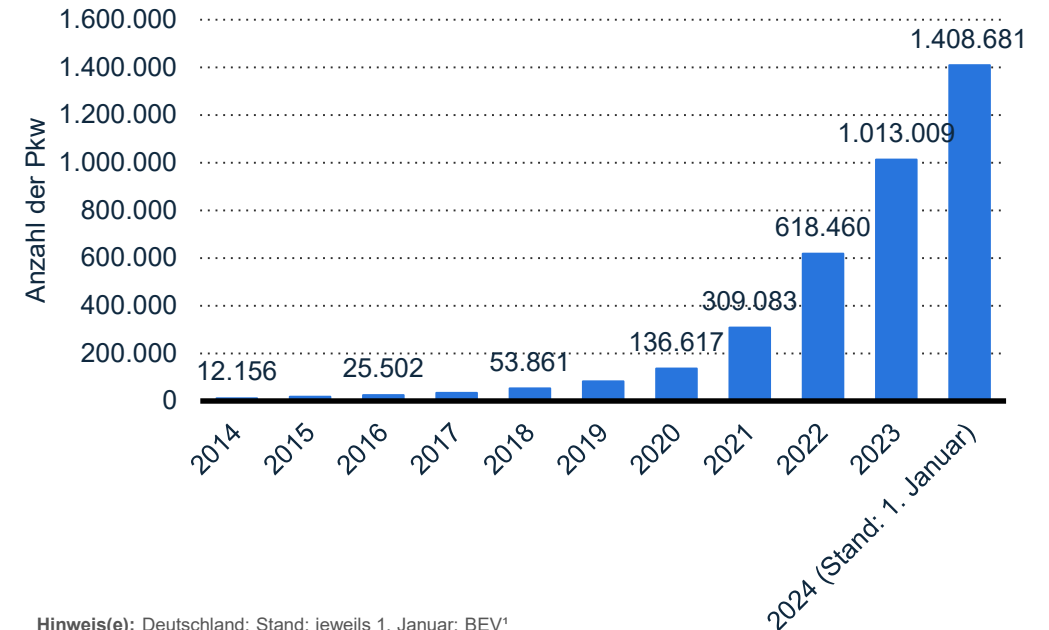
- I **Elektromobilität - Rund 1,4 Millionen** Zugelassene E-Autos (Stand 1. Januar 2024)

- I Geplant sind ca. 2,3 Mio. Ladepunkte/Ladeparks bis 2030

**! Spannungsprobleme aufgrund der unkontrollierte Laden von Elektrofahrzeuge.**

Zugelassene E-Autos in Deutschland bis 2024

statista



Hinweis(e): Deutschland; Stand: jeweils 1. Januar; BEV¹  
 Quelle(n): KBA; ID 265995

# HERAUSFORDERUNGEN

- Mehr als 90 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen ist an das Verteilnetz angeschlossen.
- Dazu kommen auch neue Lasten (Elektroautos, Wärmepumpen, etc.) weichen von den Standardlastprofilen der Haushalte ab.
  - Höhere Leistungen & höhere Gleichzeitigkeiten
  - Geringere Planbarkeit
  - genauere Betrachtung der Lastflüsse erforderlich!
- Kapazitätsgrenzen können erreicht werden
  - Das Verteilnetz muss eine hohe Ladekapazität bereitstellen, wenn viele Elektrofahrzeuge gleichzeitig angeschlossen werden.
  - Drohende Netzengpässe!

[Quelle: Agora Verkehrswende, Agora Energiewende, Regulatory Assistance Project (RAP)  
(2019): Verteilnetzausbau für die Energiewende – Elektromobilität im Fokus]

# Was kann getan werden?

# LÖSUNG 1: VERTEILNETZ AUSBAU

- I Netze verstärken und ausbauen.
- I **92.642 km Leitungslänge** sollen verstärkt, optimiert, neu gebaut oder ersetzt werden (mit Erhöhung der Übertragungskapazität).
- I Langwierige Planungs- und Genehmigungsprozessen
  - I **Realisierungszeit** für 110 kV Leitungen könnte bis zu 10 Jahren dauern.
- I Schätzung des Netzausbaubedarfs bis 2032 durch die **82 größten VNB auf 42,27 Mrd. Euro.**
  - **Kapitalintensiv!**

[Quelle: <https://www.eon.com/de/energienetze/bedeutung-des-verteilnetzes.html>]

## Verteilernetzausbaubedarf mit Erhöhung der Übertragungskapazität

in Mrd. Euro; Neubau, Ersatz mit Erhöhung der Übertragungskapazität, Verstärkung und Optimierung

	Gesamt erwarteter Verteilernetzausbaubedarf bis 2032	Davon durch Maßnahmenplan gemeldet	Davon durch aggregierte 10-Jahresplanung der unteren Netzebenen gemeldet
HS	10,66 Mrd. Euro	10,66 Mrd. Euro	--
HS/MS	3,10 Mrd. Euro	3,10 Mrd. Euro	--
MS	13,01 Mrd. Euro	2,02 Mrd. Euro	10,99 Mrd. Euro
MS/NS	5,43 Mrd. Euro	0,07 Mrd. Euro	5,36 Mrd. Euro
NS	9,93 Mrd. Euro	0,44 Mrd. Euro	9,49 Mrd. Euro
Sonstige	0,14 Mrd. Euro	0,14 Mrd. Euro	--
<b>Gesamt:</b>	<b>42,27 Mrd. Euro</b>	<b>16,42 Mrd. Euro</b>	<b>25,84 Mrd. Euro</b>

Quelle Bundesnetzagentur

[Quelle : Bundesnetzagentur (BNetzA): Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2022. Abrufbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2)]

# LÖSUNG 2: FLEXIBILITÄT IM VERTEILNETZ

- Flexible Lasten (wie E-Autos, Heimspeicher, etc) können 2035 jährlich 100 TWh Stromnachfrage flexibilisieren und 4,8 Milliarden Euro einsparen.

[Quelle: Agora Energiewende und Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2023): Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen.]

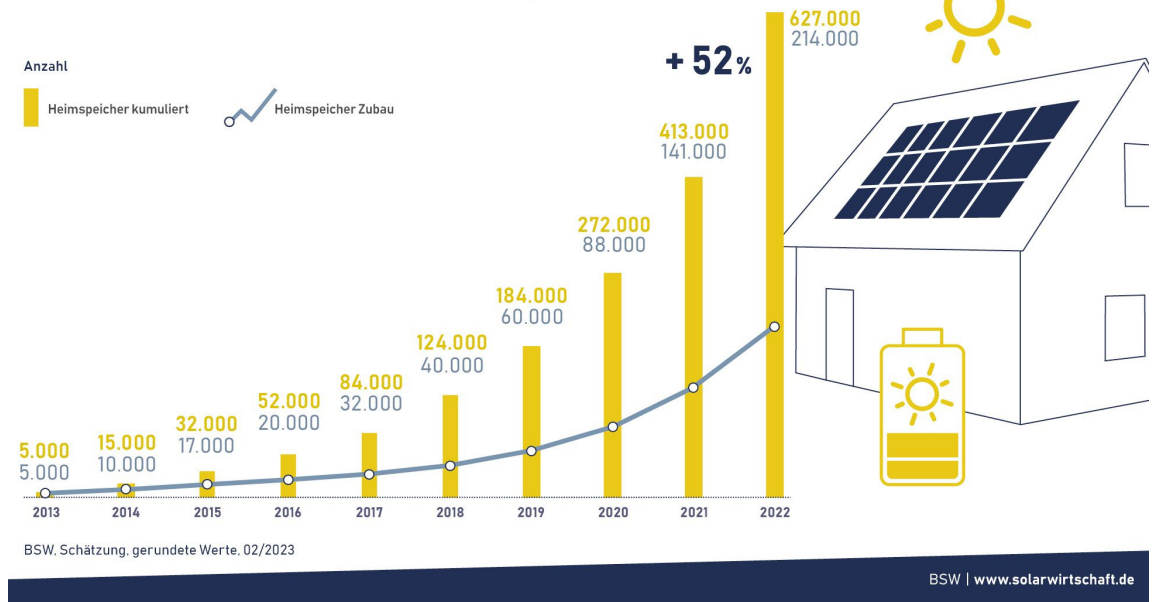
- Speicherkapazität von Heim-, Groß- und Gewerbespeichern beträgt **11,2 GWh** (Stand Ende 2023).

- Entspricht 1/5 des durchschnittlichen stündlichen Strombedarf.

[Quelle: ISEA RWTH Aachen 2023]

- Die Nachfrage nach Batteriespeichern wächst auch exponentiell und bietet sich daher als **wichtige Flexibilitätsoption** im NS-Netz an.

## Solarbatterien boomen exponentiell





# LÖSUNG 2: FLEXIBILITÄT IM VERTEILNETZ

- I Durch **intelligente Ladesteuerung** können **Batteriespeicher** dazu beitragen, Netzbelastung zu optimieren und die Integration erneuerbarer Energien zu erleichtern.
- I Steuerung von flexible Lasten können Bedarf an Investitionen reduzieren.
  - I Bis zu **57%** des Verteilnetzausbaus kann gespart werden.

[Quelle: Wirtschaftlicher Vorteil der netzdienlichen Nutzung von Flexibilität im Verteilnetz. Kurzstudie im Auftrag von innogy SE, EWE NETZ GmbH, Stadtwerke München Infrastruktur GmbH, 2019.]

- I Ebenfalls **53%** weniger Bedarf an neuen Transformatoren.
- I Und **56%** weniger neuen Leitungen.

[Quelle: Agora Energiewende und Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2023): Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen.]

## Solarbatterien boomen exponentiell

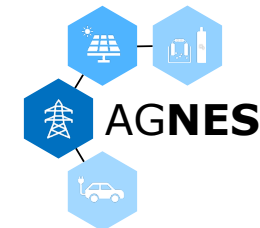


## FAZIT

- Ambitionierte Ziele der Energiewende liegen vor uns.
- Hohe EE-Anteile und ein steigender Stromverbrauch mit immer mehr leistungsintensiven Verbrauchern können zukünftig an die Grenzen der heutigen Netzkapazität stoßen.
  
- Hierfür gibt es 2 Lösungsansätze
  - 1) **Ausbau und Verstärkung** des Stromnetzes.
    - Kapital- und zeitintensiv
  - 2) **Flexibilitäten** im Netz nutzen.
    - Lastspitzen könnten besser verteilt werden, z.B. durch intelligente Steuerung von Heimspeichern.
    - Schneller und technisch einfacher zu realisieren
    - Könnte parallel zum Netzausbau eine kurzfristigere Lösung zur Gewährleistung der Netzsicherheit und -stabilität sein.

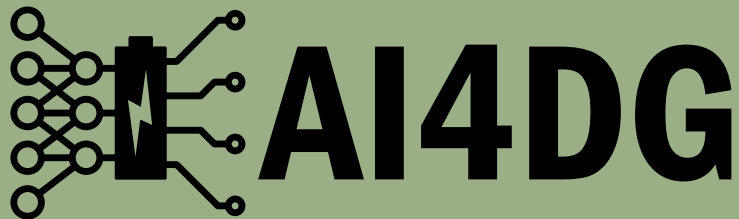


Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Netzoptimiert gesteuerte verteilte Batteriespeicher zur Erhöhung des lokalen Anteils erneuerbarer Energien und Vermeidung von Überlastungen

Katrin Schulte, M. Eng.



20.06.2023

## FORSCHUNGSPROJEKT AI4DG

! **AI4DG:** KI-on-the-edge für eine sichere und autonome Verteilnetzsteuerung mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien

! Ziel:

! **Minimierung der Rückspeiseleistung** in einem Niederspannungsnetz mit einem hohen Anteil an Photovoltaik (PV)-Anlagen

! Erhöhung des Anteils der **lokalen PV-Einspeisung**

! **Netzoptimiert gesteuerten Solar-Batteriespeichersystemen** in Haushalten

! Laufzeit: 10/2021 – 09/2024

! Projektpartner:

HS'BI Hochschule Bielefeld University of Applied Sciences and Arts

UNIVERSITÄT BIELEFELD

UGA Université Grenoble Alpes

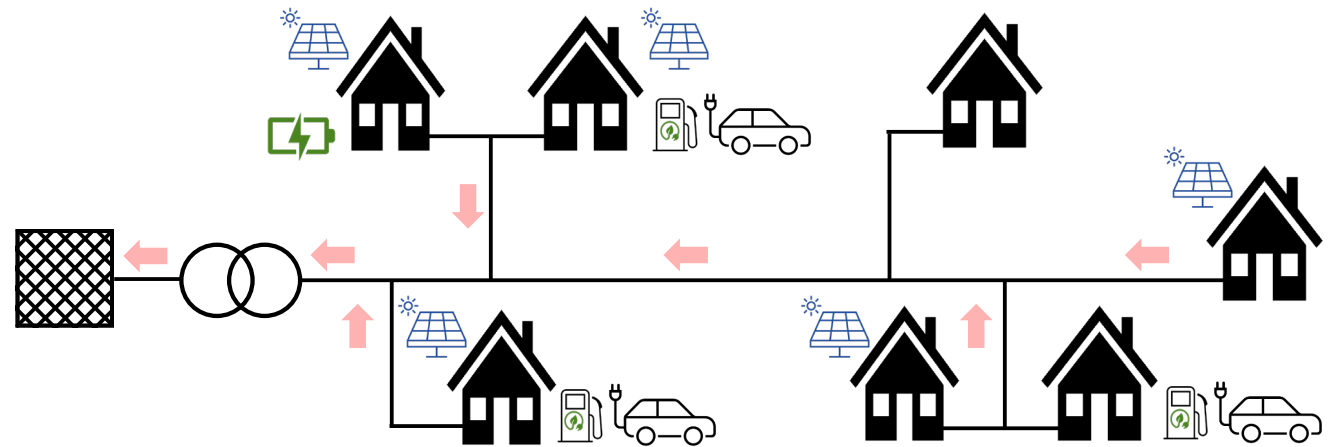
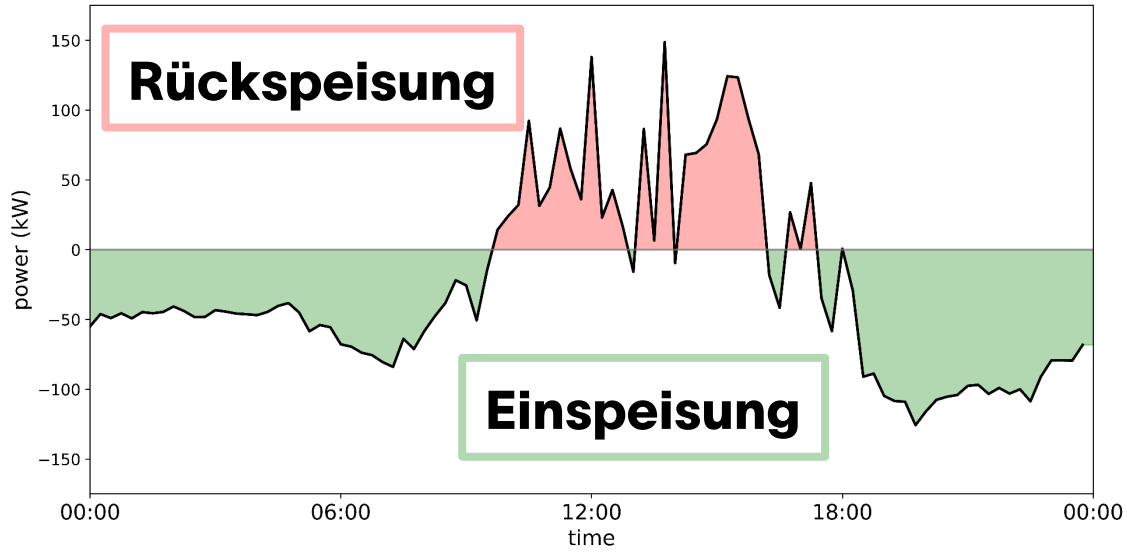
WW Westfalen Weser

