FfE-Energietage 2023

Bayerische Akademie der Wissenschaften

Herzlich Willkommen zur FfE-Fachtagung 2023!

Wir danken für die Unterstützung von:

Unsere Medienpartner:

Helmut-Schaefer-Preis (HSP) 2023
FfE-Energietage 2023

02.05.2023

HSP 2023 – Das FfE-Team

Preiskomitee

PROF. DR.-ING. WAGNER
Wissenschaftlicher Berater

DR.-ING VON ROON
Geschäftsführer FfE

PROF. DR.-ING, MAUCH
Wissenschaftlicher Berater

Organisatoren

TOBIAS HÜBNER
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

SIMON PICHLMAIER
Leiter Wasserstoff und synthetische Energieträger

ANETTE DOLL
Öffentlichkeitsarbeit

BIRGIT BUCHWIESER
Assistenz Team und Geschäftsleitung

Agenda

08:00 Einführung und Begrüßung

08:15 Vorstellung Masterarbeiten, Kategorie „intern“

08:50 Vorstellung Masterarbeiten, Kategorie „extern“

09:20 Schlussworte durch Preiskomitee

Begrüßung durch die Geschäftsleitung der FfE

„Warum ist die Auszeichnung des wissenschaftlichen Nachwuchses aus unserer Sicht so wichtig?“

Dr.-Ing. Serafin von Roon mit dem Gewinner Christoph Zink beim HSP 2021

Erinnerungen an Prof. Dr.-Ing. Schaefer

Laudatio von Prof. Dr.-Ing. Wagner

PROF. DR.-ING. HELMUT SCHAEFER

Ablauf des Finales zum HSP 2023

1 Was ist bisher passiert?

- Vorauswahl von exzellenten Masterarbeiten im Bereich der Energiewirtschaft und -technik durch das Preiskomitee zur Bestimmung der Finalist:innen

2 Was passiert heute?

- Präsentationswettbewerb: jeweils drei Finalist:innen in zwei unabhängigen Kategorien:
  - Kategorie 1: Masterarbeiten FfE-intern
  - Kategorie 2: Masterarbeiten FfE-extern
- Bewertung der Präsentationen durch das Preiskommitee
- Bekanntgabe der Sieger:innen an der FfE-Abendveranstaltung und auf der FfE-Website (ffe.de)

3 Incentive!

- Wissenschaftliches Renommee und ein Preisgeld von 500 € für die Gewinner:innen

Kategorie: Interne Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Hannes Kracht	Miguel Ángel Martínez Pérez	Vanessa Schindler
Bilanzierung konventioneller Produktionsprozesse und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten in der deutschen Industrie	Modelling of Global Levelized Cost of Hydrogen under Use of an Open-Source Modelling Environment	Life Cycle Assessment of Power Engineering Systems Considering Future Development

Kategorie: Interne Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Hannes Kracht	Miguel Ángel Martínez Pérez	Vanessa Schindler
Bilanzierung konventioneller Produktionsprozesse und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten in der deutschen Industrie	Modelling of Global Levelized Cost of Hydrogen under Use of an Open-Source Modelling Environment	Life Cycle Assessment of Power Engineering Systems Considering Future Development

Bilanzierung konventioneller Produktionsprozesse und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten in der deutschen Industrie

Hannes Kracht

Präsentation der Master‘s Thesis

FINALE DES HELMUT-SCHAEFER-PREIS 2023 02.05.2023

Agenda

1 Motivation und Forschungsfragen

2 Methodik

3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten

4 Fazit und Ausblick

Agenda

1 Motivation und Forschungsfragen

2 Methodik

3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten

4 Fazit und Ausblick

Die deutsche Industrie

[1]

Starkes Signal für Transformationsprogramm SALCOS® der Salzgitter AG

15.09.2022 | Pressemeldung der Salzgitter AG

- **Niedersächsischer Ministerpräsident Weil und BMWK-Staatssekretär Wenzel unterzeichnen Verwaltungsvereinbarungen zur Bereitstellung von Fördermitteln**
- **Finanzierung für CO_2-arme Stahlproduktion weiter konkretisiert**
- **Wichtiger Schritt der Transformation der Stahlerzeugung in Salzgitter**

Landesregierung Niedersachen und Bundesregierung senden mit der

[4]

Heidelberg Materials

Größter deutscher Zementhersteller warnt vor Werksschließungen

Die hohen Energiepreise treffen auch den Baustoffkonzern. Heidelberg Materials muss laut dem Konzernchef Werke schließen, wenn die Preise nicht sinken. Er erwartet für 2023 Zusatzkosten in Milliardenhöhe.

28.09.2022, 18.06 Uhr

[2]

ERSTE ANLAGE ZUR CO2-RÜCKGEWINNUNG IN DER ZEMENTIN-DUSTRIE IN BETRIEB GEGANGEN

MdB Daniela Ludwig besichtigt Pilotanlage in Rohrdorf und informiert sich über Verwendungsmöglichkeiten des gewonnenen CO_2

Rohrdorf, 10. Oktober 2022 - Seit Mitte September ist Deutschlands erste Anlage zur CO_2-Rückgewinnung in der Zementindustrie in Rohrdorf in Betrieb. Am vergangenen Donnerstag besichtigte CSU-Bundestagsabgeordnete Daniela Ludwig das Zementwerk und ließ sich die technischen Details der neuen Anlage sowie die Möglichkeiten und Voraussetzungen für die Verwendung des gewonnenen Kohlendioxids erläutern. Derzeit lässt Rohrdorfer untersuchen, ob das CO_2 lebensmittelecht ist und somit an die regionale Getränkeindustrie geliefert werden könnte. Zudem wird die Produktion von Ameisensäure vorbereitet.

[5]

[3]

Das Potenzial von grünem Ammoniak für unser Klima

Ammoniak ist eine der am meisten hergestellten Chemikalien weltweit. Der Bedarf an grünem Ammoniak als Grundchemikalie wird sich bis zum Jahr 2050 sogar noch verdoppeln. Denn: grünes Ammoniak ist ein ideales Transportmittel für Wasserstoff und somit zentral für die grüne Transformation der Industrie und das Gelingen der Energiewende.

[6]

[1] https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/energie-preise-strom-gas-stahlbranche-arcelormittal-thyssenkrupp-101.html (Abruf: 27.10.2022)
[2] https://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/heidelberg-materials-groesster-deutscher-zementhersteller-warnt-vor-werksschliessungen-wegen-energiekosten-a-530c3bbe-3ec8-498d-b564-2aaf2640a547 (Abruf: 27.10.2022)
[3] https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/ludwigshafen/basf-rutscht-in-deutschland-in-die-roten-zahlen-100.html (Abruf: 27.10.2022)
[4] https://www.salzgitter-ag.com/de/newsroom/pressemeldungen/details/starkes-signal-fuer-transformationsprogramm-salcosr-der-salzgitter-ag-20105.html (Abruf: 27.10.2022)
[5] https://www.rohrdorfer.eu/deutschlands-erste-anlage-zur-co2-rueckgewinnung-in-der-zementindustrie-in-betrieb-gegangen/ (Abruf: 27.10.2022)
[6] https://www.thyssenkrupp.com/de/stories/nachhaltigkeit-und-klimaschutz/warum-die-energiewende-nur-mit-gruenem-ammoniak-gelingen-wird (Abruf: 27.10.2022)

Forschungsfragen

Konventionelle Prozesse - Status Quo

Forschungsfrage 1 | Welche techno-ökonomischen Parameter weisen die ausgewählten Industrieprozesse auf?

Innovative Technologien

Forschungsfrage 2 | Welche innovativen Prozesse bestehen in den energie- und emissionsintensiven Branchen Zement, Stahl und Chemie und welche techno-ökonomischen Parameter weisen sie auf?

Forschungsfrage 3 | Wie entwickeln sich die techno-ökonomischen Kennwerte der untersuchten Branchen in Abhängigkeit der Verfügbarkeit innovativer Verfahrensrouten?

Agenda

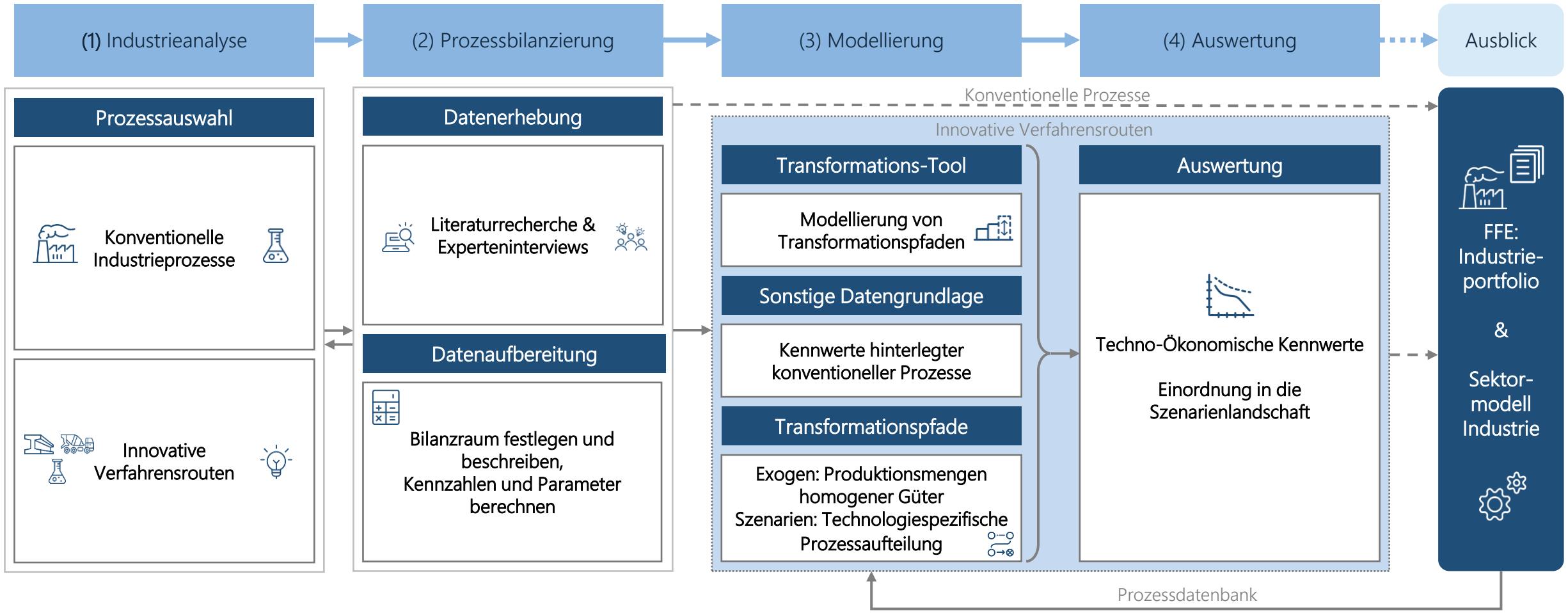
1 Motivation und Forschungsfragen

2 Methodik

3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten

4 Fazit und Ausblick

Methodik



Legende

Agenda

1 Motivation und Forschungsfragen

2 Methodik

3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten

4 Fazit und Ausblick

Überblick der innovativen Verfahren

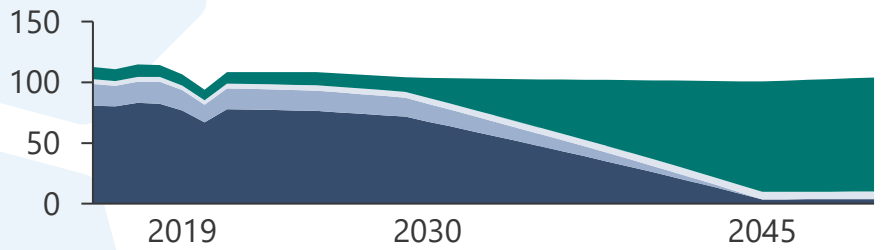
Endenergieverbrauch

Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

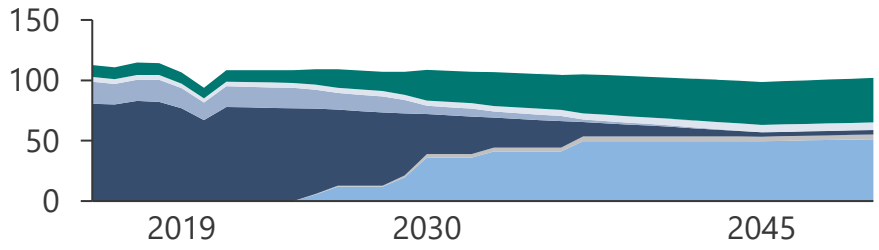
Stahl: Best Guess

Endenergieverbrauch

Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

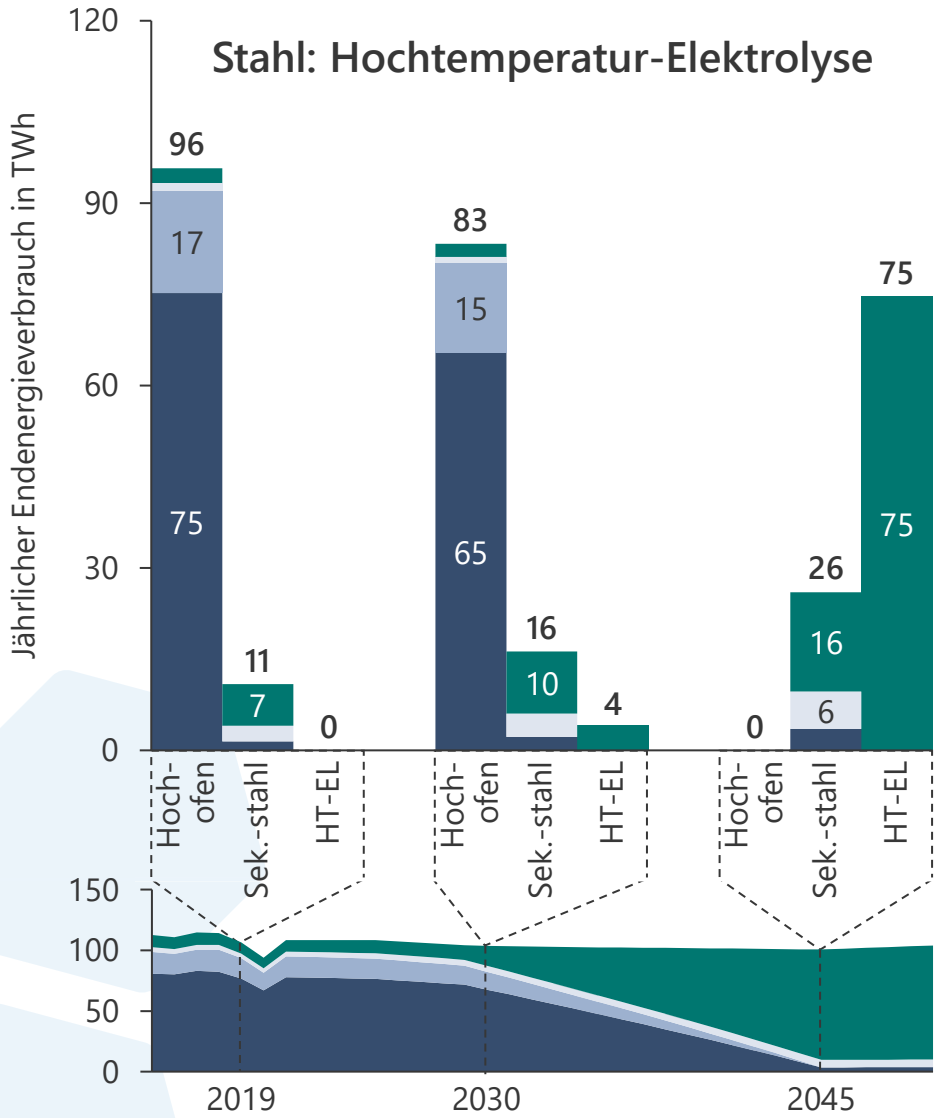


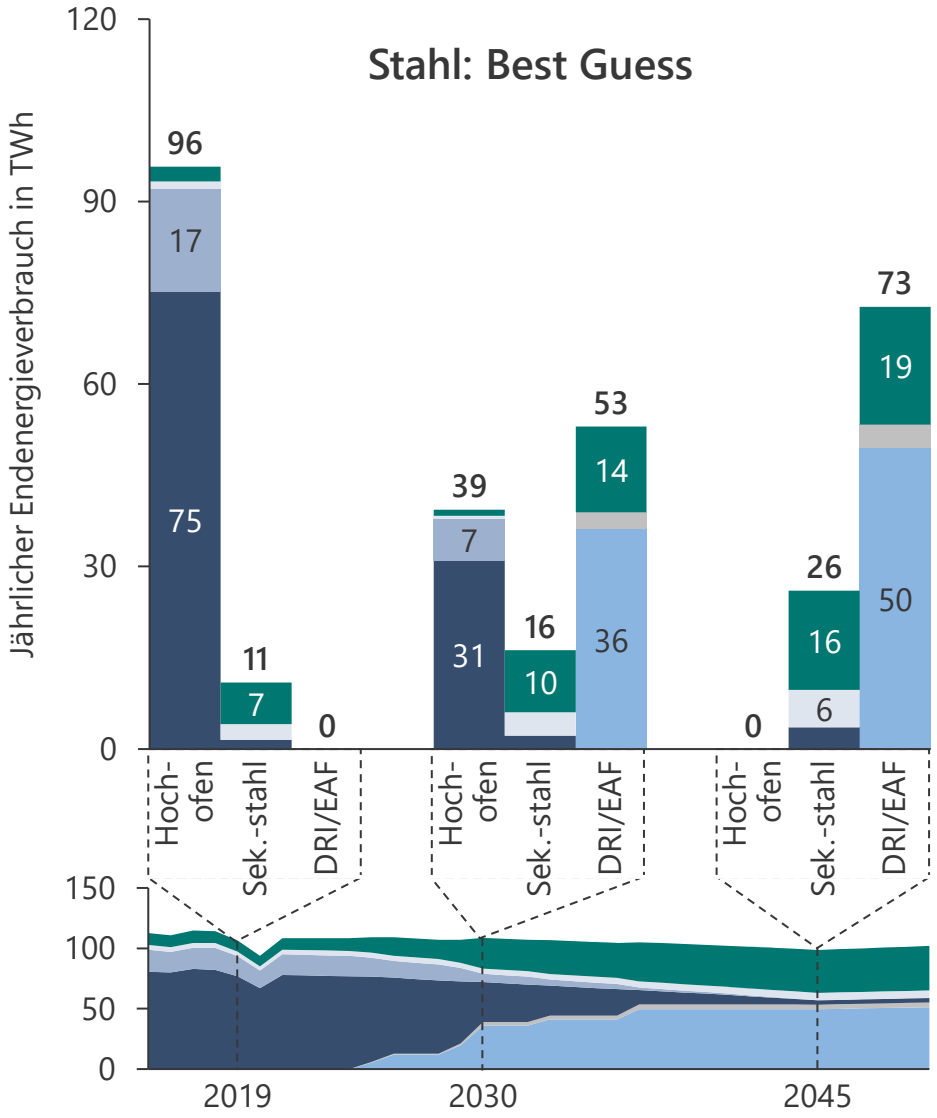
Stahl: Best Guess



Strom | Gase (natur) | Gase (sonstige) | Kohlen | Erneuerbare Brennstoffe | Wasserstoff

Endenergieverbrauch in 2019 – 2030 - 2045





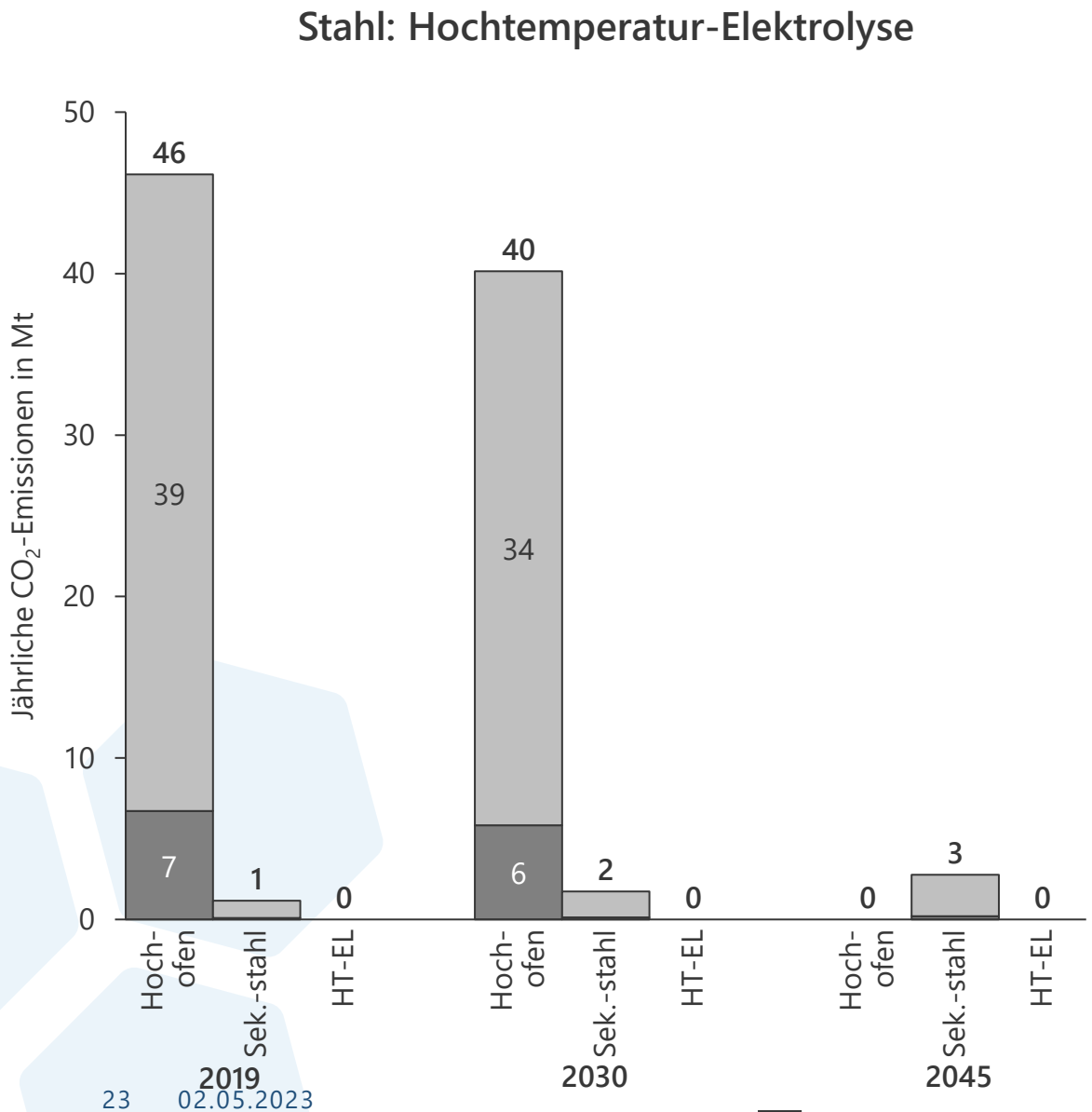
Strom | Gase (natur) | Gase (sonstige) | Kohlen | Erneuerbare Brennstoffe | Wasserstoff

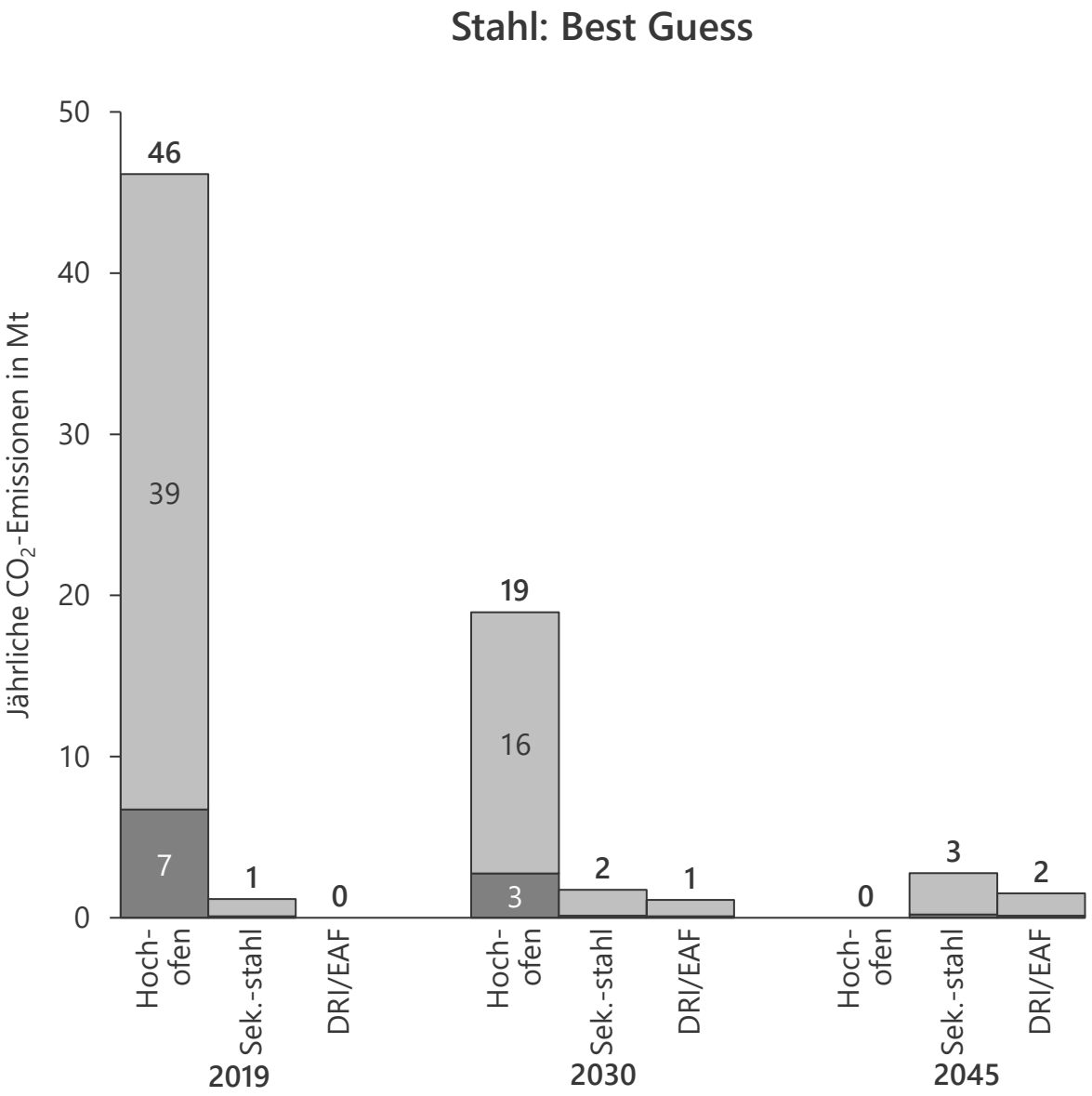
Entwicklung der CO_2-Emissionen

Stahl: Hochtemperatur-Elektrolyse

Stahl: Best Guess

Entwicklung der CO_2-Emissionen





brennstoffbedingte Emissionen | Prozessemissionen

Agenda

1 Motivation und Forschungsfragen

2 Methodik

3 Deep-Dive: Bilanzierung und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten

4 Fazit und Ausblick

Take Aways

Stahlindustrie

- Der Ausbau der Sekundärstahlroute auf ihr maximales Potential ist ein „No-Brainer“.
- Wasserstoff kann bis zur Hälfte des konstant bleibenden EEV abdecken, der Rest wird elektrifiziert.
- Verbleibende Emissionen erfordern die Erprobung alternative Brennstoffe und biogener Kohlenstoffmaterialen.

Zementindustrie

- Alternative Bindemittel senken die Emissionen nur teilweise und erfordern weitere Maßnahmen.
- Carbon Capture Verfahren erhöhen den Energieverbrauch signifikant.

Grundstoffchemie

- Die elektrifizierte Methanpyrolyse erhöht den EEV kaum, benötigt allerdings weiterhin Erdgas als Rohstoff.
- Die Elektrolyse verdoppelt bis verdreifacht den EEV, ein Mischszenario schwächt diese Erhöhung deutlich ab.

Volle Kraft voraus!

Die Transformation nimmt Fahrt auf.

Wasserstofferzeugung für klimaneutrale Stahlproduktion

5. April 2023, 13:29 Uhr | Lesezeit: 2 min

Ein Elektrolichtbogenofen auf dem Gelände eines Stahlwerks. Foto: Jonas Walzberg/dpa/Archivbild (Foto: dpa)

[1]

13.04.2023 - Linde AG

CO_2 als Rohstoff: Heidelberg Materials und Linde bauen weltweit erste CCU-Großanlage in einem Zementwerk

Die Anlage soll bereits 2025 mit einer Abscheidekapazität von ca. 70.000t CO_2 pro Jahr in Betrieb gehen

HeidelbergCement AG, Steffen Fuchs

Zementwerk Lengfurt

Heidelberg Materials und Linde haben unter dem Namen "Capture-to-Use" (CAP2U) ein Joint Venture zum Bau und Betrieb einer hochmodernen Kohlendioxidabscheide- und -verflüssigungsanlage gegründet. Im Werk Lengfurt von Heidelberg Materials soll 2025 die weltweit erste Carbon Capture and Utilisation (CCU)-Anlage im großtechnischen Maßstab in der Zementindustrie in Betrieb gehen. Dies ermöglicht eine Weiterverwertung des abgeschiedenen CO_2 aus der Zementproduktion als wertvoller Rohstoff für industrielle Anwendungen. Die geplante Menge an gereinigtem und verflüssigtem CO_2 beträgt rund 70.000t pro Jahr.

Das gewonnene CO_2 wird im Rahmen des Joint Ventures zum Großteil durch Linde vermarktet. Das aufbereitete Gas kann dank seiner Reinheit sowohl in der Lebensmittel- als auch in der Chemieindustrie eingesetzt werden, beispielsweise als Kohlensäure in Mineralwasser. Der kleinere Teil wird von Heidelberg Materials genutzt werden, um neue Technologien zum CO_2-Recycling und zur Rekarbonatisierung weiter voranzutreiben.

[2]

[1] https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/stahl-eisenhuettenstadt-wasserstofferzeugung-fuer-klimaneutrale-stahlproduktion-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-230405-99-220103 (Abruf: 20.04.202)
[2] www.chemie.de/news/1180142/co-als-rohstoff-heidelberg-materials-und-linde-bauen-weltweit-erste-ccu-grossanlage-in-einem-zementwerk.html (Abruf: 20.04.2023)

Innovative Verfahrensrouten in der Industrie

Wie geht es weiter?

Die Marktreife und Erprobung innovativer Verfahrensrouten ist essentieller und notwendiger Bestandteil der Industrietransformation …

… und findet zunehmend Umsetzung in der Praxis.

HANNES KRACHT: „BILANZIERUNG KONVENTIONELLER PRODUKTIONSPROZESSE UND POTENZIALANALYSE INNOVATIVER VERFAHRENSROUTEN IN DER DEUTSCHEN INDUSTRIE“ (2022)

Kategorie: Interne Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Hannes Kracht	Miguel Ángel Martínez Pérez	Vanessa Schindler
Bilanzierung konventioneller Produktionsprozesse und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten in der deutschen Industrie	Modelling of Global Levelized Cost of Hydrogen under Use of an Open-Source Modelling Environment	Life Cycle Assessment of Power Engineering Systems Considering Future Development

Modellierung von weltweiten Wasserstoffgestehungskosten unter Verwendung einer Open-Source Modellierungsumgebung