Atos

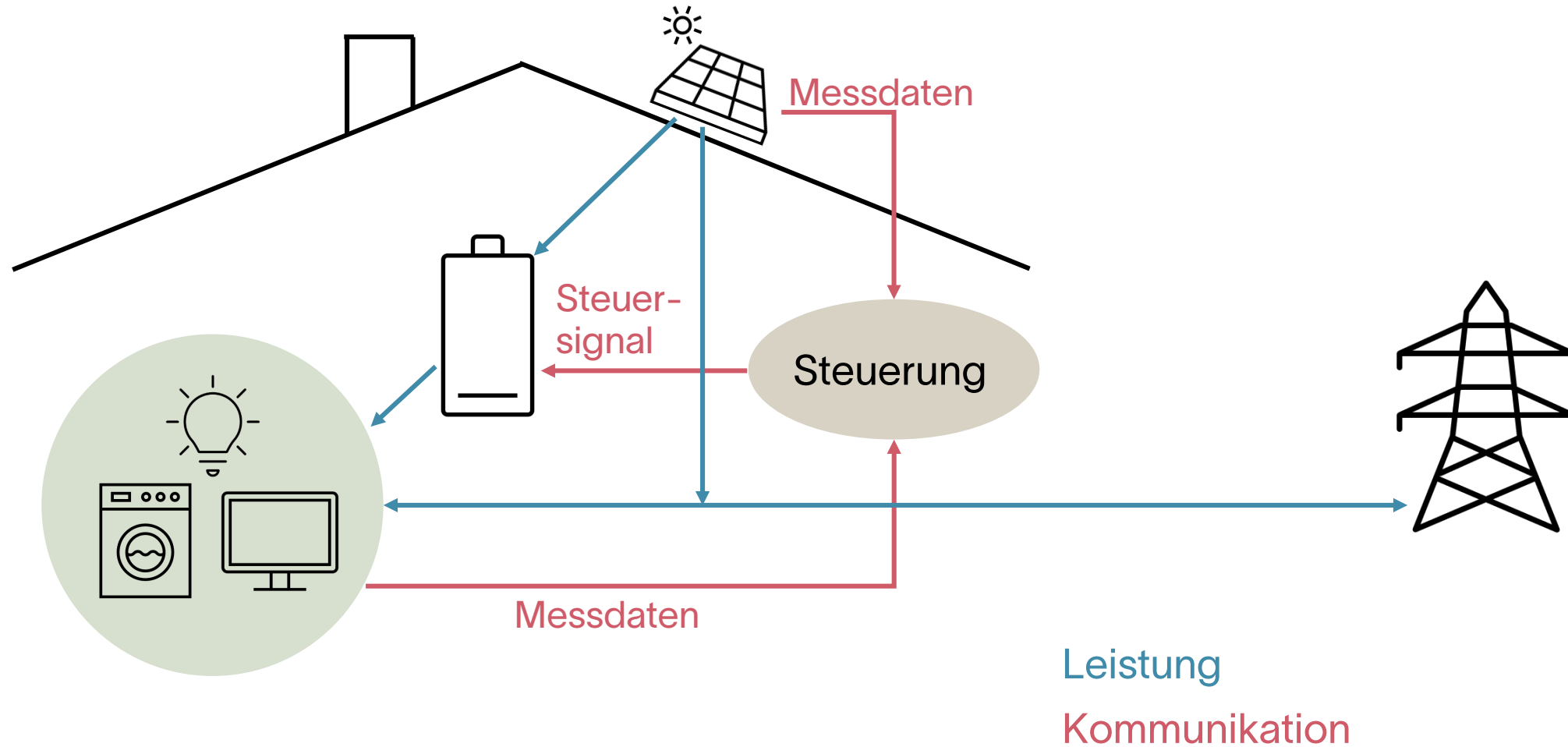
EVIDEN

# HINTERGRUND

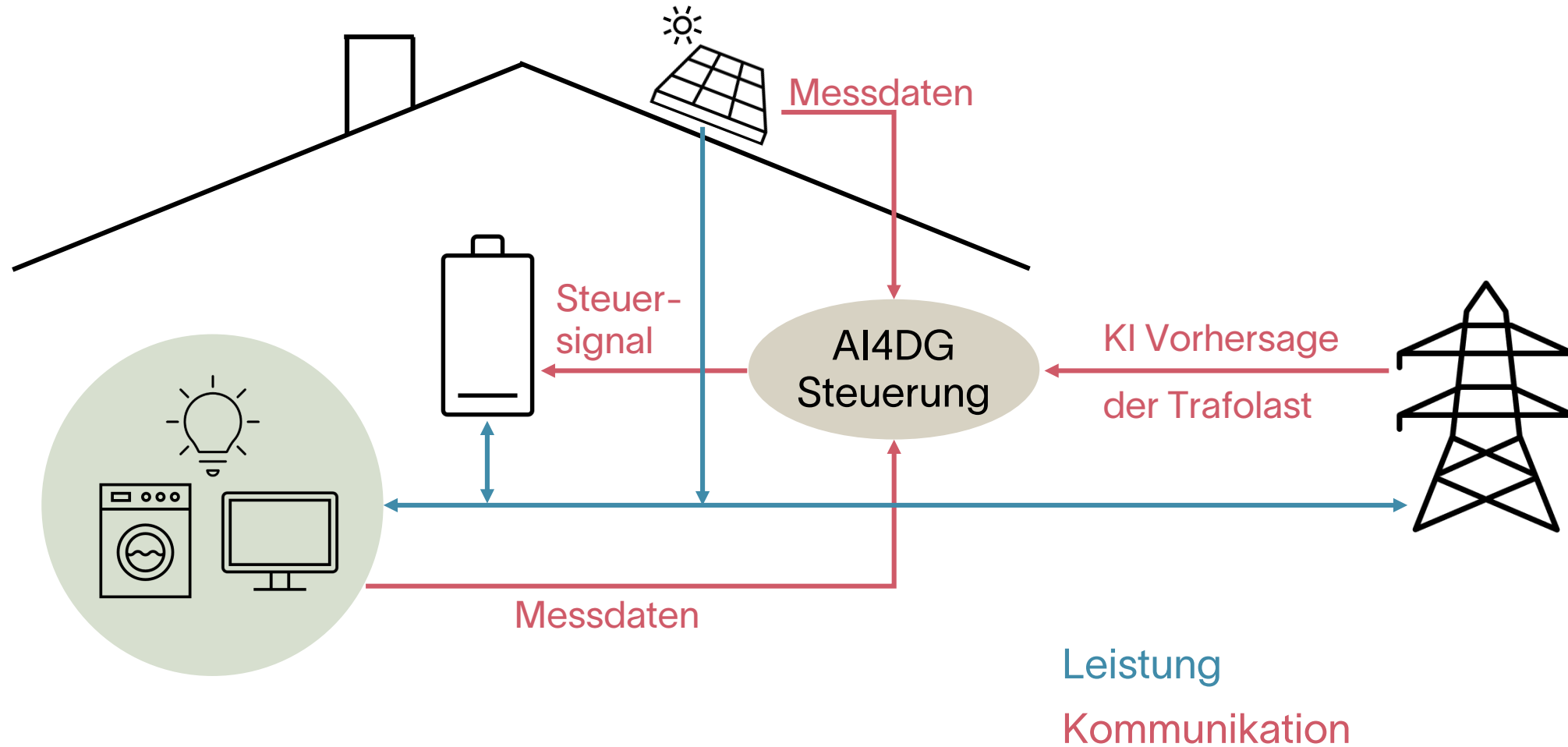
## Last am Transformator am 16.05.2023



# HERKÖMMLICHE EIGENVERBRAUCHSSTEUERUNG



# NETZOPTIMIERTE AI4DG BATTERIESTEUERUNG

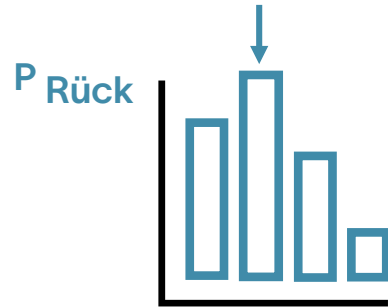




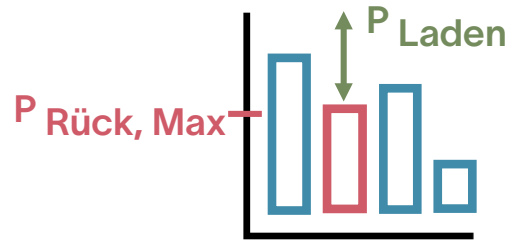
# NETZOPTIMIERTE AI4DG BATTERIESTEUERUNG

## Methodik Model Predictive Control (MPC):

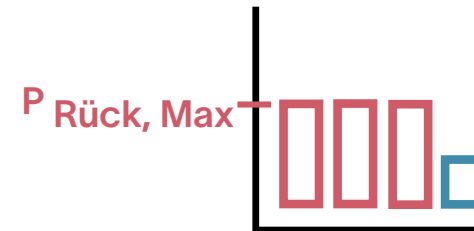
Vorhersage der Last am Trafo für den Folgetag und Steuerung der Batterien mittels einer Optimierung mit der Zielfunktion Minimierung der Rückspeisungen



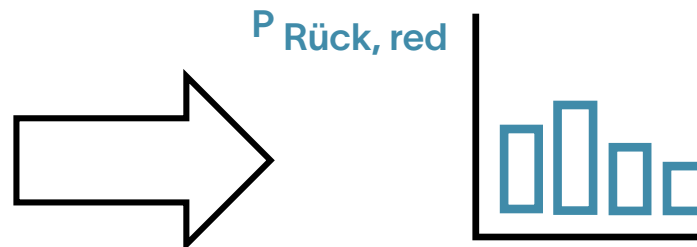
Identifizierung des maximalen Rückspeisespitzen



Definition der oberen Grenze für Rückspeisespitzen



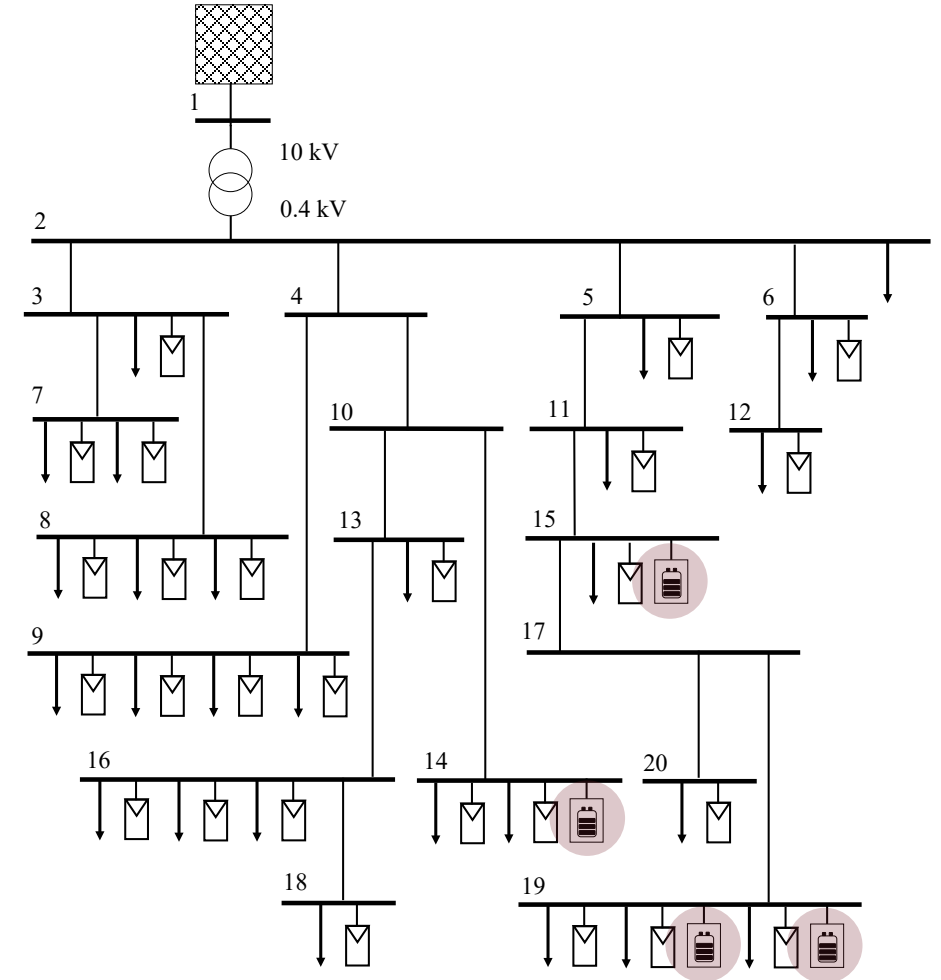
Minimierung aller Rückspeisespitzen



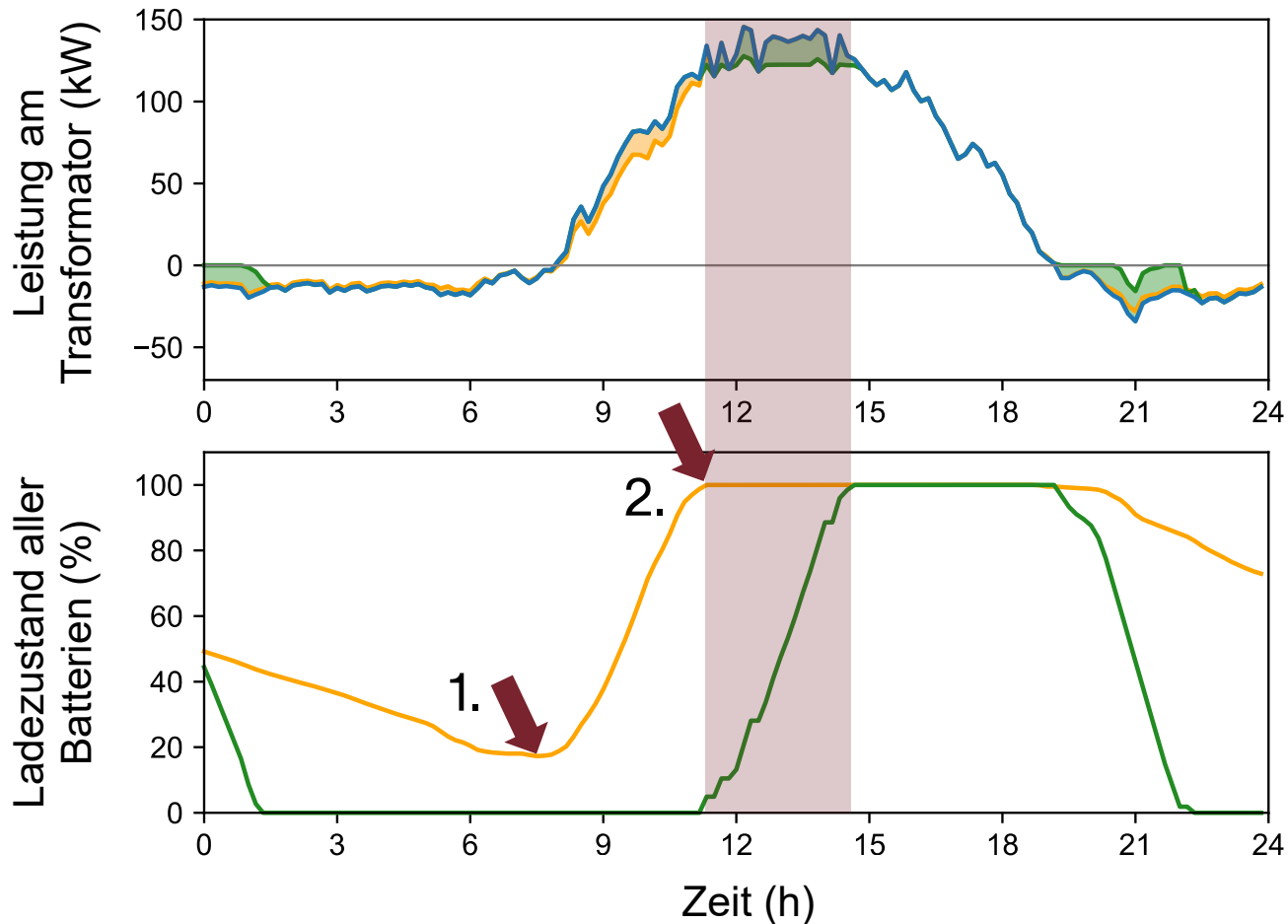
Ergebnis: Minimierung aller Rückspeisespitzen

# FELDTTEST

- Reales NS-Netz im WWN Netzgebiet in Herford
  - 250 kVA Transformator
  - 160 Haushalte
  - 26 PV-Anlagen (insgesamt 207,6 kWp)
- 4 Haushalte mit Batteriespeicher ausgestattet
- Prädiktive Steuerung der Batterien auf Basis einer Optimierung und KI-Vorhersage der Last am Transformator



# ERGEBNISSE BATTERIESTEUERUNG SIMULATION



1. Batteriekapazität wird nicht vollständig ausgenutzt
2. Batterien voll, bevor Rückspeisespitzen auftreten

➔ Spitzen werden reduziert (Überlastungen) & die Batteriekapazität wird vollständig genutzt

- NS-Netz ohne Batteriespeicher
- Individuell gesteuerte Batterien
- Netzoptimierte gesteuerte Batterien

# FELDTTEST AUFBAU IM HAUSHALT

Edge Controller



LTE Router für Kommunikation

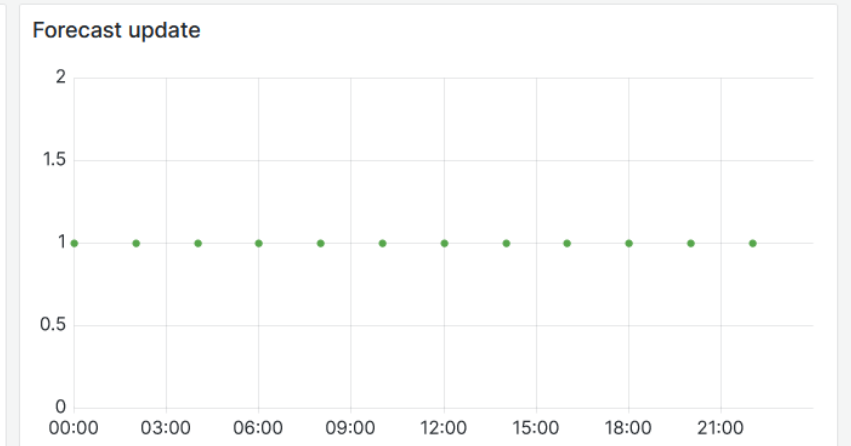
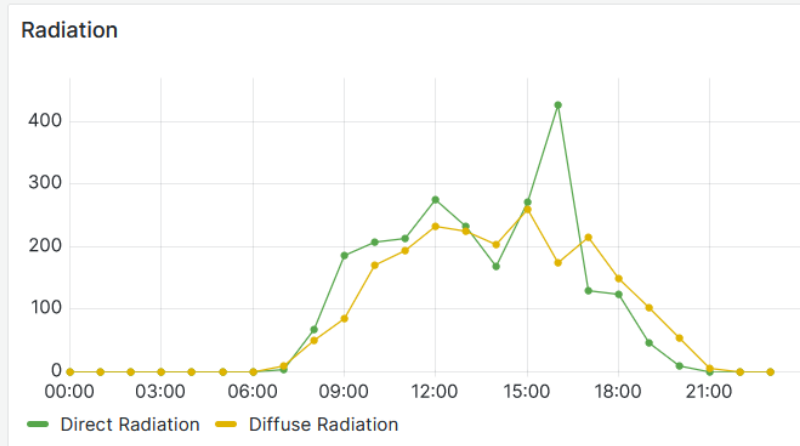
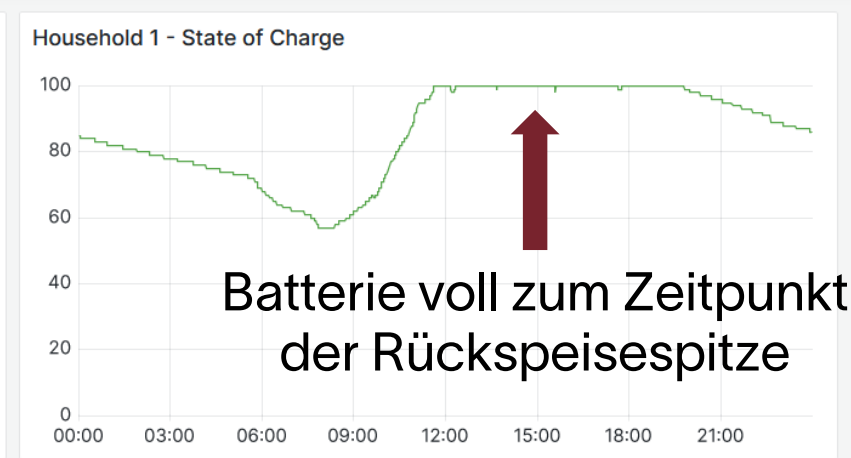
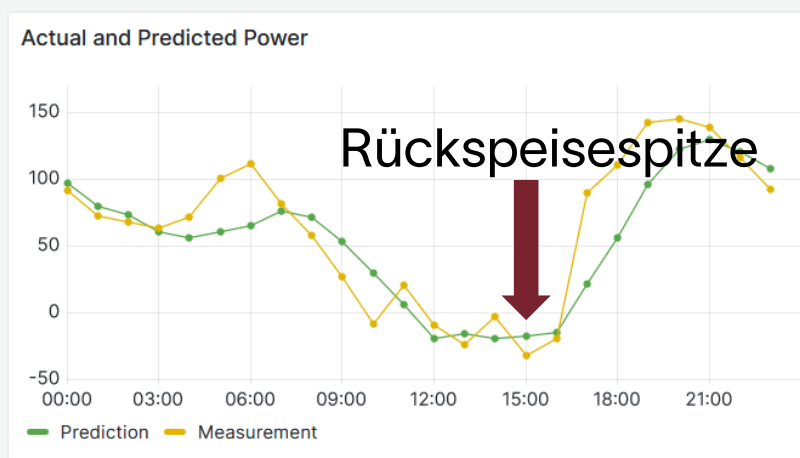
PV-Wechselrichter



Batteriewechselrichter

# FELDTEST

- Last am Transformator und Ladestand Batterie im Haushalt 1 am 18.04.2024
- [Link zum Dashboard](#)





Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

## Kontakt:

**Katrin Schulte, M. Eng.**

Institute for Technical Energy Systems

Hochschule Bielefeld, Deutschland

[katrin.schulte@hsbi.de](mailto:katrin.schulte@hsbi.de)



# Potenzial von Batteriespeichern zur Vermeidung von Netzausbau

Ergebnisse aus der Bachelorarbeit mit dem Titel:  
Vergleichende Analyse zwischen Netzausbau und  
netzdienlicher Steuerung von PV-Batteriespeichern

Autor: Julius Dresselhaus

Datum: 15.05.2024

# Inhalt

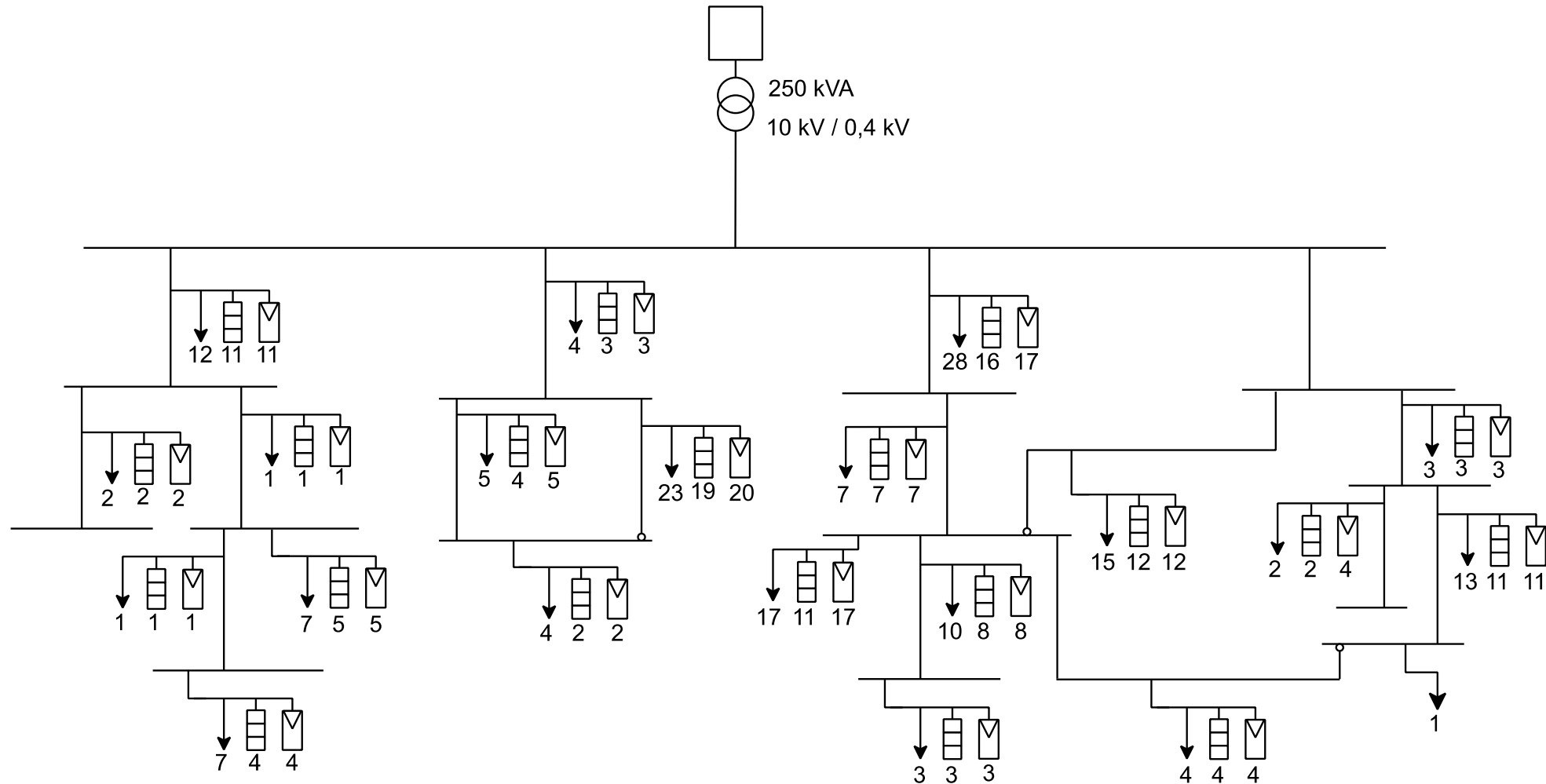
- Hintergrund und Ziel der Bachelorarbeit
- Methodik
- Simulationsergebnisse
- Fazit der Methodik
- Zusammenfassung und Ausblick



# Einleitung

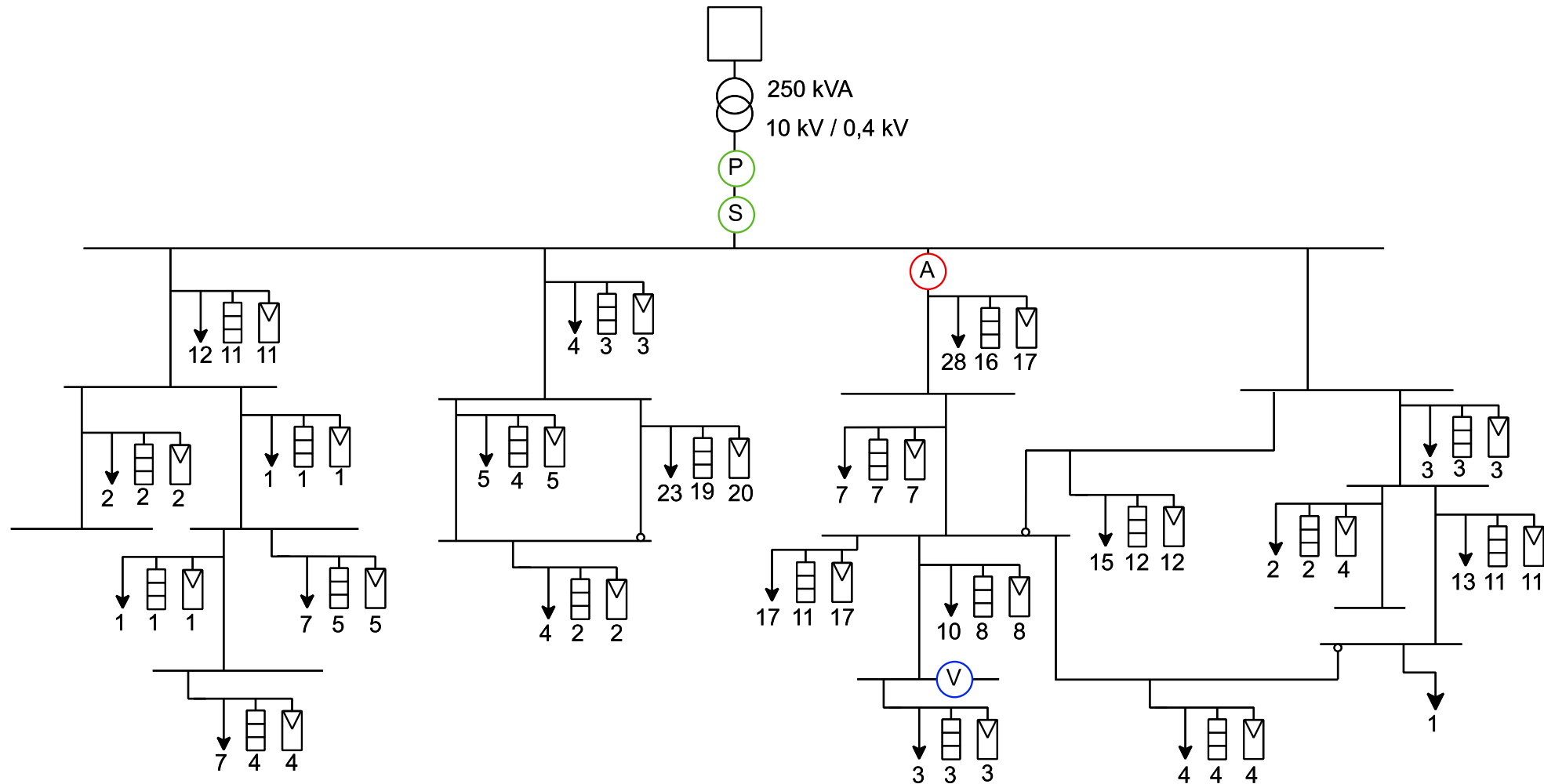
- Hohe Integration von PV-Anlagen in NS-Netzen
  - Problemstellung: Massiver Netzausbaubedarf in Niederspannungsnetzen
  - Lösungsansatz: Netzoptimierung durch netzdienlich gesteuerte BESS
- Fragestellung:
  - Welches Potenzial bieten netzdienlich gesteuerte BESS zur Vermeidung oder Verschiebung eines Netzausbaus?
- Analyse des technischen Potenzials anhand von Simulationsergebnissen
- Betrachtung der Investitionskosten
- Gesetzliche Regulatorik nicht eindeutig

# Methodik: Netztopologie im Jahr 2037



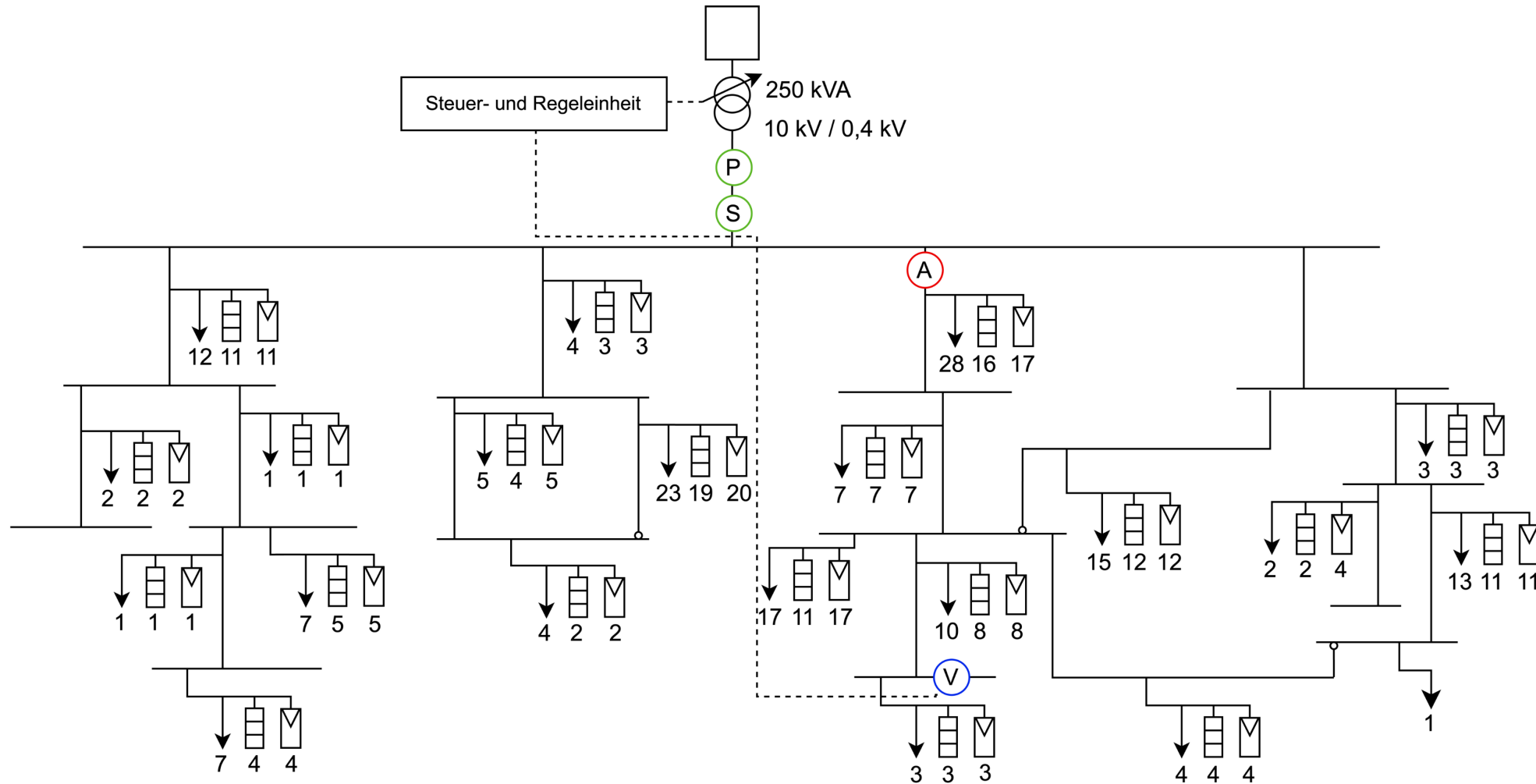
- Leistungsverteilung der PV-Anlagen zwischen 5 kWp bis 13 kWp [1]
- BESS mit 10 kWh als Durchschnittswert dimensioniert [2]

# Methodik: Netztopologie im Jahr 2037



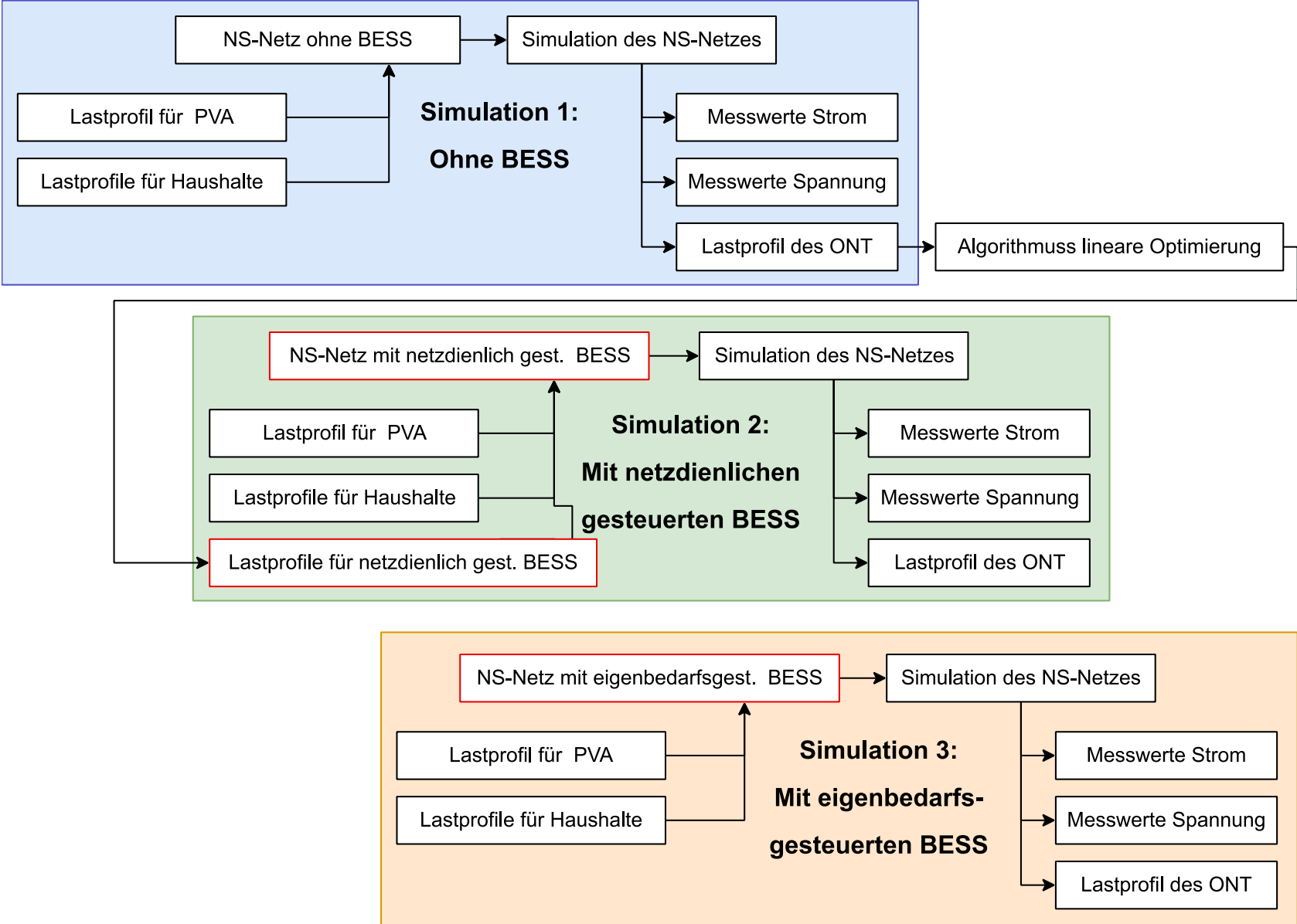
- Leistungsverteilung der PV-Anlagen zwischen 5 kWp bis 13 kWp [3]
- BESS mit 10 kWh als Durchschnittswert dimensioniert [4]

# Methodik: Netztopologie im Jahr 2037

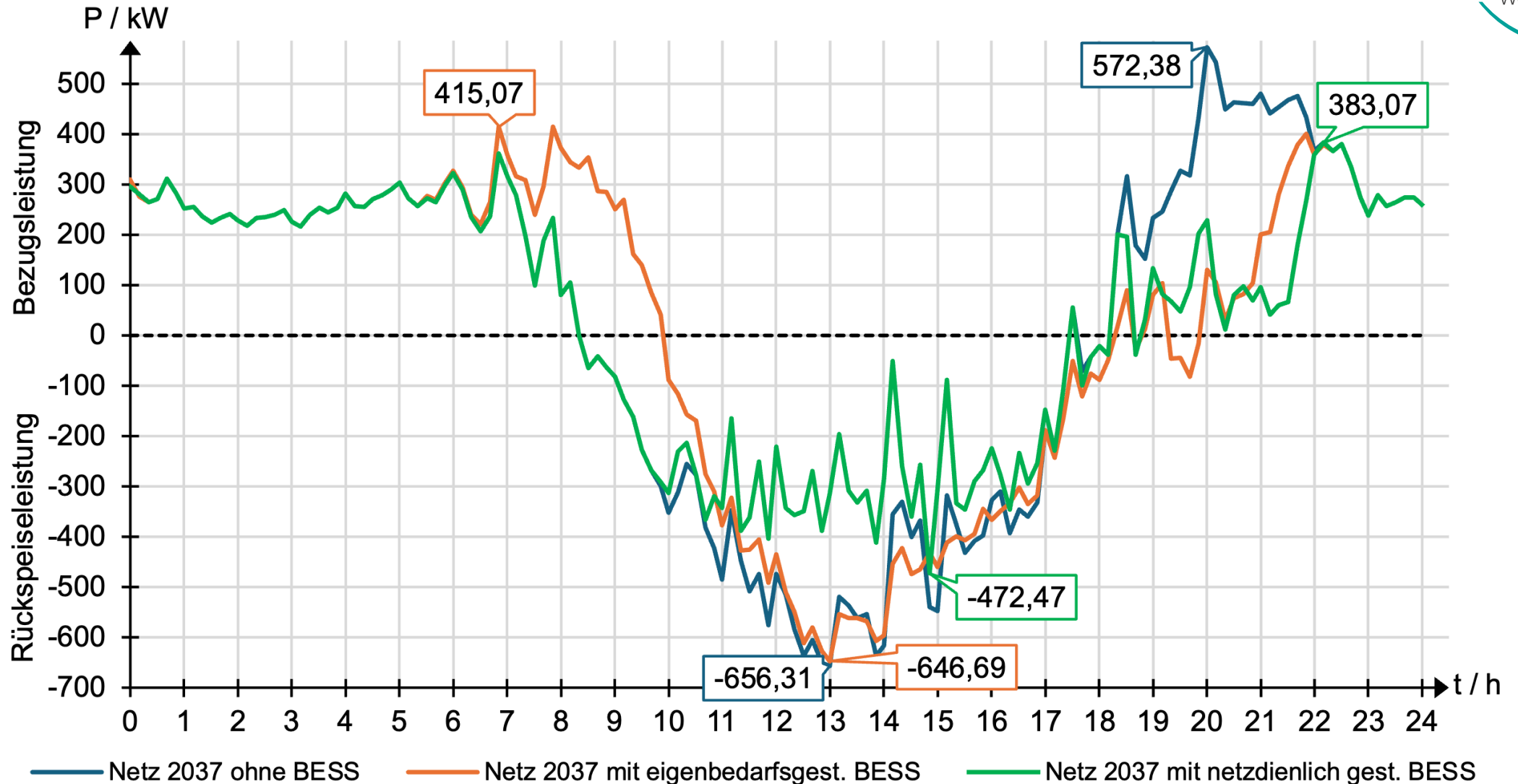


- Leistungsverteilung der PV-Anlagen zwischen 5 kWp bis 13 kWp [3]
- BESS mit 10 kWh als Durchschnittswert dimensioniert [4]