Miguel Martínez Pérez

Masterarbeit

HELMUT-SCHAEFER-PREIS 26.04.2023

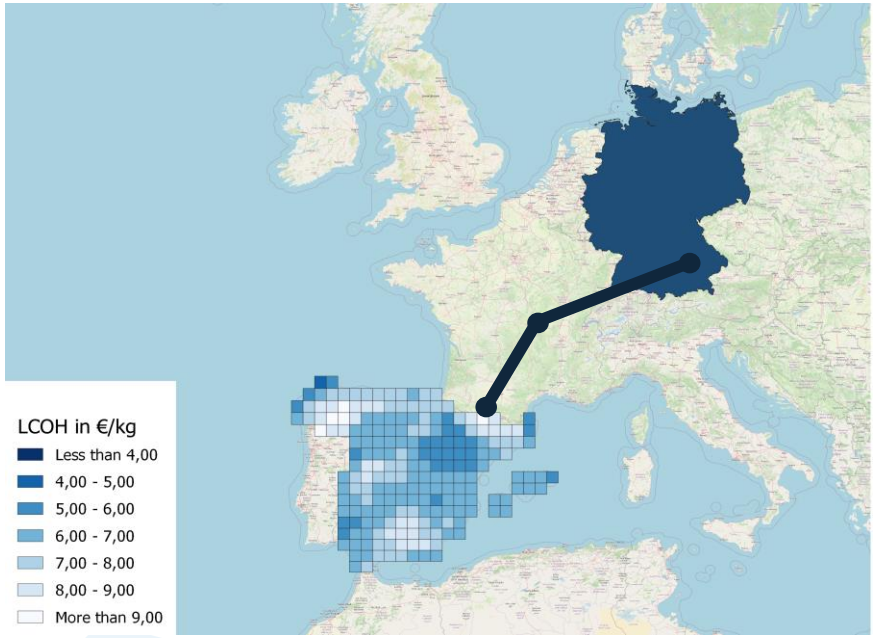
Agenda

1 Motivation

2 Ergebnisse

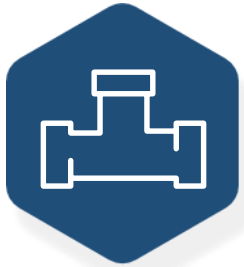
3 Ausblick

Motivation

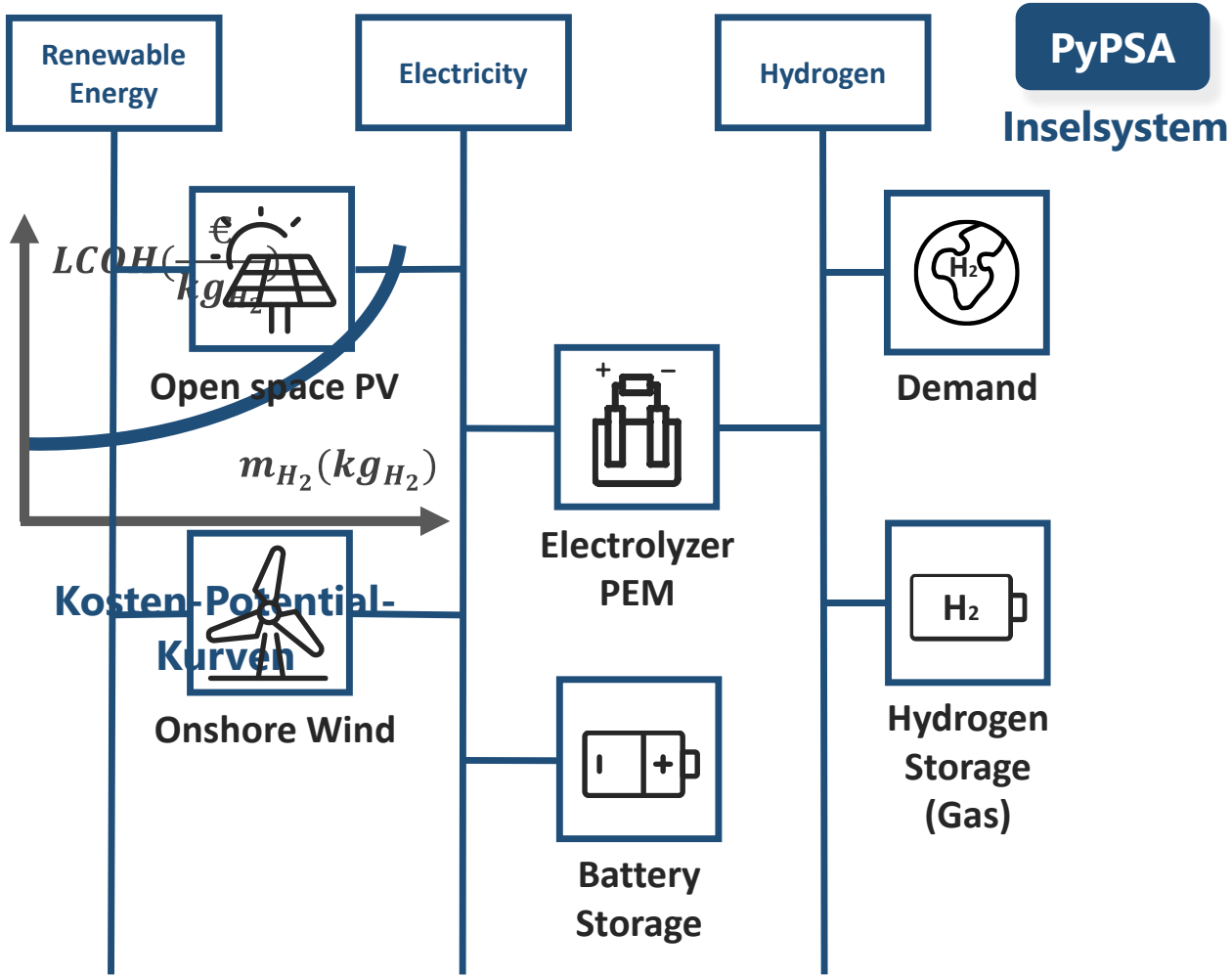


LCOH Optimierung

Landnutzung Potential



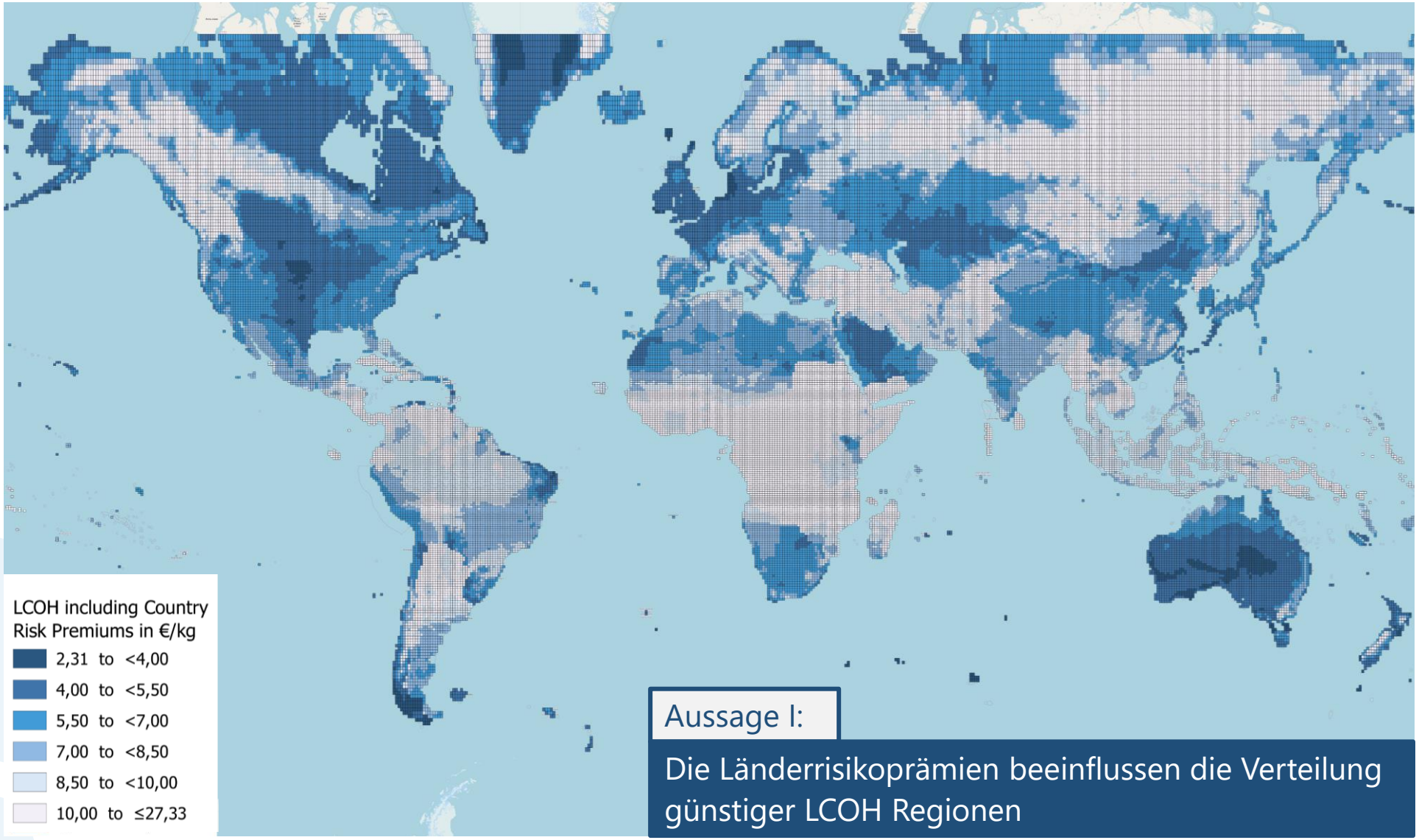
Importkosten



+ Länderrisikoprämien betrachtet

+ 5 Szenarien optimiert

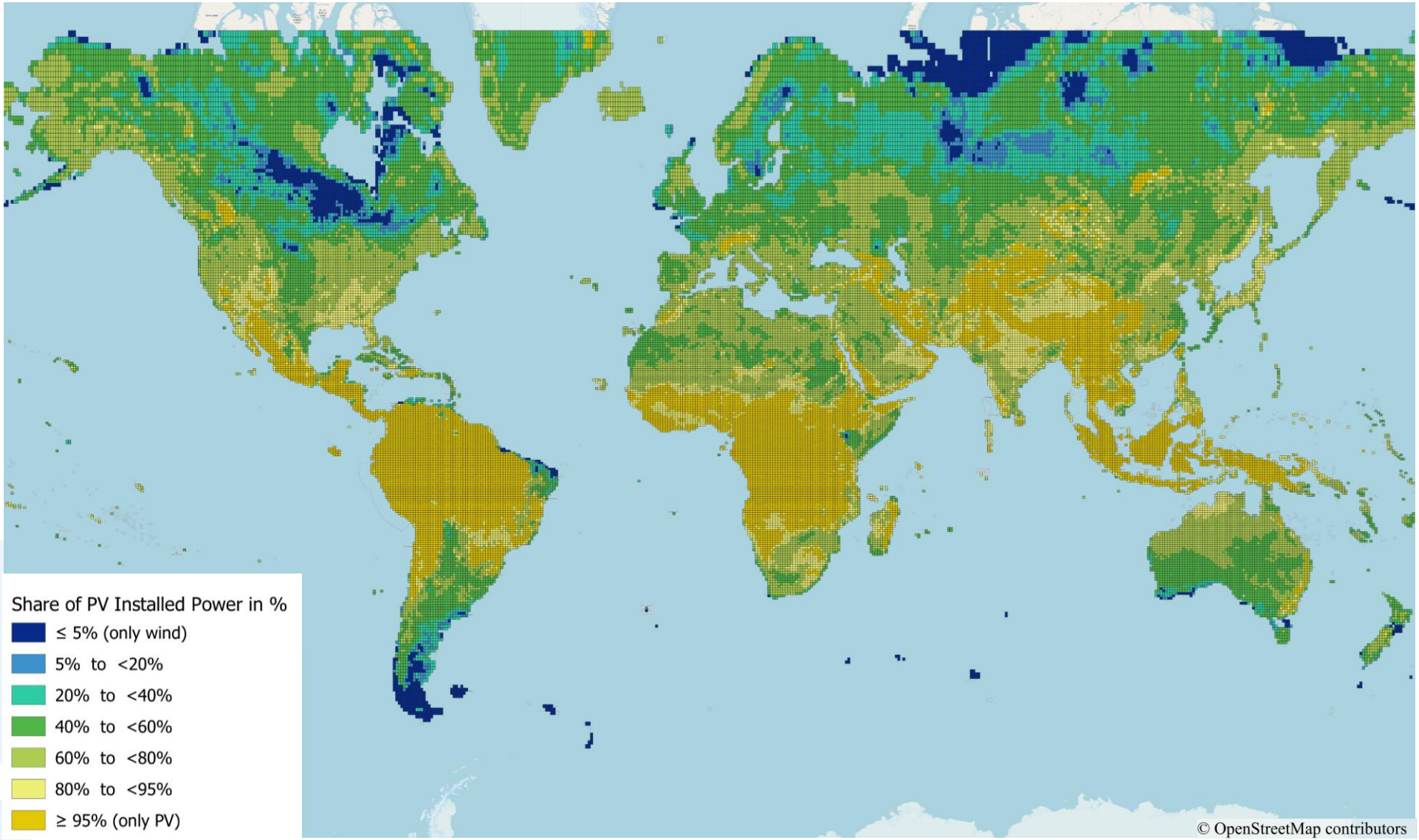
Ergebnisse: LCOH mit Länderrisikoprämien



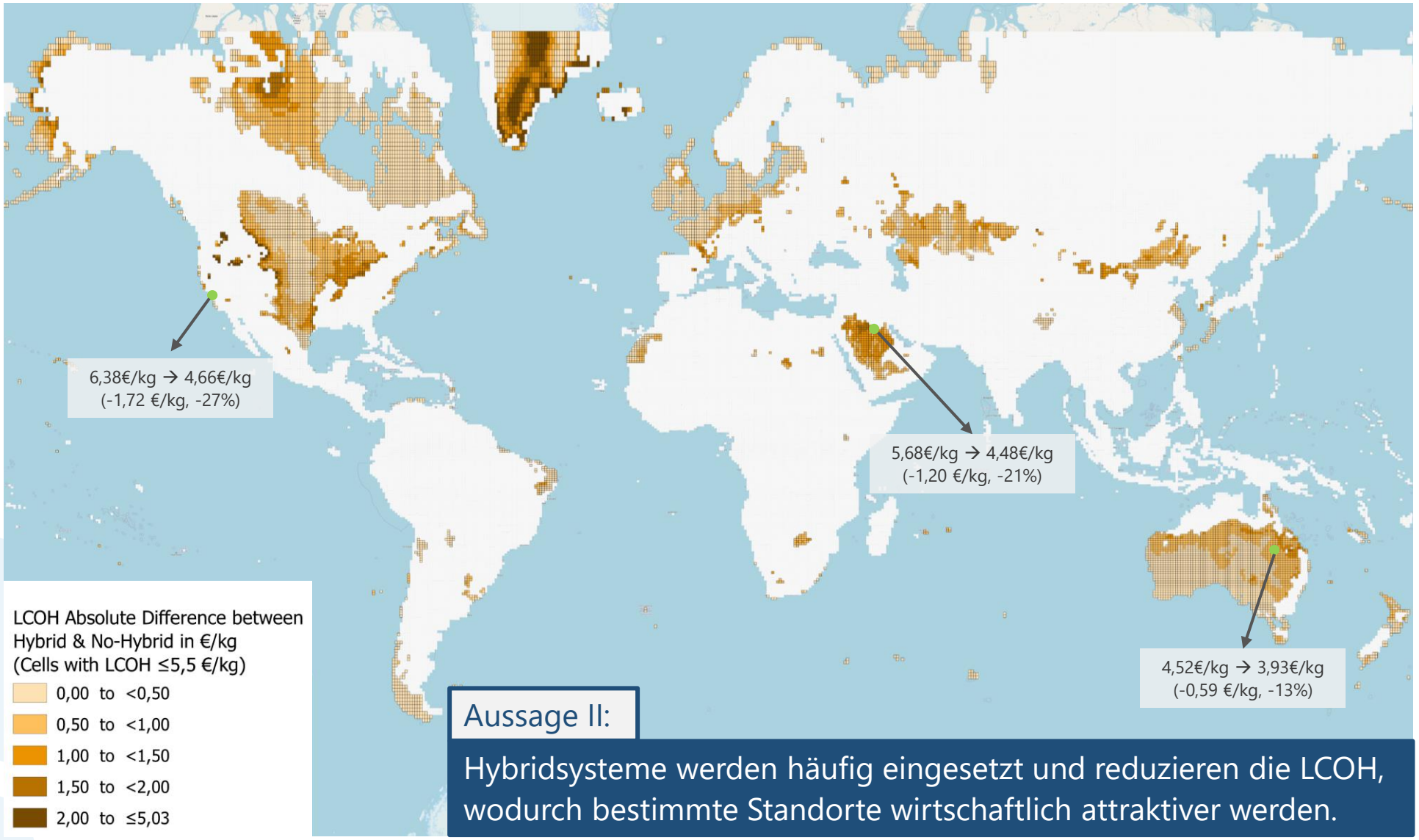
Aussage I:

Die Länderrisikoprämien beeinflussen die Verteilung günstiger LCOH Regionen

Ergebnisse: Bedeutung der Hybridkonfiguration



Ergebnisse: Bedeutung der Hybridkonfiguration



Aussage II:

Hybridsysteme werden häufig eingesetzt und reduzieren die LCOH, wodurch bestimmte Standorte wirtschaftlich attraktiver werden.

Ausblick

Wie kann das Modell weiterentwickelt werden?

Realistischer und robuster

- Kompressor, Offshore Wind…
- Flexibilisierung der Nachfrage

Alternative Anwendungen

- LCOH-Prognosen (2030, 2040, 2050)
- DA Szenarien

Erweiterung

- Landnutzungspotenzial – wie viel H_2 kann pro Standort erzeugt werden?
- Modellierung des Stromnetzes – lohnt es sich H_2 zu erzeugen oder lieber der Strom verkaufen?

PV-Wind-Hybridsysteme erhöhen die wirtschaftliche Attraktivität bestimmter Regionen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff.

Kategorie: Interne Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Hannes Kracht	Miguel Ángel Martínez Pérez	Vanessa Schindler
Bilanzierung konventioneller Produktionsprozesse und Potenzialanalyse innovativer Verfahrensrouten in der deutschen Industrie	Modelling of Global Levelized Cost of Hydrogen under Use of an Open-Source Modelling Environment	Life Cycle Assessment of Power Engineering Systems Considering Future Development

Life Cycle Assessment von energietechnischen Anlagen unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen

Masterarbeit im Rahmen des Studiums „Energy Science and Engineering“

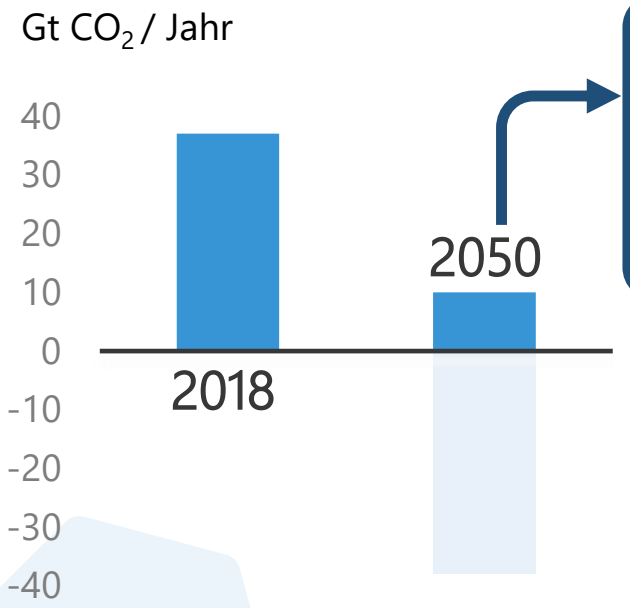
VANESSA SCHINDLER – BETREUENDE: PROF. LISELOTTE SCHEBEK, LAURA GÖLLNER-VÖLKER, SOFIA HAAS

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

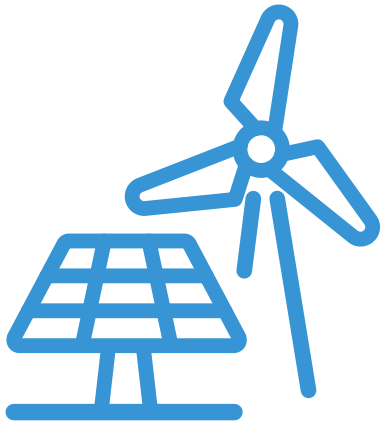
STOFFSTROMMANAGEMENT UND RESSOURCENWIRTSCHAFT SuR IWAR

02.05.2023

Motivation



CO_2-Emissionen des Energiesektors müssen drastisch eingespart werden, um das 1,5°C-Ziel zu erreichen!



NACH INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (2022) WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2022: 1.5°C PATHWAY S. 36

Wie viele Treibhausgase werden (neue) Technologien in Zukunft ausstoßen?

*Life Cycle Assessment

Problematik

ISO 14044:

Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment (LCA)) bezieht sich auf die Umweltaspekte und potentiellen Umweltwirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produktes

Genormte Methodik für LCA

Durchführung von LCAs meist nach Anlagenbau - keine Entscheidung mehr möglich

Heute Entscheidungen nötig
→ Energiewende

Methodik für LCAs der Zukunft

Vorgehensweise

Welche Methodiken für LCAs, die zukünftige Faktoren berücksichtigen, gibt es?

1

2

3

Methodik

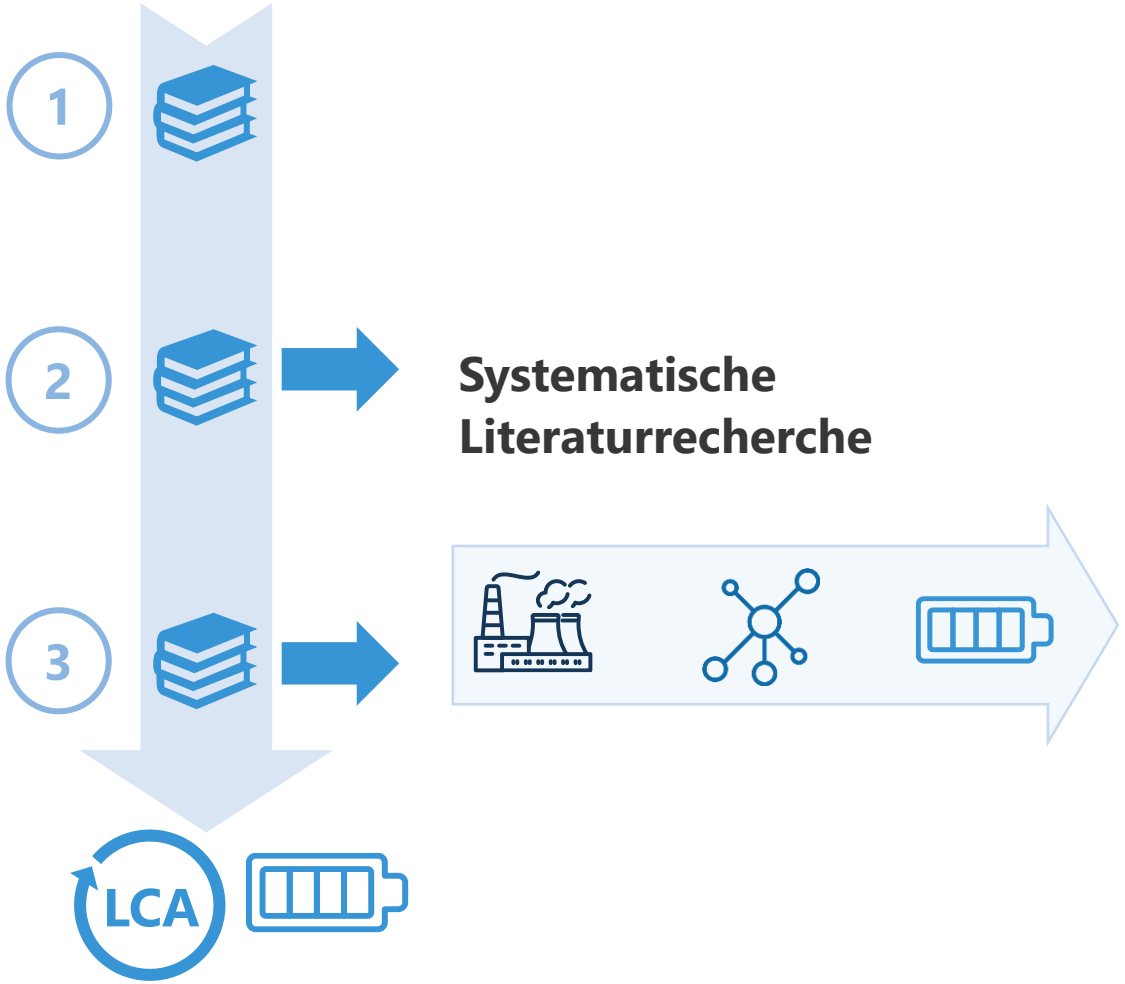
Vorgehensweise

Welche Methodiken für LCAs, die zukünftige Faktoren berücksichtigen, gibt es?

Was charakterisiert LCAs von energietechnischen Anlagen (EAs) und welche Faktoren haben großen Einfluss auf ihre Umweltwirkungen?

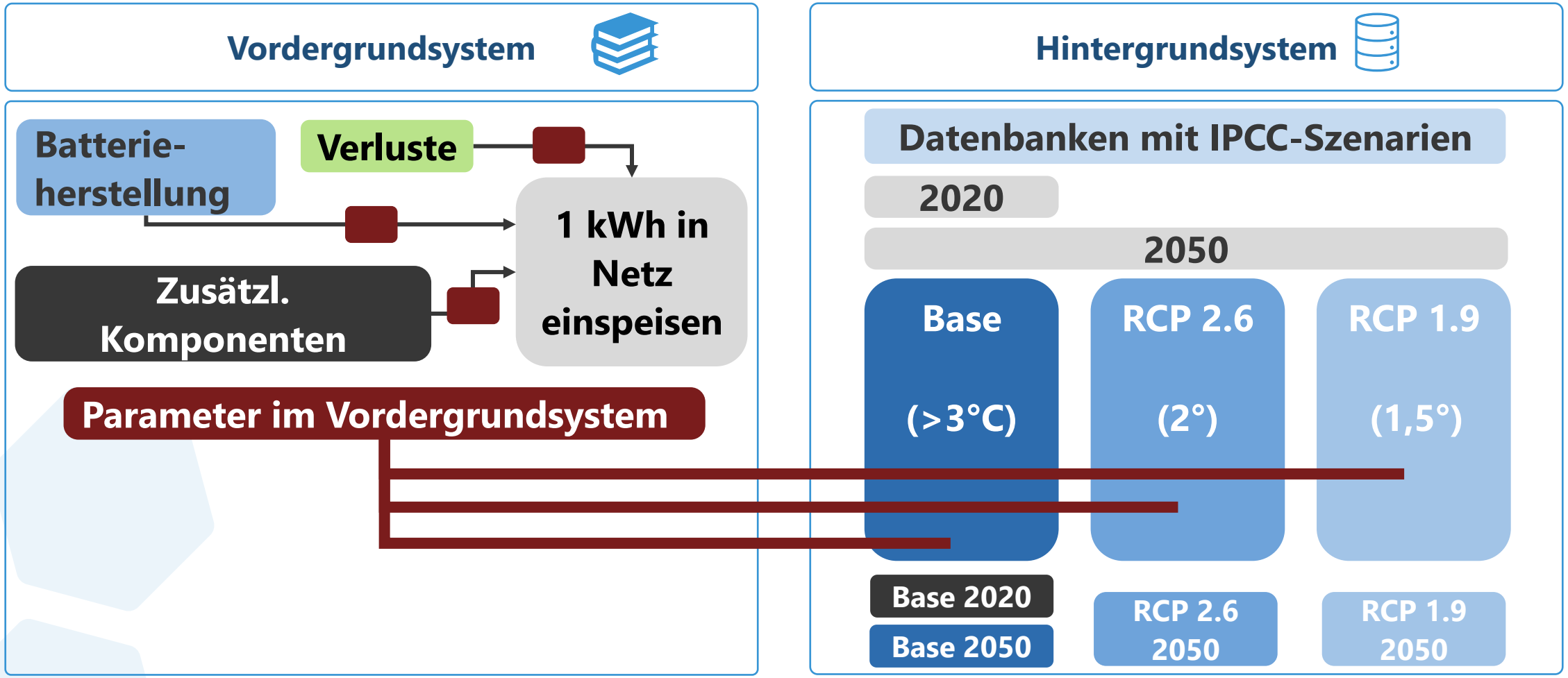
Wie entwickeln sich die Faktoren in verschiedenen Szenarien in der Zukunft?

Durchführung einer beispielhaften LCA mit Zukunftsbezug



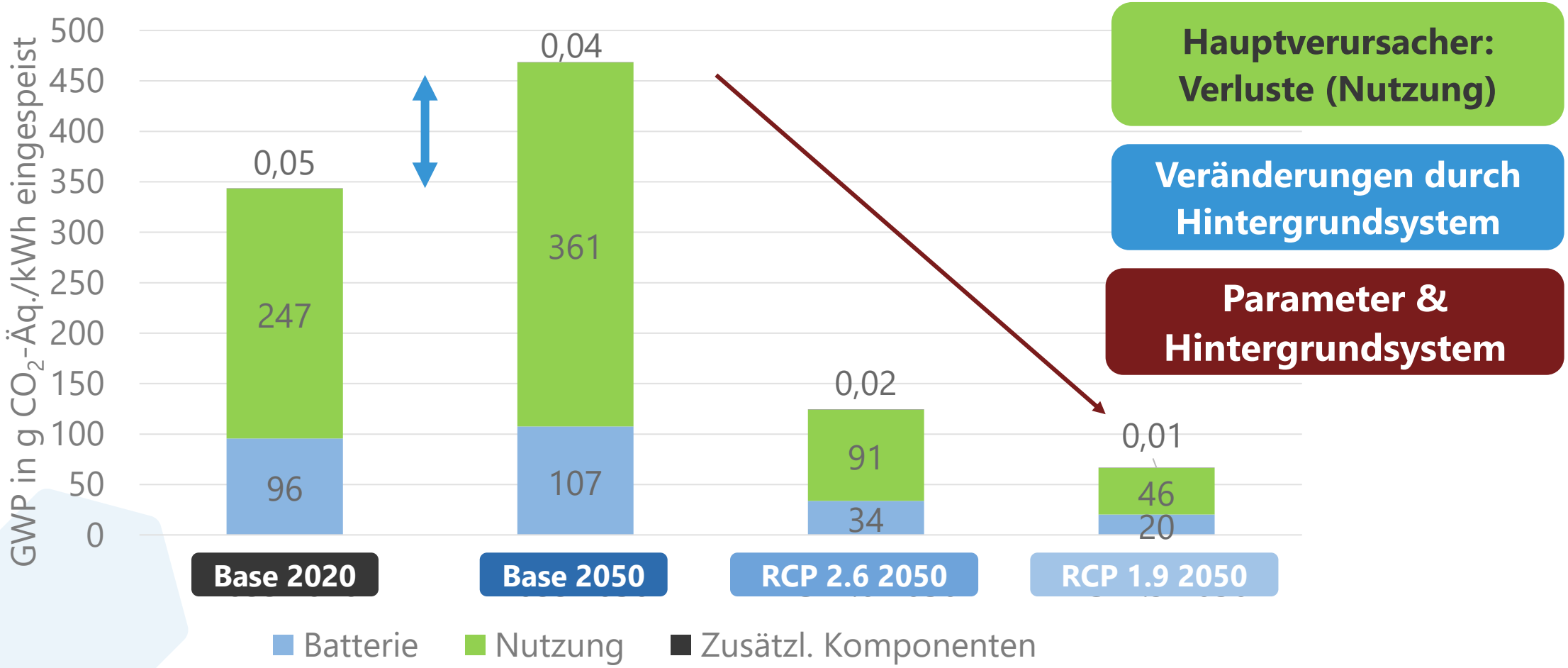
Durchführung einer LCA mit Zukunftsbezug

Innovativer 80 MW Batteriespeicher



RCP: representative concentration pathway

Ausgewähltes Ergebniss – Klimawandel



Ergebnisse sind stark von Szenario abhängig!

GWP: Global Warming Potential, RCP: representative concentration pathway

Zusammenfassung & Fazit

Methodik für LCA mit Zukunftsbezug

Haupteinflussfaktoren von energietechnischen Anlagen auf LCA-Ergebnisse & deren zukünftige Entwicklungen

Anwendung der Methodik.

Ergebnisse sind stark von den gewählten Szenarien abhängig!

Kontakt

IREES
research for future.

Vanessa Schindler

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
+49 721 9152636-31
v.schindler@irees.de

IREES GmbH - Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
Durlacher Allee 77
76131 Karlsruhe
www.irees.de

Kategorie: Externe Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Jan-Lukas Pflaum	Bani Pamungkas	Julius Beranek
Reinforcement Learning based Strategic Bidding for a Virtual Power Plant in the Frequency Containment Reserve Market	Dynamische Aggregation eines aktiven Verteilnetzes für Frequenzuntersuchungen im Zeitbereich mithilfe des Greybox-Ansatzes	Modeling and simulation of the future German hydrogen network 2030

Kategorie: Externe Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Jan-Lukas Pflaum	Bani Pamungkas	Julius Beranek
Reinforcement Learning based Strategic Bidding for a Virtual Power Plant in the Frequency Containment Reserve Market	Dynamische Aggregation eines aktiven Verteilnetzes für Frequenzuntersuchungen im Zeitbereich mithilfe des Greybox-Ansatzes	Modeling and simulation of the future German hydrogen network 2030

FFE-ENERGIETAGE, HELMUT-SCHAEFER-PREIS 2023

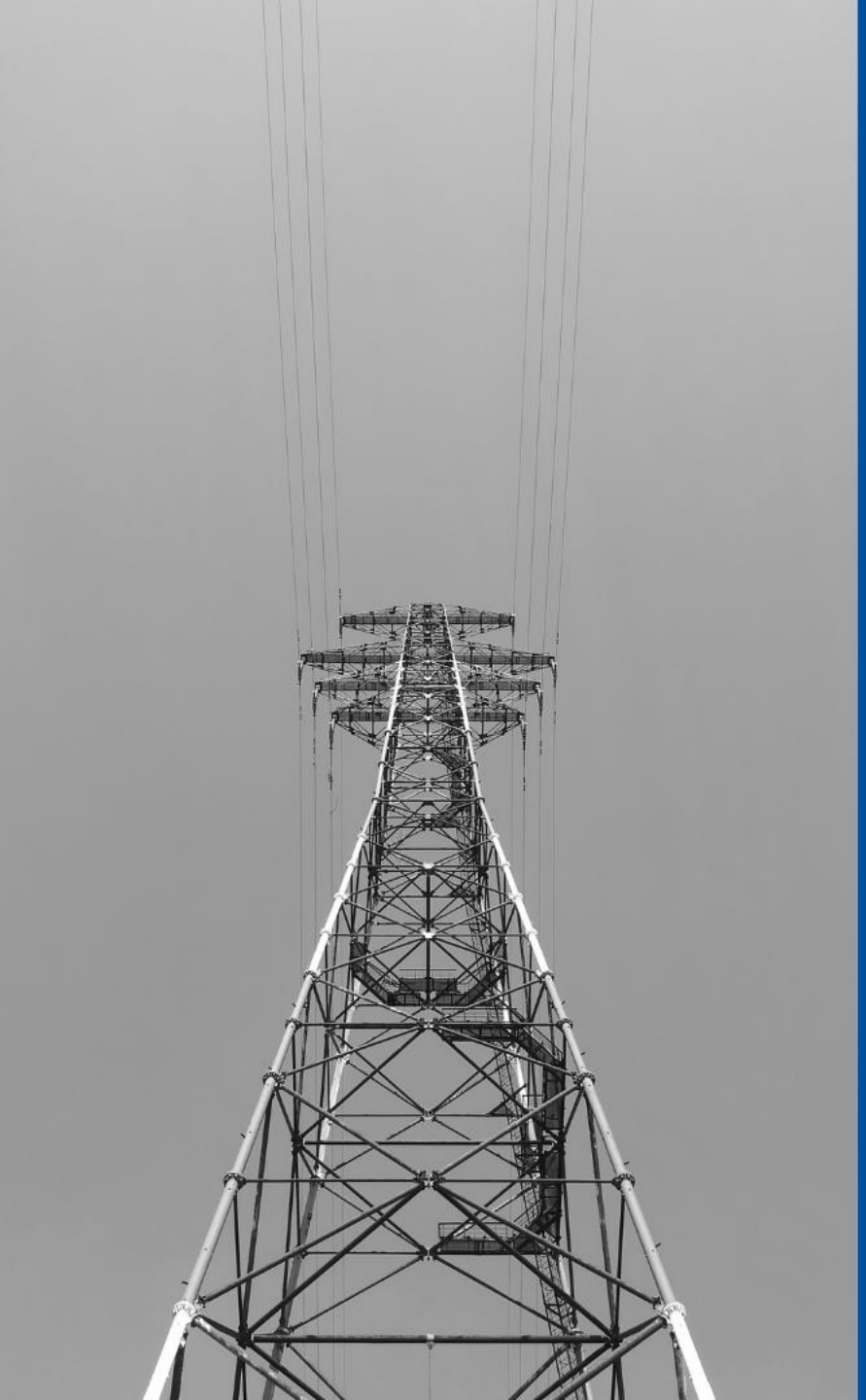
Strategische Teilnahme von virtuellen Kraftwerken am Primärregelleistungsmarkt mithilfe von Reinforcement Learning

Fakultät IV - Electrical Engineering and Computer Science, Technische Universität Berlin
Lehrstuhl: Agent Technologies in Business Applications and Telecommunications (AOT) , DAI Labor
Betreuer: Prof. Dr. Dr. h.c. Sahin Albayrak, Prof. Dr. habil. Odej Kao

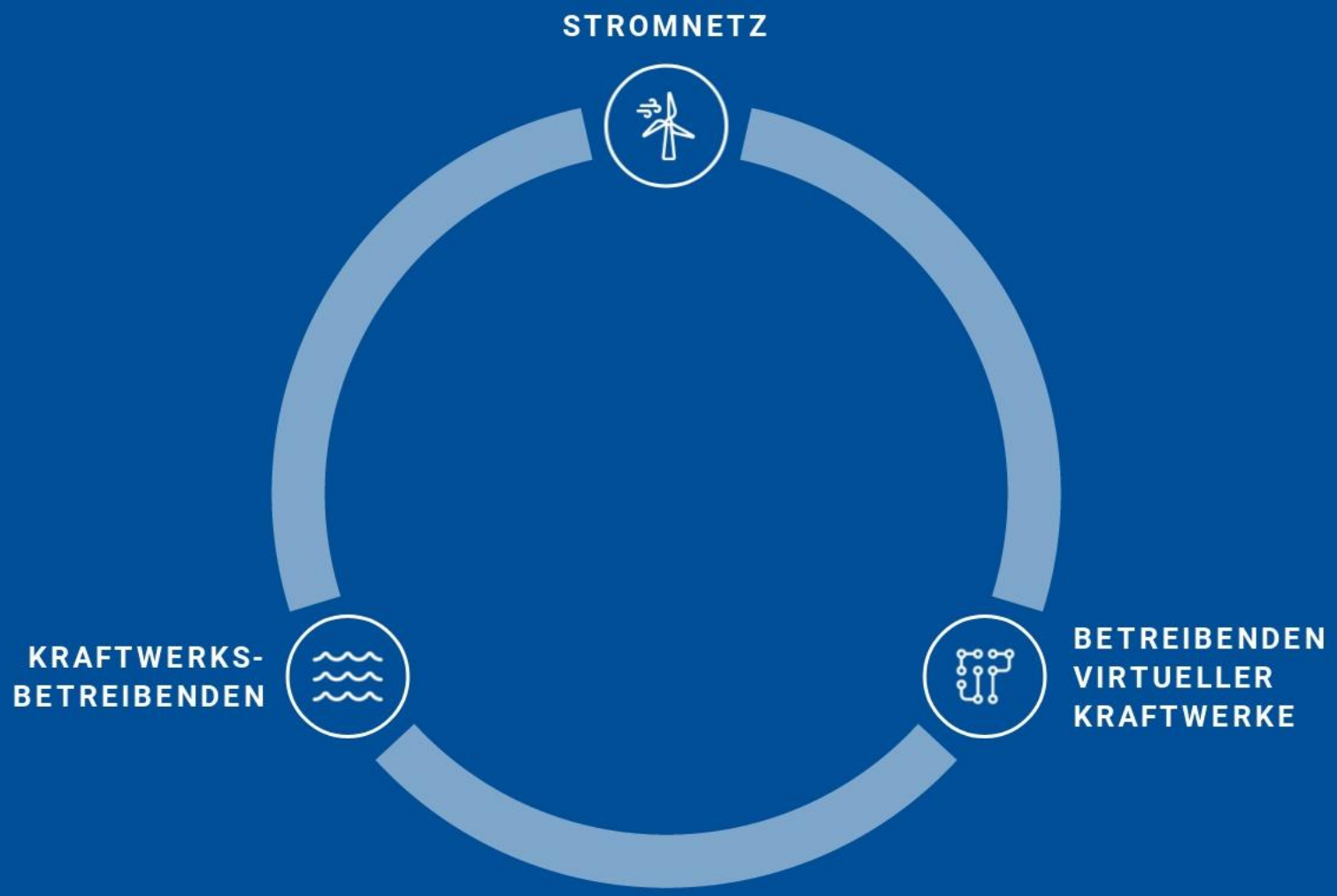
Jan-Lukas Pflaum, TU Berlin, 26.04.2023

TEIL 1

Herausforderungen...

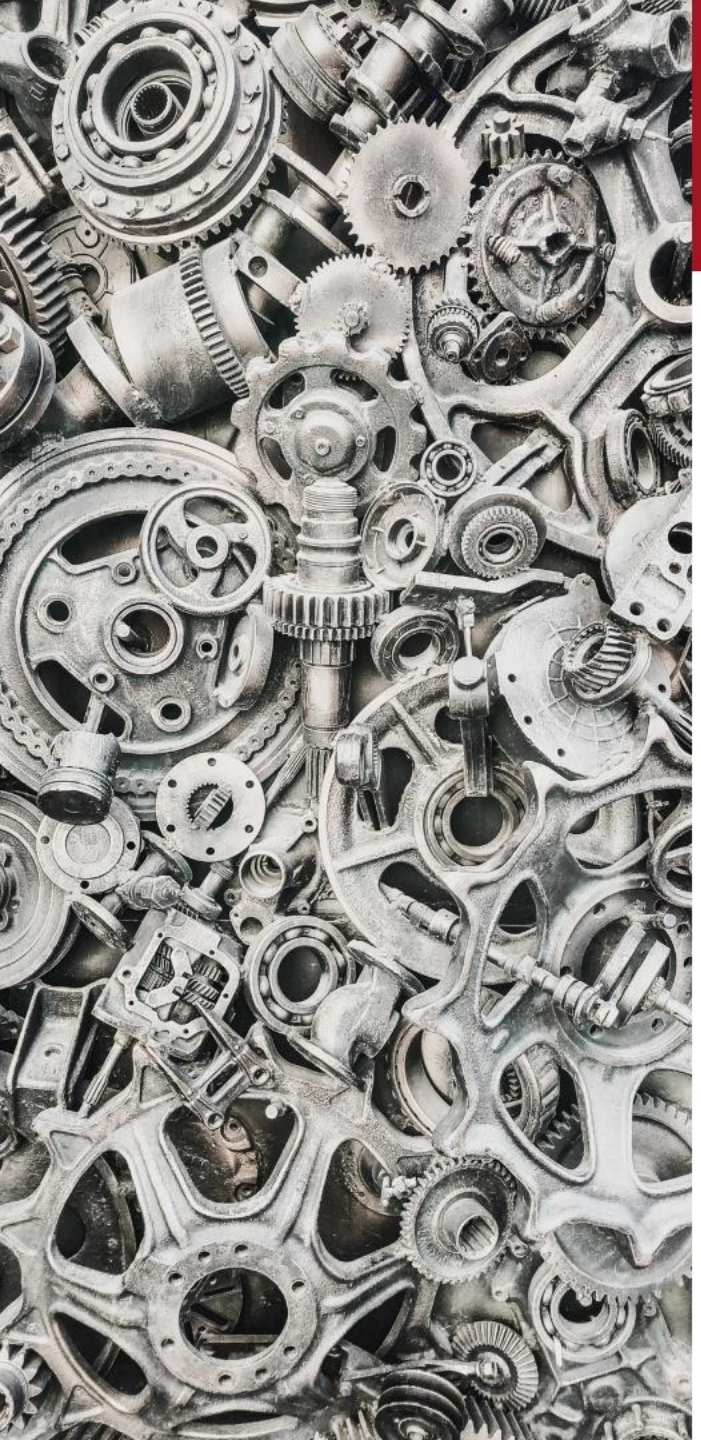


Herausforderungen für...