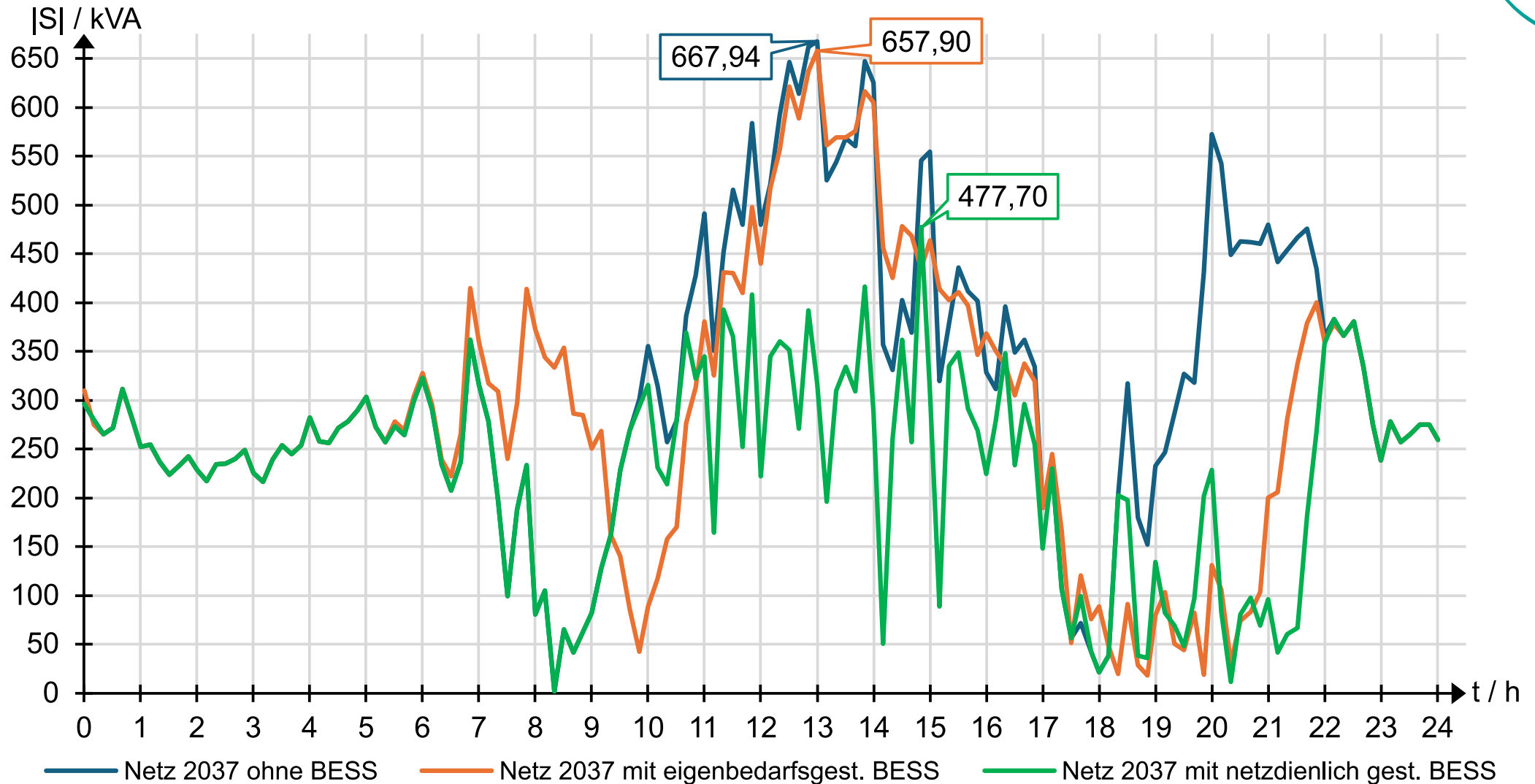
# Methodik: Ablauf der Simulationen



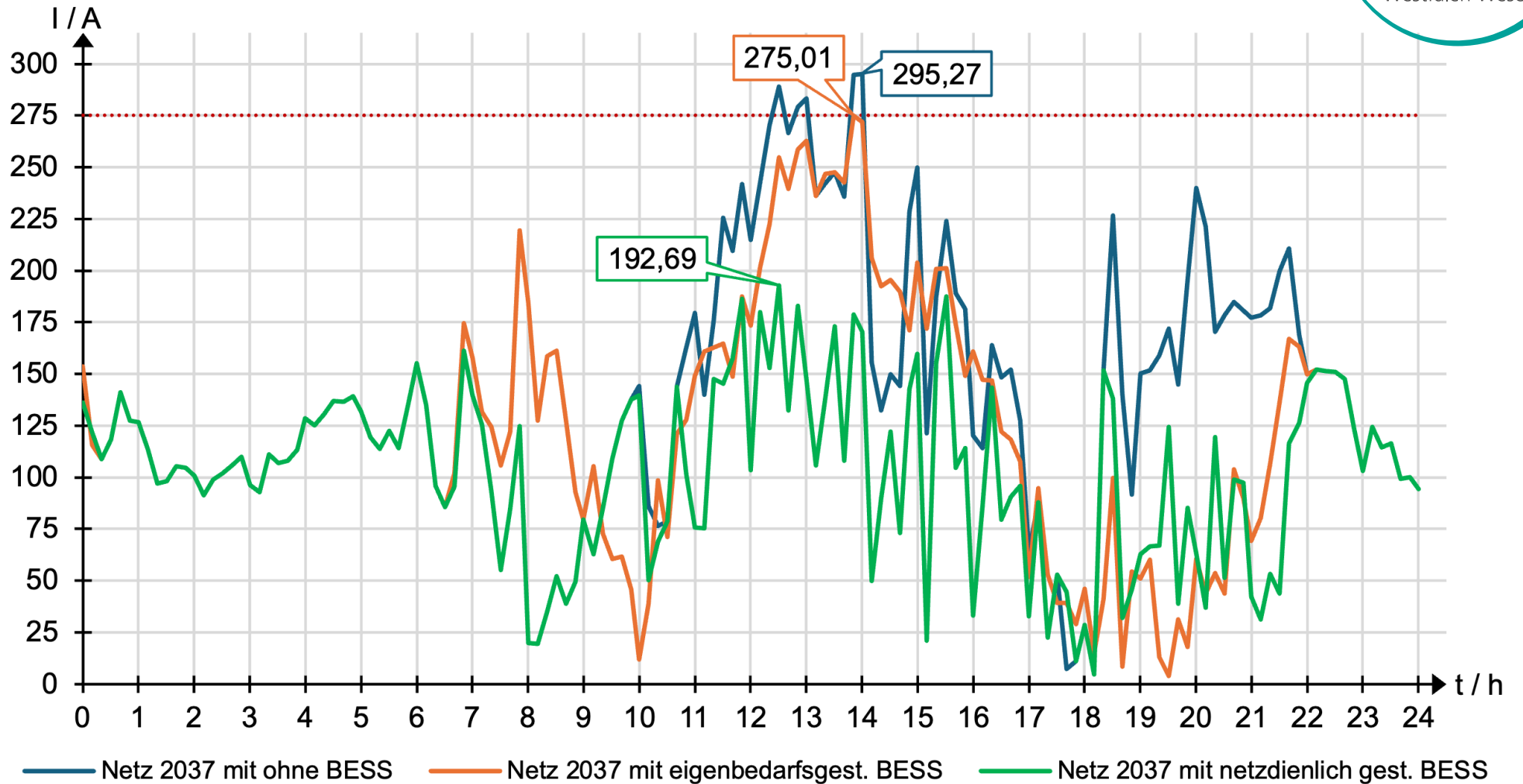
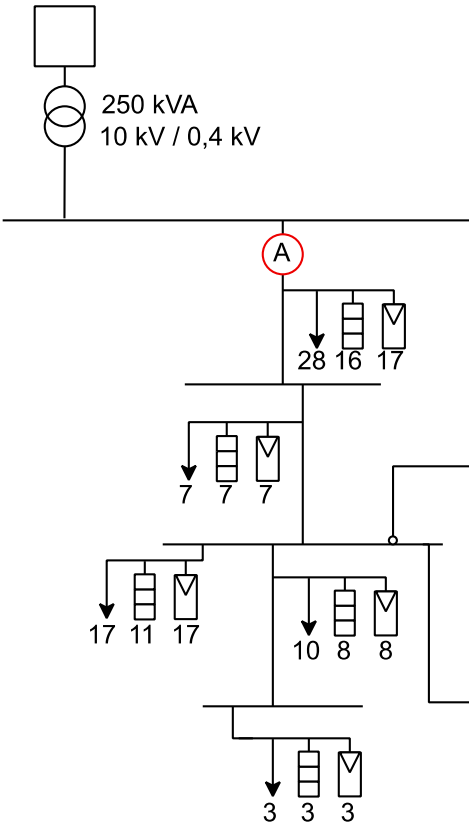
# Messergebnisse der Wirkleistung am ONT (2037)



# Messergebnisse der Scheinleistung am ONT (2037)



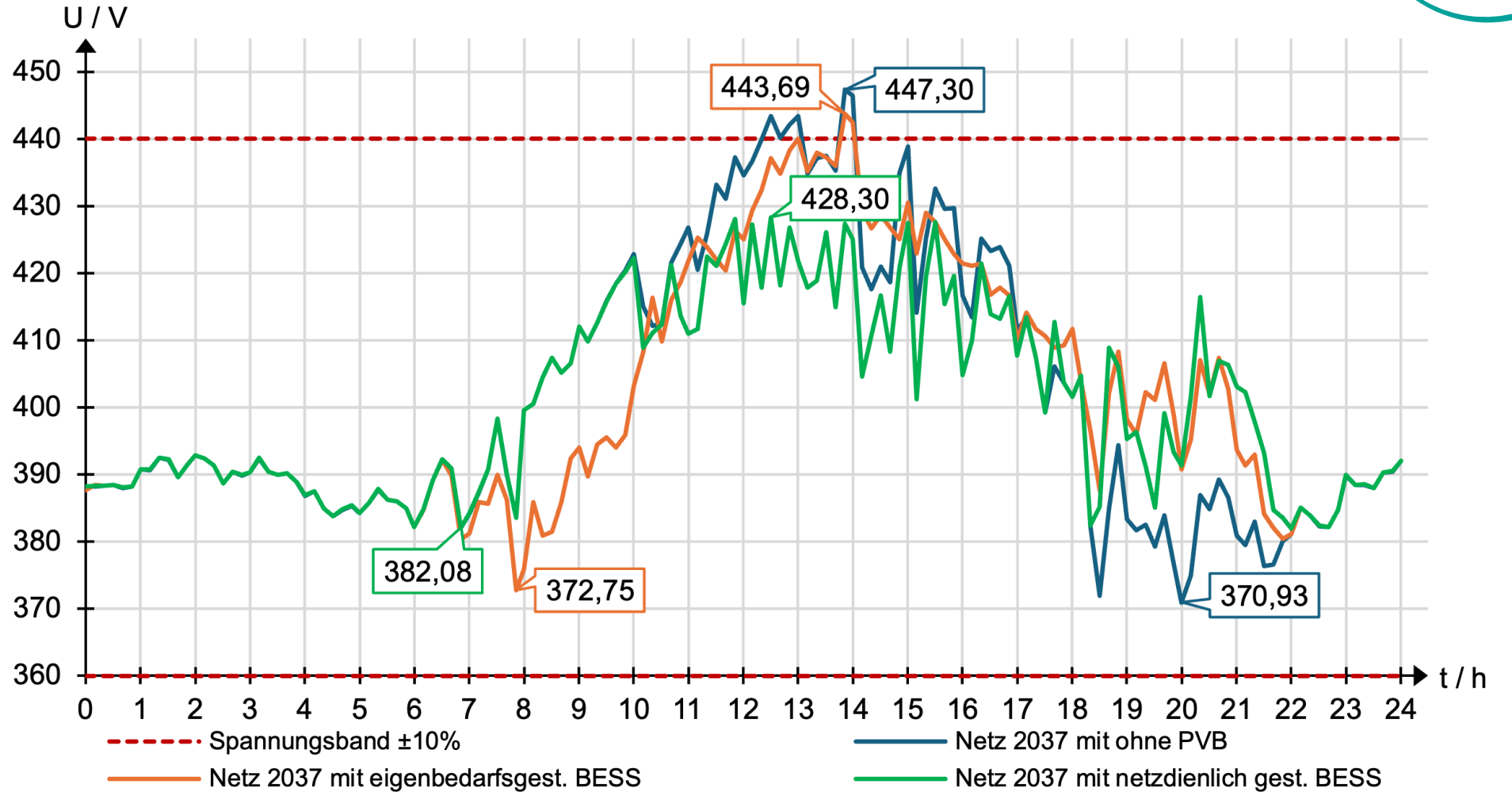
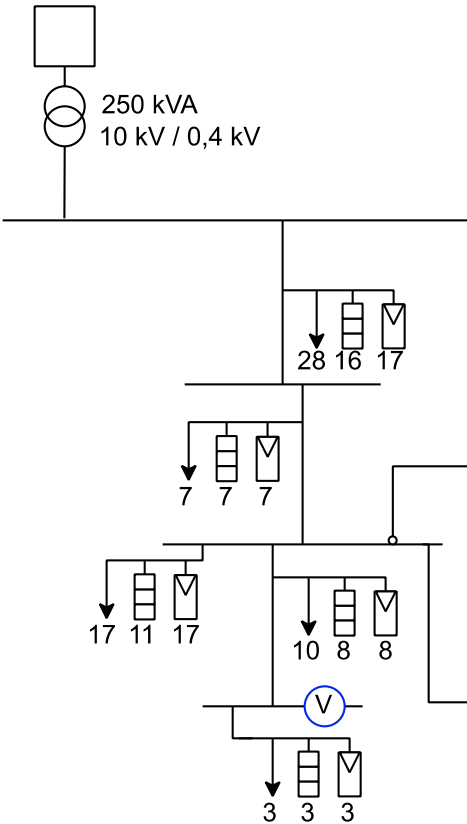
# Messergebnisse des Stroms im NS-Kabel (2037)



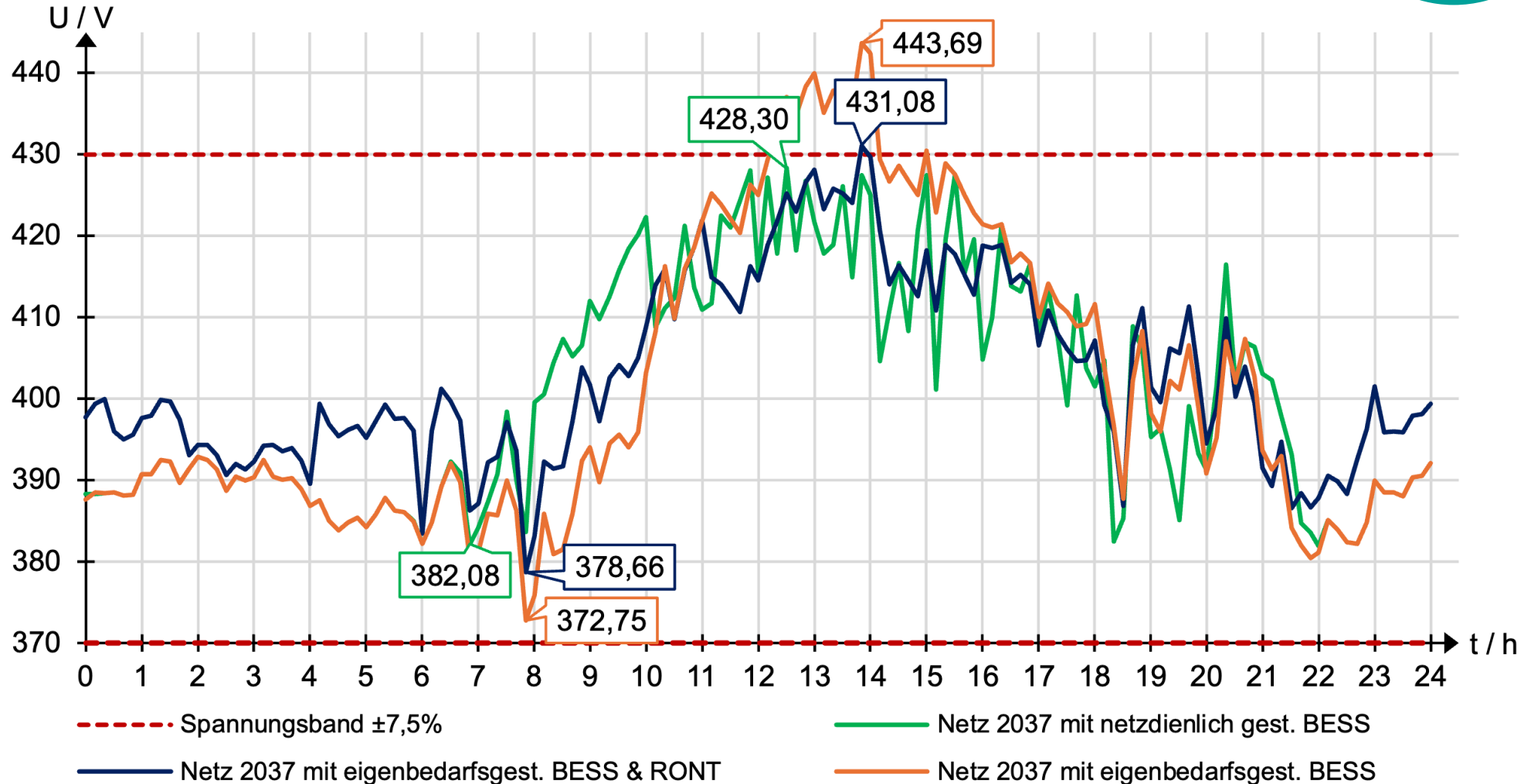
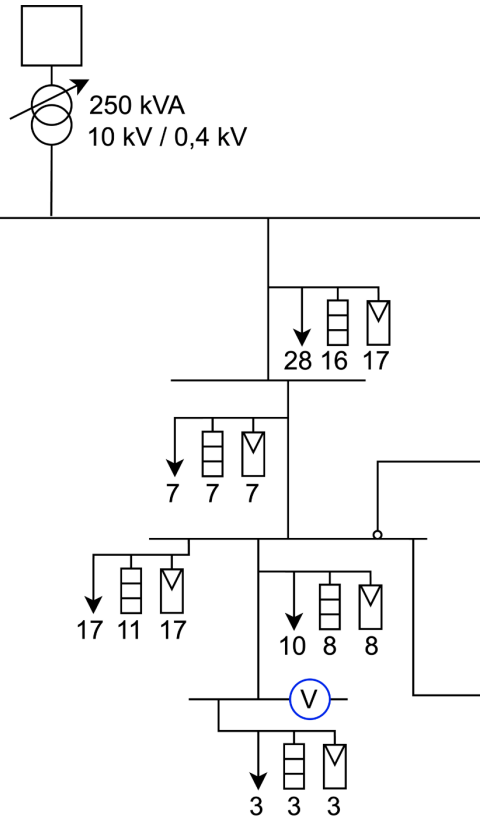
- Kabel: *NAYY 150 mm<sup>2</sup>*
- Zulässiger Maximalstrom nach DIN VDE 0298-4 [3]: 275 A



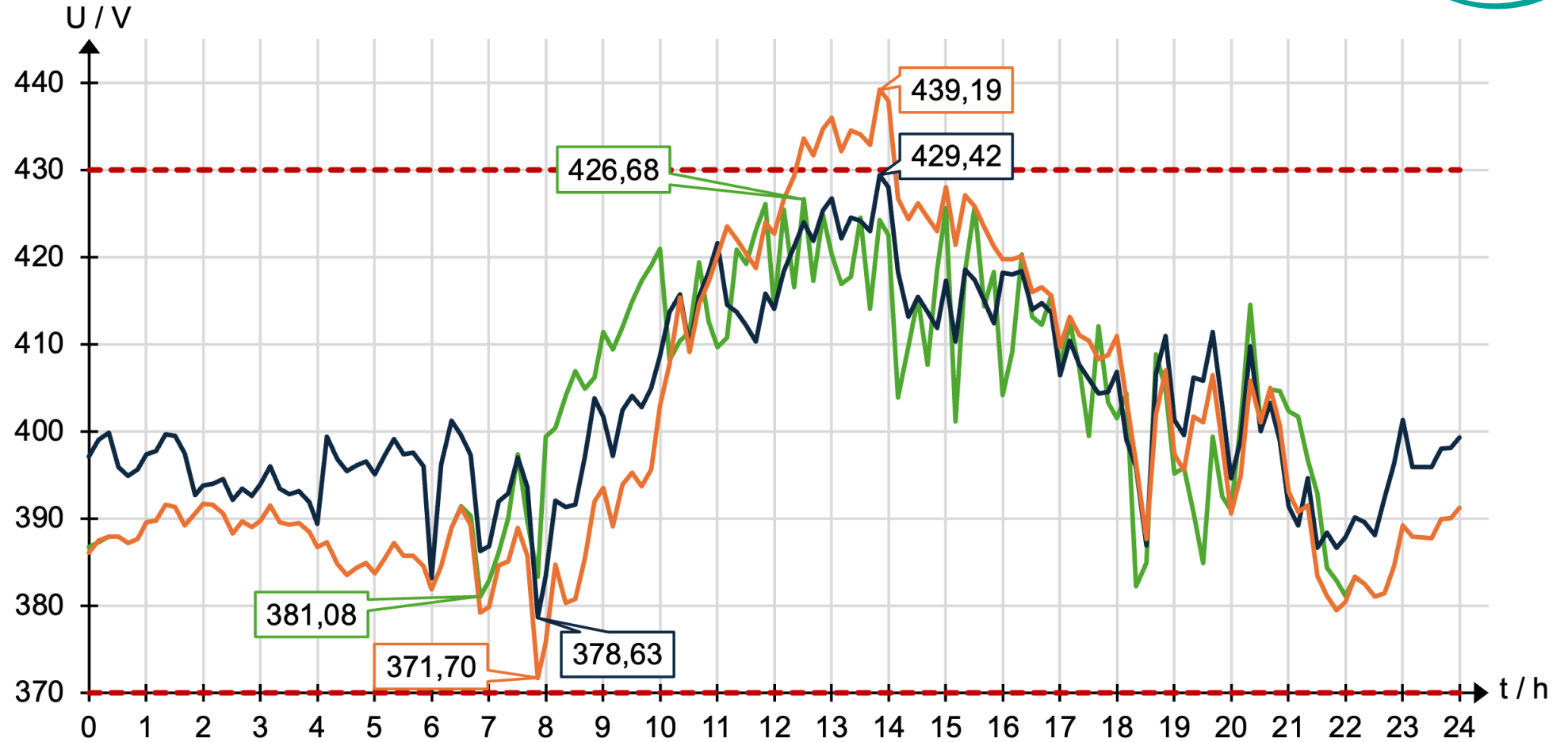
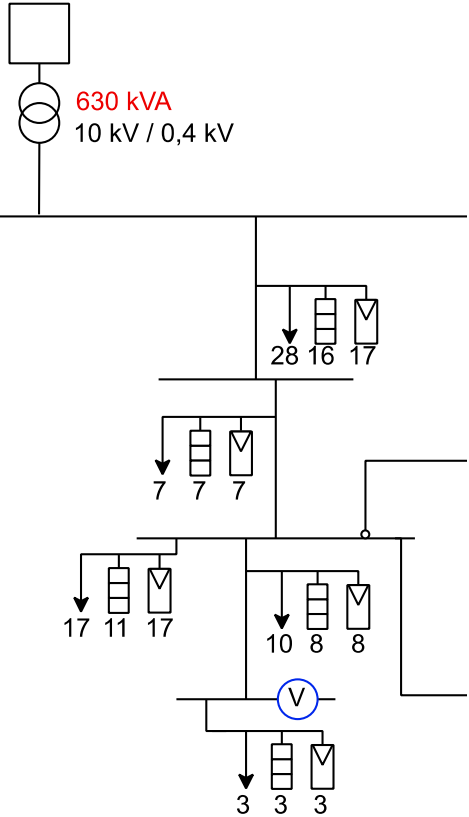
# Messergebnisse des Spannungsbandes (2037)



# Messergebnisse des Spannungsbandes (2037)



# Messergebnisse des Spannungsbandes mit 630 kVA ONT



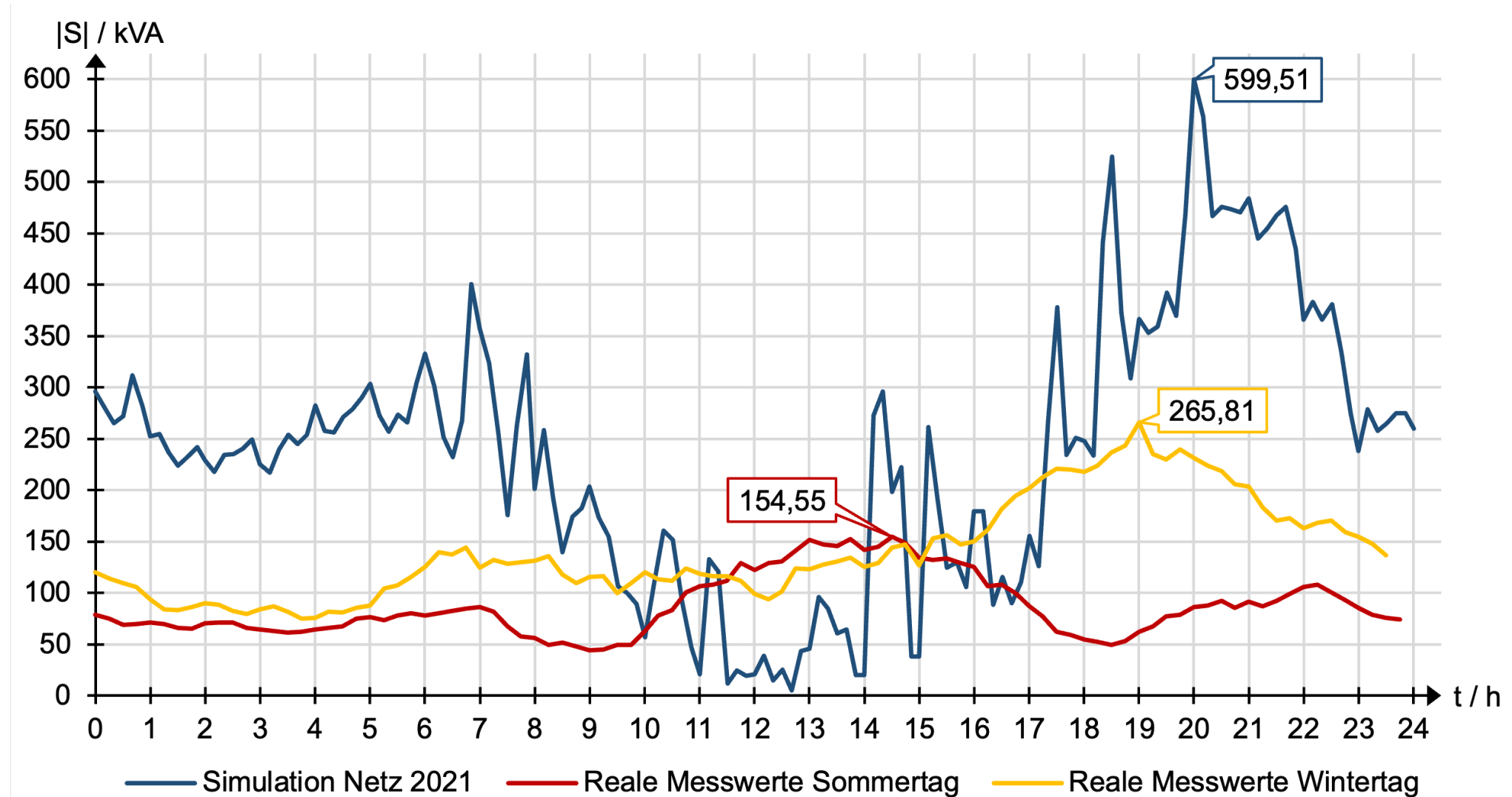
- - - Spannungsband  $\pm 7,5\%$ 
— Netz 2037 mit netzdienlich gest. BESS (630 kVA)
 — Netz 2037 mit eigenbedarfsgest. BESS & RONT (630 kVA)
 — Netz 2037 mit eigenbedarfsgest. BESS (630 kVA)

# Vergleich der Investitionskosten

Netzausbaumaßnahme in der Netztopologie 2037	Investitionskosten ohne Netzoptimierung	Investitionskosten mit Netzoptimierung
Ortsnetztransformator 630 kVA [4]	24.560 €	24.560 €
Zusatzkosten RONT [4]	15.200 €	15.200 €
NS-Kabel Neubau von 0,5 km [4]	65.000 €	/
Industrie-PC für das NS-Netz	/	800 €
<b>Summe der Investitionskosten</b>	<b>104.760 €</b>	<b>40.560 €</b>

# Fazit der Methodik

## Vergleich der Lastprofile (2021)



# Zusammenfassung und Ausblick

- Netzdienlich gesteuerte BESS können ...
  - ... einen Ausbau von NS-Kabeln vermeiden
  - ... einen Ausbau des Ortsnetztransformators teilweise verschieben
  - ... das Spannungsband positiv beeinflussen
  - ... die Investitionskosten eines Netzausbaus verringern

## Ausblick

- Simulation kann durch realitätsnähere Haushaltslastprofile verbessert werden
- Weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit für die Implementierung nötig
- Ausarbeitung eines Geschäftsmodells mit geeigneter Vergütungsstruktur nötig

# Quellen

- [1]: Nexiga im Auftrag von Westfalen Weser Netz GmbH, „Diffusionsmodul Nexiga“, 10.11.2022
- [2]: C. Kost, S. Längle, M. Muhr und T. Reuther, „Photovoltaik- und Batteriespeicherzubau in Deutschland in Zahlen,“ 2022
- [3]: DIN VDE 0298-4, „9 Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen“, 06.2013
- [4]: Westfalen Weser Netz GmbH, „Budgetplanung Netzbetriebsmittel“, 2024

# PROGRAMM

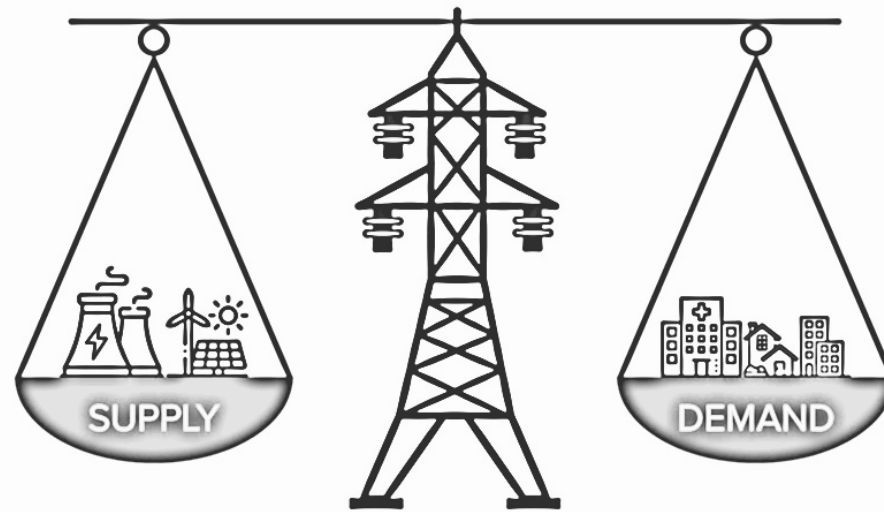
13:00 – 13:20	<b>Begrüßung und Einführung</b> <i>Prof. Jens Haubrock, HSBI</i>
13:20 – 13:40	<b>Projektergebnisse AI4DG</b> <i>Katrin Schulte, HSBI</i>
13:40 – 14:00	<b>Potenzial von Batteriespeichern zur Vermeidung von Netzausbau</b> <i>Julius Dresselhaus, WWN/HSBI</i>
<hr/>	
14:00 – 14:30	<b>Kaffeepause</b>
<hr/>	
14:30 – 14:50	<b>Storage optimization in fractal networks of tomorrow</b> <i>Hélène Schricke, Atos</i>
14:50 – 15:10	<b>Forschungspotenzial im Zuge des §13k EnWG</b> <i>Prof. Jens Haubrock, HSBI</i>
<hr/>	
Ab 15:15	<b>Abschluss mit Imbiss und Getränken</b>



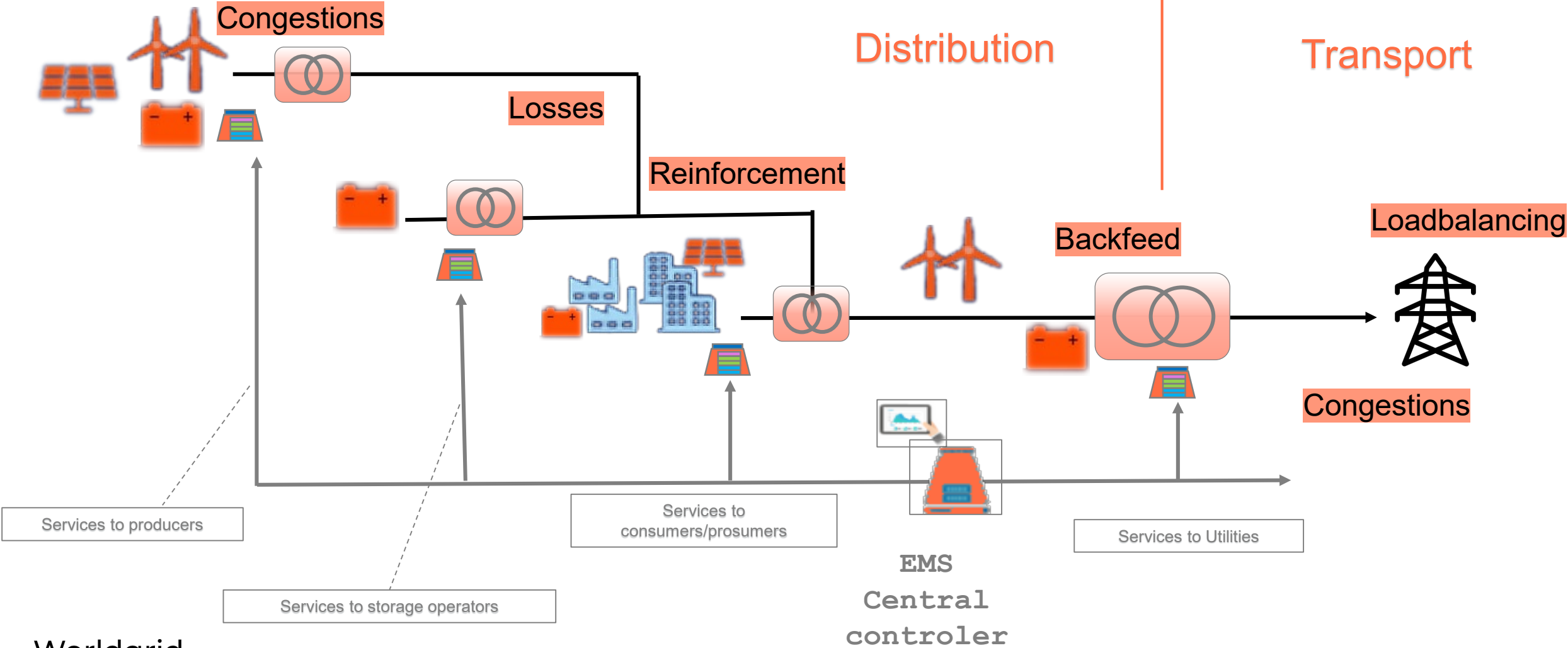
# *Storage optimization in fractal networks of tomorrow*

*A challenge for Network flexibility and Renewable expansion*

# Network flexibility: a challenge for the expansion of renewables

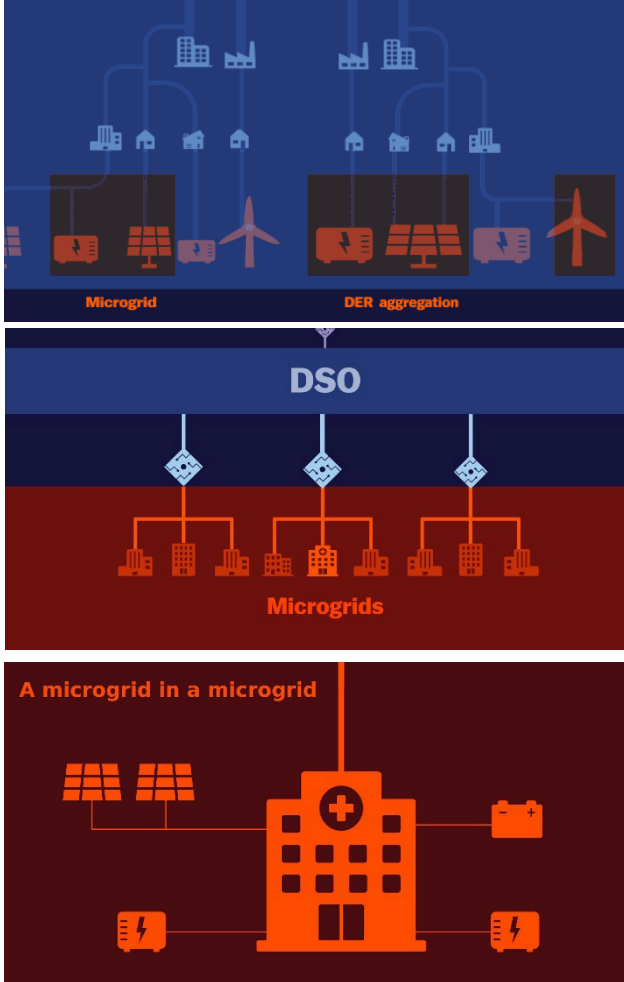


# Issues related to the integration of renewable energies into the network



# Fractal network management to deliver flexibility

## Next-generation of smart grids



- Distributed storage (stationnary or not)
- New paradigms:
  - Positive Energy Neighborhoods
  - Microgrids, mini-grids
  - Multi-energy systems
- REN Aggregation / Virtual Power Plant :
  - Decentralized network management
  - System of systems approach