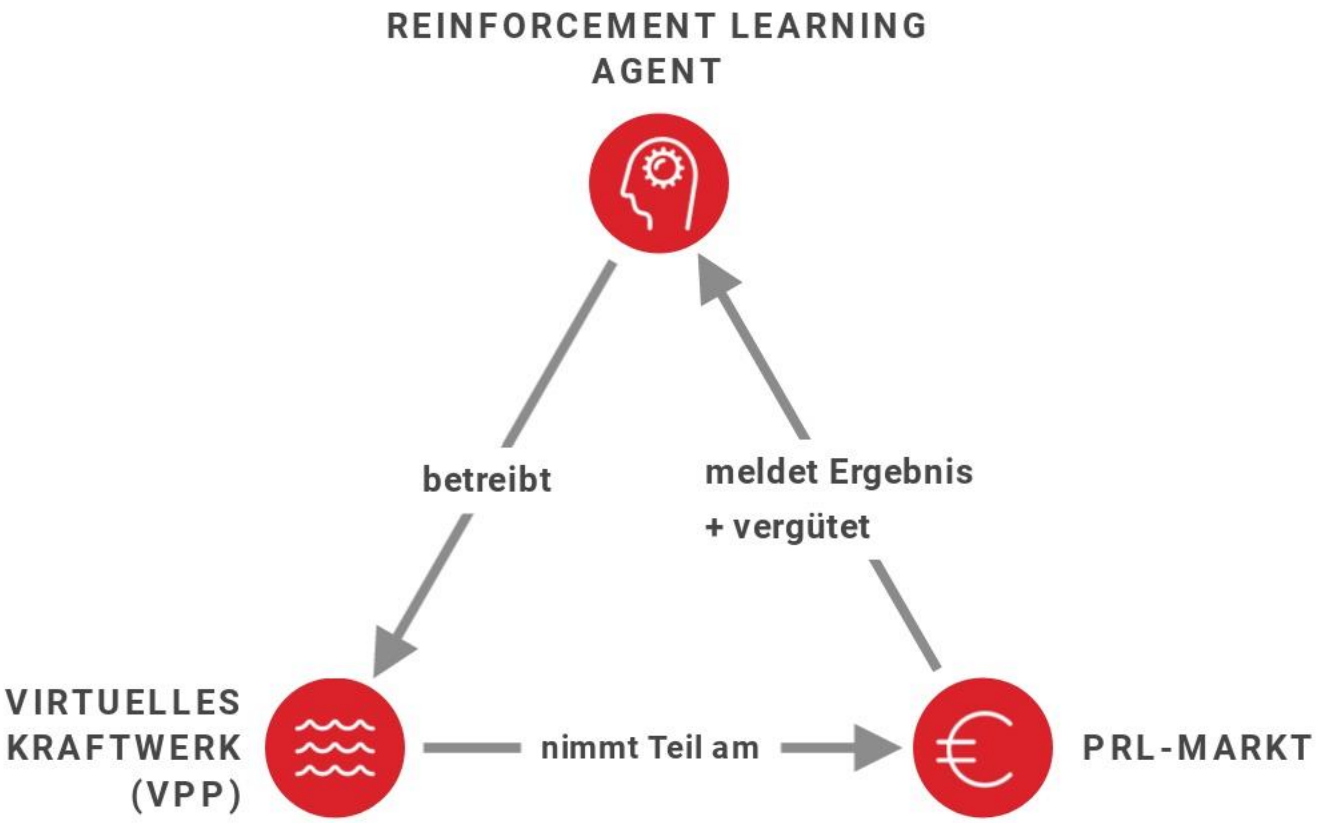


TEIL 2

Der Lösungsansatz

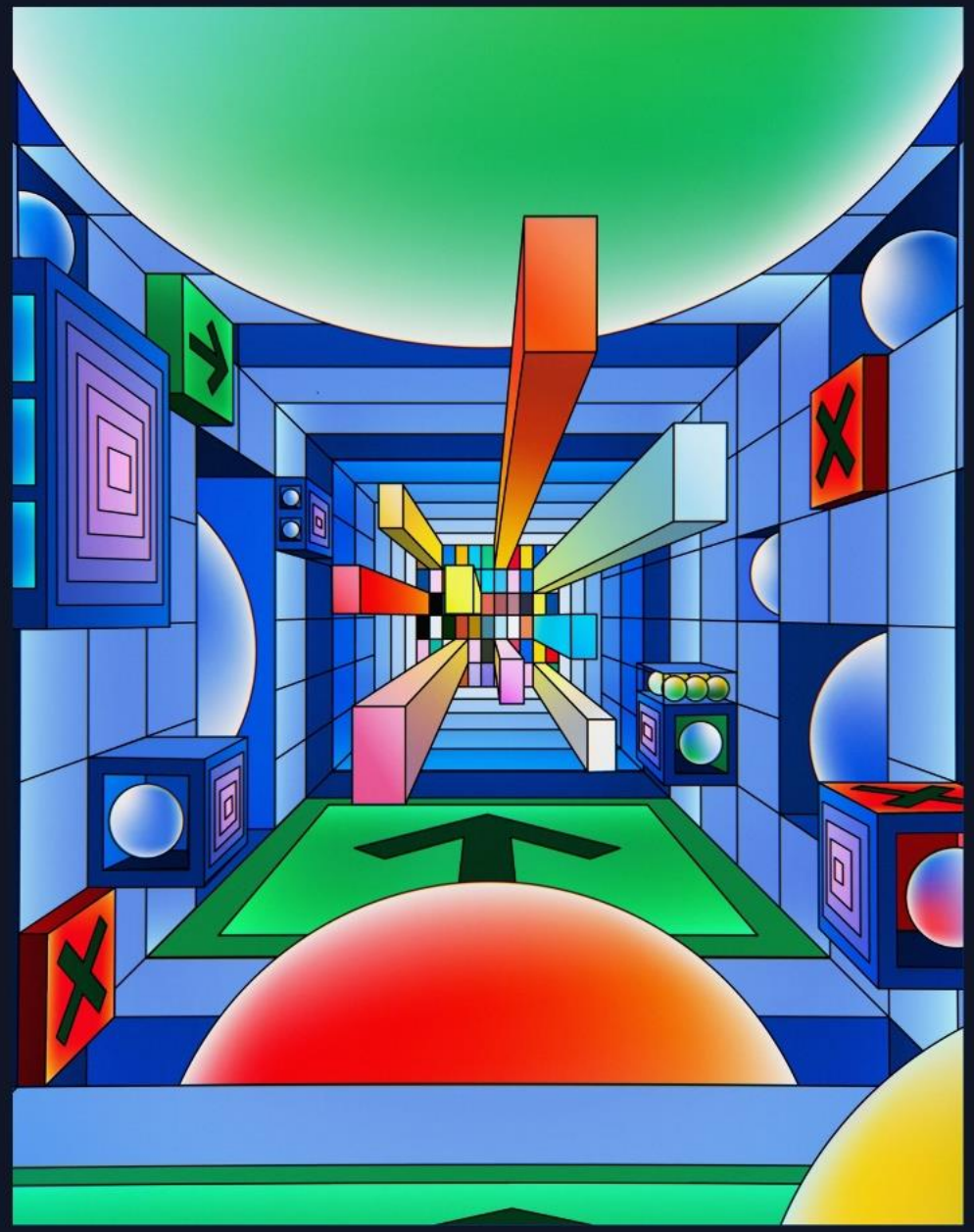


Das System im Überblick



Was ist Reinforcement Learning ?

Es ist eine Methode des maschinellen Lernens, bei der ein Agent durch Interaktion mit seiner Umgebung lernt, eine bestimmte Zielsetzung zu erreichen. Der Agent trifft Entscheidungen, um Belohnungen zu maximieren und Strafen zu minimieren, um seine Aktionen entsprechend anzupassen.



Drei Beispiele von Reinforcement Learning

CHATGPT

ChatGPT wurde mithilfe von RL trainiert, indem es belohnt wurde, gute Antworten zu generieren und bestraft wurde, wenn es schlechte Antworten generierte.

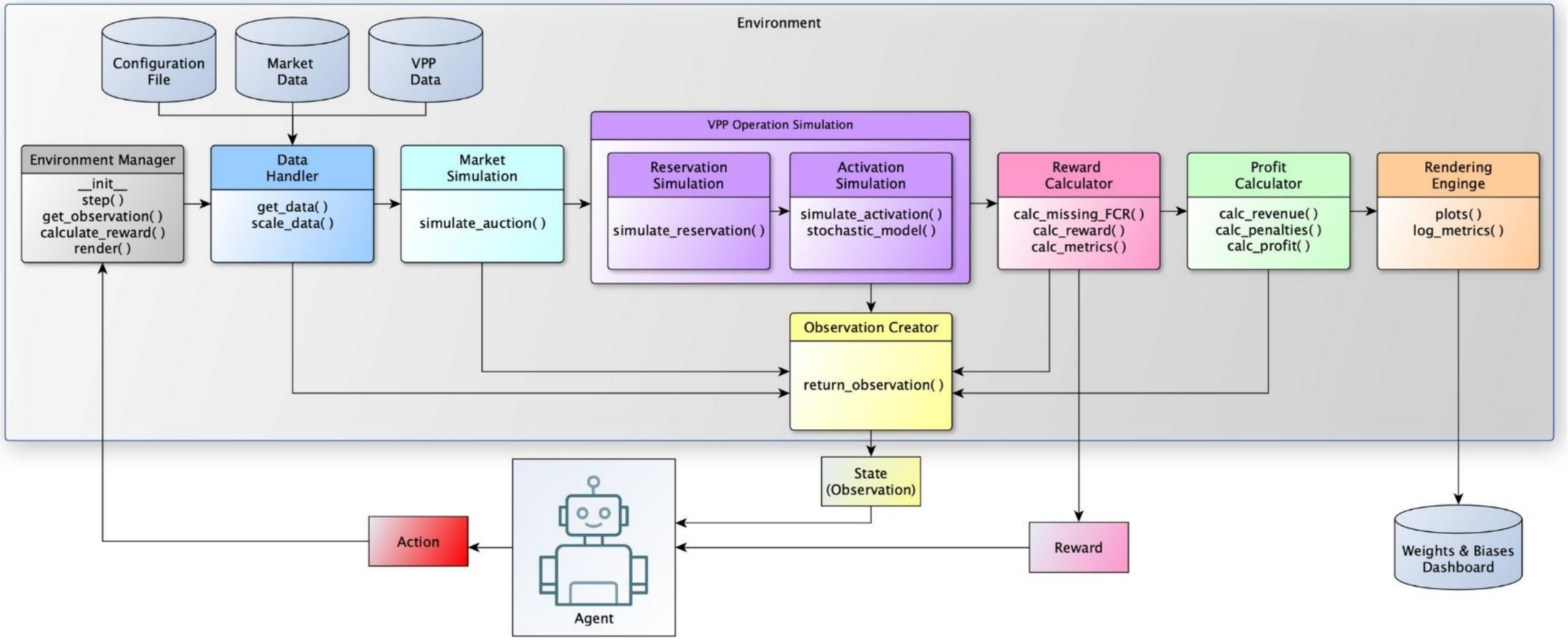
ROBOTIK

RL wird in der Robotik angewendet, um Robotern beizubringen, Gegenstände richtig zu greifen, indem sie durch Belohnungen motiviert werden.

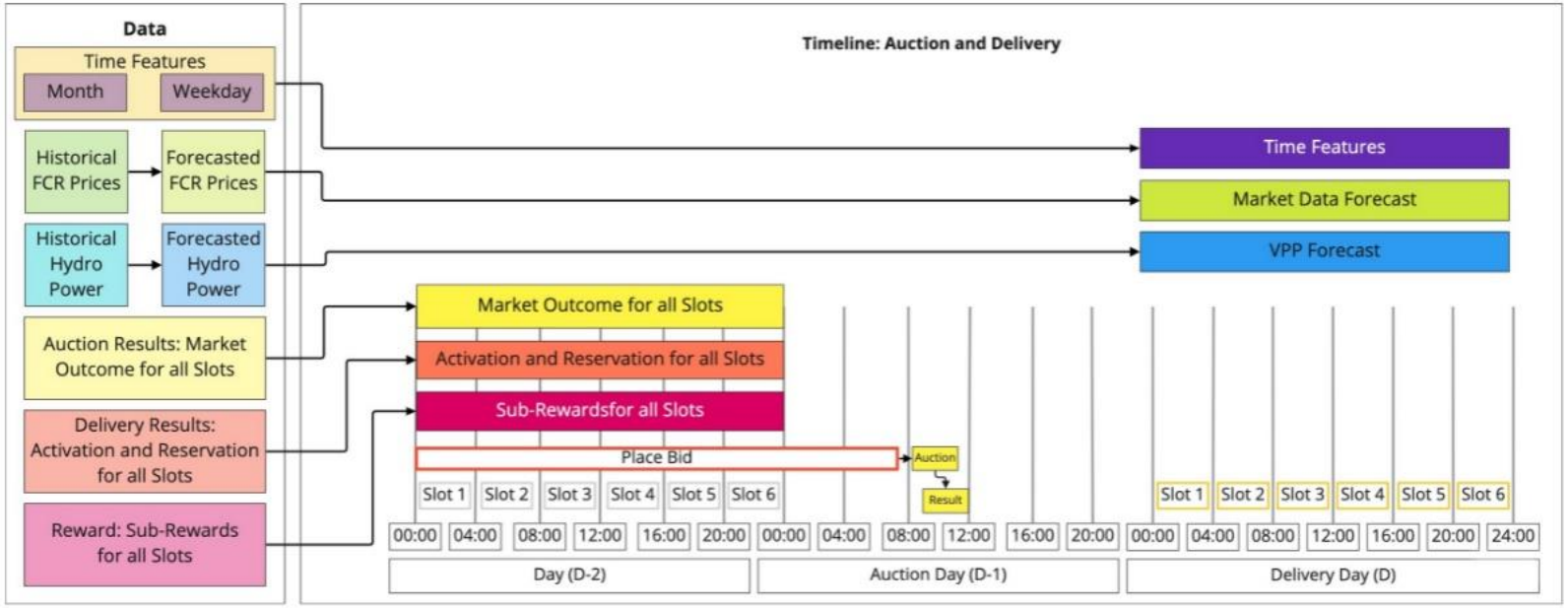
SELBSTFAHRENDE AUTOS

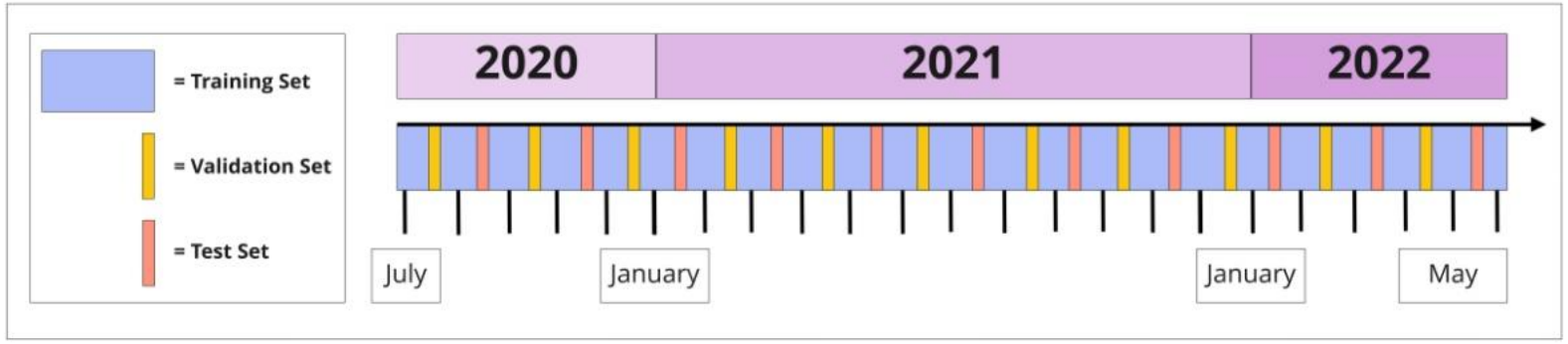
Ein selbstfahrendes Auto, lernt mithilfe von RL im Verkehr die richtigen Entscheidungen zu treffen in dem es in simulierten Umgebungen trainiert wird.

Das Sytem im Überblick

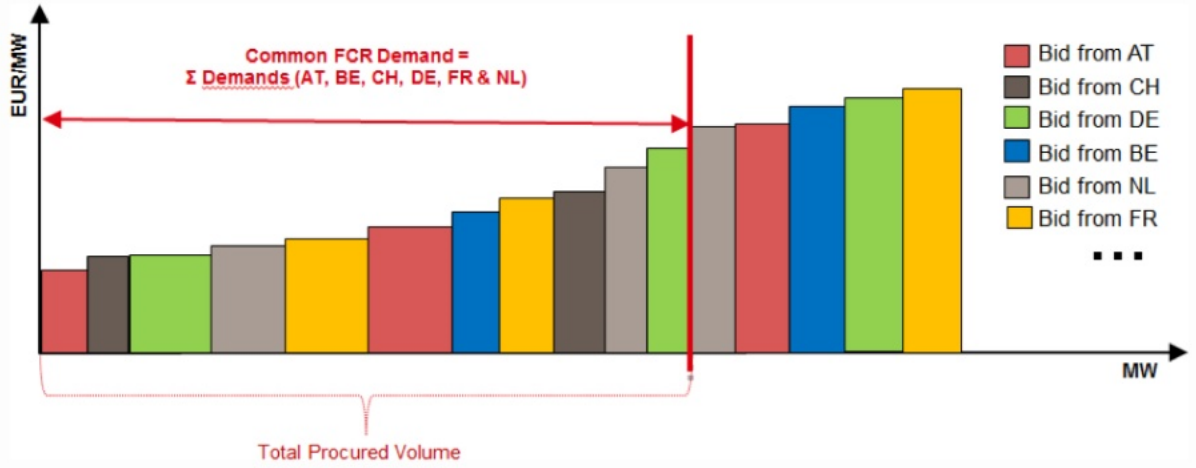


Die Daten

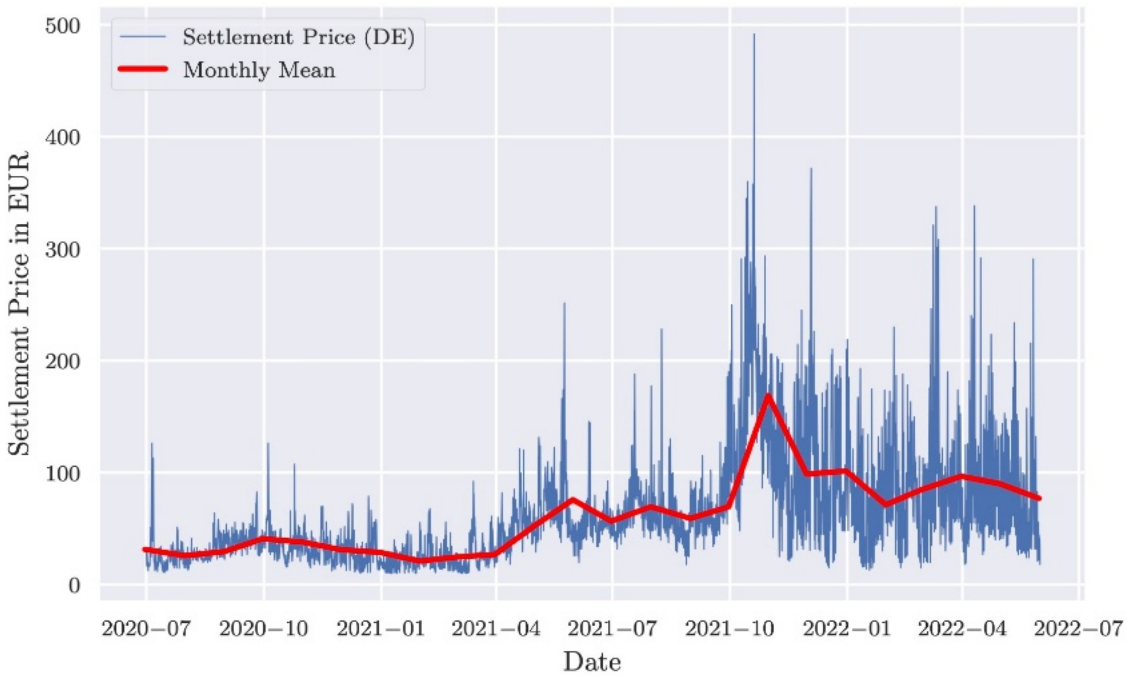

Data
Time Features
Month
Weekday
Historical FCR Prices
Forecasted FCR Prices
Historical Hydro Power
Forecasted Hydro Power
Auction Results: Market Outcome for all Slots
Delivery Results: Activation and Reservation for all Slots
Reward: Sub-Rewards for all Slots
Timeline: Auction and Delivery
Time Features
Market Data Forecast
VPP Forecast
Market Outcome for all Slots
Activation and Reservation for all Slots
Sub-Rewardsfor all Slots
Place Bid
Auction
Result
Slot 1
Slot 2
Slot 3
Slot 4
Slot 5
Slot 6
00:00
04:00
08:00
12:00
16:00
20:00
24:00
Day (D-2)
Auction Day (D-1)
Delivery Day (D)


= Training Set
= Validation Set
= Test Set
2020
2021
2022
July
January
January
May

Die Markt-Simulation

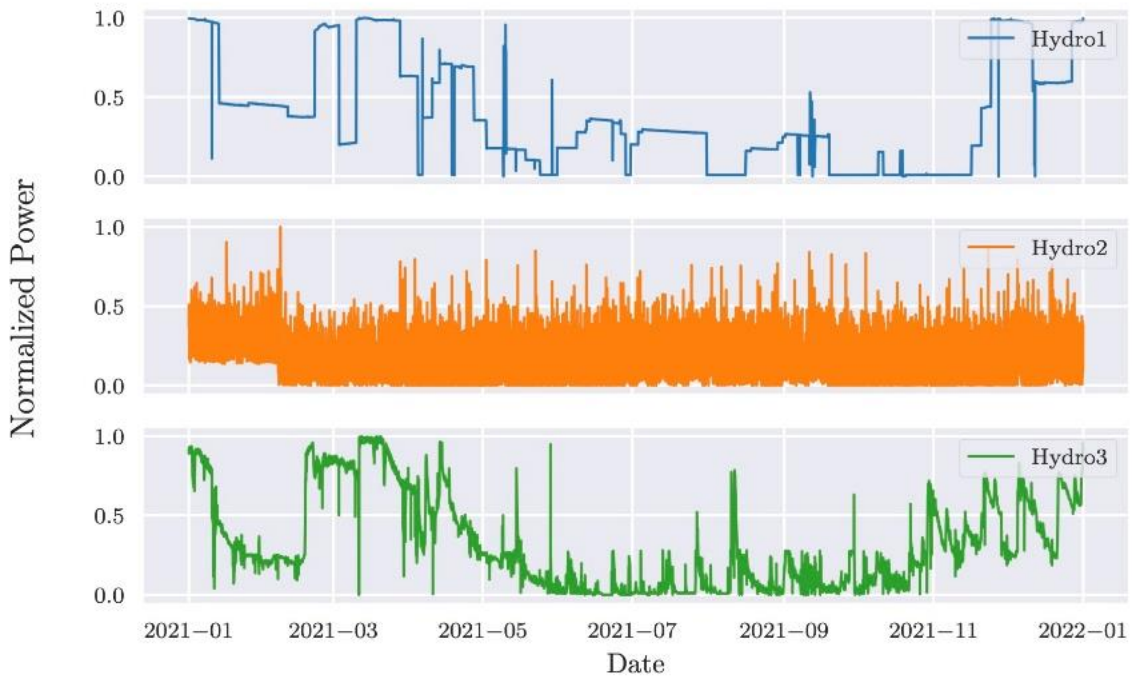


Simuliertes Market Clearing (Merit Order)
der PRL Auktion



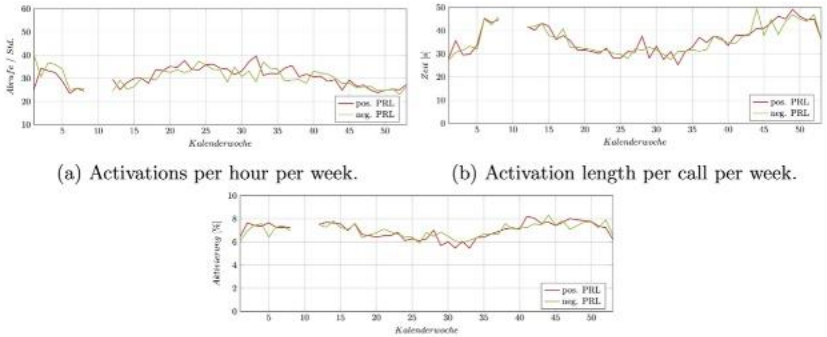
Mit echten Marktpreisen der letzten 2 Jahre
[regelleistung.net]

Die VPP-Simulation



Reale Leistungsdaten von Laufwasserkraftwerken
[SimBench Datensatz TU Dortmund]

Simulierte Vorhaltung von Primärregelleistung



(a) Activations per hour per week.

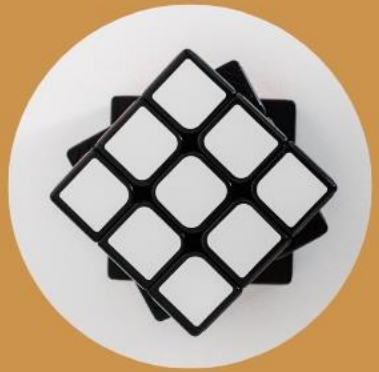
(b) Activation length per call per week.

(c) Activation quantity per call per week.

Simulierte Aktivierung von Primärregelleistung

Der Techstack

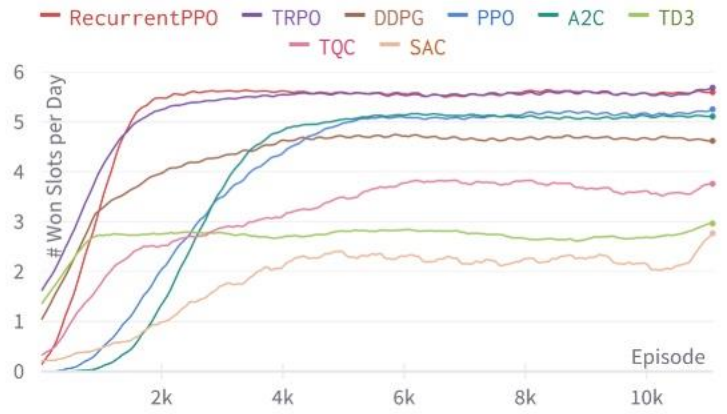
Python, OpenAI Gym, stable-baselines3, Weights & Biases



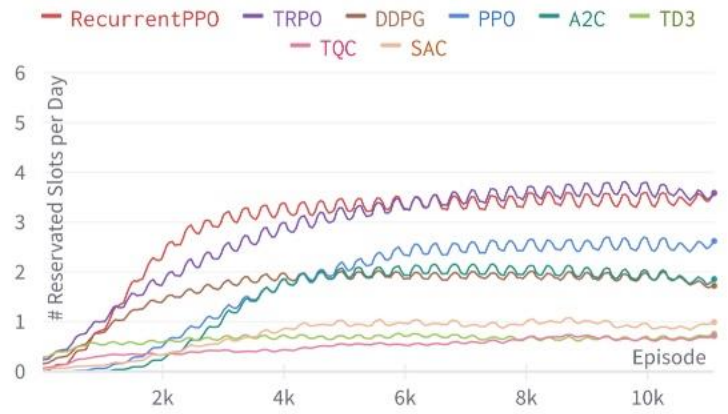
TEIL 3

Die Ergebnisse

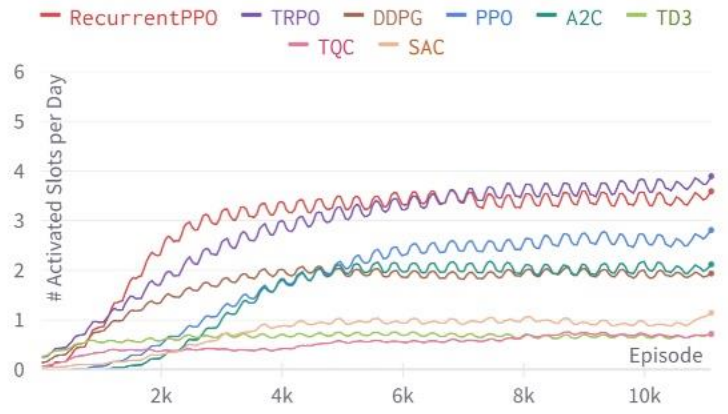
Erfolgskennzahlen des Systems



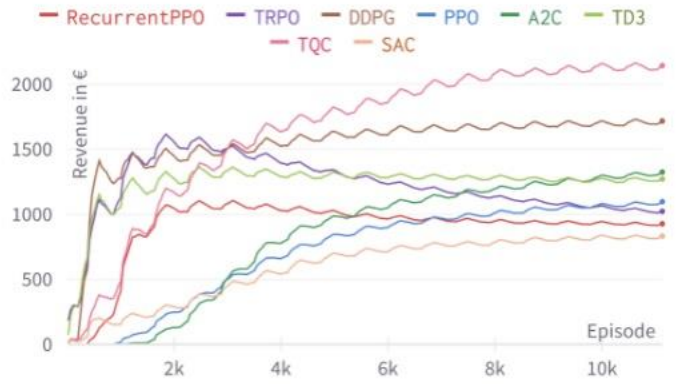
Anzahl gewonnener Auktionen



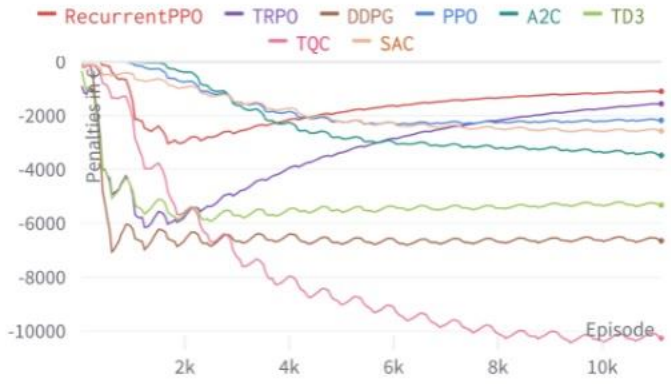
Anzahl erfolgreicher Vorhaltungen



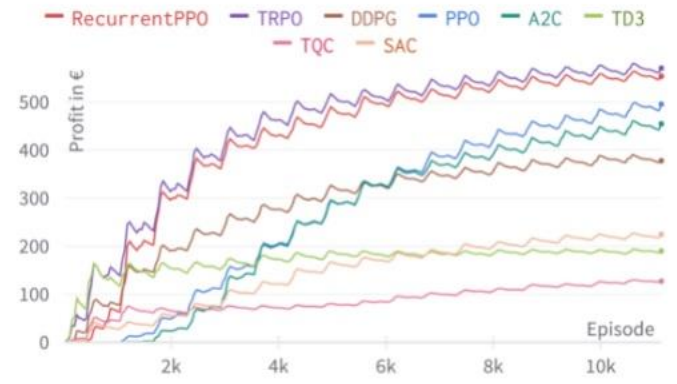
Anzahl erfolgreicher Aktivierungen



Durchschnittlicher Umsatz

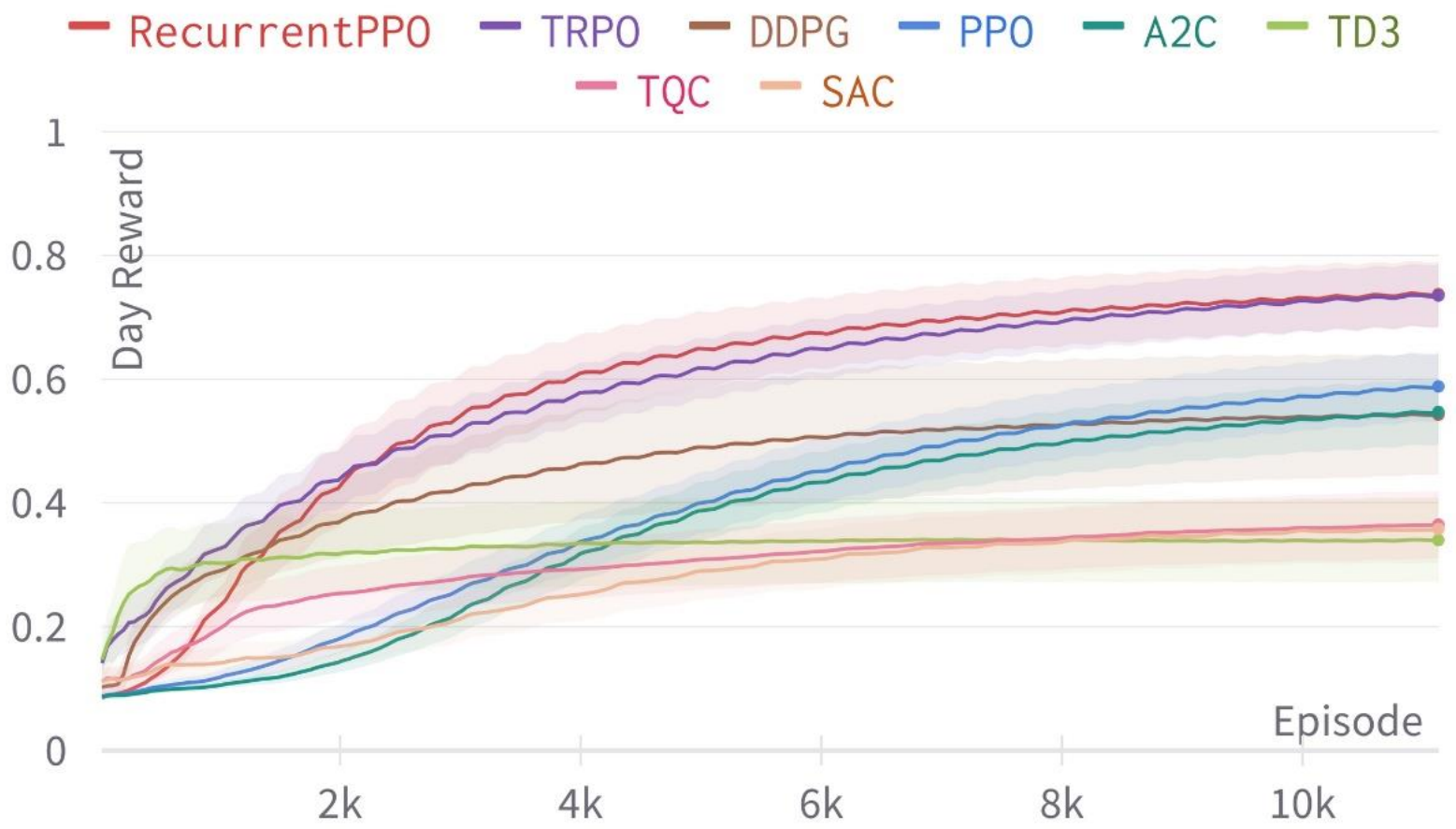


Durchschnittliche Strafzahlungen



Durchschnittlicher Gewinn

Der Gewinner-Algorithmus



Gesamter Reward der einzelnen Algorithmen

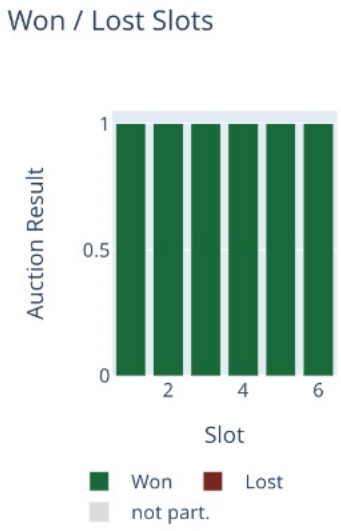
TRPO

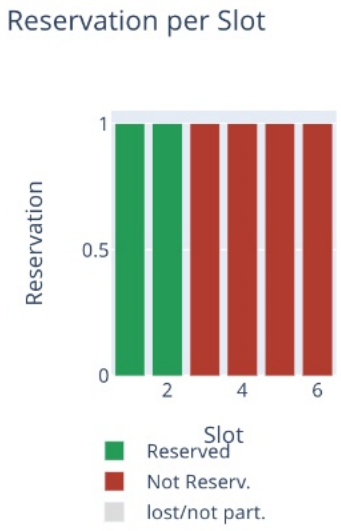
BESTER ALGORITHMUS (TRUST REGION POLICY OPTIMIZATION)

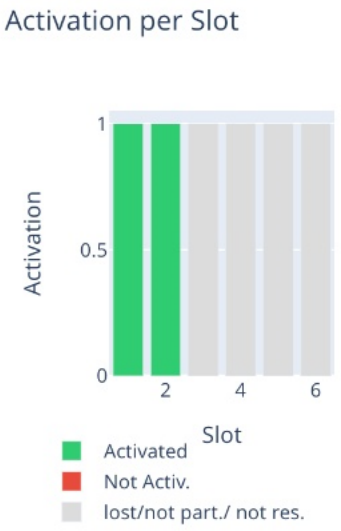
Dieser RL-Algorithmus hat die beste Fähigkeit, eine Bietstrategie zu erlernen, die Auktionen zu niedrigen Preisen gewinnt und sich an Veränderungen der Leistungsprognosen und Marktkonditionen anpasst.

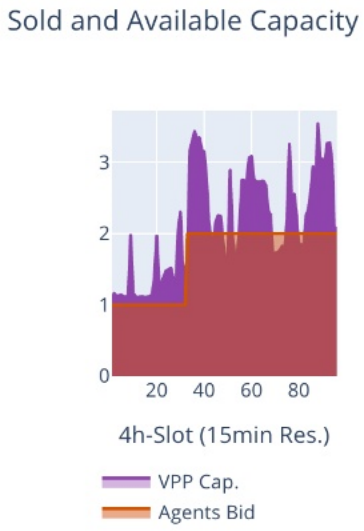
Beispiel einer suboptimalen Aktion

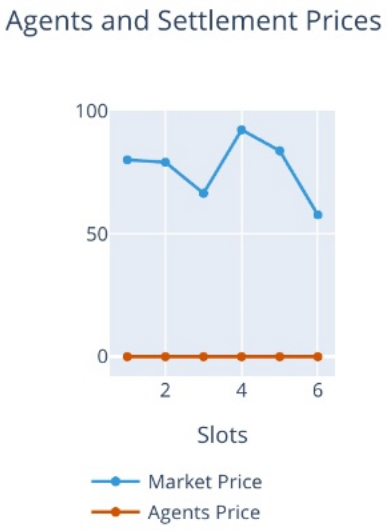
Die Vorhaltung von PRL war aufgrund von fehlender Kapazität in den Laufwasserkraftwerken nicht möglich. Der RL-Agent hat die Angebotsgröße zu hoch gesetzt.







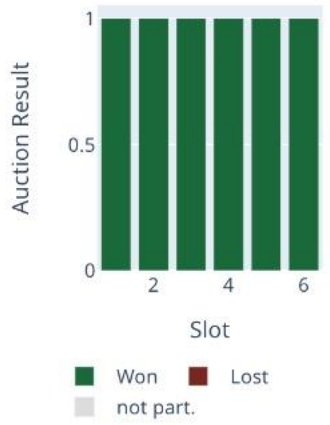




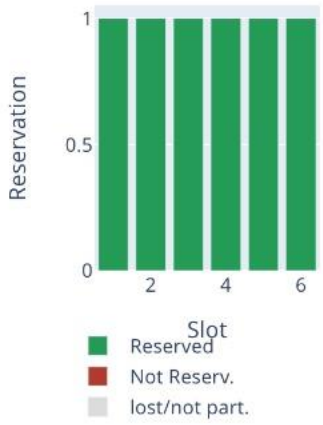
Beispiel einer erfolgreichen Aktion

Auktion, PRL Vorhaltung und PRL Aktivierung haben erfolgreich funktioniert. Der RL-Agent hat erlernt sich an der Leistungsvorhersage zu orientieren und richtig am Markt zu handeln.