**=> Fractal architecture**

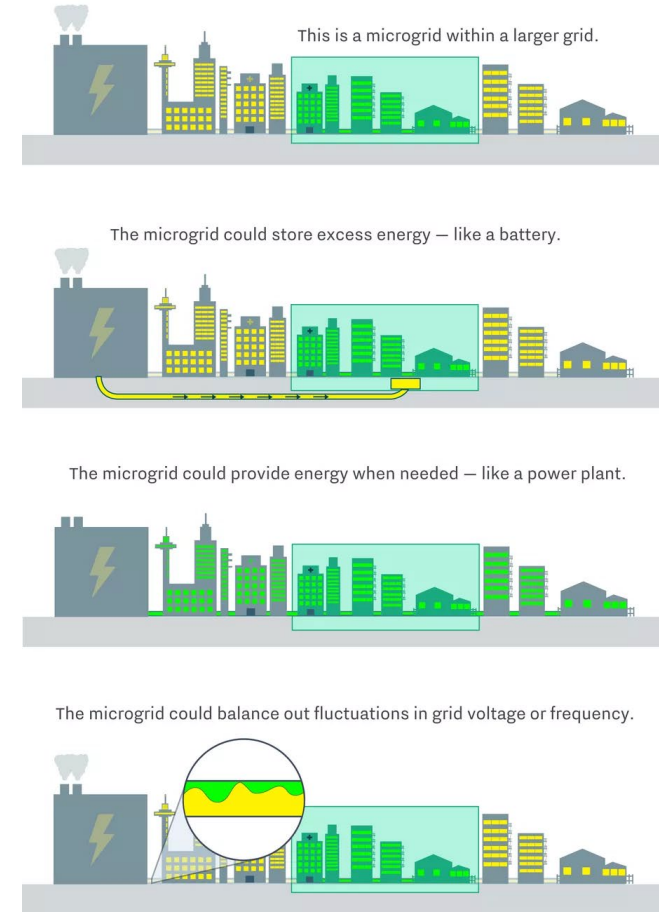
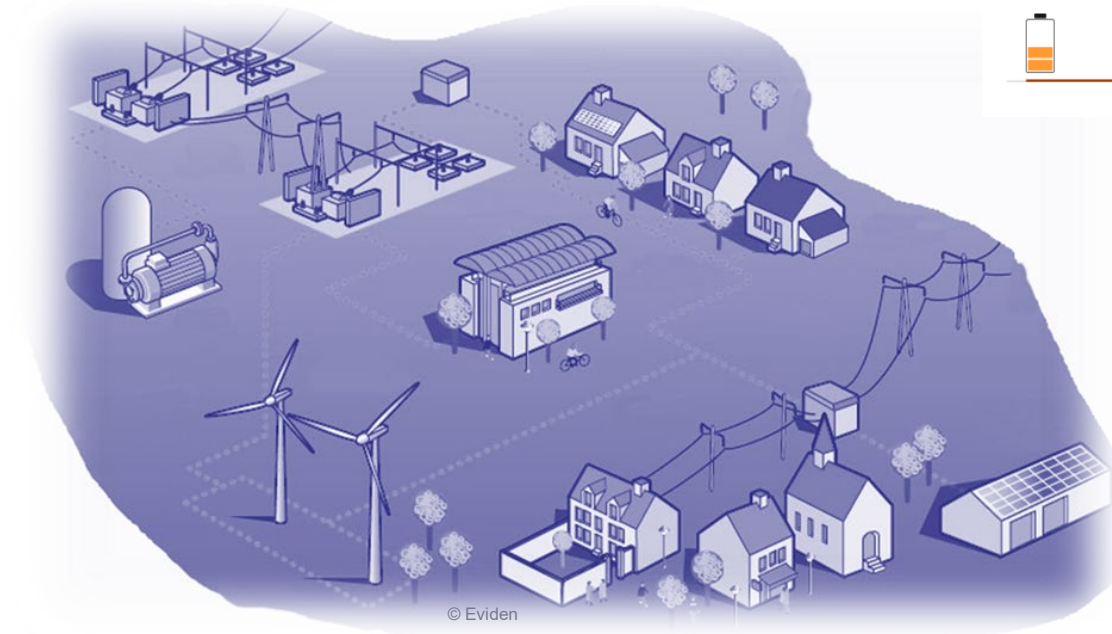
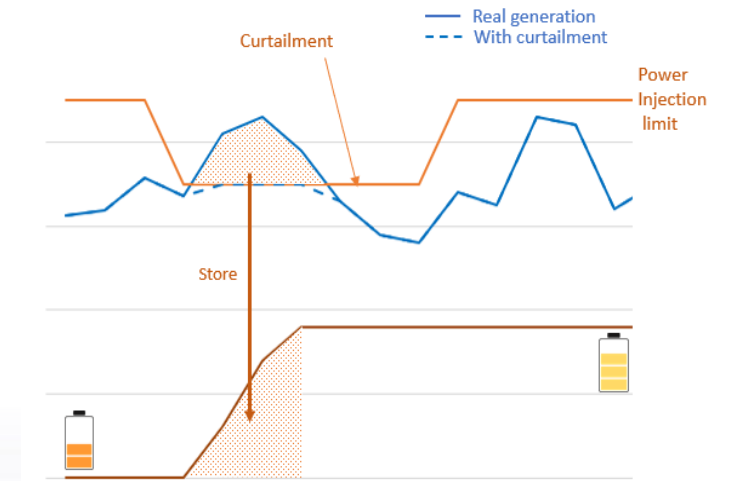
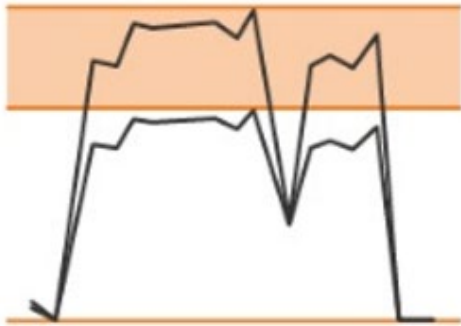


Image © David Roberts for Vox

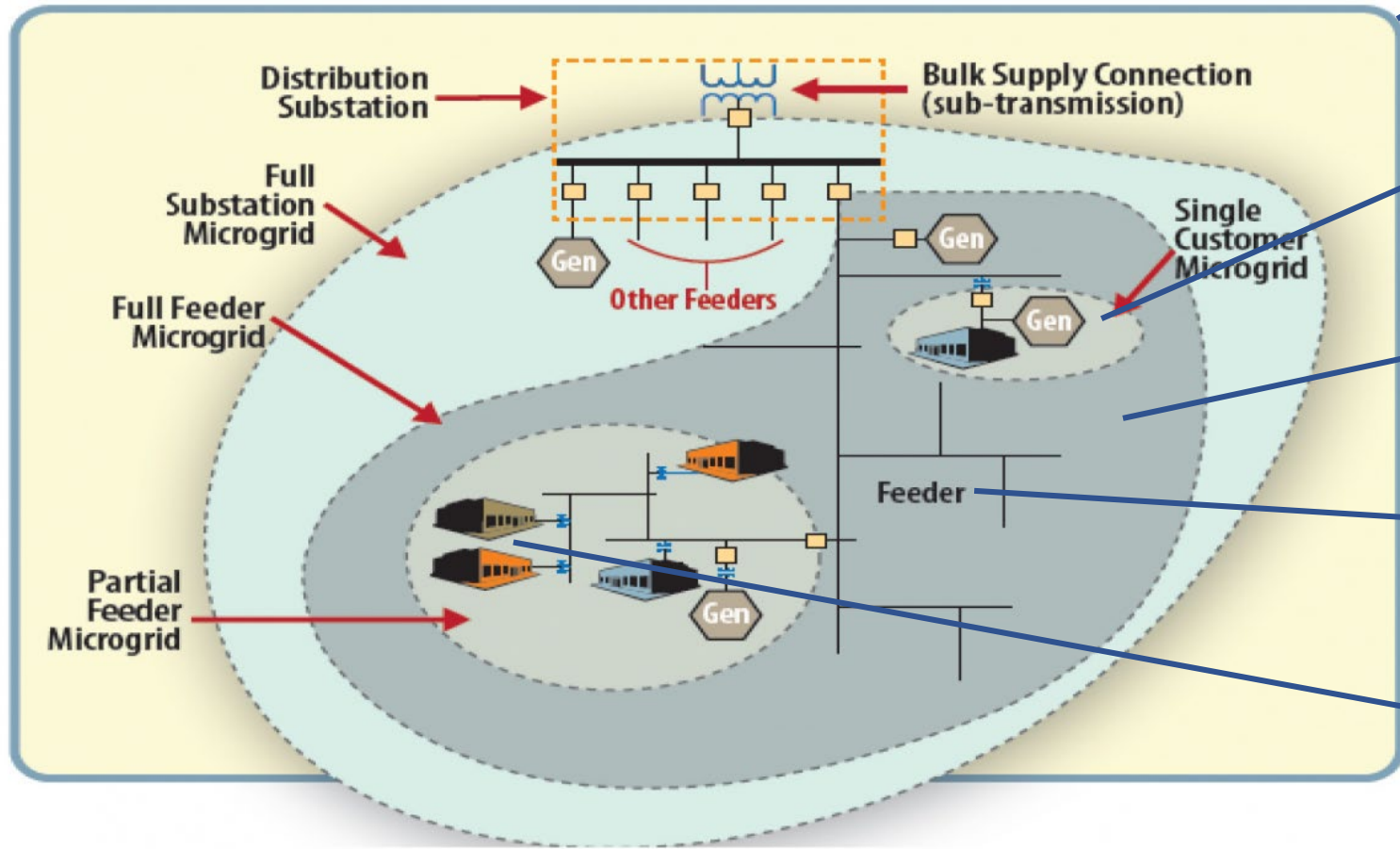
# Maximizing the potential of batteries at microgrid level

- Maximize the consumption of local production and optimize flows
  - => backfeed limitation
  - => Reduction of technical losses
- Reduce production and consumption peaks
- Reduce power levels at injection points
  - ⇒ reduction of congestion
  - ⇒ postponement of reinforcement investments



# Fractal network

Connected renewable : 209MW  
 Peak load : 70MW  
 2022



Monitoring : ADMS

SG CAPITOLE

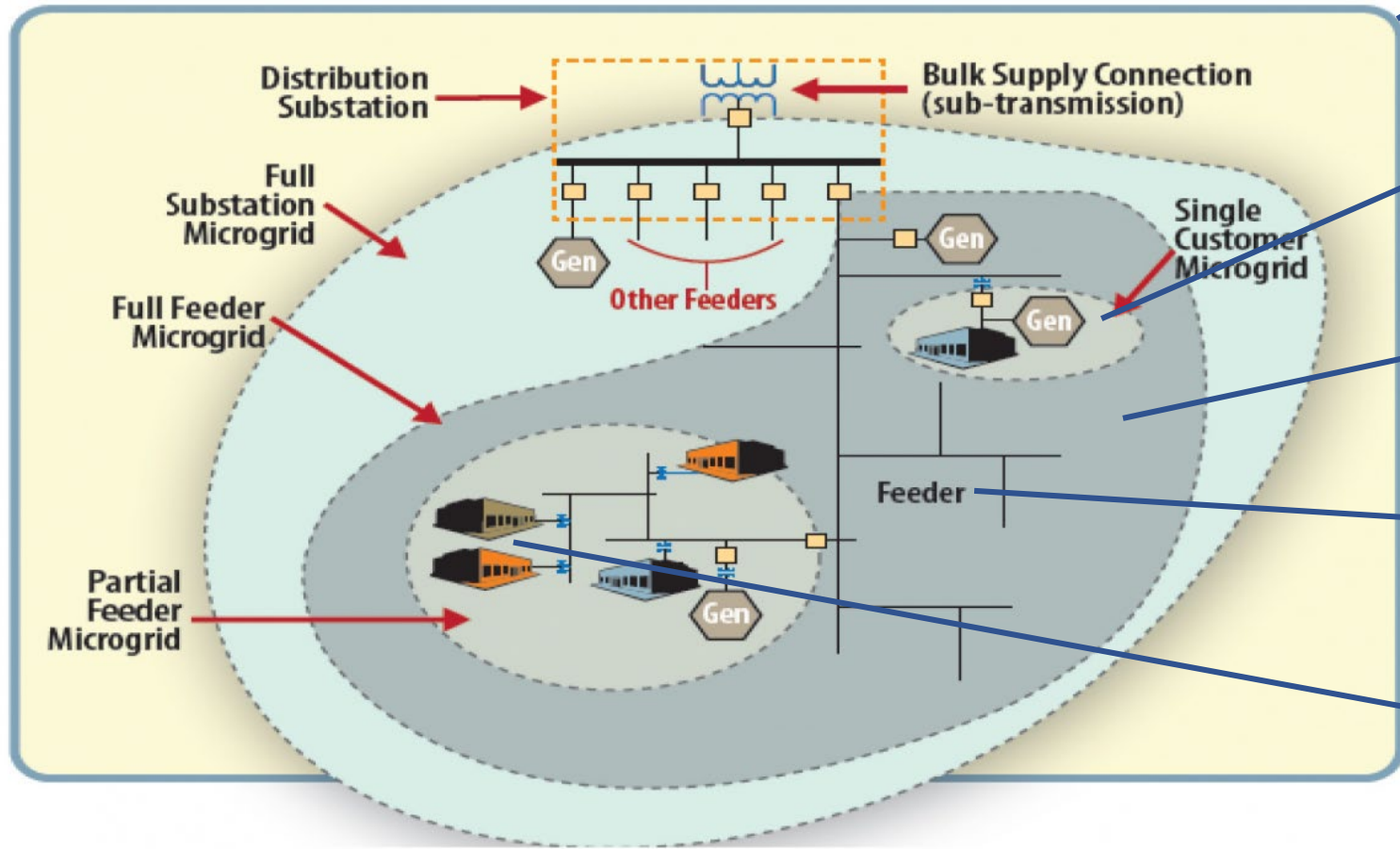
Grid Optimisation (storage)

Grid Efficiency

Smart Meters

# Fractal network

Connected renewable : 209MW  
 Peak load : 70MW  
 2022



Monitoring : ADMS

SG CAPITOLE

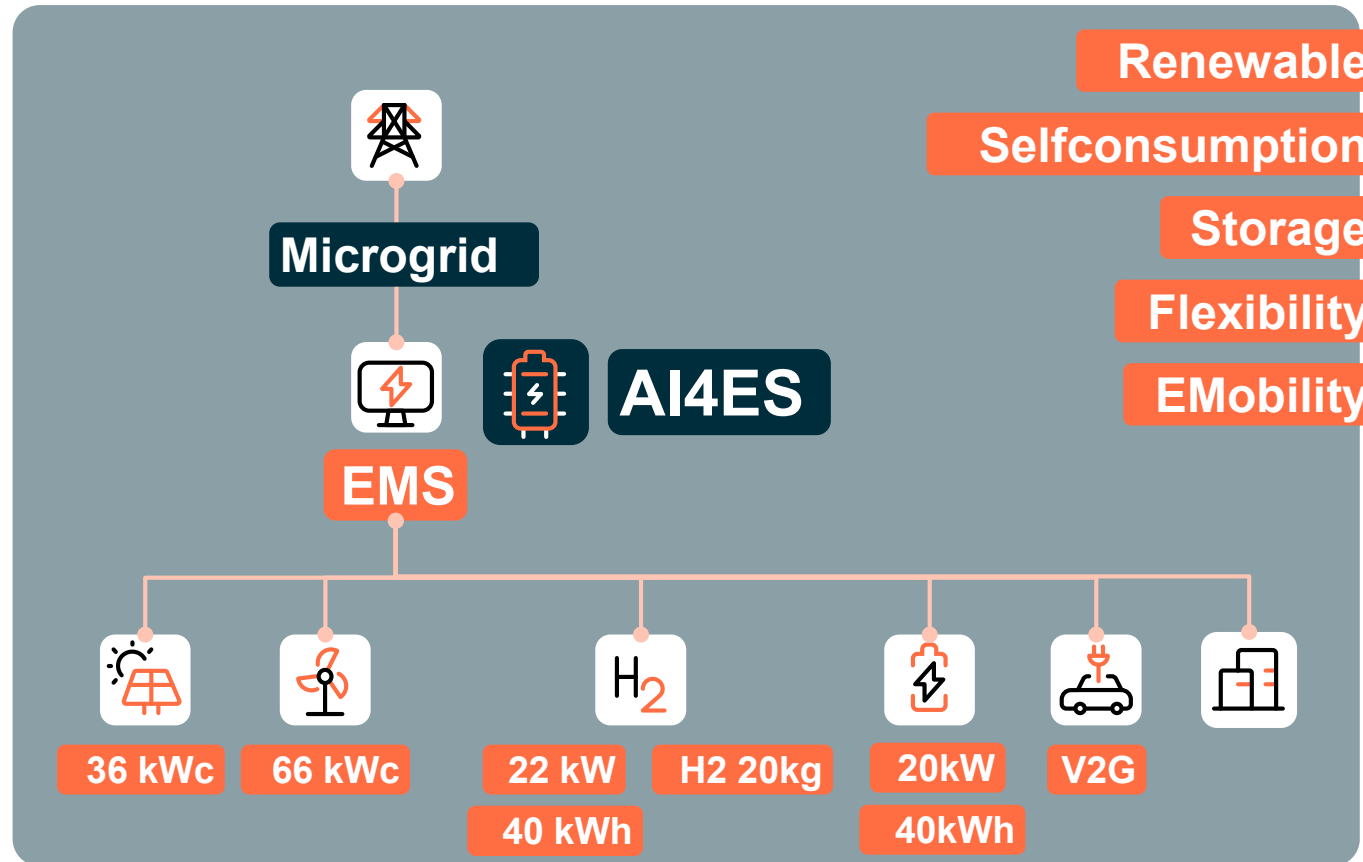
Grid Optimisation (storage)

Grid Efficiency

Smart Meters

# AI for energy storage: Capitoile project

Testing the building blocks of future networks



Manage flexibility to maximize self-consumption  
Islanded capacity tests  
AI4ES to optimize energy management (EMS) based on:

- Production,
- consumption and storage forecast
- Energy optimization plan
- Real time management



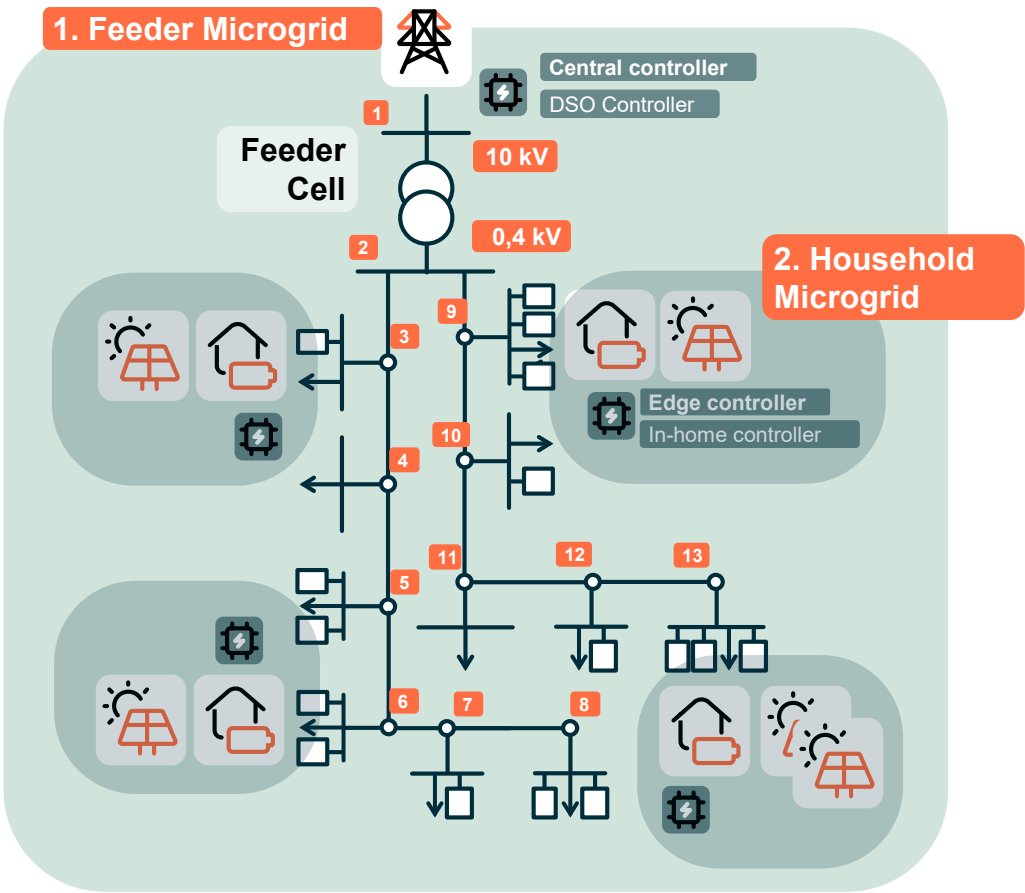


# Production and self consumption of the site



# AI for Energy Storage : Microgrid project in Germany

## Optimization-based control of distributed BSS to reduce backfeedback power in WWN network area



anr<sup>®</sup>  
agence nationale  
de la recherche

UGA  
Université  
Grenoble Alpes

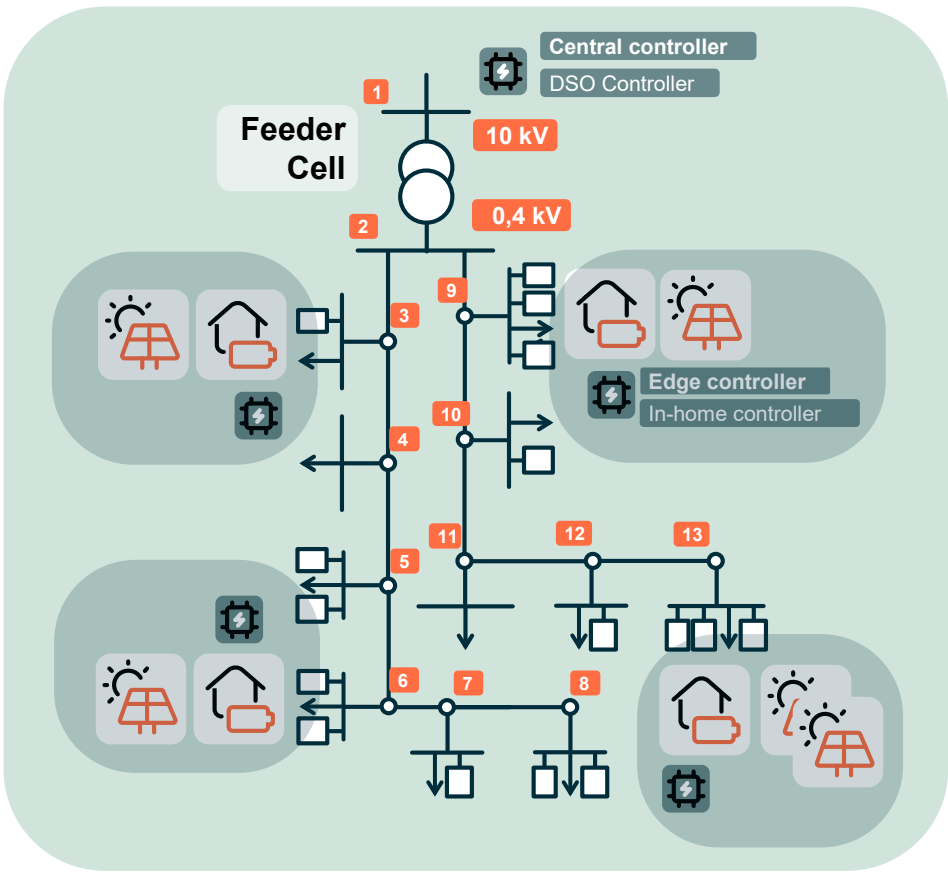
Universität  
Bielefeld

Worldgrid  
an Eviden business

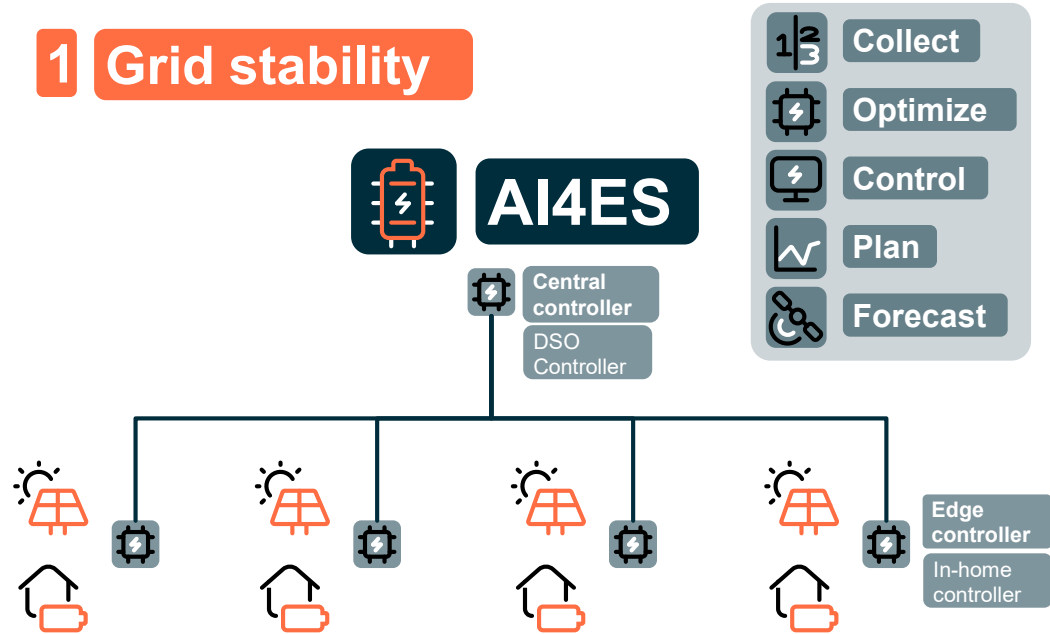
WWNetz  
Smart Grids

# AI for Energy Storage : Microgrid project in Germany

## Optimization-based control of distributed BSS to reduce backfeedback power in WWN network area



### 1 Grid stability



### 2 Selfconsumption

anr<sup>®</sup>  
agence nationale de la recherche

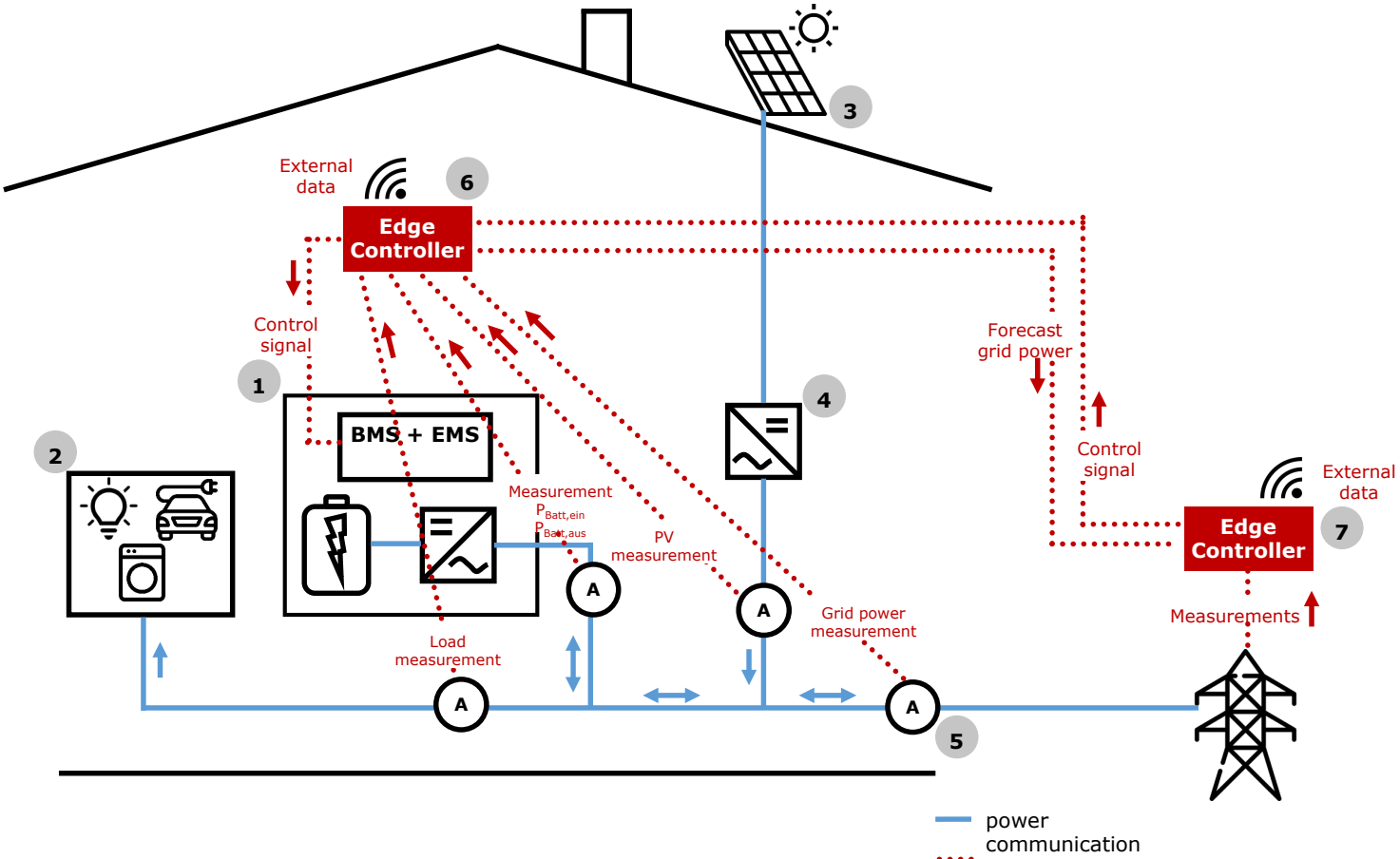
UGA  
Université Grenoble Alpes

Universität Bielefeld

Worldgrid  
an Eviden business

WWNetz  
Smart Grids

# Zoom inside the house



# Household self consumption Energy management

Battery :

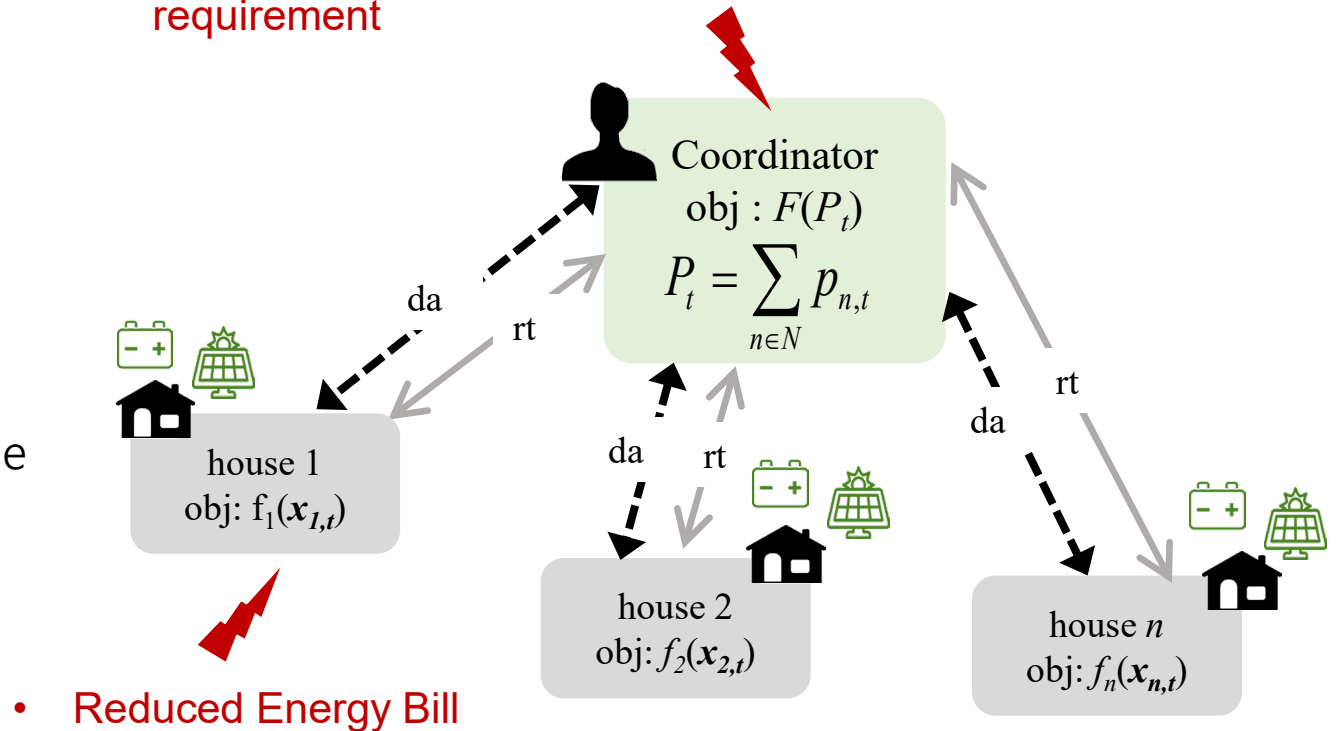
- 10 kWh / 10,6 kW



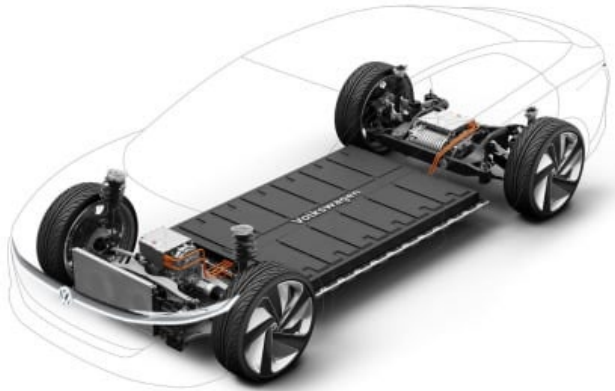
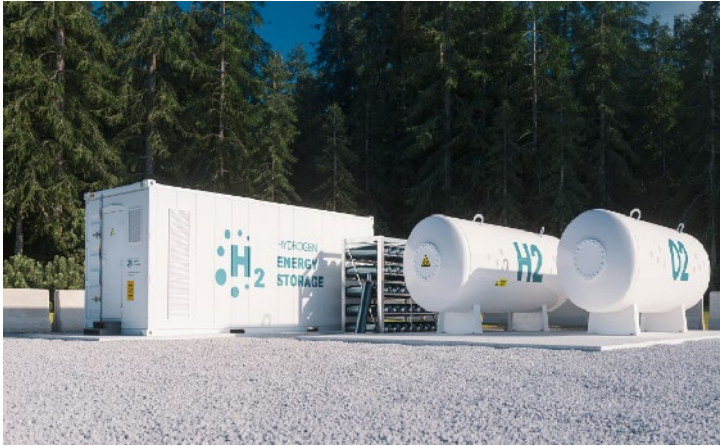
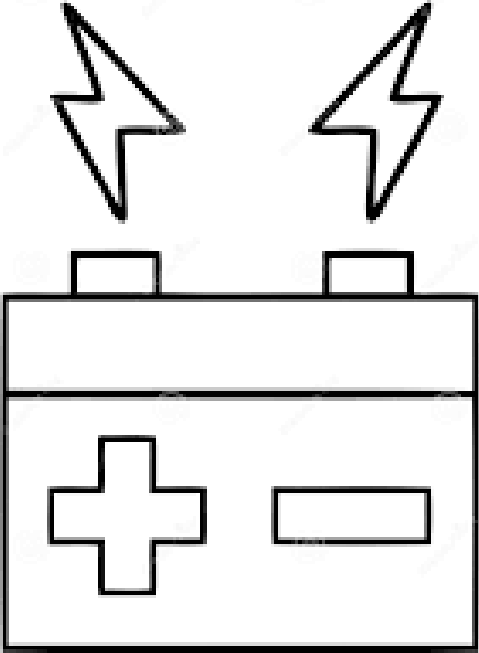
# Fractal Management Strategy

- Controls of resources « behind the meter » :
  - Privacy by design – third party assets.
  - Need for coordination strategy.
  - Account for global and local objectives.
- Look-Ahead Phase :
  - Every 2 hours : schedule of the controls – 30 min resolution.
  - Smooth the overall power profile at the coordination level.
  - Algorithm with successive optimizations at the coordinator and users' levels until convergence.
  - Contribution of every users within their capabilities.

- Peak shaving to reduce backfeed
- Smooth aggregated power → less losses, and equipment ageing
- Minimum deviation with schedules → less reserve requirement



# Storage for the sustainable development of electrical systems



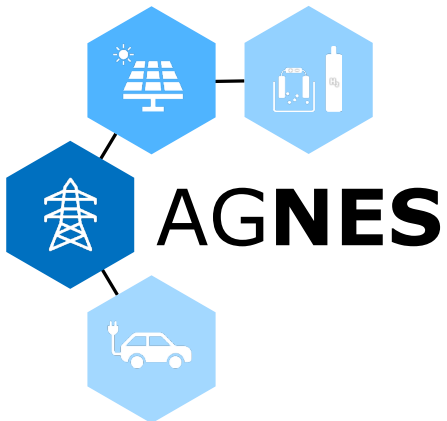
Worldgrid  
an Eviden business



Confidential information owned by Eviden SAS, to be used by the recipient only. This document, or any part of it, may not be reproduced, copied, circulated and/or distributed nor quoted without prior written approval from Eviden SAS.

© Eviden





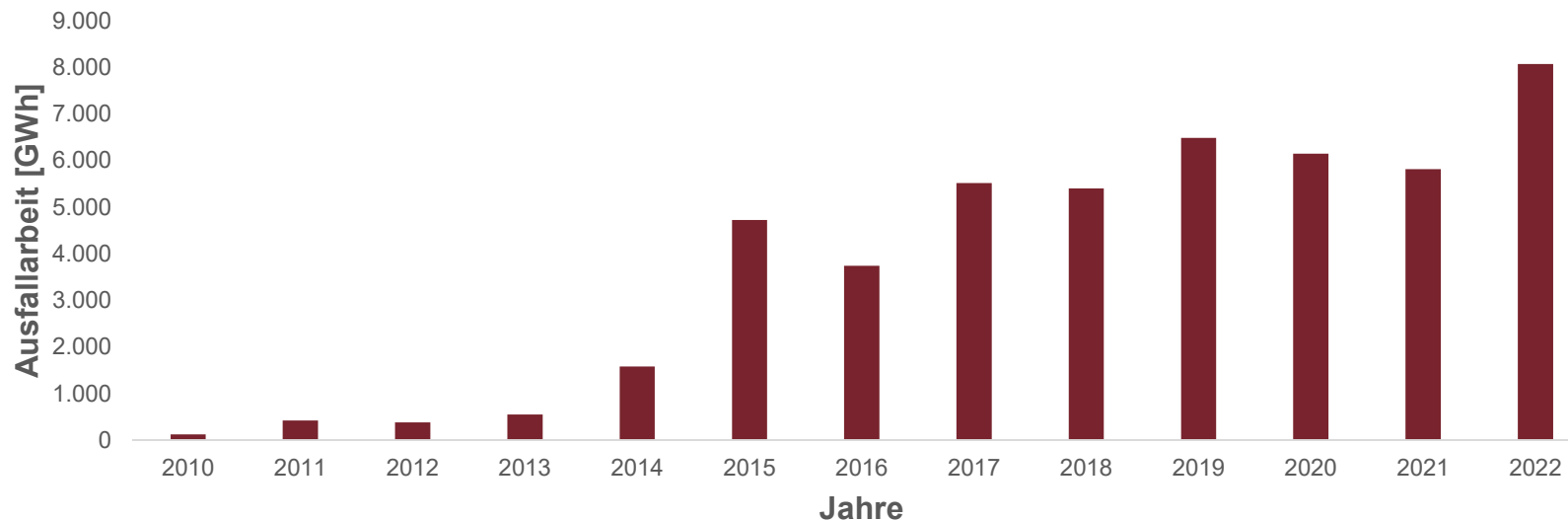
Forschungspotenzial im Zuge  
des § 13k EnWG  
Prof. Dr.-Ing. Jens Haubrock



# NETZENG PÄSSE

- EE-Abregelung durch Netzengpässe nimmt zu
  - 70 % (5.682 GWh) der Abregelungen von EE im gesamten Jahr 2022 erfolgten aufgrund von Engpässen im Übertragungsnetz.
  - Die restlichen 30 % (2.389 GWh) der Abregelungen sind in den Verteilernetzen verursacht worden. [Bt23]

Entwicklung der Ausfallarbeit durch Abregelung der EE-Stromeinspeisung in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2022 [St23]



[St23]

# NETZENGPÄSSE

## ■ Lösungsstrategien gegen Netzengepässe

■ Auf Übertragungsnetzebene und 110kV Verteilnetzebene:

EnWG §13k

■ Auf Verteilnetzebene:

EnWG §14a

[St23]

## § 13K

(1) Um eine Reduzierung der Wirkleistungserzeugung von Anlagen nach § 3 Nummer 1 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes wegen strombedingter Engpässe zu verringern, müssen Betreiber von Übertragungsnetzen mit Regelzonenverantwortung berechtigten Teilnehmern nach Maßgabe der Absätze 2 bis 7 ab dem 1. Oktober 2024 ermöglichen, **Strommengen in zusätzlichen zuschaltbaren Lasten zu nutzen.**

- Die ÜNB bestimmen am Vortag die stündlichen Strommengen, die wegen strombedingter Engpässe reduziert werden müssen.
- Ab dem 1.10.2024 kann für eine zweijährige Probephase die Abregelungsstrommenge durch ein vereinfachtes pauschalisiertes Zuteilungsverfahren bestimmt werden

[BJ22]

# ANFORDERUNGEN ZUSCHALTBARE LASTEN

- Stromverbräuche müssen:
  - in ihrer Fahrweise flexibel sein
  - zur Transformation zu einem treibhausgasneutralen, zuverlässigen, sicheren und bezahlbaren Energieversorgungssystem beitragen
  
- Sicherstellen der Zusätzlichkeit des Stromverbrauchs der zuschaltbaren Lasten
  - Drei Segmente in denen mit hinreichender Gewissheit von einem zusätzlichen Stromverbrauch ausgegangen werden kann
    1. Die Substitution fossiler Wärmeerzeugung durch elektrische Wärmeerzeugung (E-Heizung, auch aggregiert aus NS Anlagen)
    2. Der Einsatz netzgekoppelter Speicher (BES die ausschließlich zu reglungszwecke errichtet werden)
    3. Neu zu errichtende Elektrolyseure und Großwärmepumpen mit einer elektrischen mindestleistung von 100kW

[BNA24]

# PROGNOSE DER ABREGELUNGSSTROMMENGE

- Verwendung von **Netzzustandsprognosen** basierend auf Kraftwerkseinsatz, Netzlast und erneuerbarer Energieerzeugung.
- Berücksichtigung der Netznutzung im kontinentaleuropäischen Verbundnetz.
- Bestimmung der **Höhe der Abregelungsstrommenge**:
  - Simulation des deutschen Redispatcheinsatzes unter Einbeziehung von Entlastungsanlagen und Netzzustandsprognosen.
  - Priorisierung von Entlastungsanlagen vor der Abregelung von erneuerbaren Energien.
- **Sicherheitsabschlag**:
  - Einführung eines Sicherheitsabschlags aufgrund von Prognoseunsicherheiten.
  - Anwendung je nach Entlastungsregion mit erwarteten Abschlägen von 30-50%.
  - Geplante Analyse von Unsicherheiten während der Erprobungsphase zur Ermittlung transparenter Abschlagsverfahren.