Won / Lost Slots

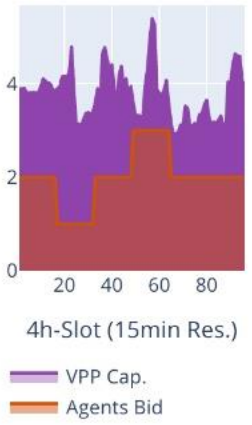


Reservation per Slot



Activation per Slot

Sold and Available Capacity



Agents and Settlement Prices

Limitationen, Future Work, Marktempfehlung

LIMITATIONEN:

- Perfect Foresight
- Reward kann zu komplex sein
- mehr Trainingsdaten (synthetisch)
- System nur für den europäischen PRL Markt geeignet

FUTURE WORK:

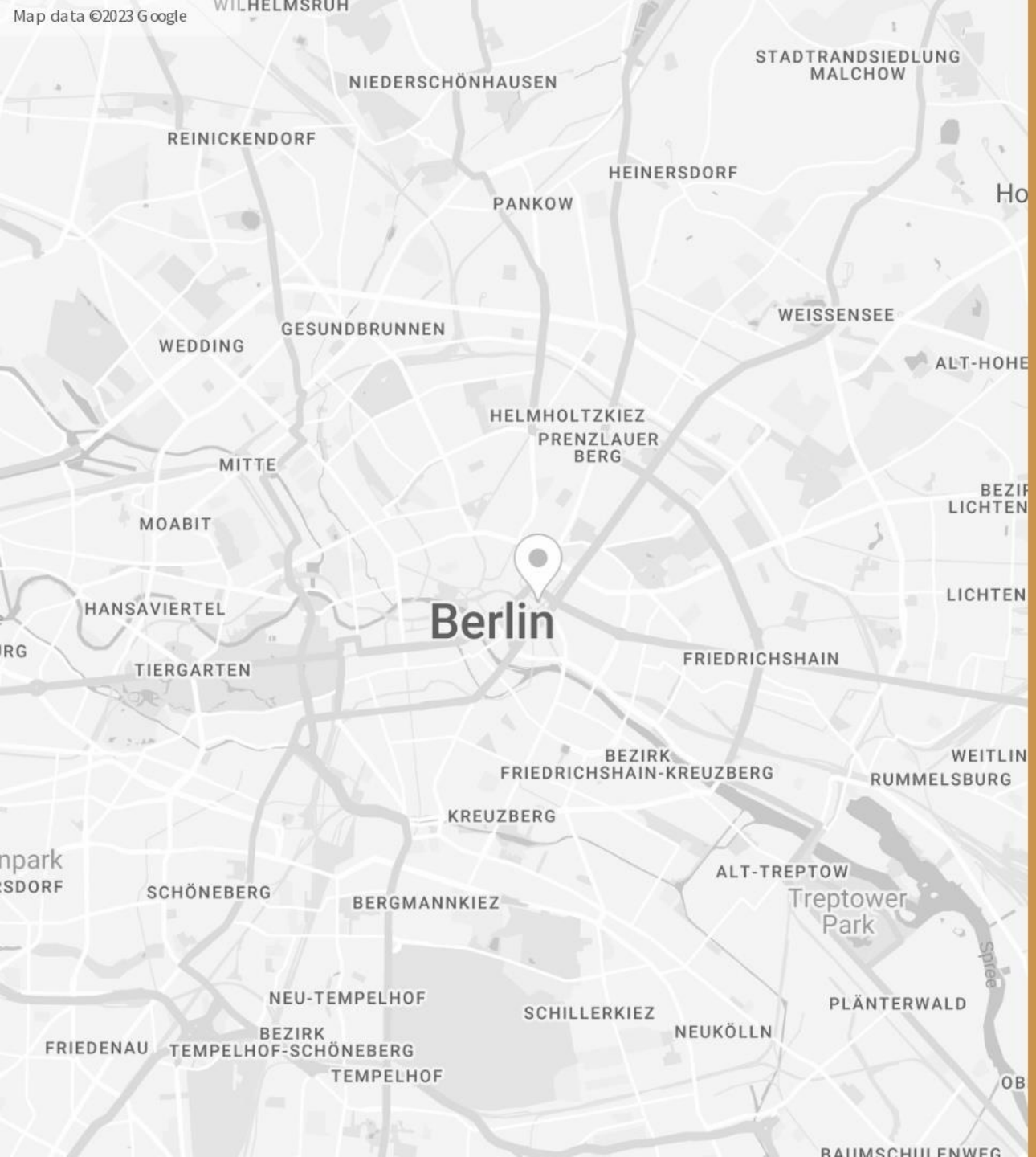
- Andere Energiemärkte: DA- und ID-Märkte
- Verfeinerung des Rewards
- Untersuchung unterschiedlicher Konfigurationen von VPPs
- Genauere Simulation der Kraftwerke

MARKTEMPFEHLUNGEN:

Zur Integration von mehr Erneuerbaren in das Netz: Einführung von kürzeren PRL-Auktionszyklen und kürzeren Marktprodukten wie 1h oder 15min

Das Projekt auf GitHub!

Das Tool zur intelligenten Marktteilnahme von Virtual Power Plants im Europäischen PRL Markt mithilfe von Reinforcement Learning, ist als Open-Source-Projekt auf GitHub verfügbar. Dort können Interessierte sich den Code einsehen, herunterladen und sogar selbst weiterentwickeln.



Vielen Dank für Ihre Zeit und Interesse!

Jan-Lukas Pflaum,
Technische Universität Berlin

janlukaspflaum@gmail.com

github.com/jlp-ue/MA-VPP-RL-bidding

pflaum.biz

linkedin.com/in/jan-lukas-pflaum/

Kategorie: Externe Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

Jan-Lukas Pflaum	Bani Pamungkas	Julius Beranek
Reinforcement Learning based Strategic Bidding for a Virtual Power Plant in the Frequency Containment Reserve Market	Dynamische Aggregation eines aktiven Verteilnetzes für Frequenzuntersuchungen im Zeitbereich mithilfe des Greybox-Ansatzes	Modeling and simulation of the future German hydrogen network 2030

Masterarbeit

Dynamische Aggregation eines aktiven Verteilnetzes für Frequenzuntersuchungen im Zeitbereich mithilfe des *Grey-Box*-Ansatzes

Bani Pamungkas

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Wettbewerb um den Helmut-Schaefer-Preis 2023, FfE-Energietage

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

1. Motivation und Ziel
2. Aggregation- und Optimierungsverfahren
3. Netzmodell und Ersatznetzmodell eines Mittelspannungsnetzes
4. Ergebnisse der Aggregation
5. Fazit und Ausblick

Motivation und Ziel

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Motivation

1. Zunehmender Anteil von dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) im Verteilnetz
2. Fehlende, detaillierte Kenndaten eines elektrischen Energiesystems
3. Hoher Rechenaufwand für dynamische Untersuchungen

Ziel

1. Aggregation eines aktiven Verteilnetzes mithilfe des *Greybox*-Ansatzes
2. Untersuchung der unterschiedlichen Ersatzmodelle und Optimierungsverfahren
3. Sensitivitätsanalyse und Training des aggregierten Netzes

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

1. Motivation und Ziel
2. Aggregations- und Optimierungsverfahren
3. Netzmodell und Ersatznetzmodell eines Mittelspannungsnetzes
4. Ergebnisse der Aggregation
5. Fazit und Ausblick

Aggregations- und Optimierungsverfahren

Grey-Box-Ansatz

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Auswahl der Modellstruktur

↓

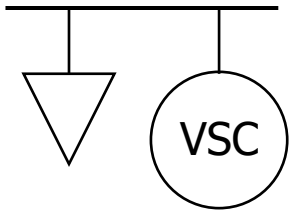
Bestimmung der Zielfunktion

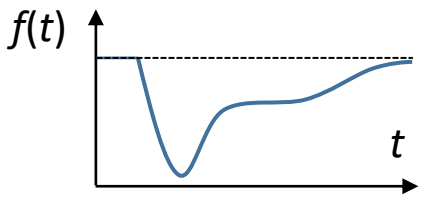
↓

Optimierungsverfahren

↓

Sensitivitätsanalyse (Modellvalidierung)





P & Q

- PSO: Particle Swarm Optimization
- DE: Differential Evolution Algorithmus

- Verschiedene Trainingssignale

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

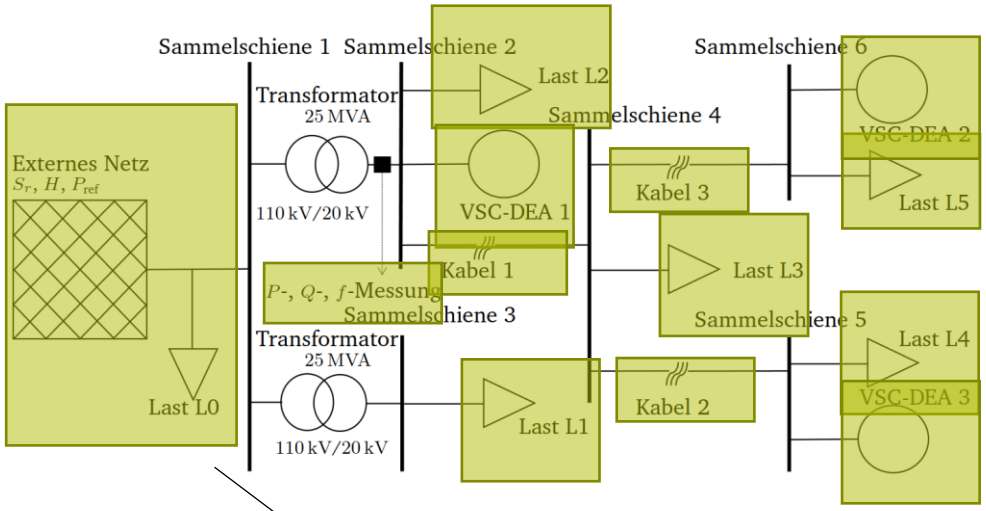
1. Motivation und Ziel
2. Aggregations- und Optimierungsverfahren
3. Netzmodell und Ersatznetzmodell eines Mittelspannungsnetzes
4. Ergebnisse der Aggregation
5. Fazit und Ausblick

Netzmodell und Ersatznetzmodell eines MS-Netzes

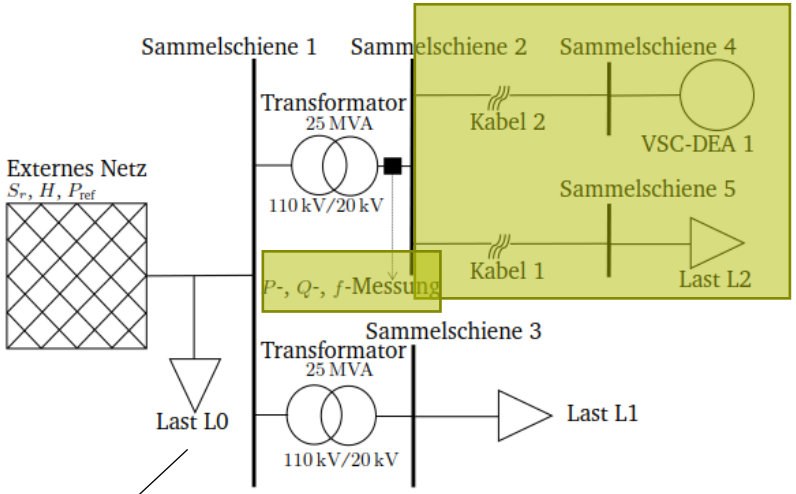
Übersicht Modelle

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Das reale Netz



Das Ersatzmodell



Lastsprung ΔL0

- $P_{L0} = 50$ MW; $\Delta P_{L0} = 50$ MW

Elektrische Energieversorgung unter Einsatz Erneuerbarer Energien

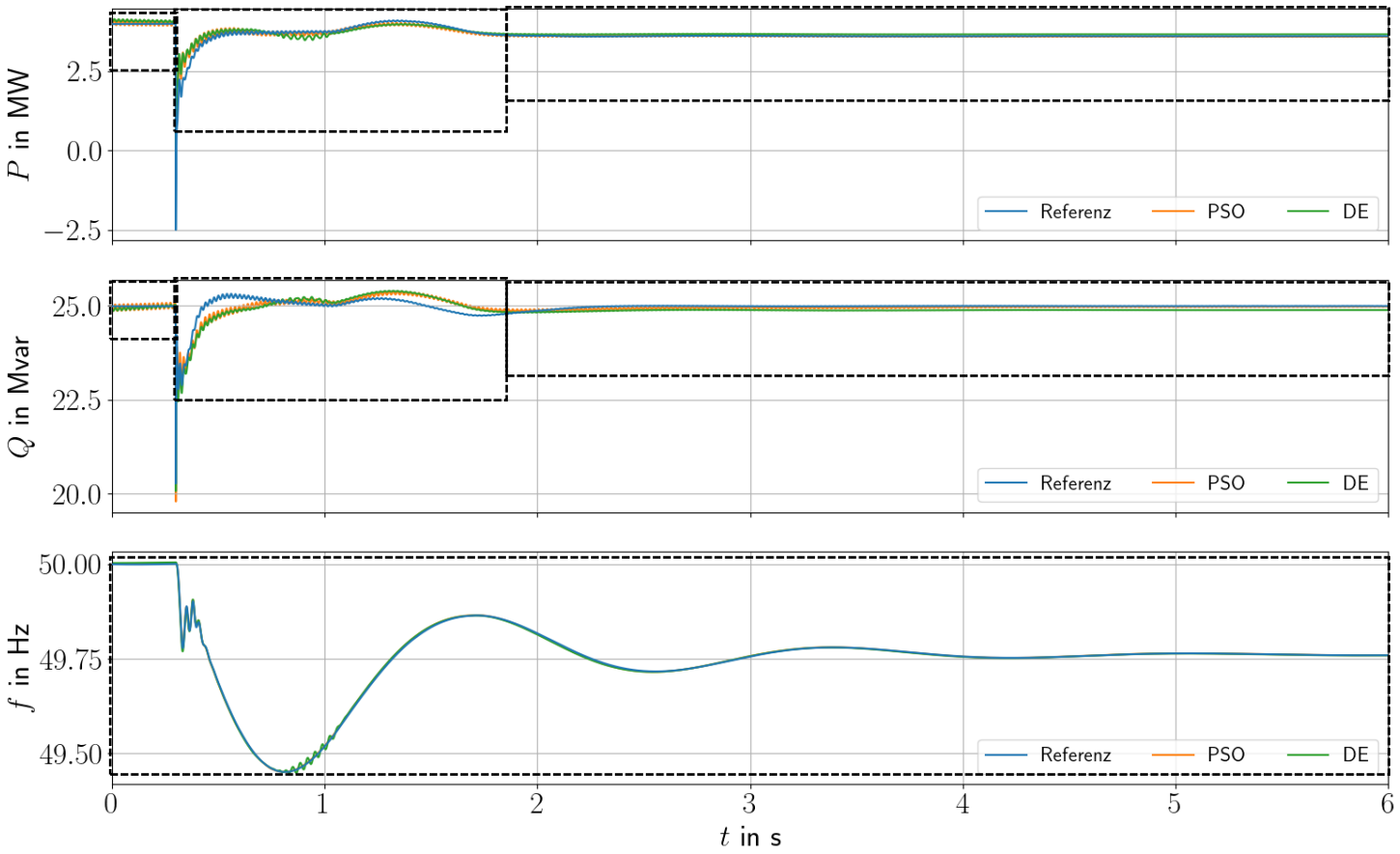
Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

1. Motivation und Ziel
2. Aggregations- und Optimierungsverfahren
3. Netzmodell und Ersatznetzmodell eines Mittelspannungsnetzes
4. Ergebnisse der Aggregation
5. Fazit und Ausblick

Simulationsergebnisse

Untersuchung der Auswirkung von der Parameterbereichs (zwei Kabel)



Zielfunktion $\epsilon(\boldsymbol{x})$ in MVA^2

- DE : 0.039
- PSO : 0.025

Agenda

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

1. Motivation und Ziel
2. Aggregations- und Optimierungsverfahren
3. Netzmodell und Ersatznetzmodell eines Mittelspannungsnetzes
4. Ergebnisse der Aggregation
5. Fazit und Ausblick

Fazit und Ausblick

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Fazit

1. Ersatznetzmodelle und Optimierungsverfahren liefern zufriedenstellende Ergebnisse
2. Dynamisches Verhalten aktiver Verteilnetze kann in vereinfachter Form nachgebildet werden

Ausblick

1. Verwendung für dynamische Frequenzuntersuchungen im Übertragungsnetz
2. Einfaches Anpassen der Parameter bei Änderung des Netzzustandes

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung!

Bani Pamungkas

Fachgebiet E5 TU Darmstadt

Landgraf-Georg-Str. 6
64283 Darmstadt

E-Mail: bani.pamungkas@stud.tu-darmstadt.de

Kategorie: Externe Masterarbeiten

Präsentationswettbewerb

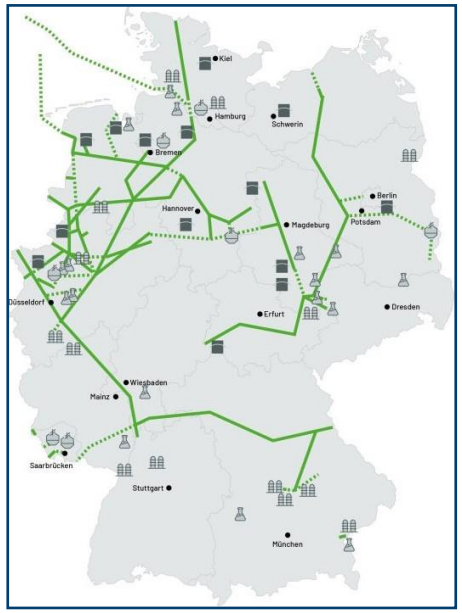
Jan-Lukas Pflaum	Bani Pamungkas	Julius Beranek
Reinforcement Learning based Strategic Bidding for a Virtual Power Plant in the Frequency Containment Reserve Market	Dynamische Aggregation eines aktiven Verteilnetzes für Frequenzuntersuchungen im Zeitbereich mithilfe des Greybox-Ansatzes	Modeling and simulation of the future German hydrogen network 2030

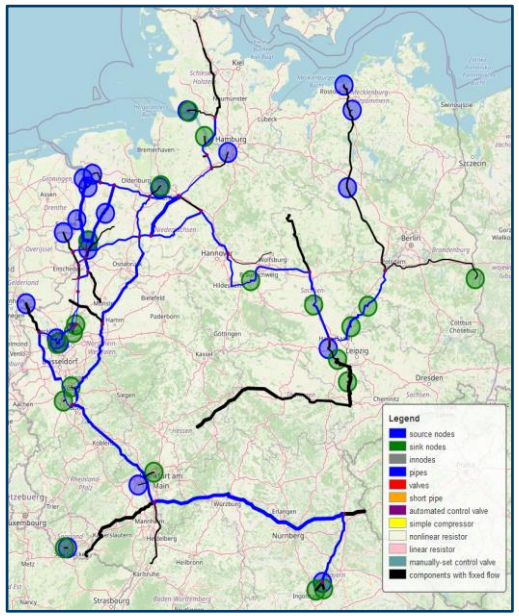
Modeling and Simulation of the future German hydrogen network 2030

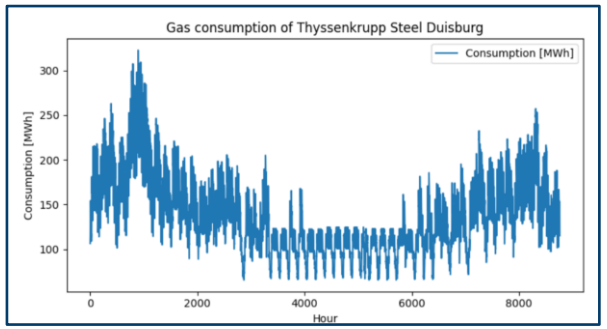
26.04.2023 | JULIUS BERANEK

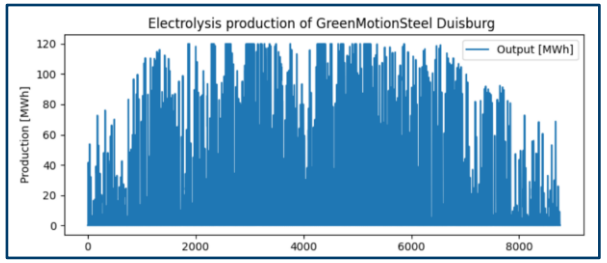
Finale des Helmut-Schaefer-Preises 2023

The objective is to evaluate the physical capabilities of the proposed grid for transporting the required quantities of hydrogen









Maximizing the overall **pressure** level in the grid:

$$maximize \sum_{i \in V} p_i$$

subject to

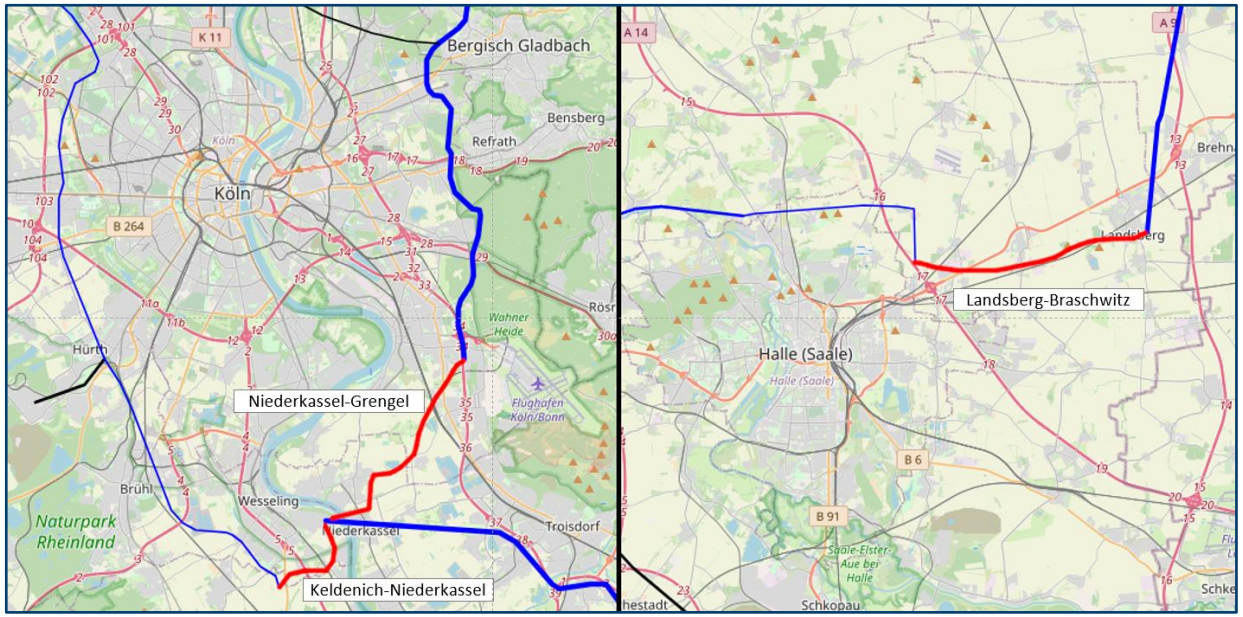
- **Mass flow** and **pressure** levels in **pipelines, valves and compressors**

Linearizing nonlinear pressure drop constraints

- Building a convex and concave envelope around the function to approximate it

Pipelines with inadequate diameter have the potential to create bottlenecks in regions with high hydrogen throughput

Results
Three potential **bottlenecks**

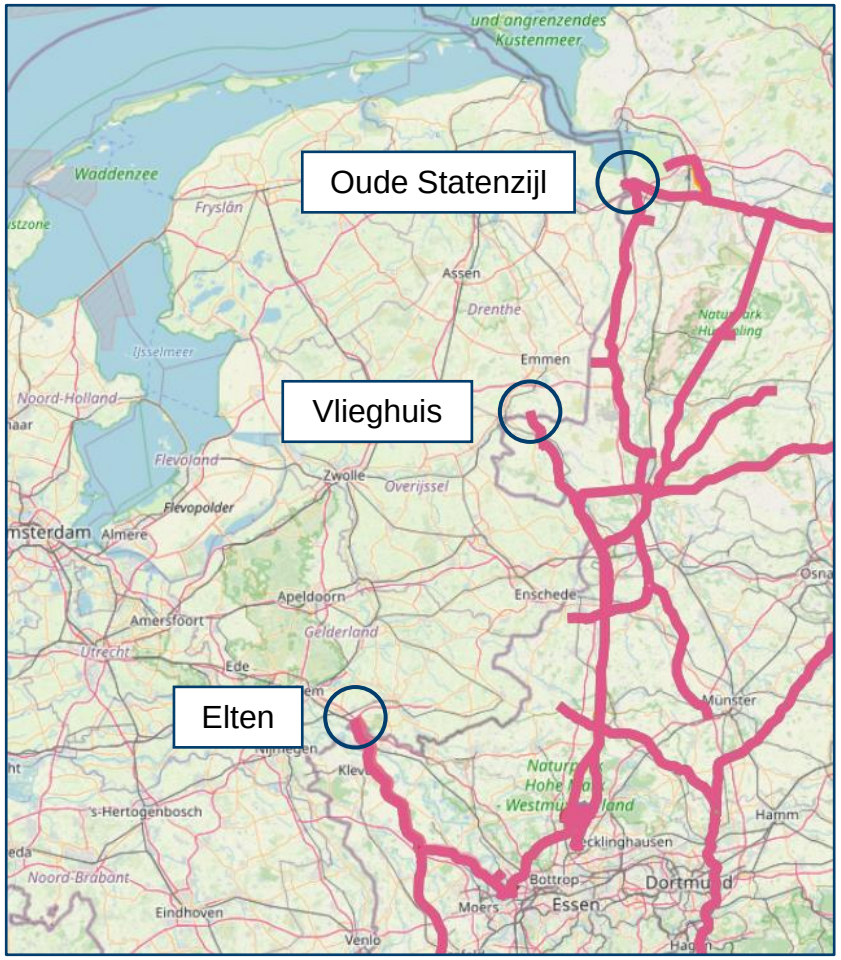


→ Diameter of currently installed pipelines (111 mm) is not sufficient

→ Diameter of 333 mm needed

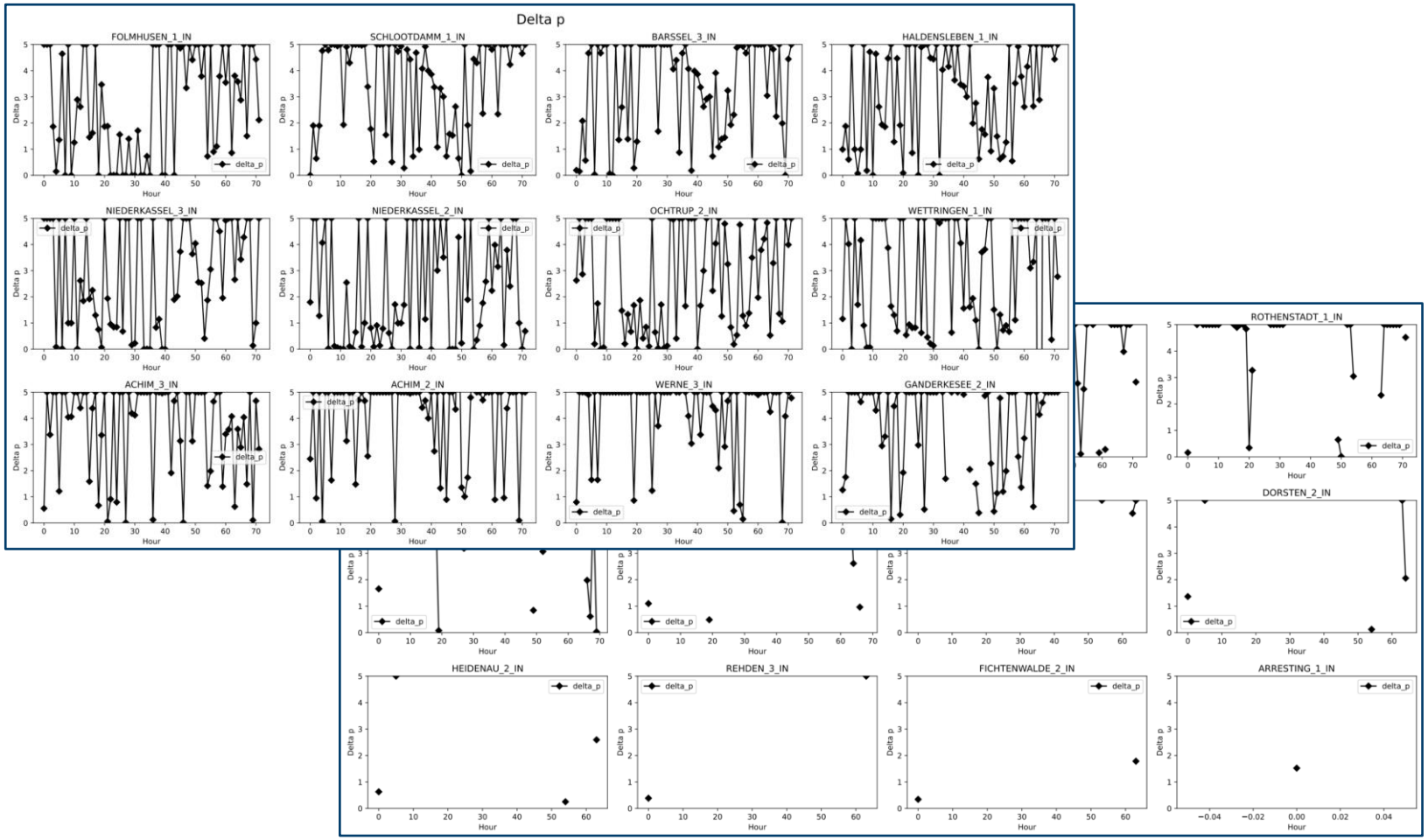
Hydrogen producers generate an insufficient amount of hydrogen to meet the consumption demand, thereby necessitating the need for importing hydrogen

Results
Three potential **bottlenecks**
Import of hydrogen needed



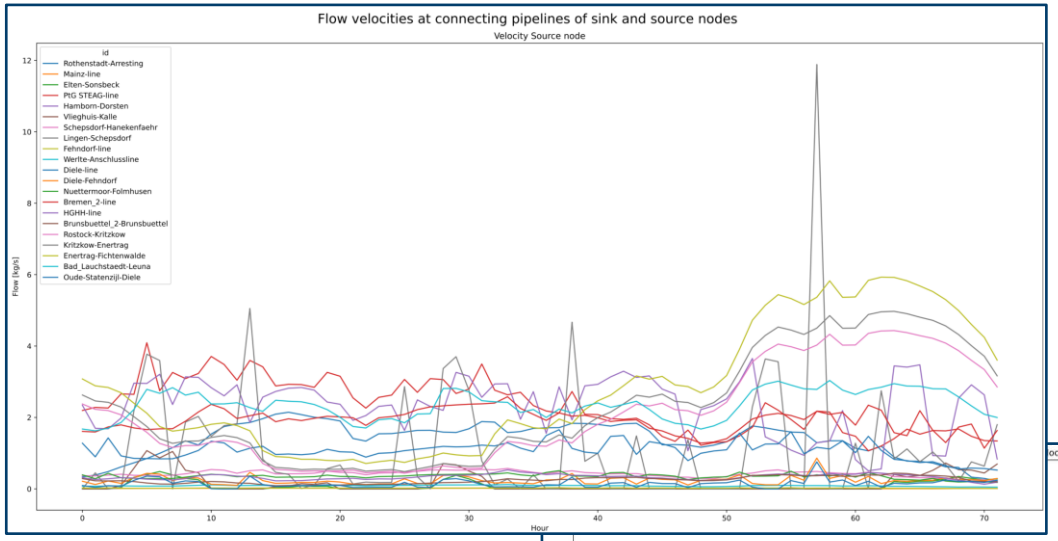
Operational costs of the grid might increase considerably due to substantial pressure regulation in control valves

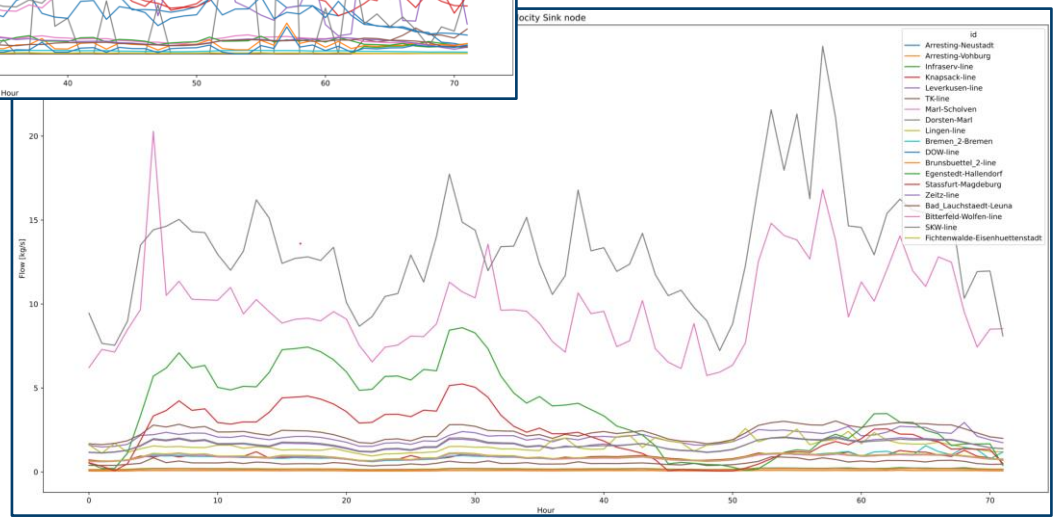
Results
Three potential **bottlenecks**
Import of hydrogen needed
Significant **pressure regulation** in CVs



The observed grid shows an excessive amount of pipelines not vital for successful operation

Results
Three potential **bottlenecks**
Import of hydrogen needed
Significant **pressure regulation** in CVs
25 unused, 43 little used pipeline sections





Although this thesis provides a solid foundation, it possesses some limitations that need to be addressed in future research

Results	Critical Reflection
Three potential **bottlenecks**	Optimize the model in regards of **computation time**
Import of hydrogen needed	Implement **storage systems**
Significant **pressure regulation** in CVs	Rework **electrolyzer** load profiles
25 unused, 43 little used pipeline sections	Analyze **impact** of **additional** consumers and producers

Schlussworte zum Helmut-Schaefer Preis 2023

von Prof. Dr. –Ing. Mauch

Doktorand:innen-Symposium
Highlights aus laufenden Promotionsvorhaben

Moderation: Prof. Dr. Thomas Hamacher
(Technische Universität München)

02.05.2023

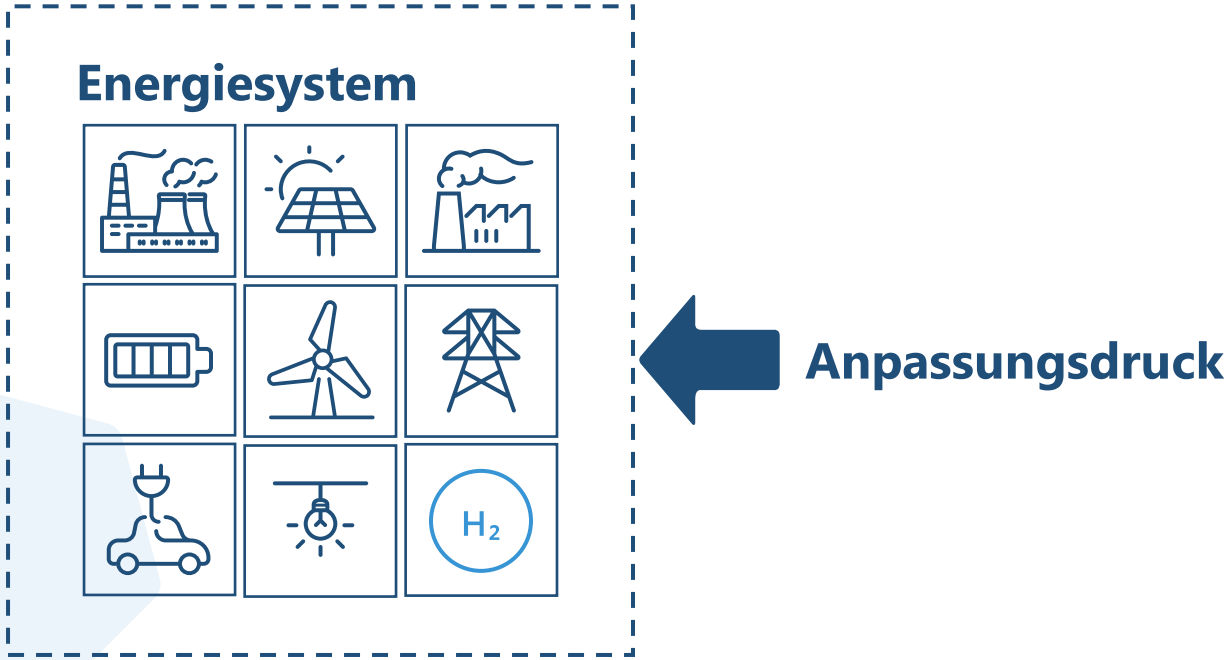
Modellgestützte Untersuchung des potenziellen Beitrags von Wasserstoff zur Dekarbonisierung von Energiesystemen (Arbeitstitel)

Stephan Kigle

DOKTORAND:INNEN-SYMPOSIUM 02.05.2023

Energiesystem und -verbrauch im Wandel

Motivation & Forschungsfragen

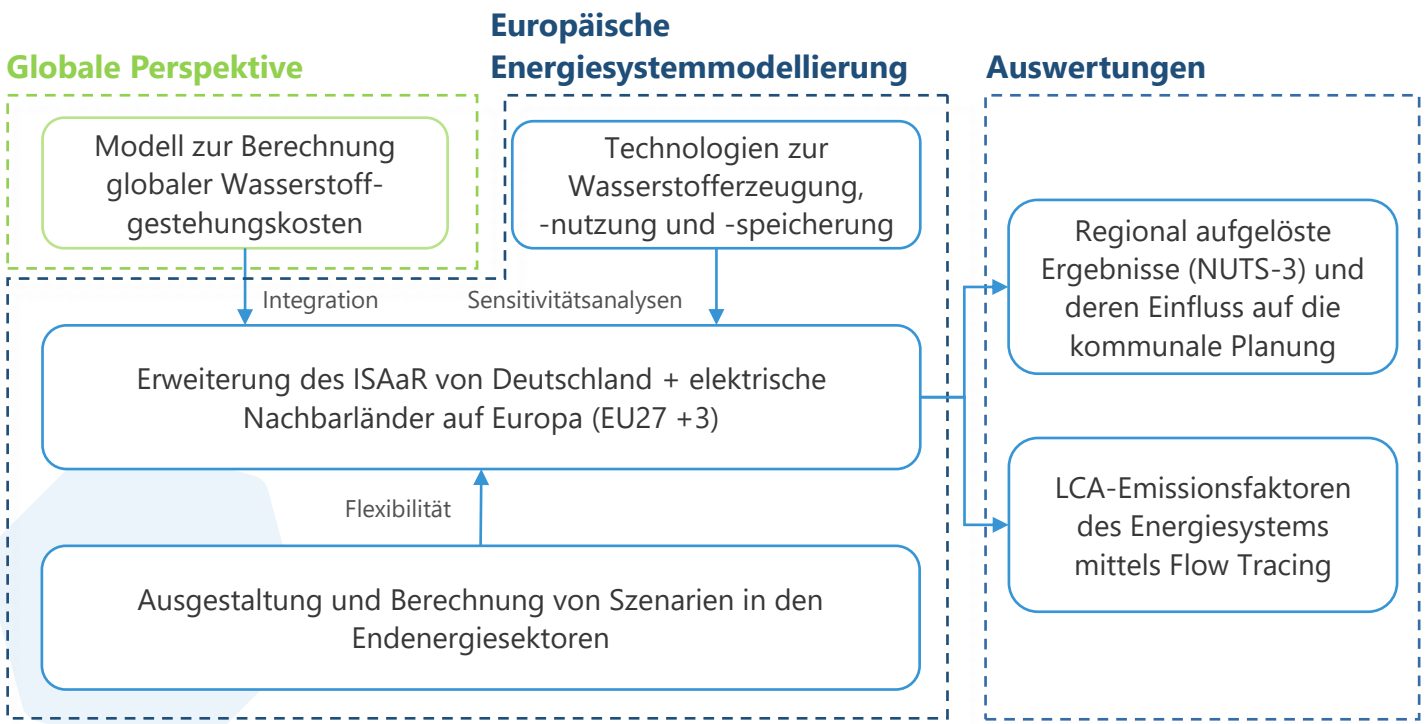


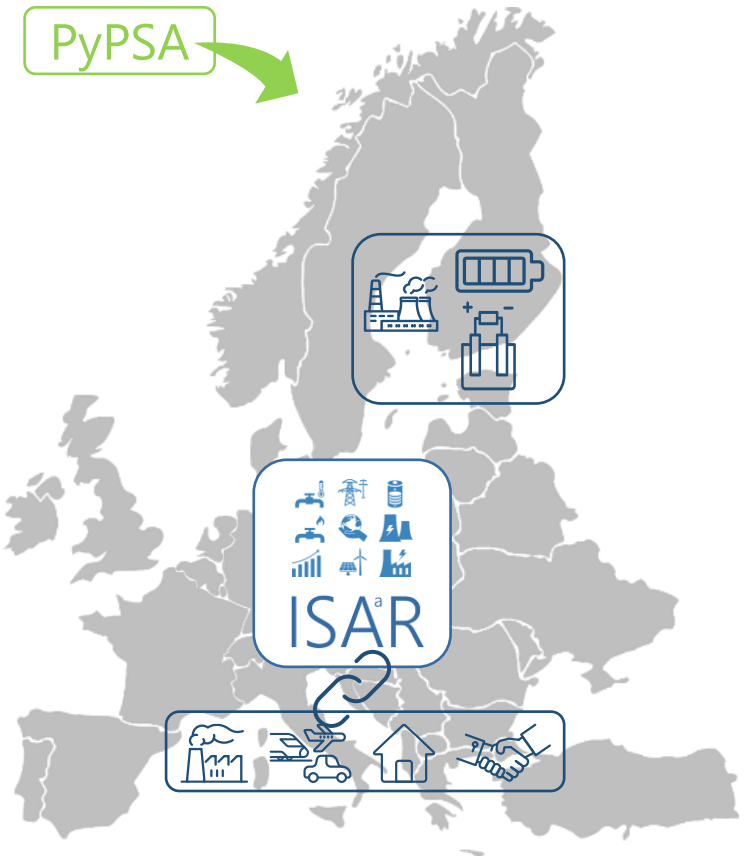
Forschungsfragen:

- Design des europäischen Energiesystems bei hoher Dekarbonisierung?
- Welche Rolle spielt Wasserstoff bei der Dekarbonisierung?
- Wie wirkt sich der Umbau des Energiesystems lokal aus?
- Welche Unsicherheiten gibt es?

Energiesystemmodellierung als Basis

Forschungsdesign





Was passiert im Extremfall?

Erste Ergebnisse

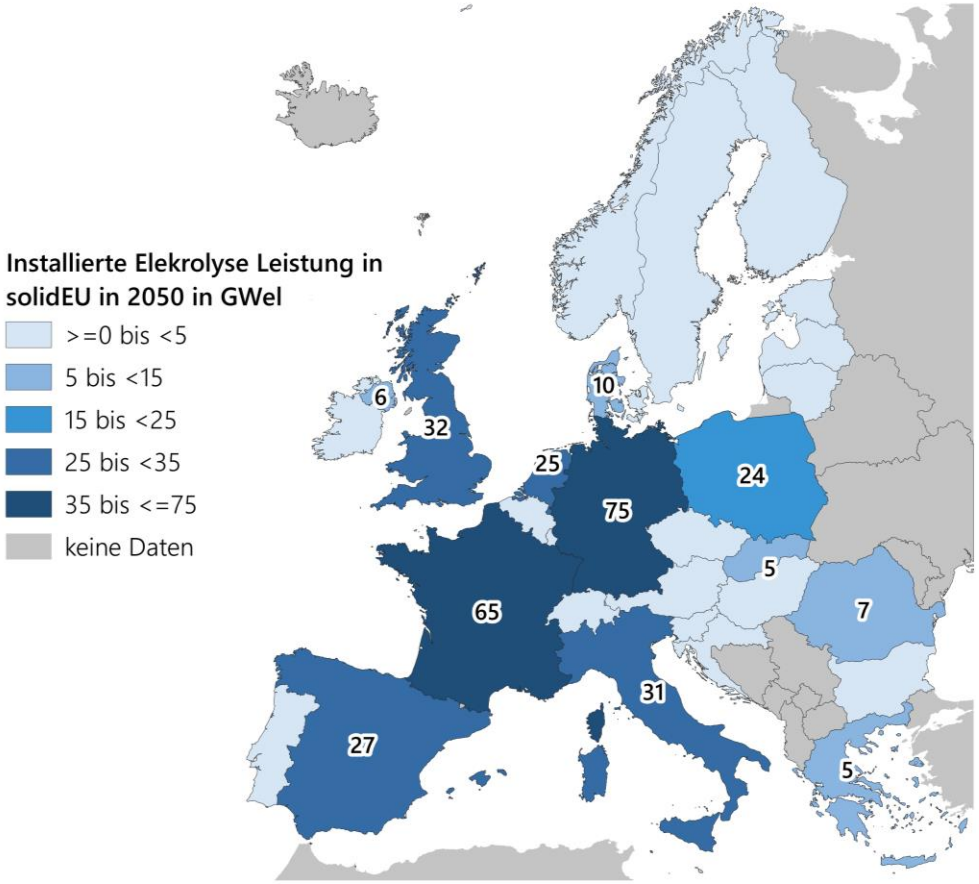
Modellannahmen

Der europäische H_2-Bedarf muss innerhalb der EU gedeckt werden.

Wasserstoff kann uneingeschränkt zwischen den einzelnen Ländern gehandelt werden.

H_2-Speicher

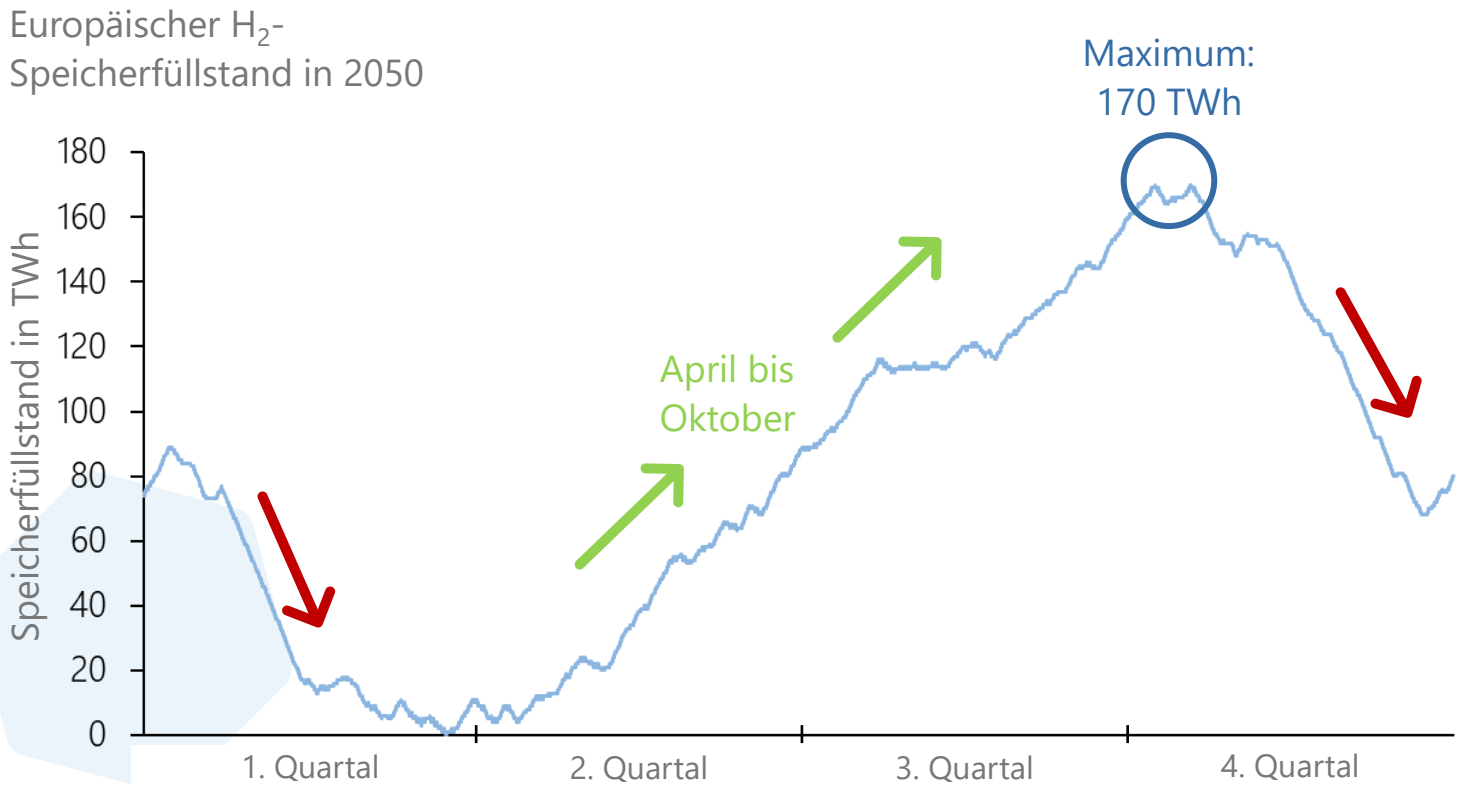
Wasserstoff kann gespeichert werden.



Verwaltungsgrenzen: Europa: © OpenStreetMap-Mitwirkende | Generalisierung: FfE e.V.
Hintergrundkarte erstellt mit Natural Earth

Wasserstoff als saisonaler Speicher

Erste Ergebnisse



Der H_2-Speicher wird in den Sommermonaten durch PV- und Winderzeugung in Kombination mit geringem Strombedarf gefüllt.

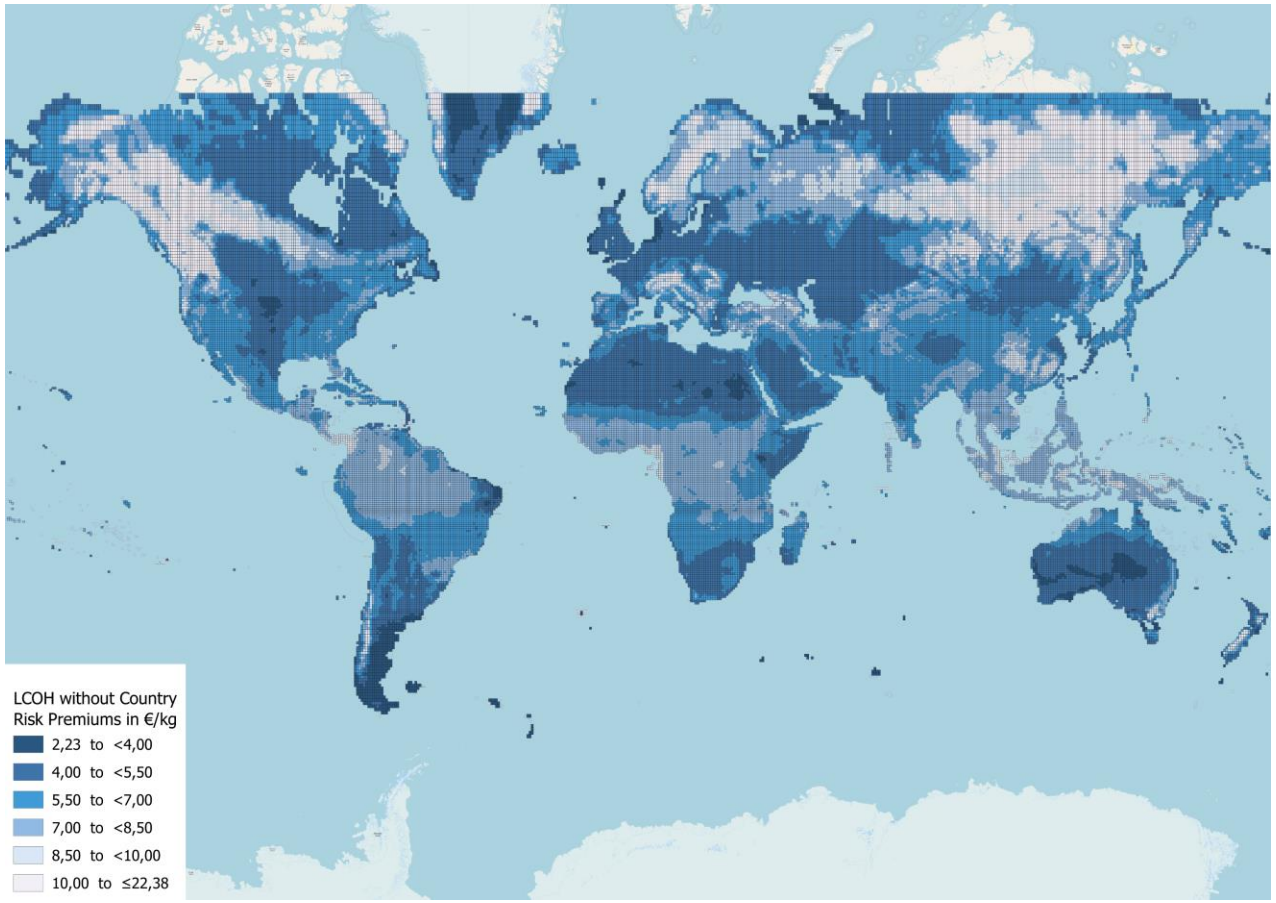
Kigle, S.; Ebner, M.; Guminski, A. Greenhouse Gas Abatement in EUROPE—A Scenario-Based, Bottom-Up Analysis Showing the Effect of Deep Emission Mitigation on the European Energy System. *Energies* 2022, *15*, 1334. https://doi.org/10.3390/en15041334

Globale Wasserstoffgestehungskosten

Erste Ergebnisse

Was kostet die Herstellung von Wasserstoff?

- Wasserstoffimport ist relevant für die europäische Wasserstoffproduktion
- PyPSA zur Berechnung globaler Wasserstoffgestehungskosten
- Berechnung auf einem 50 km x 50 km Raster
- Kombination mit Transportkosten ergibt Importkosten

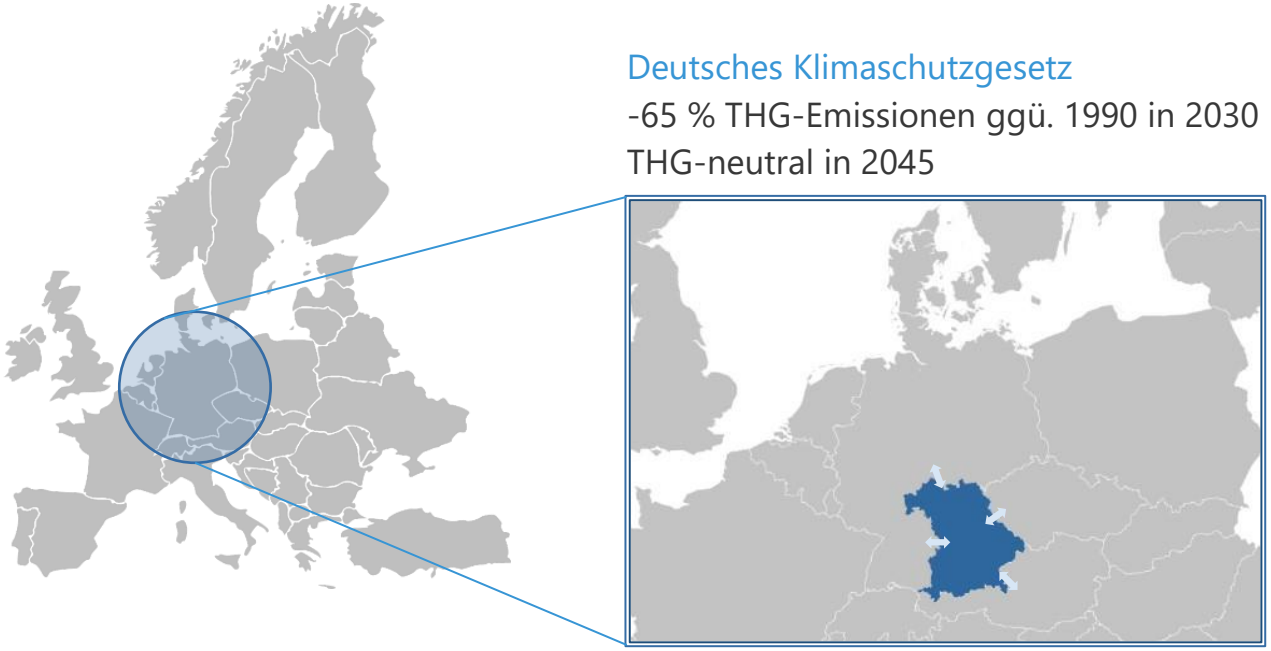


Working Paper: Kigle, S.[1]; Schmidt-Achert, T. [1]; Martinez-Perez, M. Global Levelized Cost of Hydrogen Production. *International Journal of Hydrogen Energy* 2023; [1]Erstautoren

Von der Modellierung in die Umsetzung

Erste Ergebnisse

Green Deal Europa:
-55 % THG-Emissionen ggü. 1990 in 2030
THG-neutral in 2050

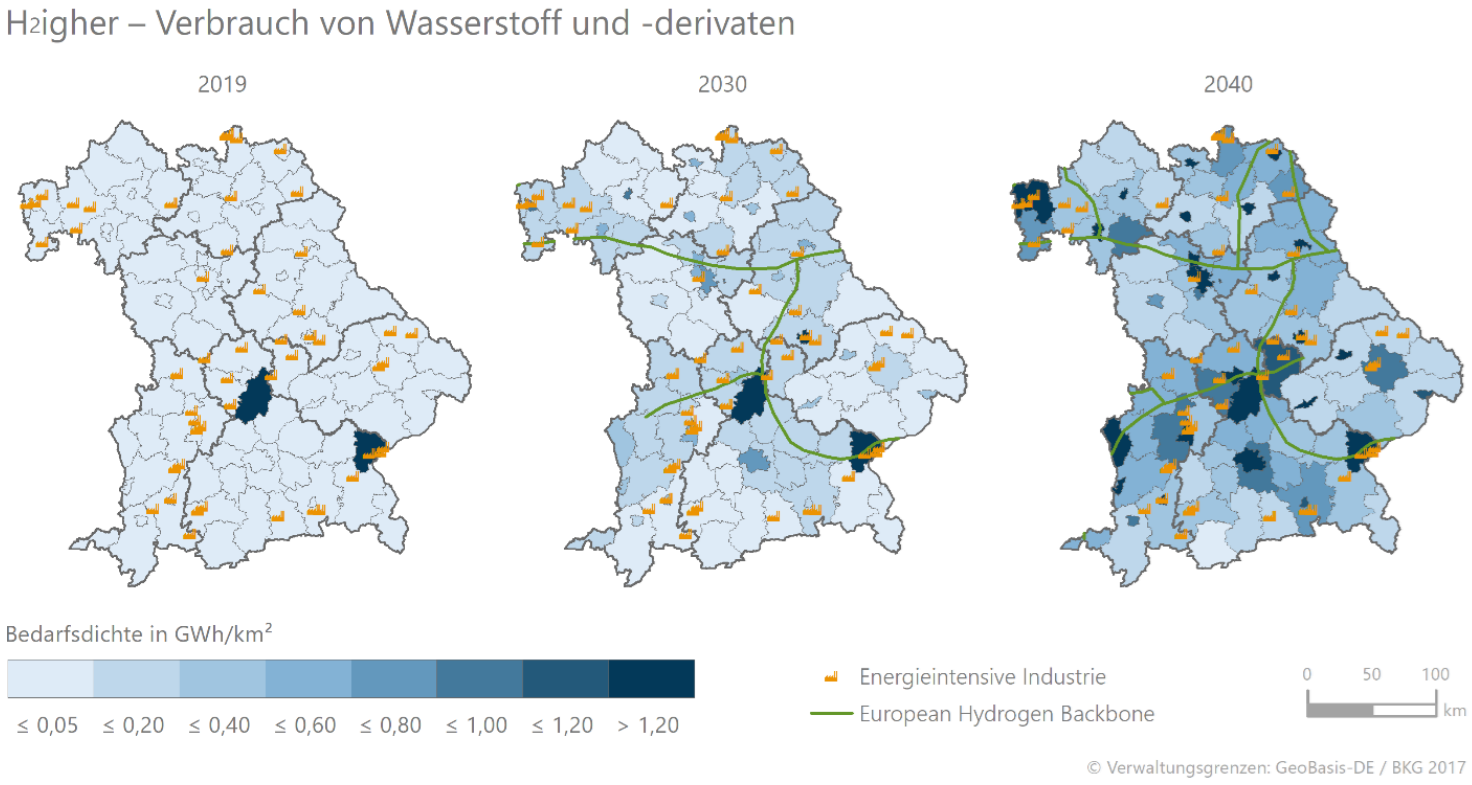


Deutsches Klimaschutzgesetz
-65 % THG-Emissionen ggü. 1990 in 2030
THG-neutral in 2045

Bayerisches Klimaschutzgesetz
THG-neutral in 2040

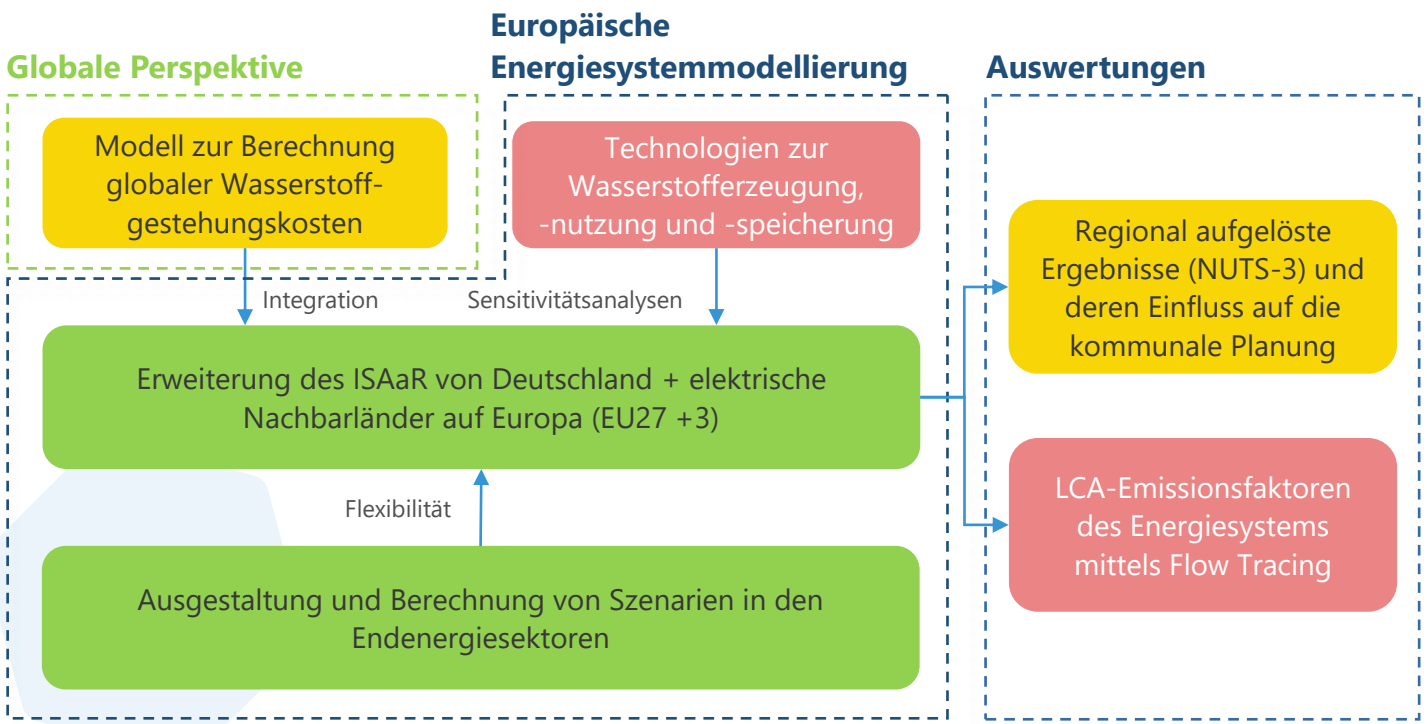
Regionaler Handlungsbedarf

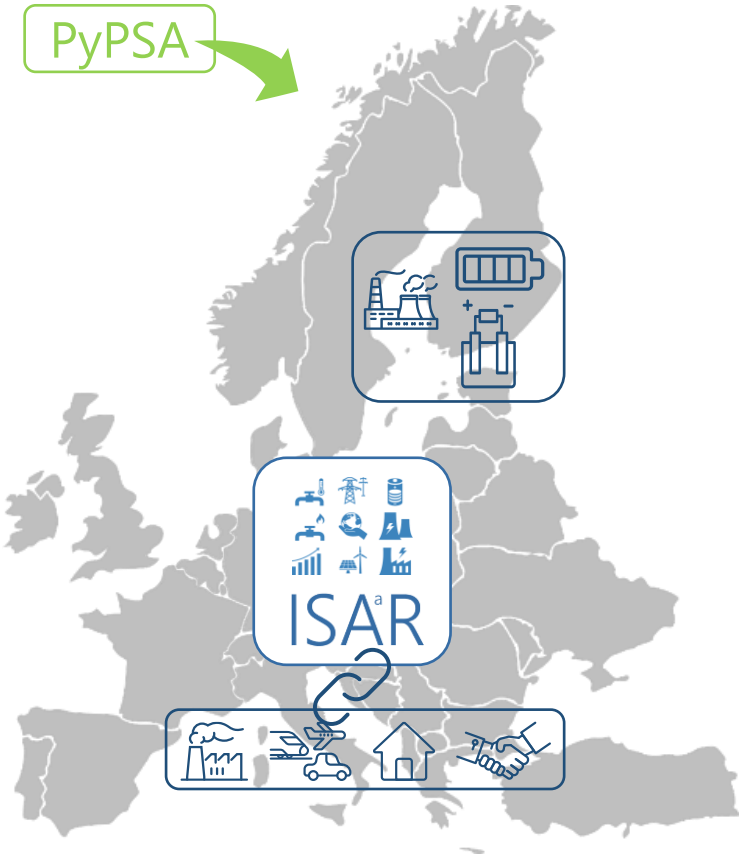
Erste Ergebnisse



Was kommt als nächstes?

Fazit & Ausblick





Wir danken für die Unterstützung!

FfE-Energietage 2023

Unsere Medienpartner

www.ffe.de/energietage2023

Vielen Dank für Ihr Interesse!

STEPHAN KIGLE

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

+49(0)89 15 81 21-52

SKIGLE@FFE.DE

FfE

Am Blütenanger 71

80995 München

Fotos: Enno Kapitza

Vorstellung Dissertationsvorhaben

Andreas Weiß

DOKTORAND:INNEN-SYMPOSIUM 02.05.2023

Motivation

Analyse von Netzbelastungsgrenzen im Niederspannungsverteilnetz bei verschiedenen Ladestrategien batterieelektrischer Fahrzeuge

Regionale Unterschiede und topologische Vielfallt im Niederspannungs-Verteilnetz:

- Städtisches und ländliches Verteilnetz
- Planungsgrundsätze verschiedener Verteilnetzbetreiber

Wann sind „Netzgrenzen“ erreicht?

Einfluss verschiedenartiger Mobilität und Ladeinfrastrukturarten im Verteilnetz (zu Hause, am Arbeitsplatz, öffentlich).

Unterschiedliche Betriebsweisen bzw. Ladestrategien.

Forschungsfragen

FF1 Wie ist das deutsche Niederspannungsverteilnetz charakterisiert?

FF2 Wie wirkt Elektromobilität, unter Berücksichtigung von verschiedenem Mobilitätsverhalten und Ladestrategien, im Netz?

FF3 Ab welcher Konzentration an Elektrofahrzeugen ist die Grenze im Verteilnetzen erreicht und zu welchen Überlastungen kommt es?

Aufbau der Arbeit

Kerninhalte & Forschungsschwerpunkte

- Abbildung verschiedener Ladeinfrastrukturarten/ -betriebsweisen im Modell „GridSim“ zur Verteilnetzanalyse
- Charakterisierung von Niederspannungsverteilnetzen
- Identifikation und Evaluation von Netzgrenzen bei Integration von Elektrofahrzeugen
- Analyse und Bewertung der Niederspannungsnetzgrenzen in Deutschland

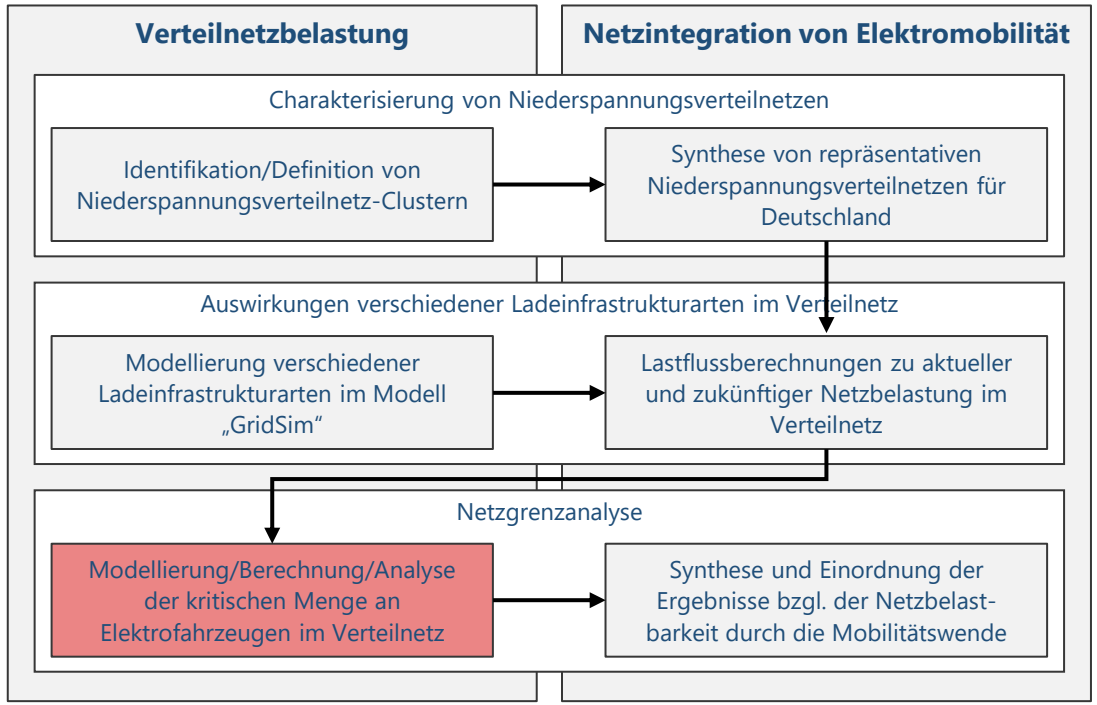
Methodikschaubild

Aufbau der Arbeit

Kerninhalte & Forschungsschwerpunkte

- Abbildung verschiedener Ladeinfrastrukturarten/ -betriebsweisen im Modell „GridSim“ zur Verteilnetzanalyse
- Charakterisierung von Niederspannungsverteilnetzen
- Identifikation und Evaluation von Netzgrenzen bei Integration von Elektrofahrzeugen
- Analyse und Bewertung der Niederspannungsnetzgrenzen in Deutschland

Methodikschaubild



Ergebnisse

Themenschwerpunkt:

Charakterisierung des Niederspannungs-verteilnetzes

Publikation:

"Determination, Evaluation and Validation of Representative Low-Voltage Distribution Grid Clusters" *

Themenschwerpunkt:

Modellierung und Evaluation des öffentlichen Ladens zur Bewertung der resultierenden Netzbelastung

Publikation:

"Probabilistic Load Profile Model for Public Charging Infrastructure to Evaluate the Grid Load"

 *NOCH NICHT VERÖFFENTLICHT

Aktueller Status zur Clusterung von Verteilnetzen

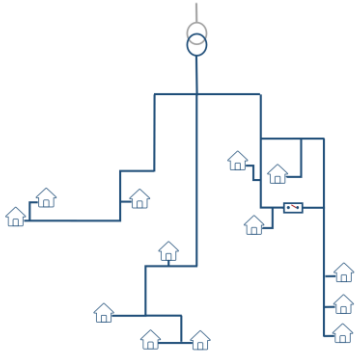
Ausgangslage:

- Deutsche Niederspannungsverteilnetze weisen einen sehr diversen Charakter auf
- Verschiedene Studien widmen sich der Clusterung von Niederspannungsnetzen (versch., methodische Ansätze & Datengrundlagen)

Methodisches Vorgehen:

„Meta-Studie“ zur Clusterung von Niederspannungsverteilnetzen

Verschneidung von Clustern aus der Literatur zu „Meta“-Clustern



Charakterisierung, Modellierung und Einordnung repräsentativer Niederspannungsnetze

Regionalisierung der repräsentativen Topologien

Hochrechnung der Netze auf Deutschland

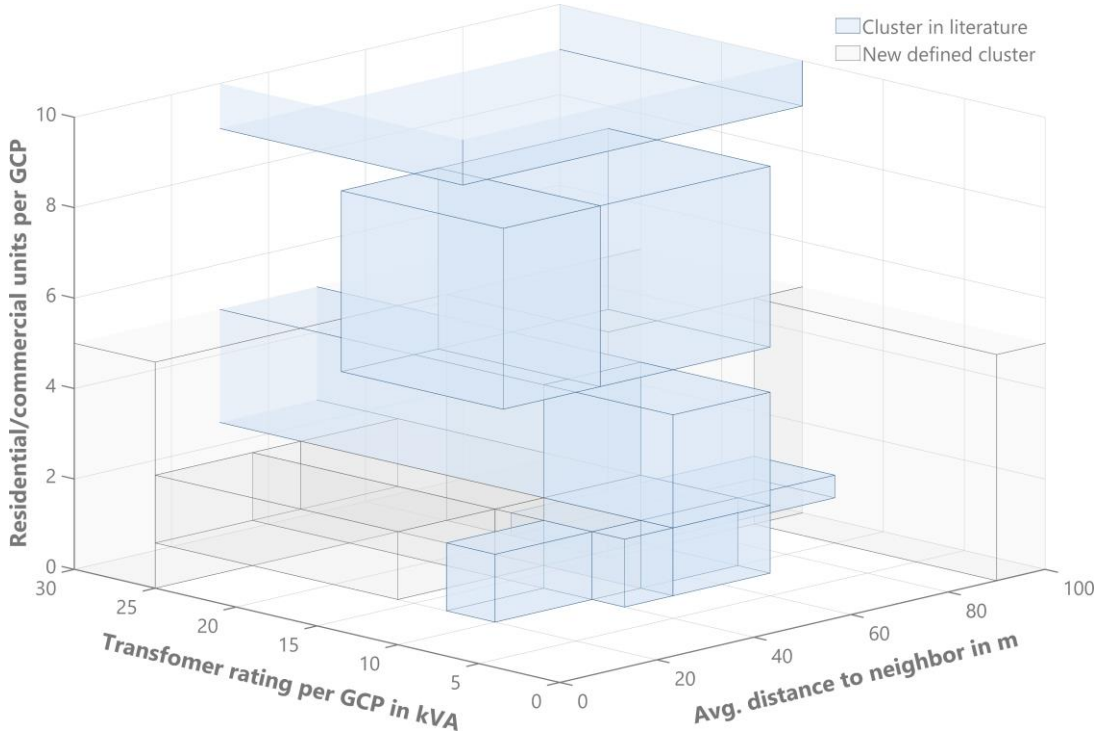
Aktueller Status zur Clusterung von Verteilnetzen

Clusteransätze

- Hierarchische Clusterung
- Optische Clusterung
- „Greenfield“-Ansatz

Typisierung

- Mittlere Abstände der angeschlossenen Gebäude bzw. Netzverknüpfungspunkte
- Mittlere Anzahl der Wohn- und Gewerbeeinheiten je Hausanschluss
- Transformatorscheinleistung je Hausanschluss



ERZEUGUNG DER META-CLUSTER ÜBER DREI RELEVANTE DIMENSIONEN

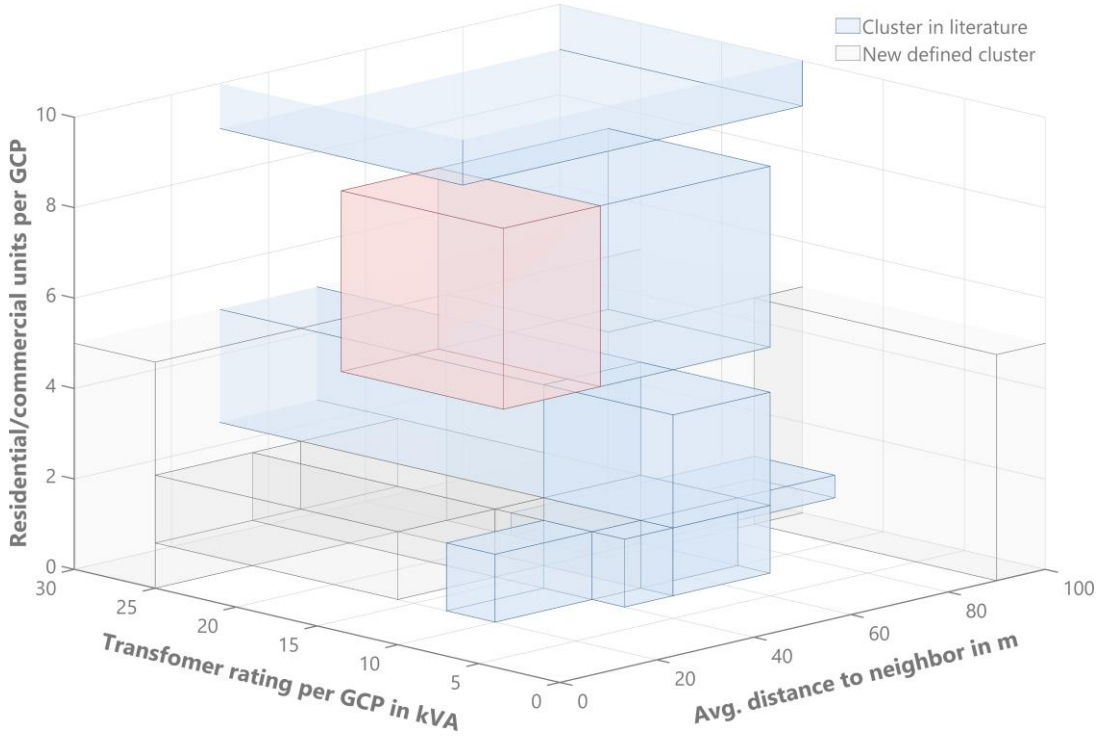
Aktueller Status zur Clusterung von Verteilnetzen

Clusteransätze

- Hierarchische Clusterung
- Optische Clusterung
- „Greenfield“-Ansatz

Typisierung

- Mittlere Abstände der angeschlossenen Gebäude bzw. Netzverknüpfungspunkte
- Mittlere Anzahl der Wohn- und Gewerbeeinheiten je Hausanschluss
- Transformatorscheinleistung je Hausanschluss



ERZEUGUNG DER META-CLUSTER ÜBER DREI RELEVANTE DIMENSIONEN (BEISPIEL: URBANE MEHRFAMILIENHAUSSIEDLUNG)

Charakterisierung des Niederspannungsverteilnetzes

Niederspannungsverteilnetz-Cluster der Literatur können in 18 „Meta-Cluster“ eingegliedert werden.