[Nt24]

# UMSETZUNGSKONZEPT DER ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER

- Jede Anlage, die für die Teilnahme am 13k-Instrument registriert werden soll, muss als eine Entlastungsanlage definiert sein. Dafür muss die Anlage
  - beim Zeitpunkt des Antrags zur Registrierung bereits eine erfolgreiche Inbetriebnahme absolviert haben,
  - geographisch in einer Entlastungsregion liegen,
  - einen Anschluss im Netz der allgemeinen Versorgung haben,
  - in ihrer Fahrweise flexibel sein (steuerbar und nicht lastprofilgebunden)
  - eine installierte elektrische Nennleistung von  $\geq 100$  kW aufweisen
  - und nicht Gegenstand einer vertraglichen Vereinbarung nach § 13 Abs. 6a EnWG zwischen Betreiber und ÜNB sein.

[Nt24]

# GEOGRAPHISCHE AUSWEISUNG DER ENTLASTUNGSREGIONEN

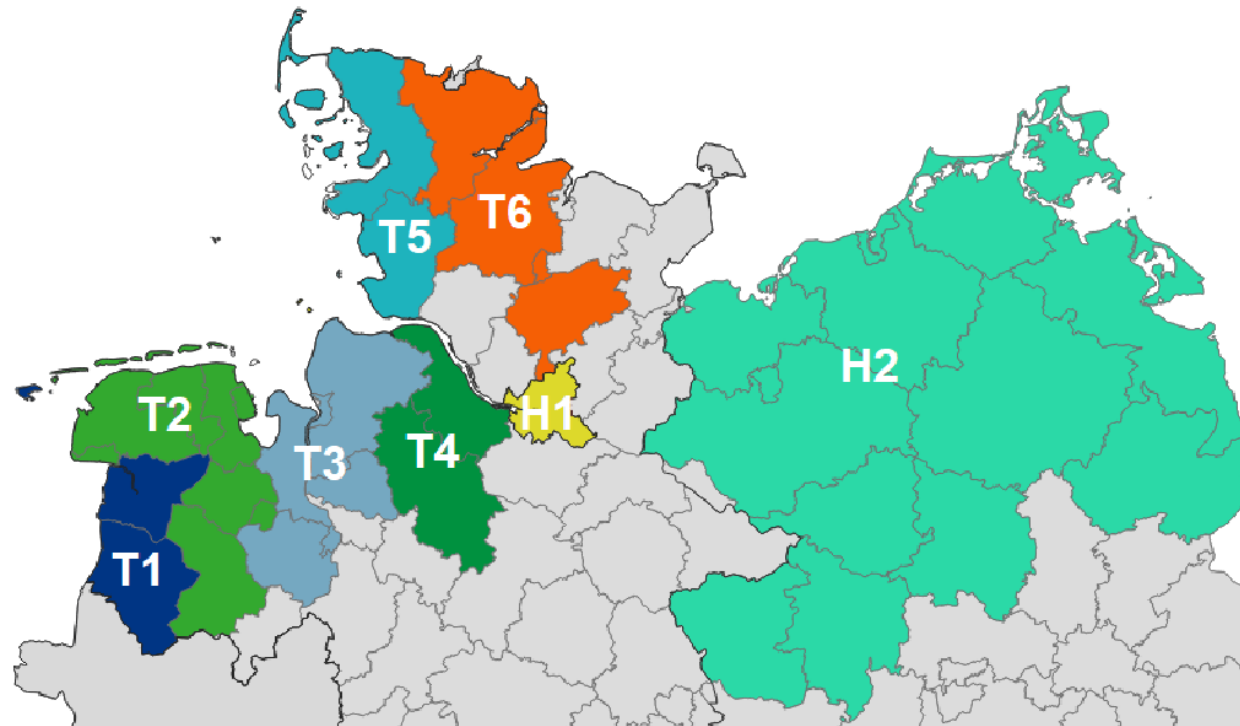


Abbildung 3: Darstellung von ÜNB-Entlastungsregionen für die Erprobungsphase

[Nt24]



# KLEINENTLASTUNGSANLAGEN

- Entlastungsanlagen, die eine installierte elektrische Nennleistung von kleiner 100 kW aufweisen
- Müssen innerhalb derselben Entlastungsregion als Entlastungsgruppe zusammengefasst werden
  - Die Summe der installierten Nennleistung aller Teilnehmer einer Entlastungsgruppe muss größer 100 kW sein

[Nt24]

## § 14A

Netzorientierte Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen

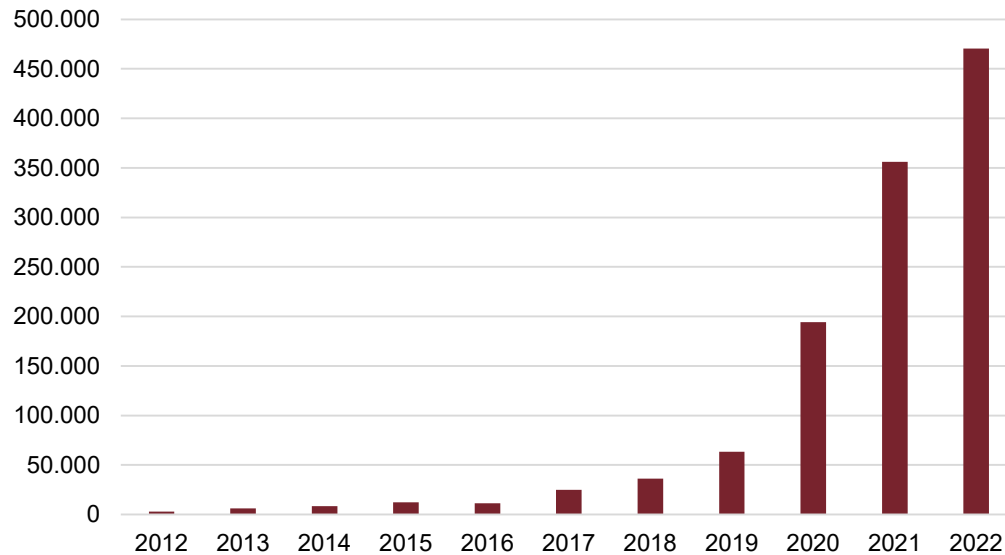


- Als steuerbare Verbrauchseinrichtungen im Sinne von Absatz 1 und 2 gelten insbesondere Wärmepumpen, nicht öffentlich-zugängliche Ladepunkte für Elektromobile, Anlagen zur Erzeugung von Kälte oder zur Speicherung elektrischer Energie und Nachtstromspeicherheizungen.

[BJ22]

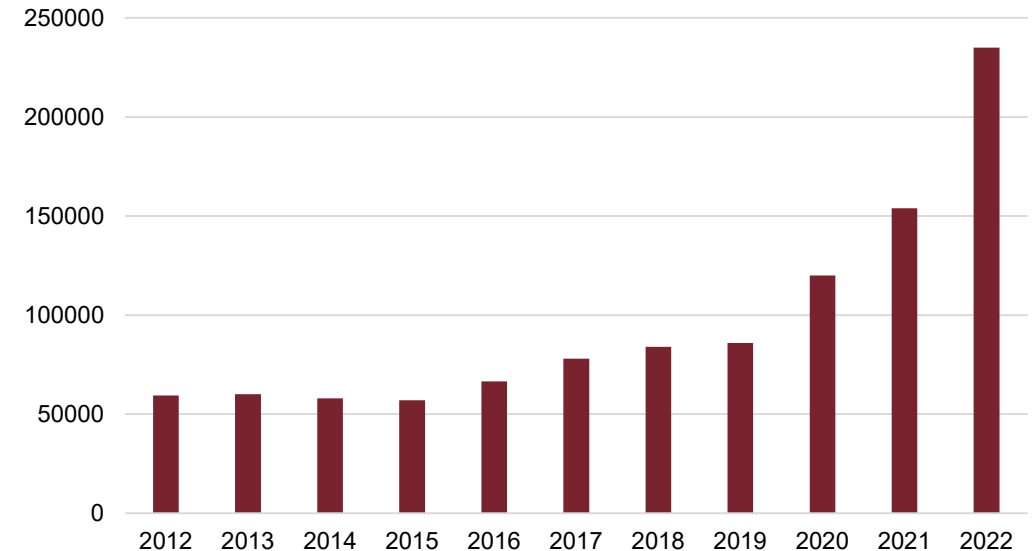
# PROBLEME DER SEKTORENKOPPLUNG FÜR VNB

Anmeldezahlen Elektrofahrzeuge



Quelle: Kraftfahrtbundesamt

Verkaufszahlen Heizungs-Wärmepumpen



Quelle: Bundesverband Wärmepumpe

- Federal government forecast: 15 million electric vehicles by 2030

Quelle: Koalitionsvertrag aktueller Bundesregierung

Erneuerbare Energien

**Habeck will 500.000 Wärmepumpen jährlich**

Stand: 29.06.2022 16:27 Uhr

Quelle: Title Tagesschau.de

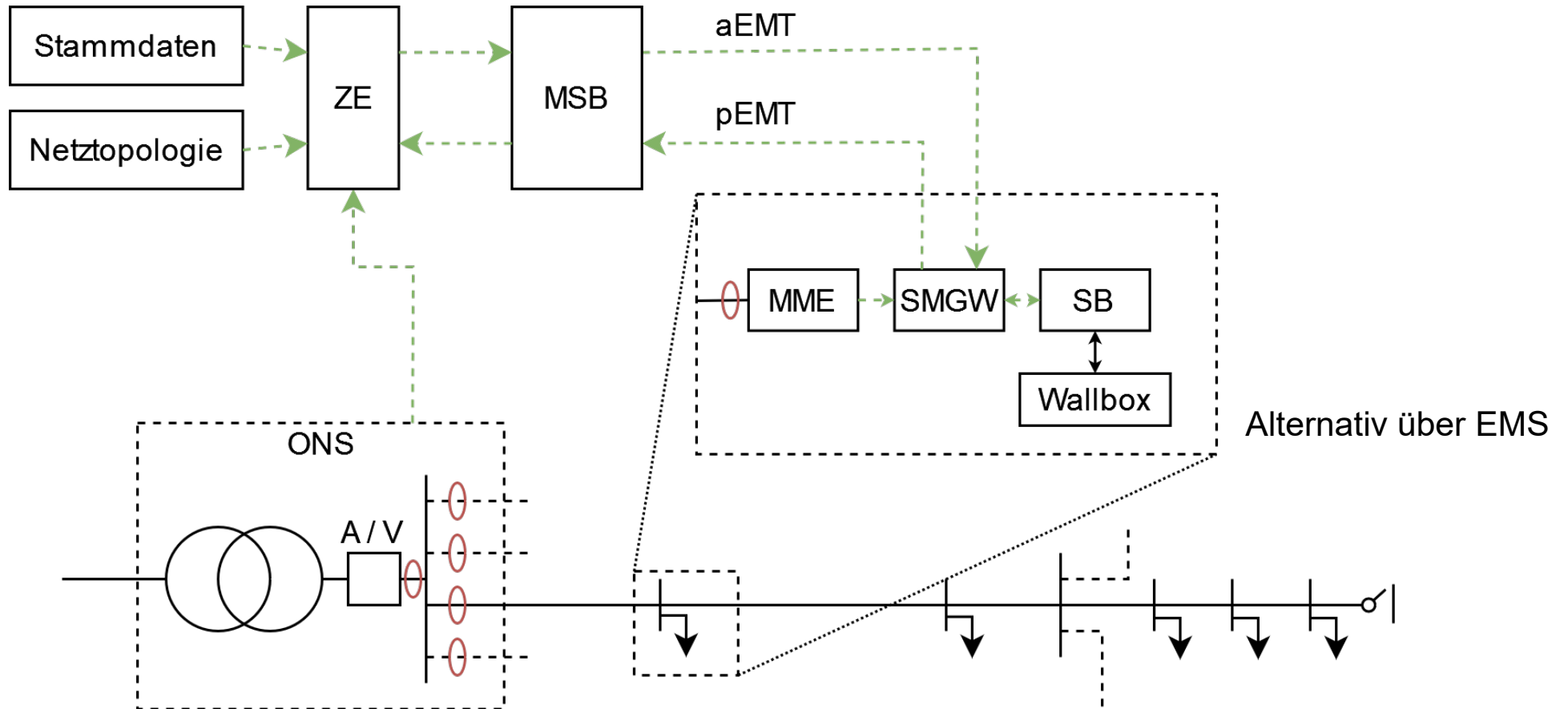
# STEUERBARE VERBRAUCHSEINRICHTUNGEN

- Zu den Steuerbaren Verbrauchseinrichtungen in NS (SteuVE) mit mehr al 4,2 kW zählen:
  - Ladeanlagen für Elektrofahrzeuge
  - Wärmepumpen
  - Klimaanlage
  - Batteriespeicher (Mit Netzanschluss)
  
- Ausgenommen von der Steuerung sind:
  - Alle anderen Arten von Haushaltsgeräten
  - Kritische Infrastrukturen (z.B. Krankenhäuser)

# ÜBERLASTUNG IN DER NIEDERSPANNUNG

- Nur kurative Steuerung erlaubt bei Erkennen einer Überlastung
- Als Überlastung in der Niederspannung zählen:
  - Auslastung von Betriebsmitteln über Nennstrom (FNN 80%)
  - Spannungsbandverletzungen
- Wie erkennt ein VNB eine Überlastung?
  - Basierend auf eine Zustandsermittlung (Abgrenzung zur Zustandsschätzung eines ÜNB)
  - Voraussetzung für eine „ausreichend“ genaue ZE (BNetzA):
    - ONS + Abgänge messtechnisch erfasst + 7% der Haushalte über SMGW nach TAF10
    - 15 % der Haushalte über SMGW nach TAF10
- Die ZE muss minütlich erfolgen

# ZUKÜNFTIGER AUFBAU NIEDERSPANNUNGSNETZE



# ERMITTLUNG GRÖÖE STEUERBEFEHL

- Prüfung ob Direktsteuerung der SteuVE oder über EMS
- Sollwertvorgabe an Leistung für EMS oder SteuVE übermitteln
  - Es darf nur so weit runtergeregelt werden, sodass Überlastung nicht mehr besteht!
  - Es gibt keine Priorisierung von unterschiedlichen SteuVE (Im Winter ist eine WP nicht wertiger als ein EV)
- Vorherige Ermittlung der Min.-Leistung
  - Bei einer SteuVE = 4,2 kW

■ Bei mehreren SteuVE:  $P_{\min, 14a} = \text{Max}(0,4 \times P_{\text{Summe WP}}; 0,4 \times P_{\text{Summe Klima}}) + (n_{\text{SteuVE}} - 1) \times \text{GZF} \times 4,2 \text{ kW}$

$n_{\text{SteuVE}}$	2	3	4	5	6	7	8	$\geq 9$
GZF	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45

# VERPFLICHTUNGEN DES ENDVERBRAUCHERS

- Anschluss SteuVE darf durch VNB nicht abgelehnt werden
- Verbraucher muss MME + SMGW und Steuerbox bei sich installieren
- Kunde kann
  - Externe Firma beauftragen
  - MSB beauftragen
  - VNB beauftragen
- Kunde erhält reduziertes Netzentgelt



# PRÄVENTIVES STEUERN (ÜBERGANGSLÖSUNG)

- Ermittlung Überlastung mittels statischer Netzberechnung
- Zeitreihenbasierte Simulation zur Ermittlung von Zeitfenster für Steuerbefehl
  - Maximal 2 Stunden am Tag
  - Direkt auf mögliche Minleistung
- Übermittlung Steuerbefehl mit Übergangslösung (z.B. Zeitschaltuhr)
- Sobald erste mal präventiv gesteuert -> 2 Jahre Zeit um in Netzgebiet netzorientiertes Steuern zu implementieren

# FORSCHUNG - TRANSFER - INNOVATION

# QUELLEN

- [Nt24] [https://www.netztransparenz.de/xspproxy/api/staticfiles/ntp-relaunch/dokumente/systemdienstleistungen/betriebsf%C3%BChrung/nutzen-statt-abregeln/%C3%BCnb-umsetzungskonzept-gem%C3%A4%C3%9F-13k-abs-6-enwg/2024-04-01\\_%C3%BCnb-umsetzungskonzept%20%C2%A713k%20enwg.pdf](https://www.netztransparenz.de/xspproxy/api/staticfiles/ntp-relaunch/dokumente/systemdienstleistungen/betriebsf%C3%BChrung/nutzen-statt-abregeln/%C3%BCnb-umsetzungskonzept-gem%C3%A4%C3%9F-13k-abs-6-enwg/2024-04-01_%C3%BCnb-umsetzungskonzept%20%C2%A713k%20enwg.pdf)
- [Bt23] <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-975420>
- [St23] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/617949/umfrage/einspeisemanagement-in-deutschland/>
- [bdew23] <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/gruenstrommengen-praxistaugliche-regelungen/>
- [BJ22] [https://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005/\\_\\_\\_13.html](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/___13.html)
- [UB23] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/erstmals-ueber-die-haelfte-des-stroms-in>

# QUELLEN

- [SB24] [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/03/PD24\\_087\\_43312.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/03/PD24_087_43312.html)
- [BMWK24] <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>
- [BNA17] [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind\\_Onshore/Netzausbauegebiete/NetzausbauGV\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind_Onshore/Netzausbauegebiete/NetzausbauGV_node.html)
- [BNA24] [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/NSA/Festlegungsentwurf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/NSA/Festlegungsentwurf.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

# PROGRAMM

13:00 – 13:20	<b>Begrüßung und Einführung</b> <i>Prof. Jens Haubrock, HSBI</i>
13:20 – 13:40	<b>Projektergebnisse AI4DG</b> <i>Katrin Schulte, HSBI</i>
13:40 – 14:00	<b>Potenzial von Batteriespeichern zur Vermeidung von Netzausbau</b> <i>Julius Dresselhaus, WWN/HSBI</i>
<hr/>	
14:00 – 14:30	<b>Kaffeepause</b>
<hr/>	
14:30 – 14:50	<b>Storage optimization in fractal networks of tomorrow</b> <i>Hélène Schricke, Atos</i>
14:50 – 15:10	<b>Forschungspotenzial im Zuge des §13k EnWG</b> <i>Prof. Jens Haubrock, HSBI</i>
<hr/>	
Ab 15:15	<b>Abschluss mit Imbiss und Getränken</b>