TYPNETZE, VERÖFFENTLICHUNG & WEITERE INFORMATIONEN
BALD UNTER: WWW.FFE.DE

Methodik zur Modellierung des öffentlichen Ladens

Ausgangslage:

- Die Netzbelastung durch Ladevorgänge verschiedener Ladeinfrastrukturarten (u. a. öffentlicher Ladeinfrastruktur) auf das Verteilnetz soll analysiert bewertet werden
- Datengrundlage zum öffentlichen Laden aus wettbewerblichen Gründen sehr dünn

Methodisches Vorgehen:

Analyse und Vergleich von Methoden zur Modellierung der Ladung öffentlicher Ladeinfrastruktur

Analyse der Charakteristik öffentlicher Ladevorgänge

Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation öffentlicher Ladeinfrastruktur im Verteilnetz

Simulation der Auswirkungen öffentlicher Ladeinfrastruktur im Verteilnetz

Einflussfaktoren bei der Modellierung des öffentlichen Ladens

Motivation

Umsetzung eines (Open-Source-)Modell zur Erzeugung von Ladelastgängen

Datensatz

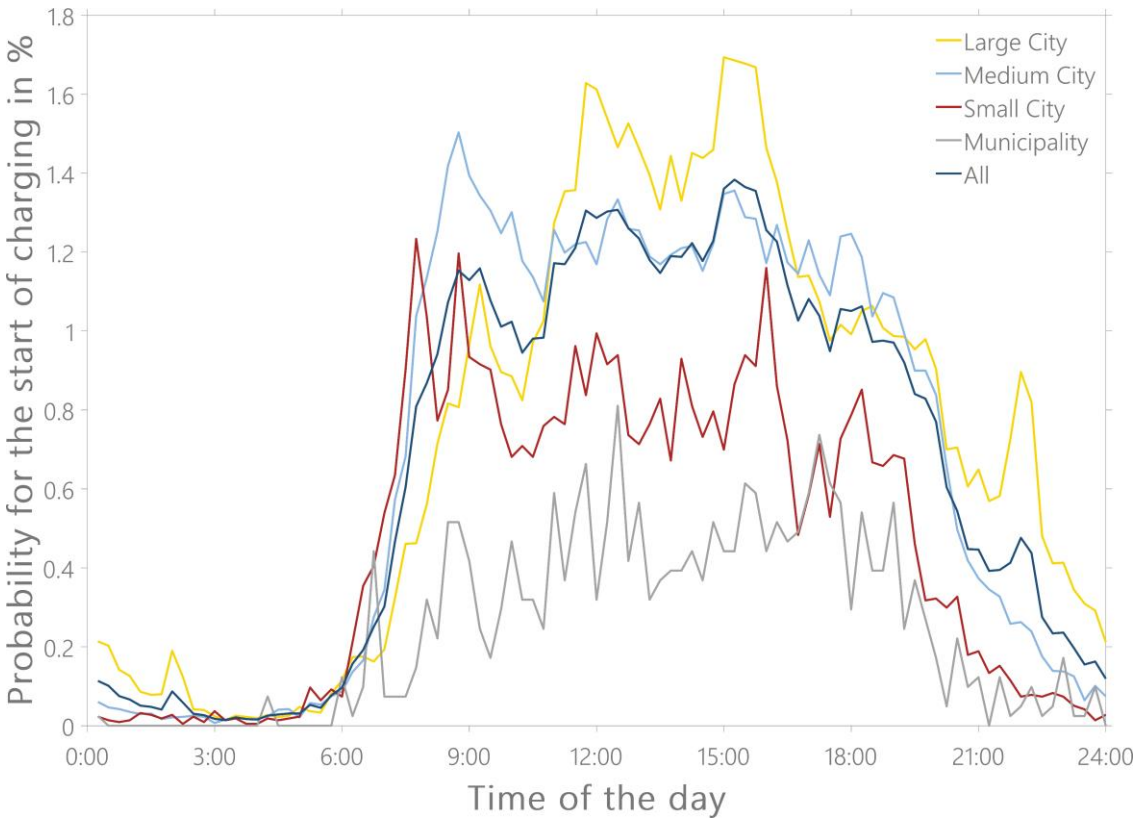
Ursprünglicher Datensatz mit 400.000 Ladevorgängen (2013 bis 2020) aus dem zentralen Datenmonitoring der NOW GmbH

Aufbereitung

Entfernen von:

- Messfehlern / Unplausible Ladevorgänge
- Schnellladesysteme (>22 kW)

➡ Datensatz mit ~110.000 Ladevorgängen



WAHRSCHEINLICHKEIT FÜR DEN START EINES LADEVORGANGS IN ABHÄNGIGKEIT DER REGION

Einflussfaktoren bei der Modellierung des öffentlichen Ladens

Motivation

Umsetzung eines (Open-Source-)Modell zur Erzeugung von Ladelastgängen

Datensatz

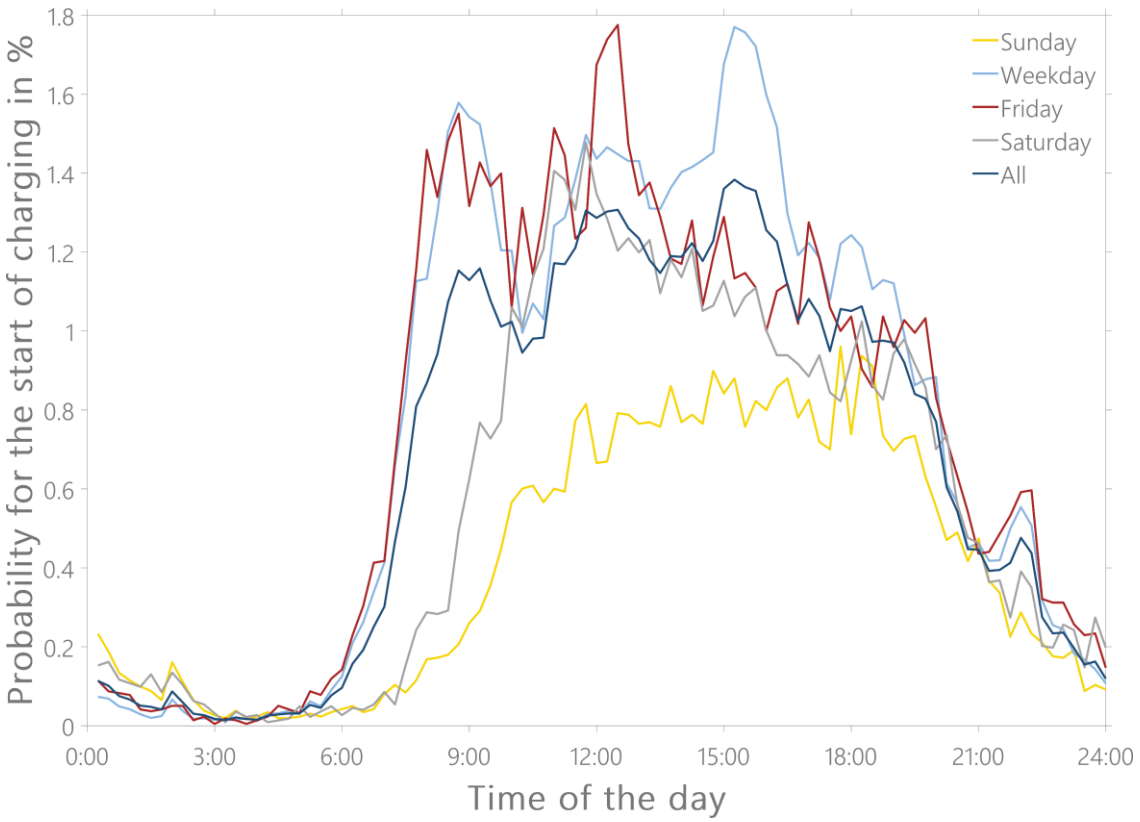
Ursprünglicher Datensatz mit 400.000 Ladevorgängen (2013 bis 2020) aus dem zentralen Datenmonitoring der NOW GmbH

Aufbereitung

Entfernen von:

- Messfehlern / Unplausible Ladevorgänge
- Schnellladesysteme (>22 kW)

➡ Datensatz mit ~110.000 Ladevorgängen



WAHRSCHEINLICHKEIT FÜR DEN START EINES LADEVORGANGS IN ABHÄNGIGKEIT DES TAGES

Einflussfaktoren bei der Modellierung des öffentlichen Ladens

Motivation

Umsetzung eines (Open-Source-)Modell zur Erzeugung von Ladelastgängen

Datensatz

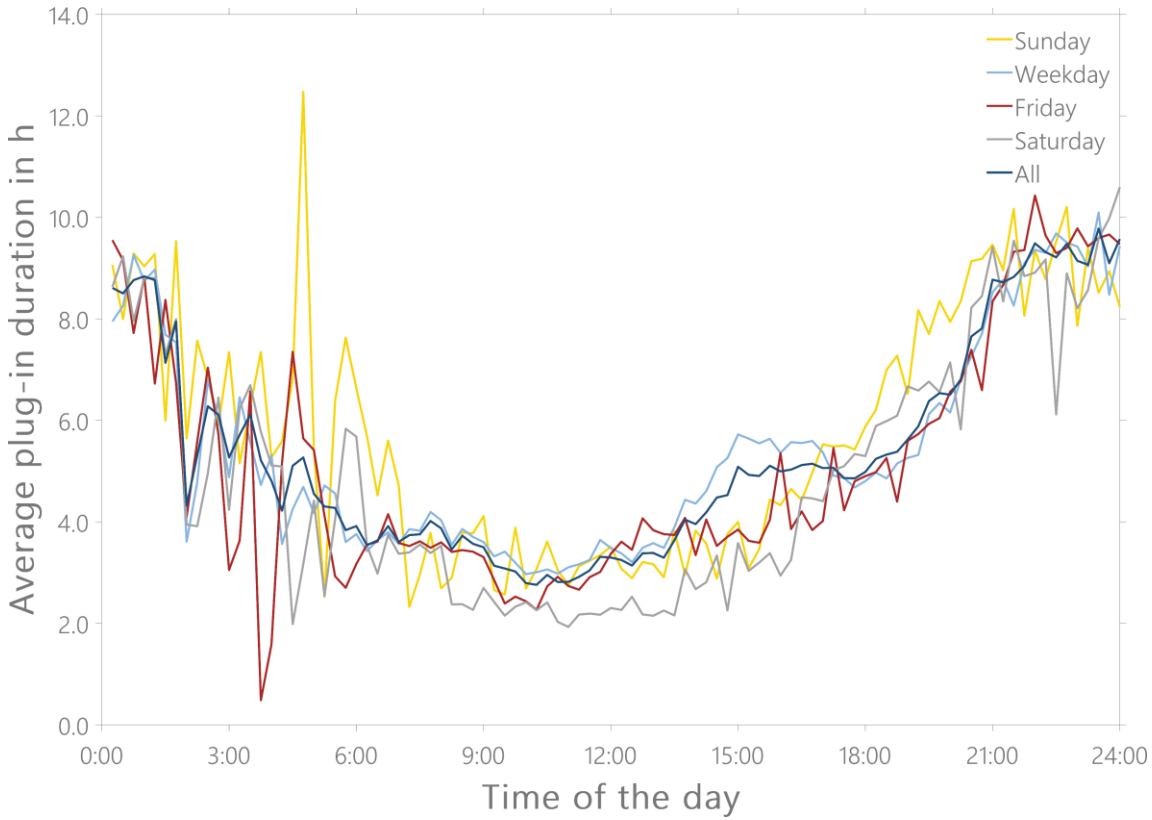
Ursprünglicher Datensatz mit 400.000 Ladevorgängen (2013 bis 2020) aus dem zentralen Datenmonitoring der NOW GmbH

Aufbereitung

Entfernen von:

- Messfehlern / Unplausible Ladevorgänge
- Schnellladesysteme (>22 kW)

➡ Datensatz mit ~110.000 Ladevorgängen



DAUER EINES LADEVORGANGS IN ABHÄNGIGKEIT DES TAGES

Einflussfaktoren bei der Modellierung des öffentlichen Ladens

Motivation

Umsetzung eines (Open-Source-)Modell zur Erzeugung von Ladelastgängen

Datensatz

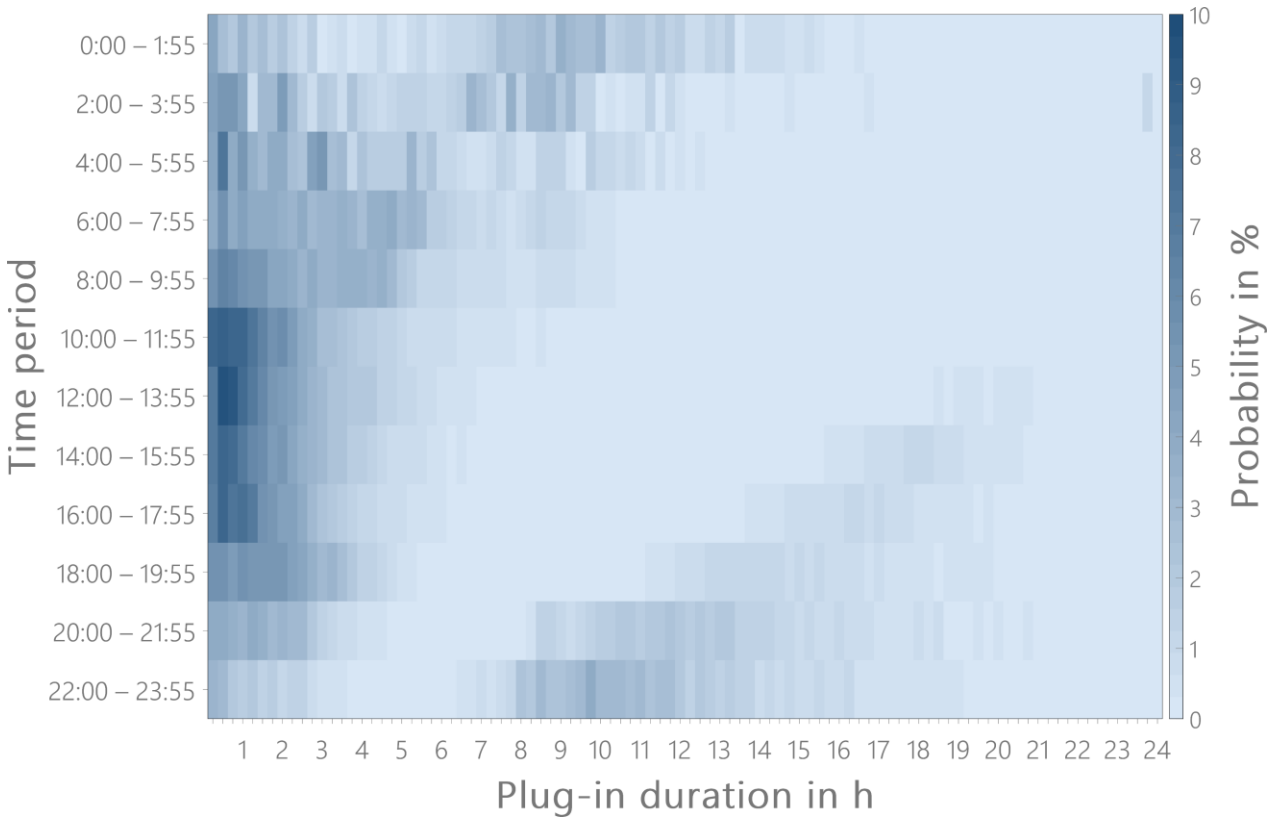
Ursprünglicher Datensatz mit 400.000 Ladevorgängen (2013 bis 2020) aus dem zentralen Datenmonitoring der NOW GmbH

Aufbereitung

Entfernen von:

- Messfehlern / Unplausible Ladevorgänge
- Schnellladesysteme (>22 kW)

➡ Datensatz mit ~110.000 Ladevorgängen



DAUER EINES LADEVORGANGS IN ABHÄNGIGKEIT DES TAGES

Publikation schließt Lücke in der Modelllandschaft

Open-Access Paper

Datenanalyse
Modellbeschreibung
Modellanwendung
COVID-Lockdown-Exkurs

Open-Data Wahrscheinlichkeitszeitreihen

Geladene Energie
Ladebeginn
Einsteckdauern

Open-Source Modell

Erzeugung von Ladelastgängen

Modellierung und Evaluation des öffentlichen Ladens

Das öffentliche Laden und dessen Modellierung wird durch viele Faktoren beeinflusst. Zur repräsentativen, wissenschaftlichen Abbildung ist die Verfügbarkeit offener Daten & Modelle der zentrale Baustein.

MODELL, VERÖFFENTLICHUNG & WEITERE INFORMATIONEN:
WWW.FFE.DE

Wir danken für die Unterstützung!

FfE-Energietage 2023

Unsere Medienpartner

www.ffe.de/energietage2023

Vielen Dank für Ihr Interesse!

ANDREAS WEIß

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

+49(0)89 15 81 21-64

AWEISS@FFE.DE

FfE

Am Blütenanger 71

80995 München

Fotos: Enno Kapitza

FfE-Energietage 2023 – Doktorand:innen-Symposium

„Ist die Promotion noch zeitgemäß?“

Podiumsdiskussion mit

- Kirstin Ganz (FfE)
- Prof. Dr. Thomas Hamacher (Technische Universität München)
- Stephan Kigle (FfE)
- Andreas Weiß (FfE)

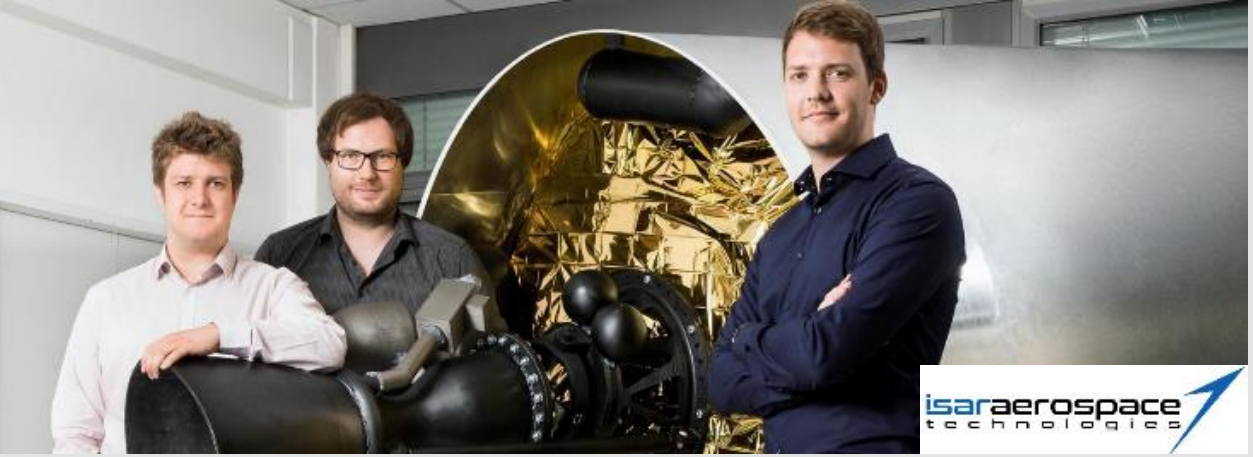
UNTER NEHMER TUM

Gemeinsam Lösungen gestalten

FfE-Fachtagung

Helmut Schönenberger

26.04.2023


isaraerospace
technologies

inveox
rethinking pathology
inveox

FLiXBUS

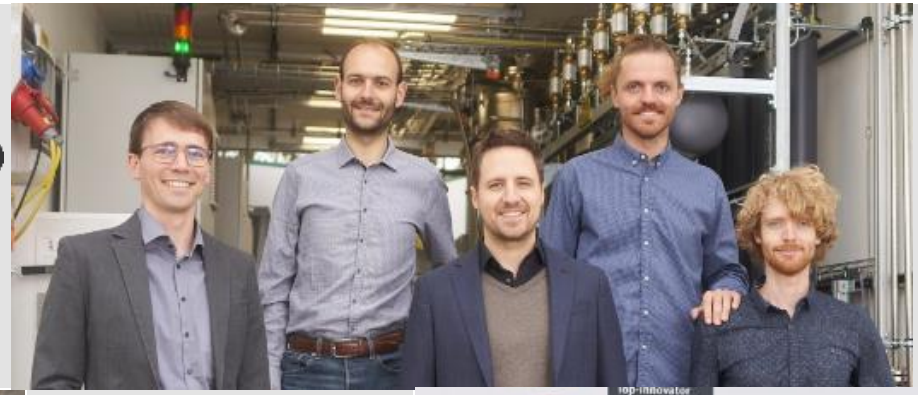
LILIUM

celonis

KONUX

UnternehmerTUM and TUM Start-up Success Stories

tado°

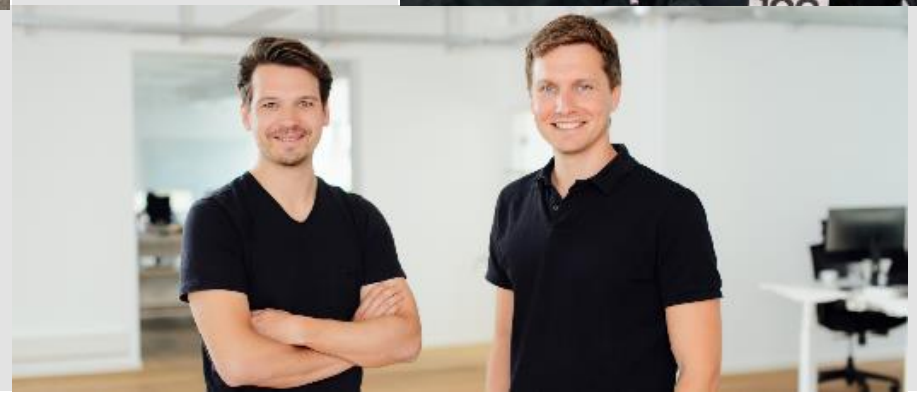


Reverion

tanso

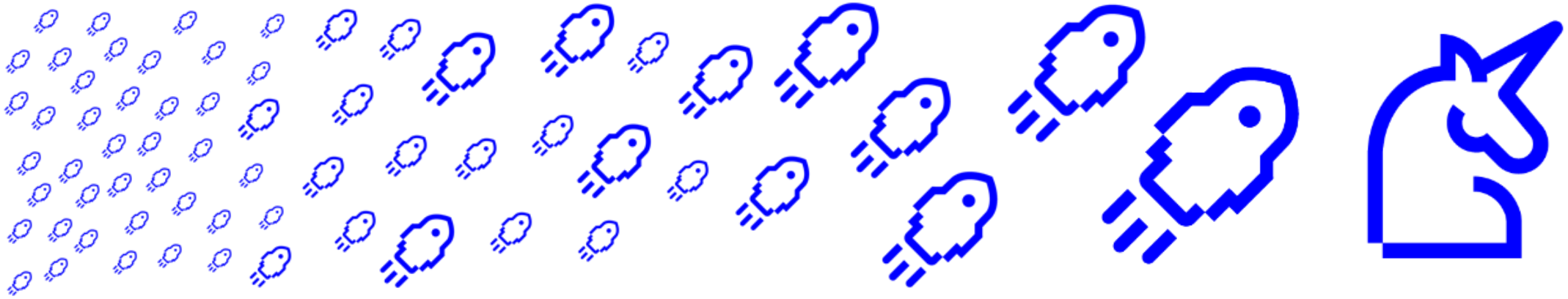
orcan
The Efficiency Company

STABL



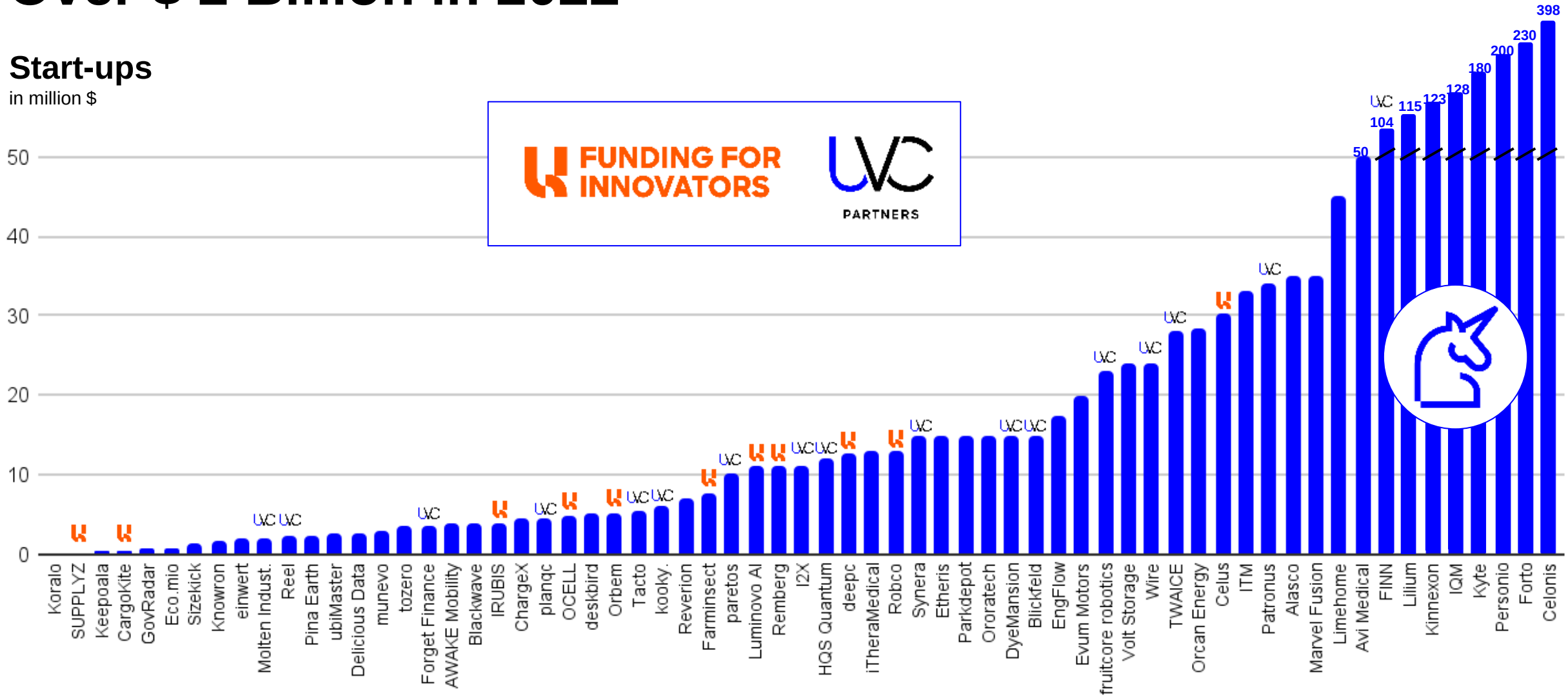
TWAICE

UnternehmerTUM and TUM serve as Germany’s largest Startup Factory

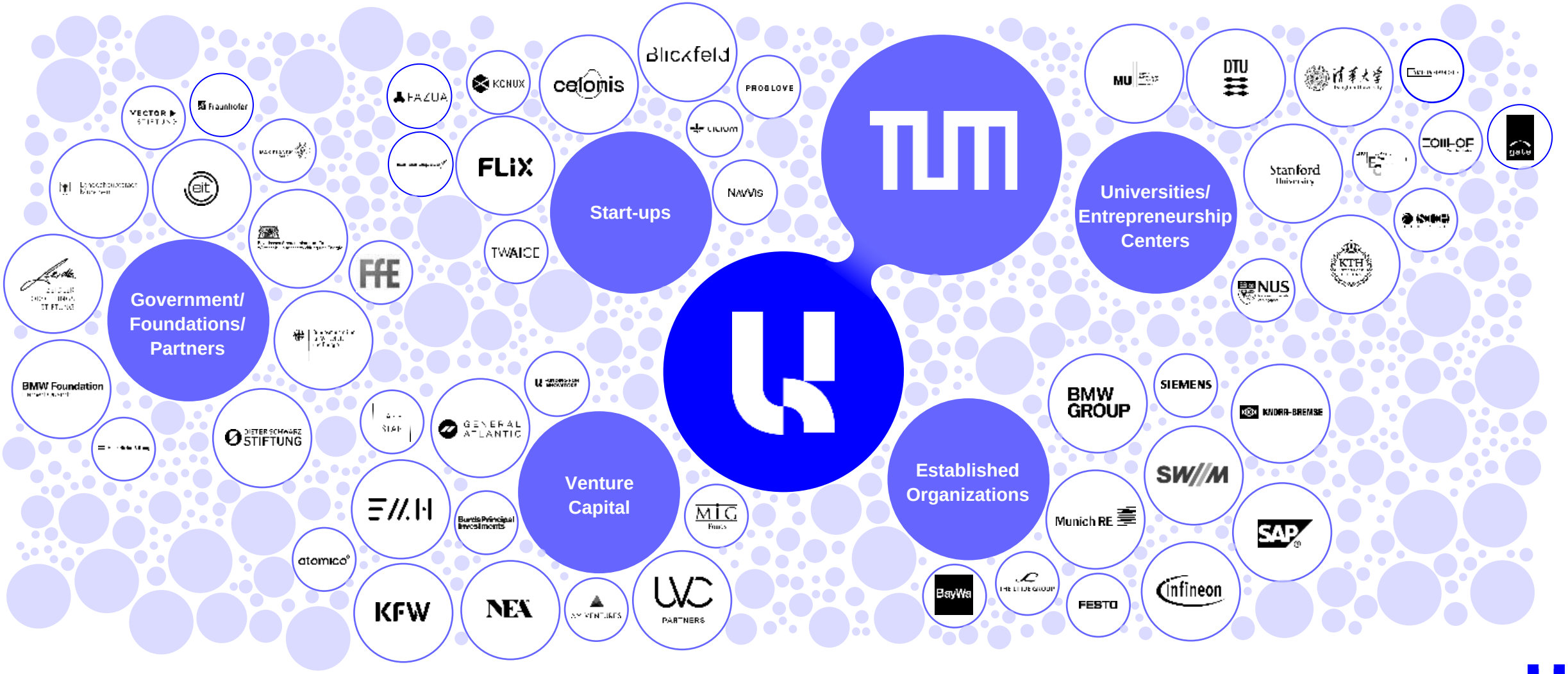


Entrepreneurship and tech education:	(Pre-)incubation of start-up projects:	Start-up development and acceleration:		VC and start-up financing:
>12.500	**>650**	**>350**	**>50**	**2.200**
participants in 2022	start-ups + tech projects in 2022	supported start-ups in 2022	new scalable start-ups in 2022	million US dollar in 2022

UnternehmerTUM and TUM Start-ups Have Raised Over $ 2 Billion in 2022



We Bring Together a Community that Creates Value for Good



UnternehmerTUM Board and Management

„Through my commitment, I want to encourage entrepreneurship in Germany. As an entrepreneur I know that the work of UnternehmerTUM is an important step towards a new culture of entrepreneurship in our society.“

Susanne Klatten

From right top to right bottom:
Ann-Kristin Achleitner (SB)
Christian Mohr (MB)
Peter Schwarzenbauer (SB)
Stefan Drüssler (MB)
Claudia Frey (MB)
Dr. Konstantin Reetz (SB)
Andreas Liebl (MB)
Prof. Dr. Thomas F. Hofmann (SB)
Susanne Klatten (SB)
Prof. Dr. Helmut Schönenberger (MB)
Thomas Zeller (MB)
Not depicted: **Prof. Dr. Frank Richter** (SB)

Management Board (MB), Supervisory Board (SB)

Many Start-ups contribute to Sustainability Solutions

Selected early stage climate tech startups from TUM / UnternehmerTUM programs

Energy

BeeBryte
Reverion
tozero
STABL
gridX
VIEZO
KRAFT BLOCK
TWAICE
PROXIMA FUSION
KITE//KRAFT

Industry

ORBEM
tanso
ROBCO
luminovo.AI
CAPMO
36ZERO VISION
MOTIONMINERS

Buildings

ALASCO
KEWAZO
einwert.
uHoo
HawaDawa
The future of air quality management
BREEZE TECHNOLOGIES

Transport

Parkdepot
DeepDrive
isaraerospace technologies
FINN
kyte.
KONUX
FERNRIDE

Food & Land Use

Dahlia Robotics
fold AI
KORALIO
HAPPY OCEAN
Glocally
ORORA TECHNOLOGIES
Nordic Oceanfruit
Mushlabs

DeepDrive

Selected Example

DeepDrive is developing a plug & play vehicle platform for Electric Vehicles that enables vehicle manufacturers to design their new vehicle concepts quickly and economically.

Founders: Stefan Ender, Felix Pörnbacher, Alexander Rosen, Christopher Römmelmayer, Dean Petrovski, Markus Domme, Maximilian Habersbrunner

Impact

Reduction of energy consumption of electric vehicles, enabling better and more environment friendly battery concepts

Reverion

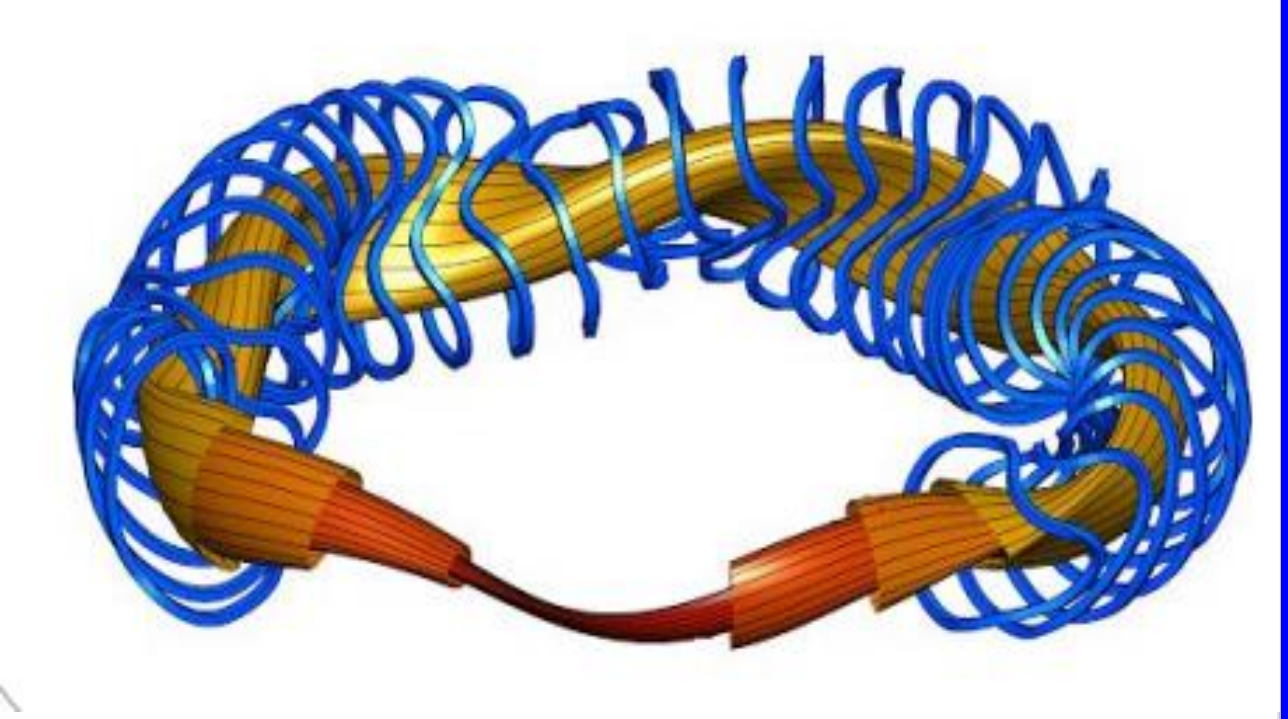
Selected Example

Reverion has developed a reversible (bio)gas-to-power & power-to-gas production plant with an efficiency of 80% making it a carbon negative power generation solution.

Founders: Felix Fischer, Jeremias Weinrich, Luis Poblotzki, Maximilian Hauck, Stephan Herrmann

Impact

Carbon negative power as well as green hydrogen and renewable methane production.

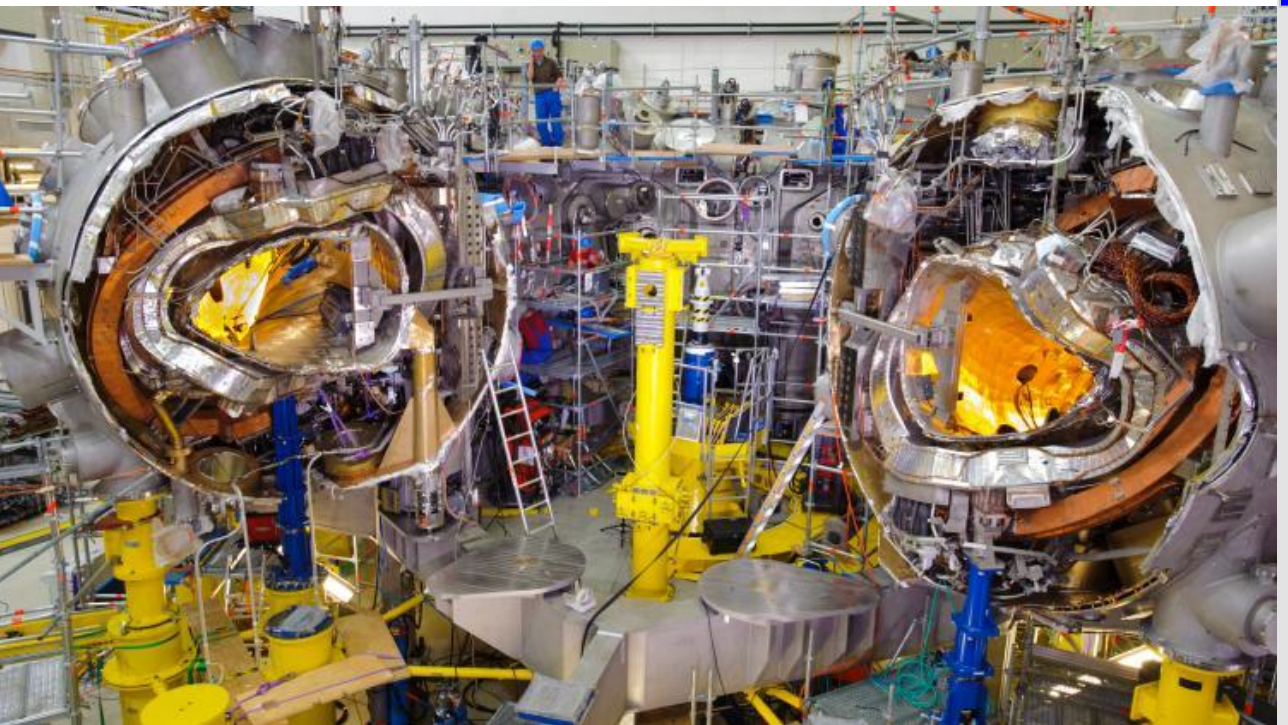


Proxima Fusion

Selected Example

Proxima Fusion develops a fusion power plant based on the stellerator principle researched for the last two decades at Max Planck.

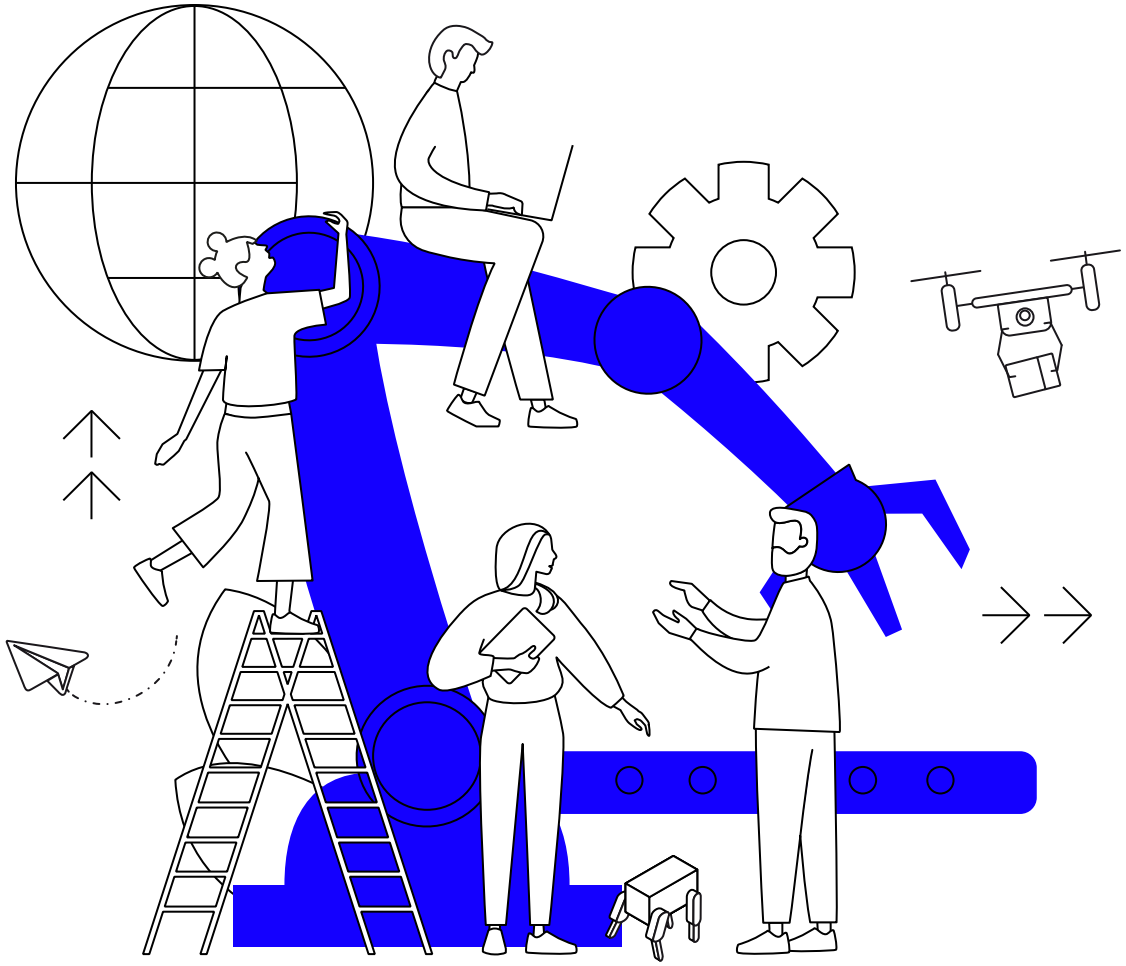
Founders: Francesco Sciortino, Lucio Milanese, Jorrit Lion, Martin Kubie, Jonathan Schilling



Impact

Carbon neutral base load capable power source

Tomorrow's Challenges Can Only be Solved With True Innovation, Together in a Strong Network



Outside in / inside out facilitation:

>300

established organizations part of our ecosystem in 2022

Facilitate innovation and scale businesses:

>250

business creation projects in 2022

AppliedAI I Linde Group
Autonomous Control of Complex Systems

THE LINDE GROUP

CHALLENGE

Systems with traditional control systems run suboptimally especially in dynamic situations

With more sensors and input data, traditional control systems become increasingly complex

Controller must fulfill stability requirements in real-world applications

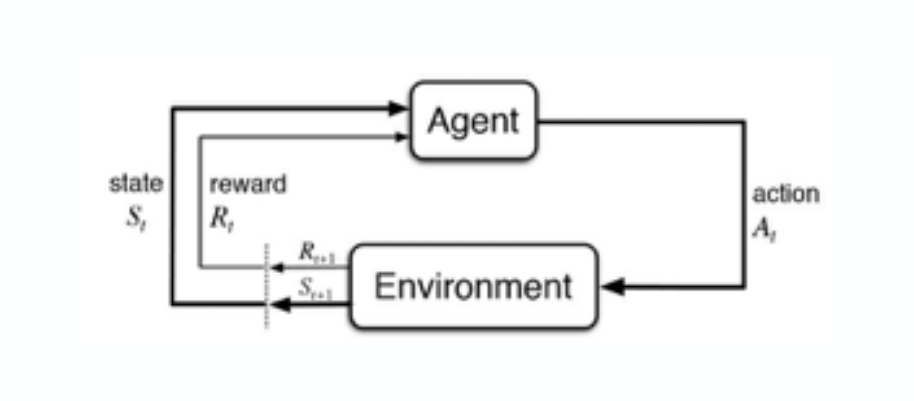
Behavior of controller must be comprehensible

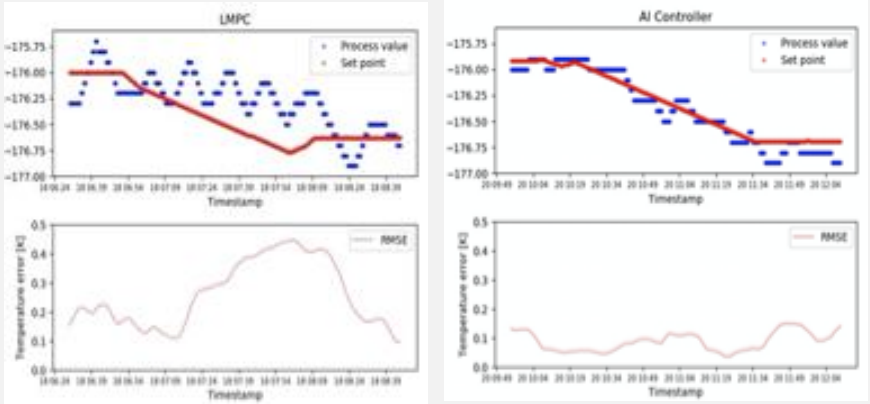
APPROACH

- Using model-based reinforcement learning including a supervised trained deep neural network of the controlled plant
- Model is updated in regular intervals to learn new control strategies
- Optimization criteria (reward function) can be changed on the fly by the operator even after model training

POTENTIAL

- The error metric for control quality of the controller could be decreased by 60%
- Scaling autonomous control to other plants possible for significant energy savings
- Controller show self-optimizing capabilities in real-world environment
- Autonomous control will disrupt industries





AppliedAI I Village Data Analytics I esa I The World Bank Automated Aerial Image Analysis

Village Data Analytics

esa

THE WORLD BANK

CHALLENGE

Villages in developing countries require **access to electrification, internet or healthcare**

Yet site and village selection by government agencies is mainly **done manually**

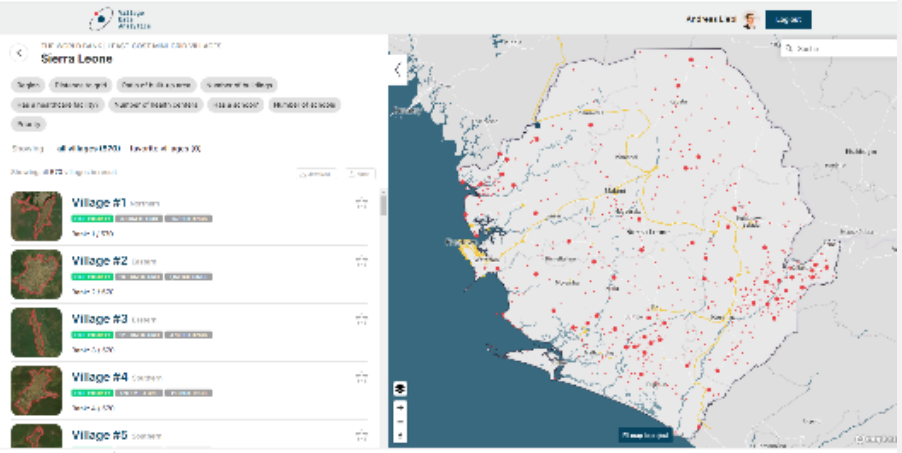
Fighting COVID makes this prioritization even **more urgent**

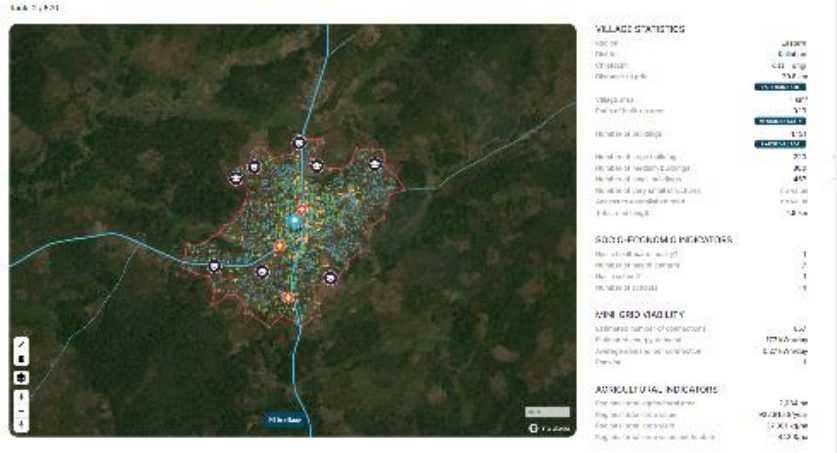
APPROACH

- **Combining satellite images, local data with latest computer vision** algorithms allows for detailed analyses of countries
- Collaboration with World Bank and national institutions to develop electrification strategies

POTENTIAL

- Software infrastructure for national ministries to develop rural villages
- (Almost) real time information for variety of values (Crop value, medical centers, schools, …)





Trusted Green Charging

Co-Innovation by UnternehmerTUM

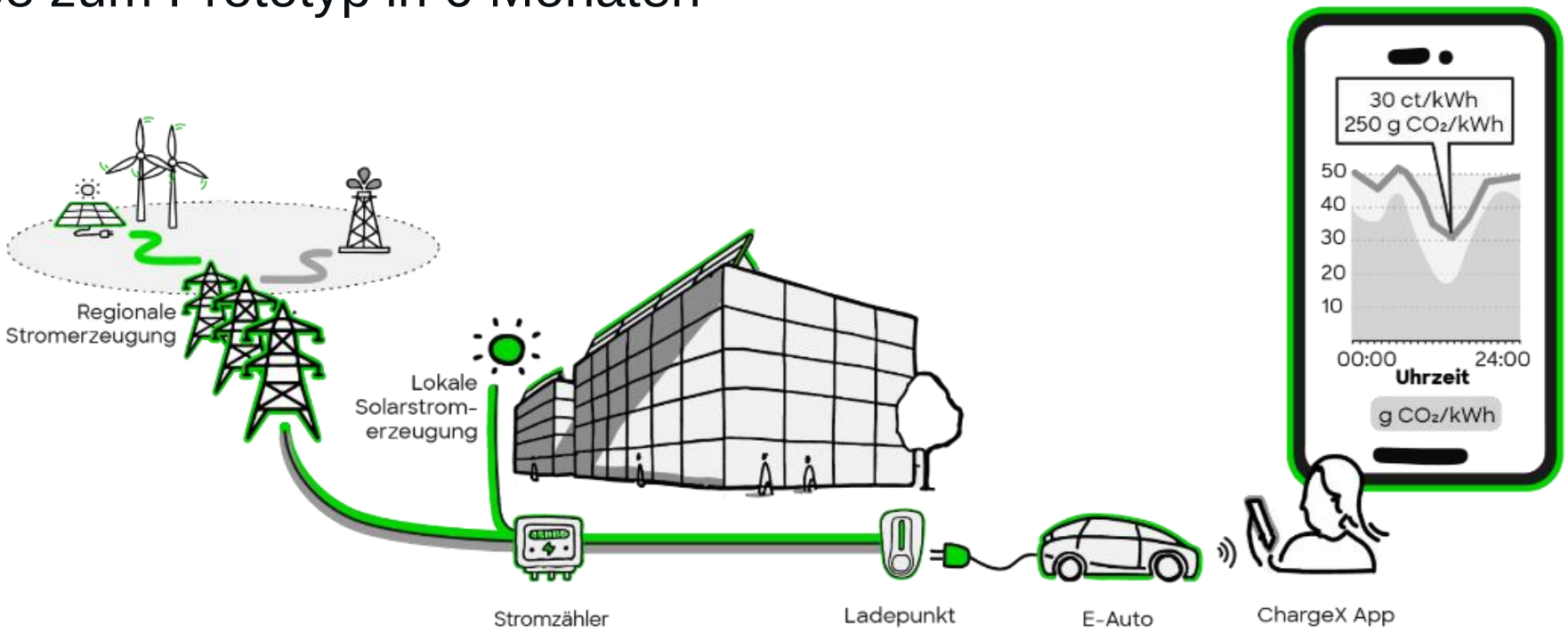
Partner

SAP · bayernwerk · IABG · e·on · energy web

DIGITAL HUB MOBILITY · coneva · FfE · Munich Urban Colab · ChargeX

Trusted Green Charging

Von der Idee zum Prototyp in 6 Monaten



DIE HERAUSFORDERUNG

Wie schaffen wir es, die wachsende Anzahl an E-Autos mit **nachweislich grünem Strom** zu laden?

UNSER ANSATZ

Gemeinsam entwickeln wir eine Plattform zur **systemübergreifenden Stromkennzeichnung** auf Basis von digitalen Identitäten & Blockchain

DAS ZIEL

Die transparente Stromherkunft ermöglicht **CO_2-gesteuertes Laden**, das Emissionen reduziert und das Stromnetz entlastet.

Energy Resilience Leadership Group

Founding partners

Breakthrough Energy

SIEMENS energy

UNTERNEHMER TUM

TUM VENTURE LABS

TECH FOR NET ZERO ALLIANZ

How to get involved

- **Delegate a point of contact** from your company to participate in scale-up workshops, which are also an opportunity to learn about frontier clean technologies
- **Identify decarbonization projects** with vetted technology companies to scale-up with the ERLG

Vielen Dank!

UnternehmerTUM GmbH

Lichtenbergstrasse 6

85748 Garching (Munich), Germany

Tel.+49 (89) 18 94 69-0

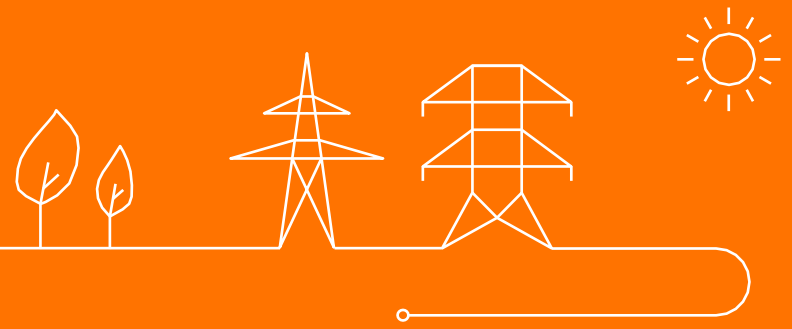
www.unternehmertum.de

TEMPO FÜR 100% ERNEUERBARE

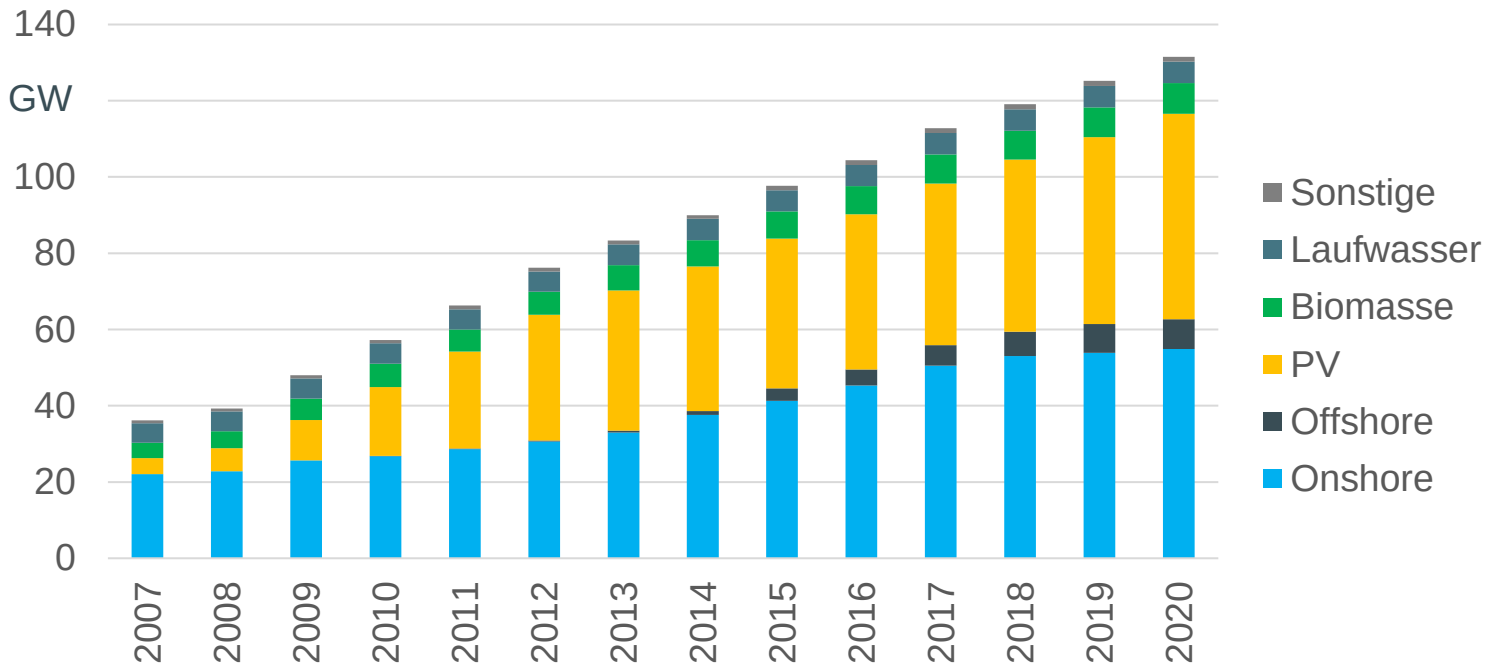
ÜNB im Spannungsfeld zwischen Komplexität und Transformation

Dr. Dirk Biermann
Mitglied der Geschäftsführung 50Hertz Transmission

Deutschland kann Erneuerbare Energien …

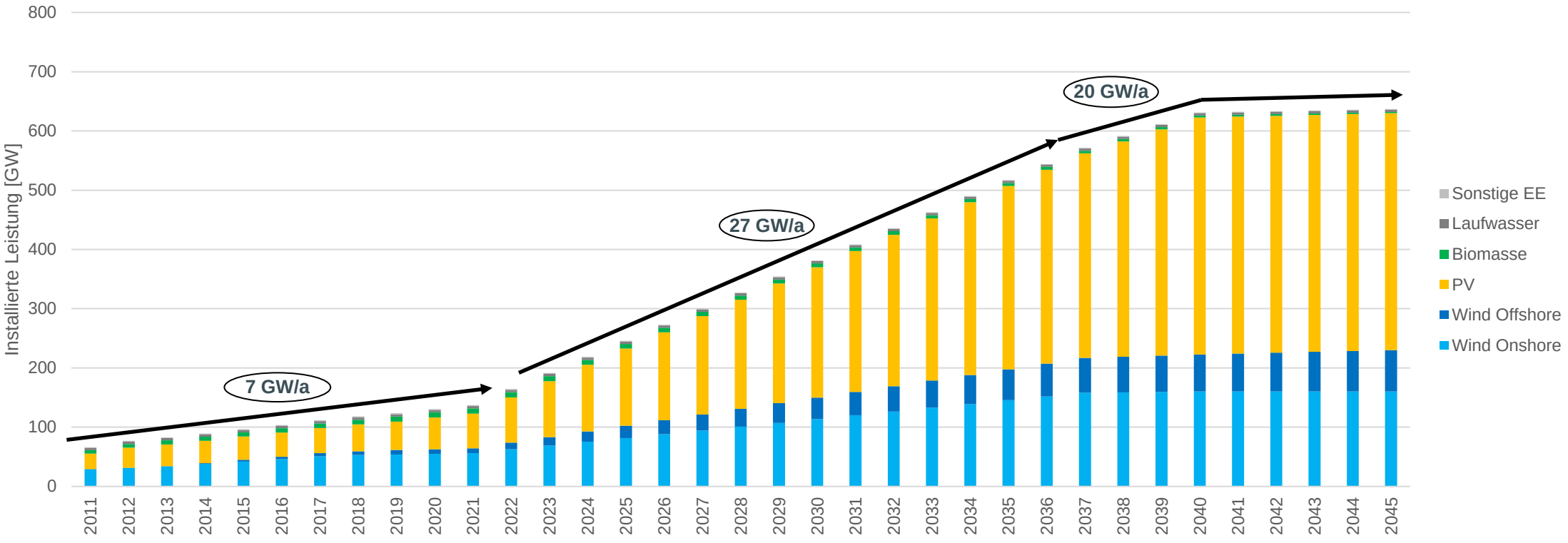


Entwicklung der Erneuerbaren-Leistung in Deutschland bis 2020



Schnell wachsende Windkraft und PV erfolgreich integriert.

Geplante Erneuerbaren-Leistung in Deutschland bis 2045

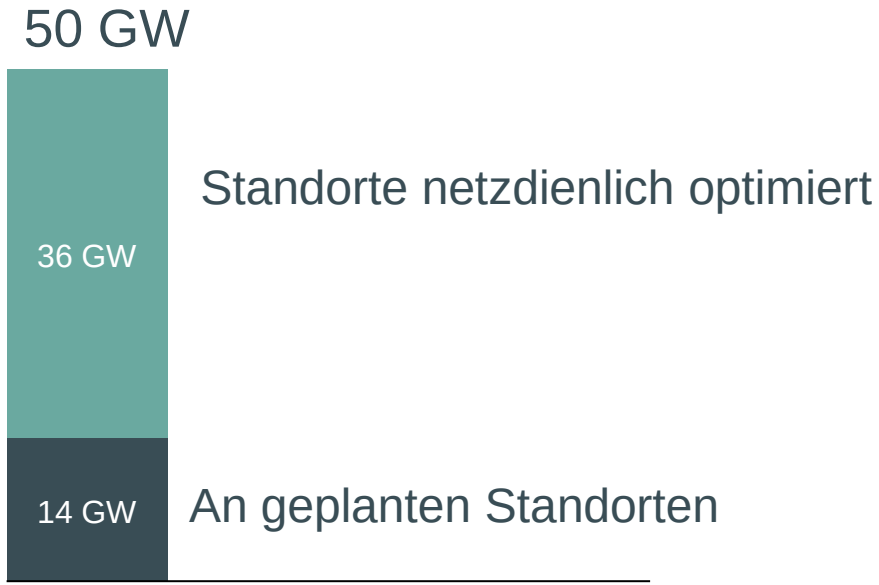


Ausbau und Integration der Erneuerbaren müssen extrem beschleunigt werden!

Quelle: Szenariorahmen des NEP 2037/2045 (2023)

Massiver Zubau von Elektrolyseuren - mit großer systemischer Wirkung

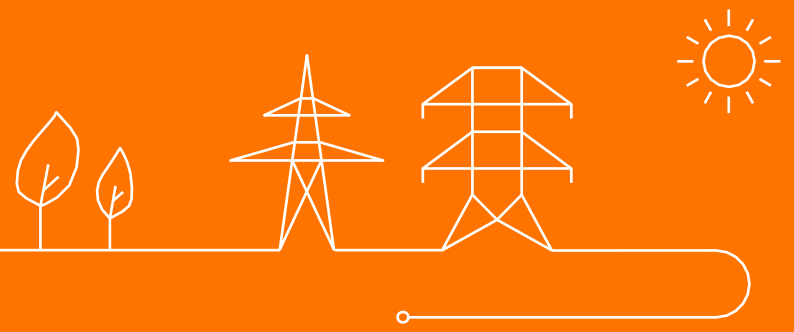
Verortung von Elektrolyseuren bis 2045

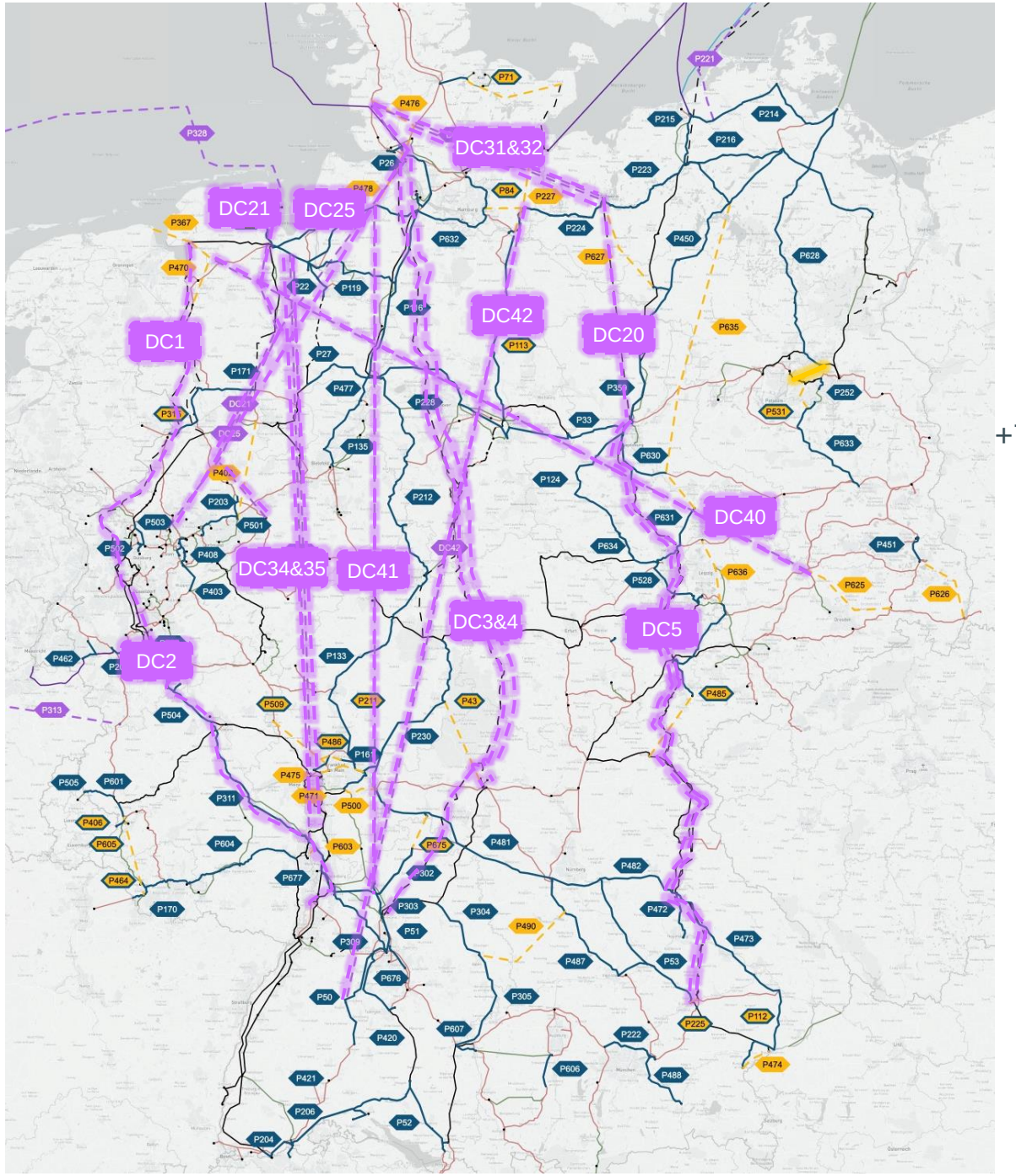


Für volkswirtschaftliche Effizienz sind lokale Signale - auf Basis der Systementwicklungsplanung - erforderlich.

Quelle: NEP 2037/2045 (2023), Szenario 2045B

… aber der beschleunigte Ausbau der Erneuerbaren erfordert auch einen beschleunigten Ausbau der Netze!



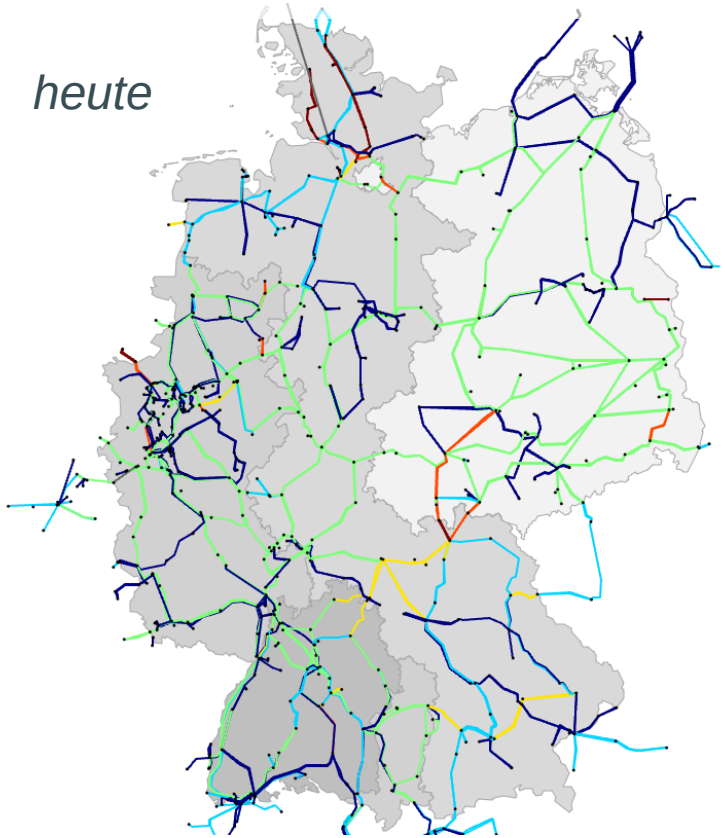


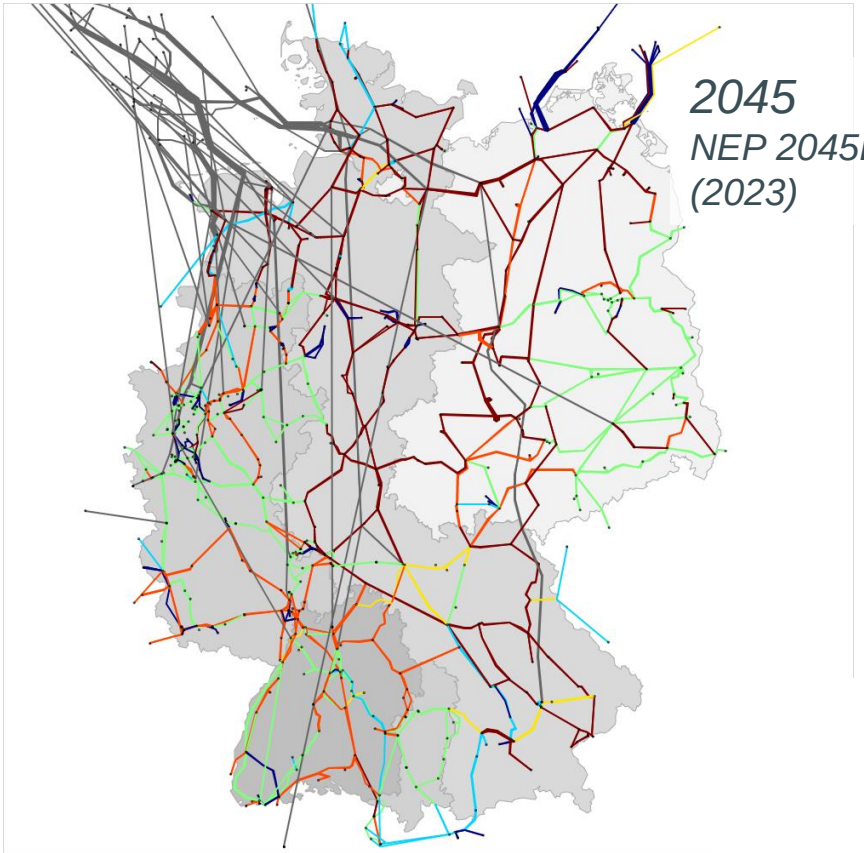
Erstmals beschreibt der NEP mit dem Klimaneutralitätsnetz 2045 das Zielnetz

Davon entfallen zusätzliche ca. 5000 km Onshore- und 3000 km Offshore-Leitungen auf 50Hertz.

Quelle: NEP 2037/2045 (2023)

Erhebliche Steigerung der Übertragungskapazität in bestehenden Trassen/Leitungen geplant





- **Steigerung der thermischen Stromtragfähigkeit des AC-Übertragungsnetzes durch Umbeseilungen sowie Umstellungen von 220-kV auf 380-kV.**
- **Strukturelle Netzerweiterungen weitgehend als 525-kV DC-Kabel.**

Neues Momentum der Beschleunigung jetzt nutzen und verstetigen!

(Aus der Initiative *Gemeinsam.Schneller.Klimaneutral*)

- **Genehmigungsverfahren evaluieren und dort wo sachdienlich anpassen, entschlacken und verkürzen**
- **Klimaschutz als Leitgröße und gemeinsam mit Natur- und Umweltschutz denken**
- **Vorrang von Infrastrukturprojekten der Energiewende bei Flächenverfügbarkeit und Ausgleichsmaßnahmen berücksichtigen**
- **Schnellere Rechtssicherheit: kürzere Verfahrensdauern bei Klagen erreichen**
- **Personelle und technische Ausstattung so ausgestalten, dass Behörden handlungsfähig sind und Vorgänge zügig bearbeitet werden können**
- **Gefahr von Verzögerung bei Ausbauvorhaben steigt mit dem Fachkräftemangel auf dem Arbeitsmarkt – der Zugang für benötigte Fachkräfte muss daher erleichtert werden**
- **Möglichkeiten der Übertragungsnetzbetreiber zur vorausschauenden Umsetzung von Maßnahmen stärken**

100 Prozent Erneuerbare bis 2032 im Netzgebiet der 50Hertz

Mit unserer Strategie wollen wir den Nordosten zukunftsfest machen.

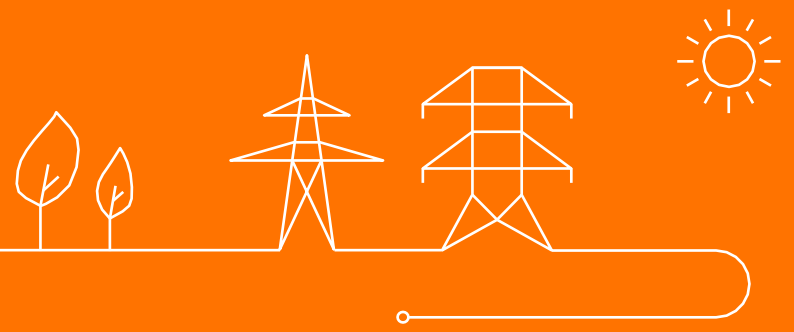
100 Prozent bis 2032

Neue Energie für eine starke Wirtschaft

Tempo First

im sicheren Betrieb!

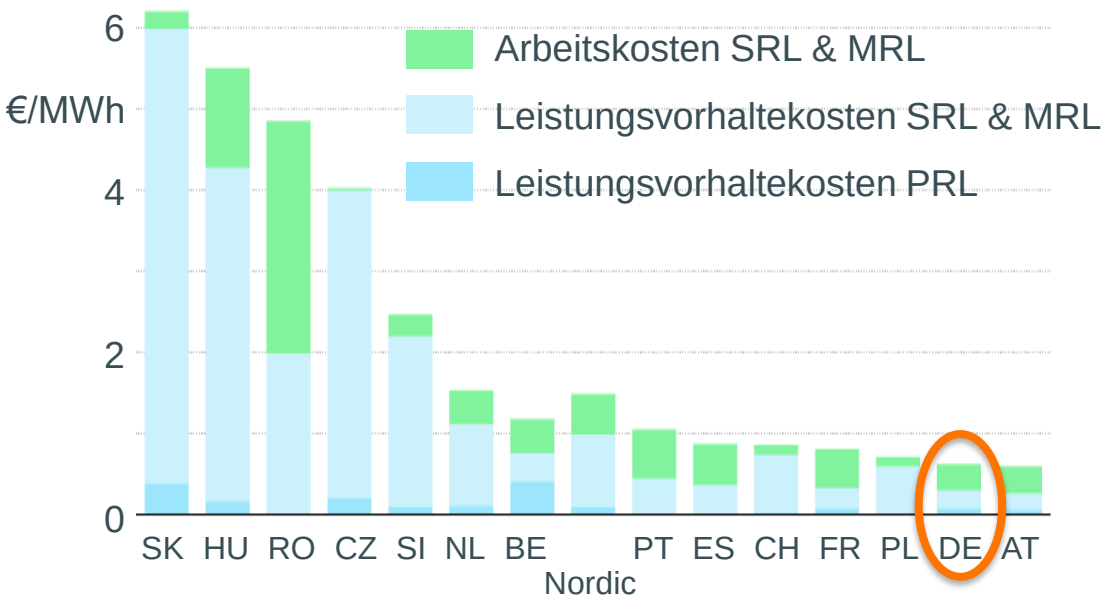
Der Ausbau der Erneuerbaren kombiniert mit dem Kohleausstieg erfordert neue Wege in der Systemintegration!



Herausforderung Flexibilität

Flexibilitätsmärkte in Deutschland sind ein Erfolgsmodell …

Kosten Regelleistung in Deutschland bezogen auf verbrauchte MWh in 2020



Niedrige Kosten für Flexibilität trotz steigender Volatilität dank liquider Intraday- und Regelleistungsmärkte.

Quelle: ACER Market Monitoring Report 2020

… aber ein klimaneutrales Stromsystem braucht dezentrale Flexibilitäten.

Benötigte dezentrale Flexibilitäten im Jahr 2031 gemäß BNetzA 2023

13 GW aus Elektrofahrzeugen

18 GW aus Wärmepumpen

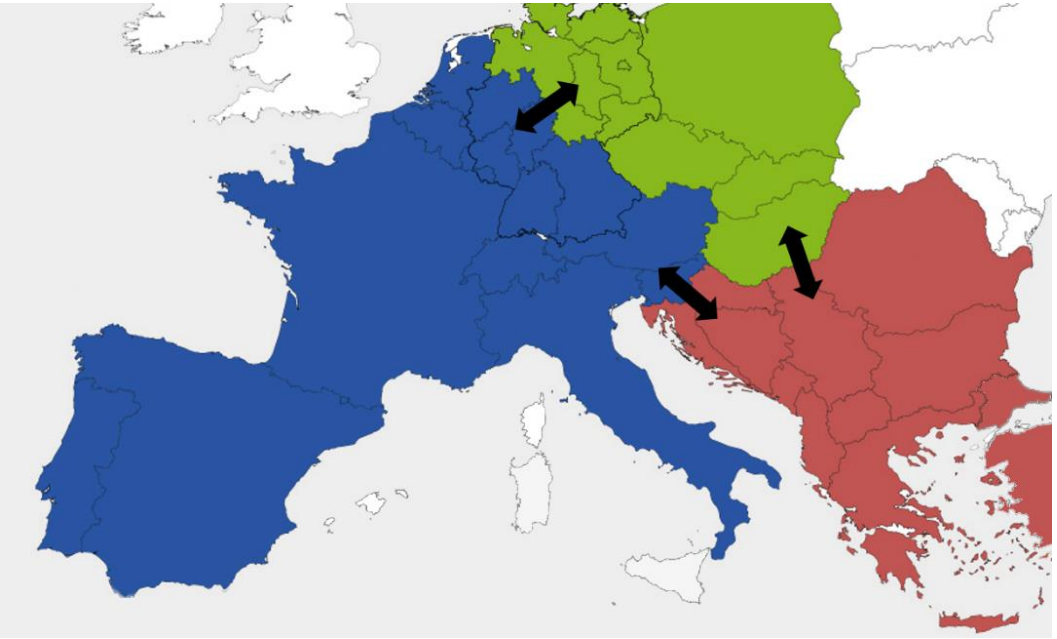
3 GW PV-Batteriespeicher

Hürden für künftige Flexibilität müssen abgebaut werden. Gleichzeitig bedingt ein funktionierender Markt eine Flexibilisierung der Nachfrage.

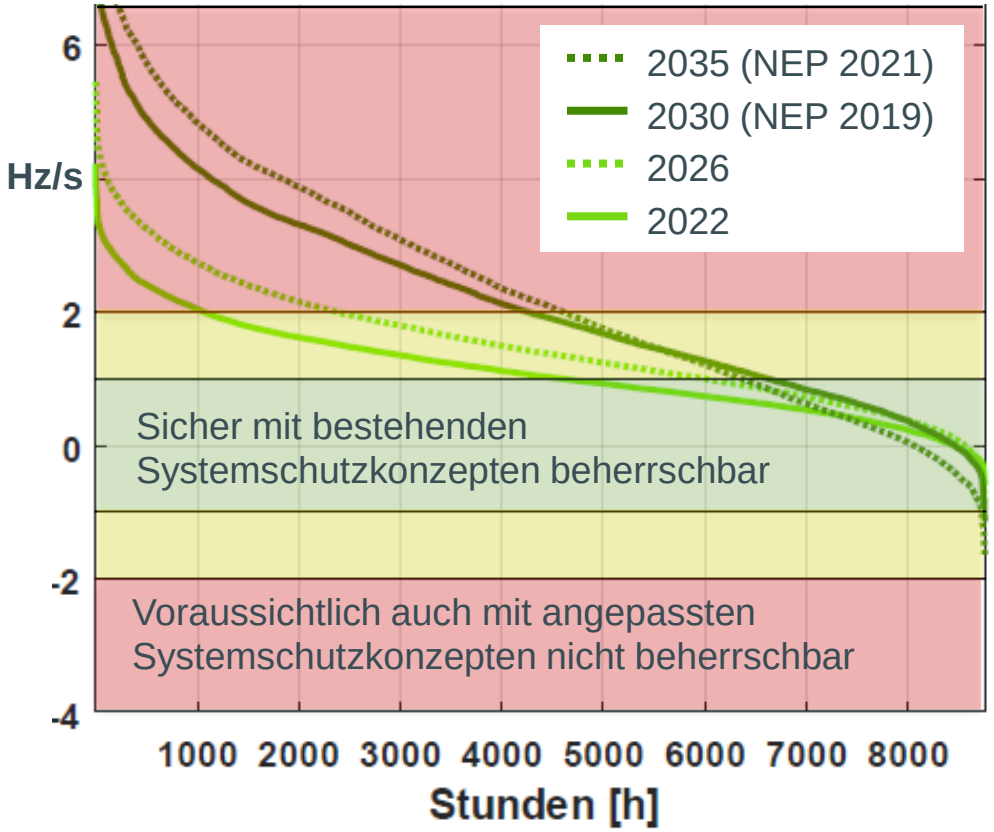
BNetzA (2023)

Herausforderung sinkende Momentanreserve

System Split 2006



Frequenzgradient



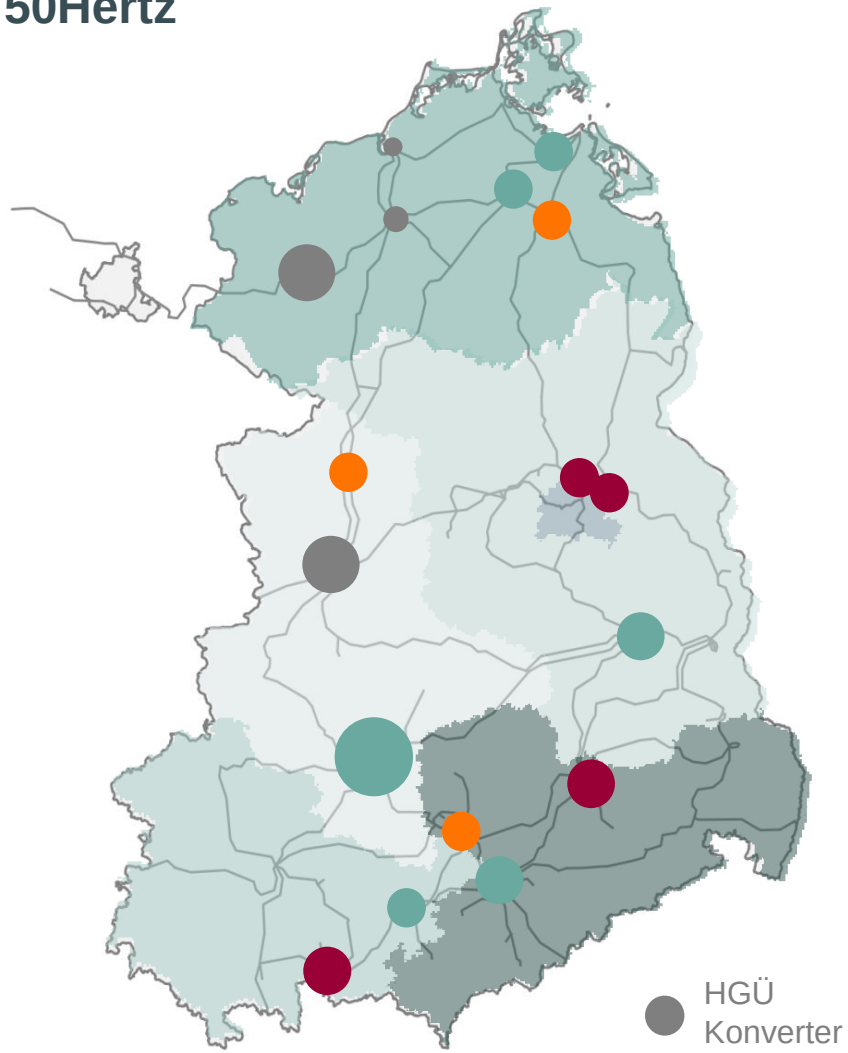
Ohne Gegenmaßnahmen, wie neue Schwungmassen oder künstliche Inertia, würde ein System Split wie im Jahr 2006 zukünftig zeitweise nicht mehr beherrscht.

Herausforderung Blindleistungskompensation

Geplante STATCOM-Anlagen und HGÜ-Konverter bei 50Hertz

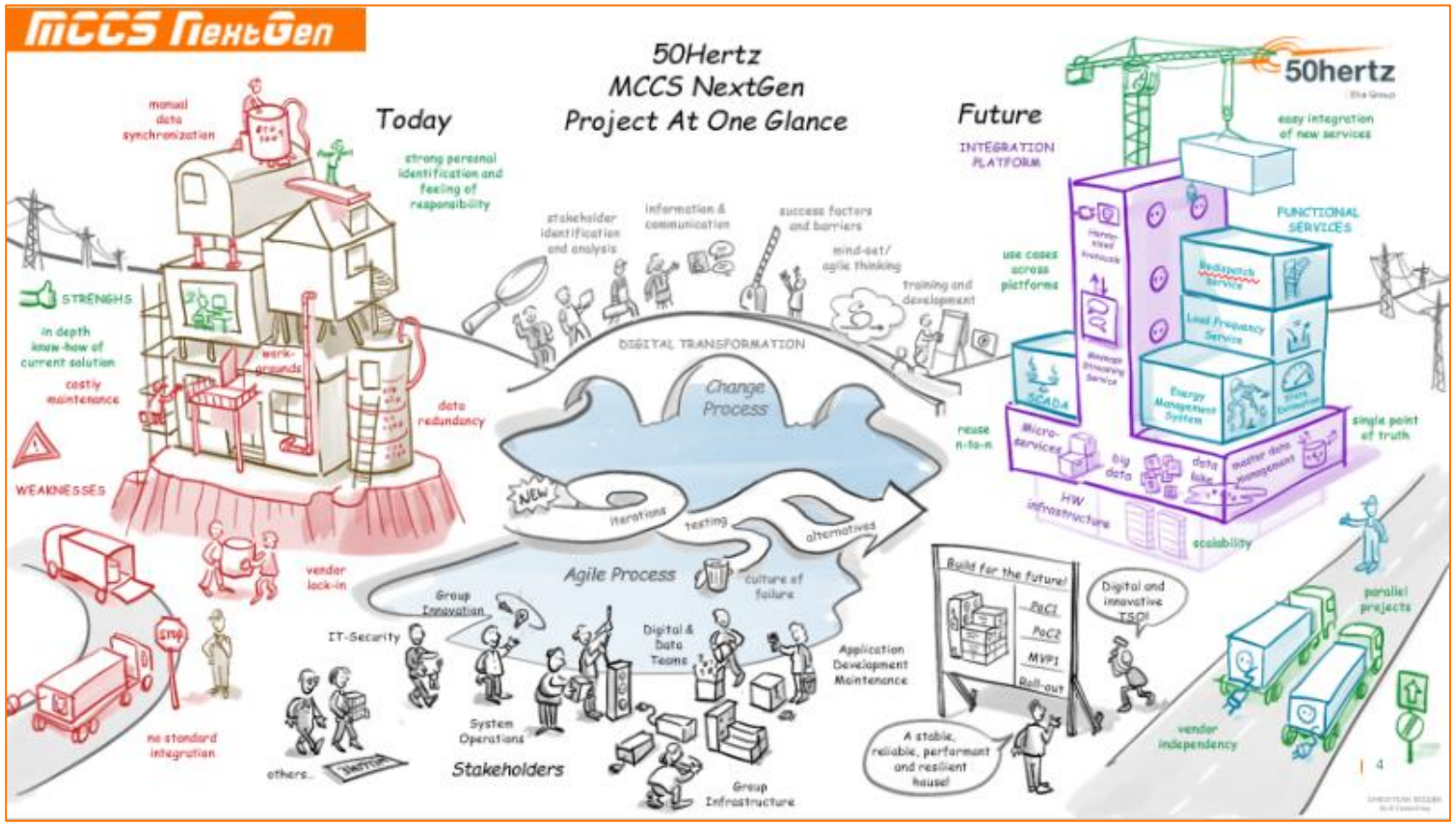
Geplante Pakete:

- Paket 1: 2,4 Gvar ab 2025
- Paket 2: 1,8 Gvar ab 2028
- Paket 3: 0,9 Gvar ab 2030



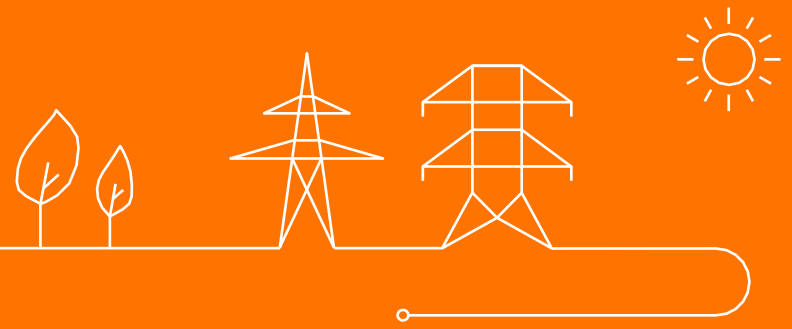
Dynamische Blindleistungskompensation erfolgt zukünftig maßgeblich über Leistungselektronik.

Herausforderung Systemführung



Die Steuerung eines stark dezentralen, dargebotsabhängigen und hoch ausgelasteten Systems erfordert neue Konzepte.

Vielen Dank!



Was können wir tun, um die Wärmewende in die Keller zu bekommen?

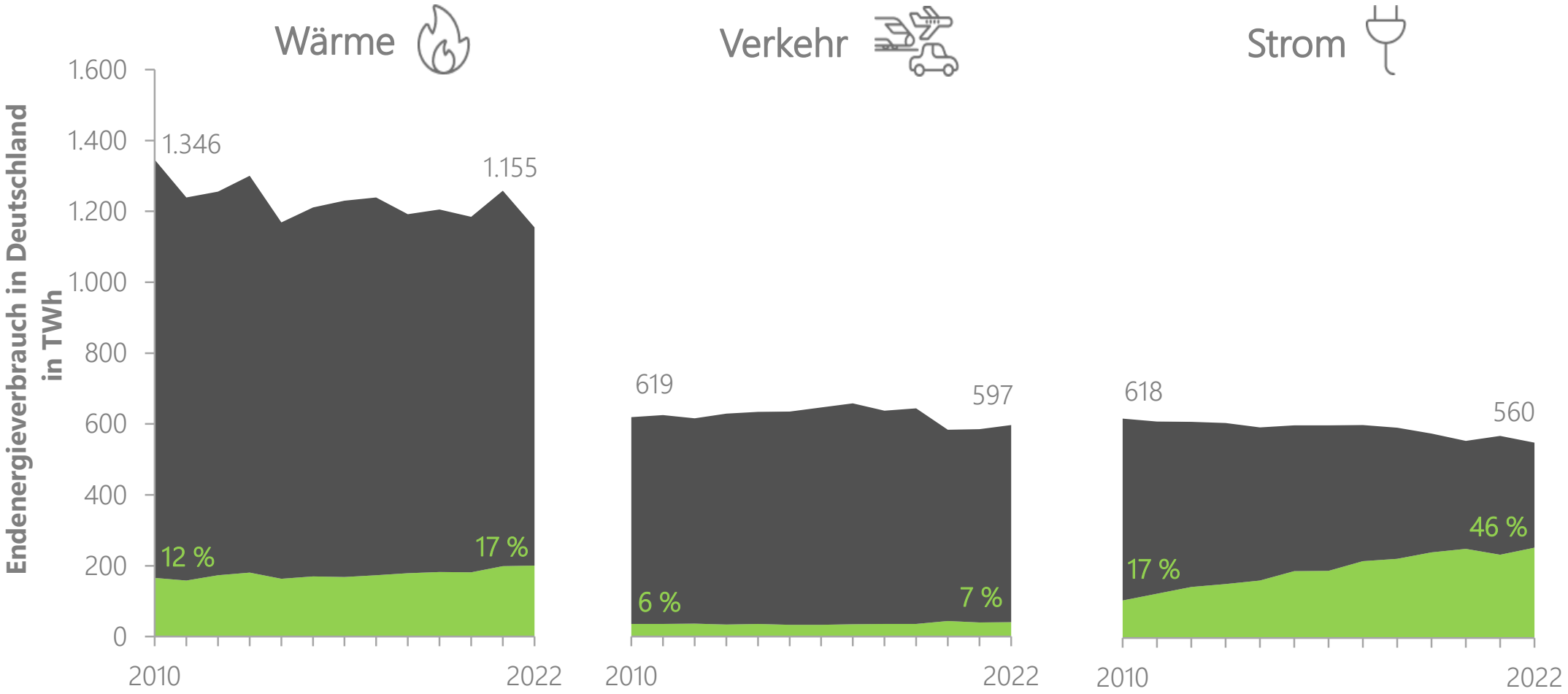
Britta Kleinertz

02.05.2023

Urheberrecht Bild ©contrastwerkstatt

Erneuerbare Energien und Anwendungsbereiche

Entwicklung der letzten 12 Jahre in Deutschland



Quelle Daten: https://www.erneuerbare-energien.de

Wärmewende in den Medien

Vom schlafenden Riesen zu emotionalen Diskussionsthema

Kosten für Heizung und Sanierung

So viele Hauseigentümer können sich die Energiewende nicht leisten

Neue Heizung, umfangreiche Sanierung: Die Wärmewende beim Wohnen wird teuer – für viele zu teuer. Eine Studie zeigt, wie viele Hausbesitzer betroffen sein könnten und wie man ihnen helfen kann.

Von **Florian Diekmann**
03.04.2023, 08.08 Uhr

FOCUS online

> Immobilien > Wohnen > Wärmepumpe ist teurer: We

Neue Analyse berechnet vier Szenarien

Wer jetzt eine neue Heizung will, ist mit Gas besser dran als mit Wärmepumpe

Dienstag, 11.04.2023 | 16:05

ntv VIDEO LIVE-TV

Von Heizungsbau bis Hörakustik

Handwerker suchen Hunderttausende Mitarbeiter

03.07.2022, 08:38 Uhr

Arbeit ist mehr als genug da
(Foto: picture alliance / Sebastian Gollnow/dpa)

Personal fehlt derzeit in fast allen Branchen. Besonders dramatisch ist allerdings die Lage im Handwerk. Das hat nicht nur Folgen für die Betriebe selbst und wartende Kunden. Auch die Energiewende in Deutschland steht auf dem Spiel.

stern MENÜ

stern PLUS Gesellschaft Politik Panorama

Politik > FDP-Fraktionschef Dürr: Mit Halbwissen gegen den Klimawandel

MEINUNG "ANNE WILL"

Der FDP-Fraktionschef weiß nicht wirklich, wovon er redet. Herr Dürr, so funktioniert eine Wärmepumpe

> Klimaneutrale Wärme in Bayern: Wo...

Klimaneutrale Wärme in Bayern: Wo das meiste Potenzial steckt

Bayern soll bis 2040 klimaneutral werden - um das zu erreichen, kommt es auch auf die Wärme-Erzeugung an. Wo wird am meisten Wärme benötigt und wer könnte auf eine Wärmepumpe umrüsten? Eine BR24-Datenanalyse mit Blick in die bayerischen Landkreise.

RADIO & TV NDR

PANORAMA 3 Rückschau Wir über uns

Kommunale Wärmeplanung: Prüfstein für die Energiewende

Stand: 24.01.2023 12:00 Uhr

Wie kann Deutschland mit weniger Gas heizen und langfristig ganz ohne auskommen? Diese komplizierte Frage müssen nun die Oberbürgermeister beantworten. Nach Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein verpflichten immer mehr Bundesländer ihre größeren Kommunen zu einer sogenannten kommunalen Wärmeplanung.

BR24

Von anderen lernen

Vorhandene Leitfäden für die kommunale Wärmetransformation

Kommunale Wärmeplanung

Handlungsleitfaden

Klimaneutrale Wärme München 2035

Mögliche Lösungspfade für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in der Landeshauptstadt München

Heat planning for fossil-fuel-free district heating areas with extensive end-use heat savings: A case study of the Copenhagen district heating area in Denmark

ENERGIE-RAUMPLANUNG IN WIEN

AUFBEREITUNG RECHTLICHER ASPEKTE

Roadmap Amsterdam

DELIVERABLE D4.6

ENTWICKLUNG EINER WÄRMESTRATEGIE FÜR DAS LAND BERLIN

Abschlussbericht

Energieplanung anders denken

Erforderliches Umdenken zur Strategieentwicklung

Fast alle müssen mit machen / sind tangiert

Frühe Entscheidung für bzw. gegen Netze treffen

Limitierte Potenziale intelligent kombinieren

Priorisierung Versorgung nach Verfügbarkeit des Potenzials

Gemeinschaftliche Versorgung stärken

Versorger als Umsorger

Raumplanung für Energieflächen mit Fokus auf Doppelnutzung

Zitat Henry Ford (hat Kutsche durch Auto verdrängt)

„Wenn ich die Leute gefragt hätte, was sie wollen, hätten sie gesagt: schnellere Pferde“

Wärmewende erfolgreich planen und umsetzen

Erkenntnisse aus Projekten mit Versorgern, Kommunen & Unternehmen

Realistische Ermittlung der **Potenziale** für **klimaneutrale Wärmequellen** – ausreichend **Zeit** und geeignetes **Personal** vorsehen

Schaffung **interner Tools und Kompetenzen** für Wärmeplanung

Früh **strukturierte Analyse** der lokalen Hemmnisse durchführen (Dringlichkeit versus Wichtigkeit)

Externe Akteure schrittweise einbinden – Integration von Wissen, Schaffung von **Akzeptanz**

Von anderen Lernen - **Leitfaden** kommunale Wärmeplanung, **Umsetzungsbeispiel**, Bildung regionaler **Netzwerke**

Abgeleitete Thesen

Relevante Faktoren, um die Wärmewende voran zu bringen

1 **Die Regelung 65 % Erneuerbare Wärme beim Kesseltausch ist der lang erwartete Türöffner für die Wärmewende.**

2 **Zur System“-optimierten“ Wärmewende müssen wir Herangehens-weisen, Flurgrenzen, Flächenbesitz und Umverteilung neu denken.**

3 **Um monetäre Ungleichheiten zu umgehen, könnten allgemein festgehaltene Arbeitspreise für Wärme in die Diskussion geraten (ähnlich dem EEG).**

Kontakt

BRITTA KLEINERTZ

Leiterin Wärmetransformation
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

BKLEINERTZ@FFE.DE

FRANK VEITENGRUBER

Projektingenieur und wissenschaftlicher Mitarbeiter
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

FVEITENGRUBER@FFE.DE

FfE
Am Blütenanger 71
80995 München
+49(0)89 15 81 21-0

Fotos: Enno Kapitza

„Schon lange nicht mehr haben Öffentlichkeit, Politik und Wissenschaft so grundsätzliche Debatten über die Energieversorgung geführt wie momentan. Was passt dazu besser als die FfE-Fachtagung, auf der sich Wissenschaft, Energiewirtschaft und Industrie treffen, um grundlegende Fragen der Energieversorgung von morgen zu diskutieren? Ich freue mich auf spannende neue Erkenntnisse aus den Vorträgen und Debatten.“

PROF. DR. FLORIAN BIEBERBACH

Vorsitzender der Geschäftsführung der Stadtwerke München GmbH und Vorsitzender des Präsidiums der FfE

FFE ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

„Die 65%-Anforderung für erneuerbare Wärme, Mindesteffizienzstandards und Kommunale Wärmeplanung sind Kernelemente der Wärmewende. Sie müssen einhergehen mit einer Neuausrichtung des Förderregimes nach sozialen Gesichtspunkten.“

DR. VEITH BÜRGER
STELLVERTRETENDER LEITER BEREICH ENERGIE & KLIMASCHUTZ
ÖKO-INSTITUT E.V.

„In einem klimaneutralen und klimaresilienten Quartier schaffen wir es, ohne fossile Energie zu heizen und zu kühlen! Eine schlaue Transformation gelingt, wenn die Heizkosten dabei sozialverträglich gehalten werden."

CHRISTINE KUGLER

Leiterin des Referates für Klima- und Umweltschutz,
Landeshauptstadt München

FFE ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

„Für die Transformation der Wärme braucht es eine smarte gemeinsame Infrastrukturplanung, bei der die Stromnetze, Wärmenetze und Wasserstoffanwendungen gleichzeitig ausgebaut werden.“

DR. ANDREAS SCHNAUß

Leiter Grundlagen Wärme bei Vattenfall Wärme Berlin AG

FFE ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

„Wir brauchen 10.773 Wärmewenden.“

ROBERT BRÜCKMANN

Leiter des Kompetenzzentrums Wärmewende

FFE ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

FfE-Energietage 2023

Wärme schlau transformieren

Moderation: Robert Brückmann (Leiter des Kompetenzzentrum Wärmewende, KWW)

Podiumsdiskussion mit

- Prof. Dr. Florian Bieberbach (Vorsitzender der Geschäftsführung der Stadtwerke München und Vorsitzender des Präsidiums der FfE)
- Dr. Veit Bürger (stv. Leiter Bereich Energie & Klimaschutz, Öko-Institut e.V.)
- Britta Kleinertz (Leiterin Wärmetransformation, FfE)
- Christine Kugler (Leiterin des Referates für Klima- und Umweltschutz, Landeshauptstadt München)
- Dr. Andreas Schnauß (Leiter Grundlagen Wärme bei Vattenfall Wärme Berlin AG)

Fragen ans Podium
slido.com #FfE-ET2023

Sustainable Finance – Treiber für eine beschleunigte Transformation?

Dr. Anika Neitz-Regett

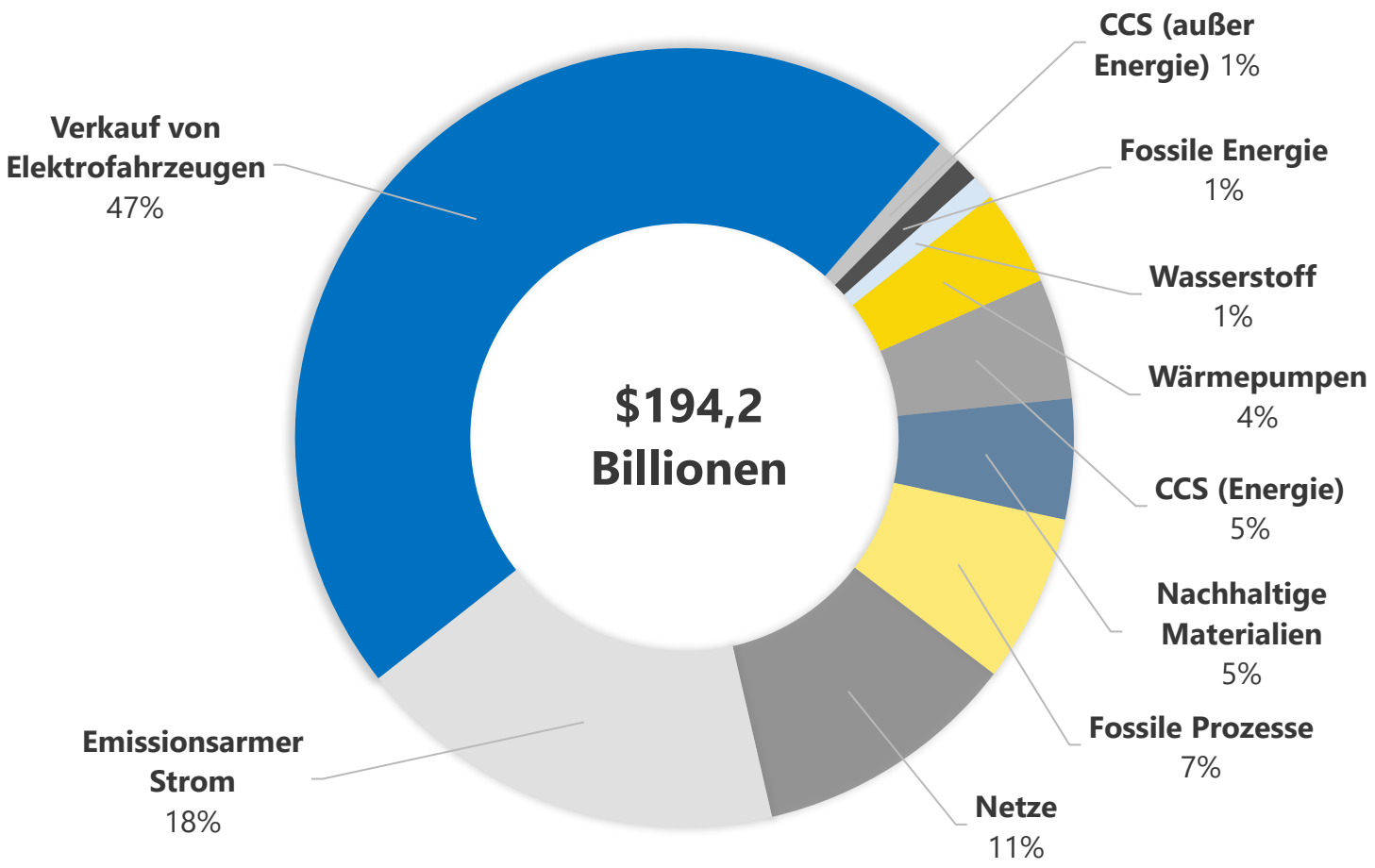
Die notwendige Transformation…

FfE

VBEW
Energie. Wasser. Leben.

…übersetzt in Investitionsbedarf

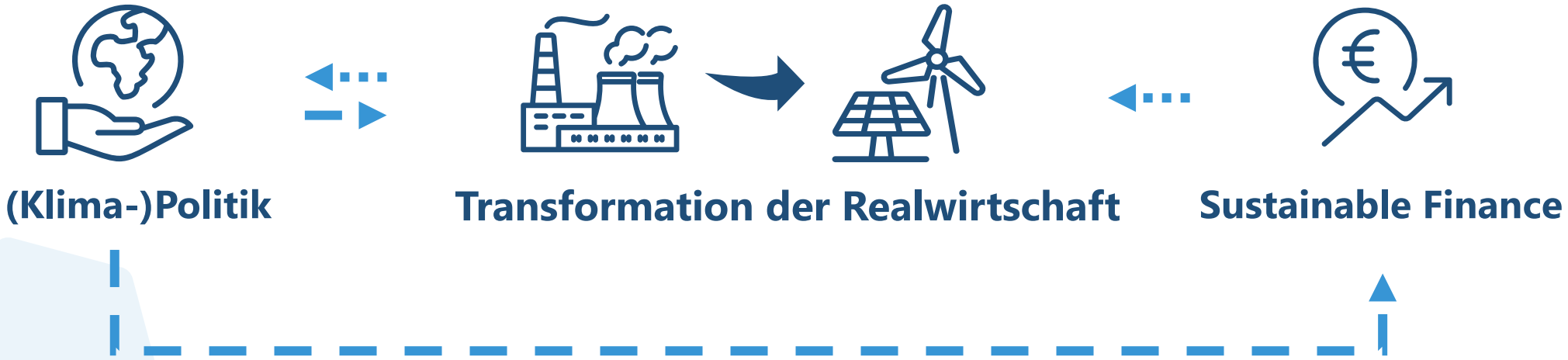
weltweites Investitionsvolumens bis 2050 im Net Zero Szenario



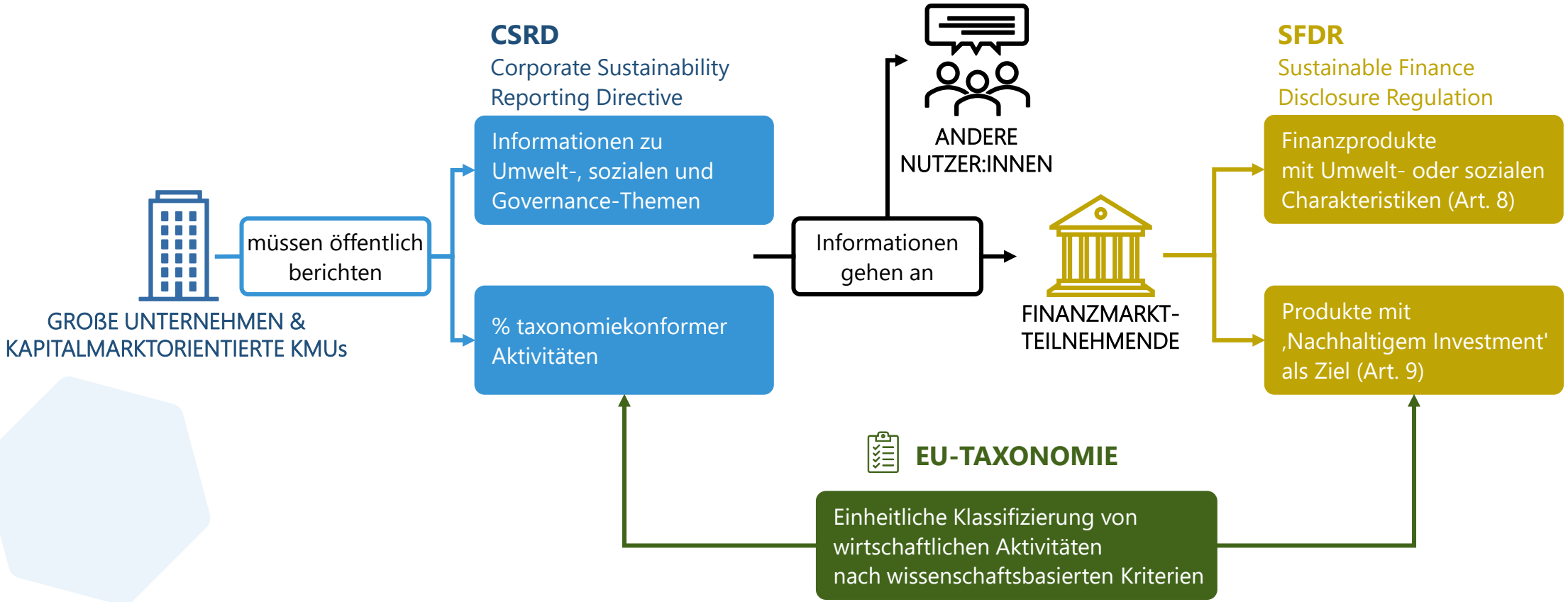
 NACH BLOOMBERGNEF, 2022

Idee von Sustainable Finance:

Beschleunigung der Transformation durch nachhaltige Finanzierung



Regularien des Sustainable Finance Frameworks



EIGENE DARSTELLUNG, BASIEREND AUF EINEM FACT SHEET DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION

Berichterstattung wird zeitnah für viele Unternehmen verpflichtend

2023

SFDR
Konkrete Angaben zu Nachhaltigkeits-auswirkungen (Indikatoren)

TAXONOMIE
Angaben zu klimabezogenen Zielen

2024

2025

CSRD
Große kapitalmarkt-orientierte Unternehmen (>500 Mitarbeitende)

TAXONOMIE
Vrsl. Angaben zu allen Taxonomiezielen

2026

CSRD
Restliche große Unternehmen*

2027

CSRD
Kapitalmarktorientierte kleinere und mittlere Unternehmen

*2 AUS 3 KRITERIEN: >40 MIO. € UMSATZ, >20 MIO. € BILANZSUMME, >250 MITARBEITENDE

Gesteigerte Anforderungen für Unternehmen

durch die Sustainable Finance Regularien

- Mehr Unternehmen
- Ambitionierter Zeitplan
- Neue Nachhaltigkeits-aspekte
- Quantitative Kennzahlen
- Lebenszyklus-perspektive

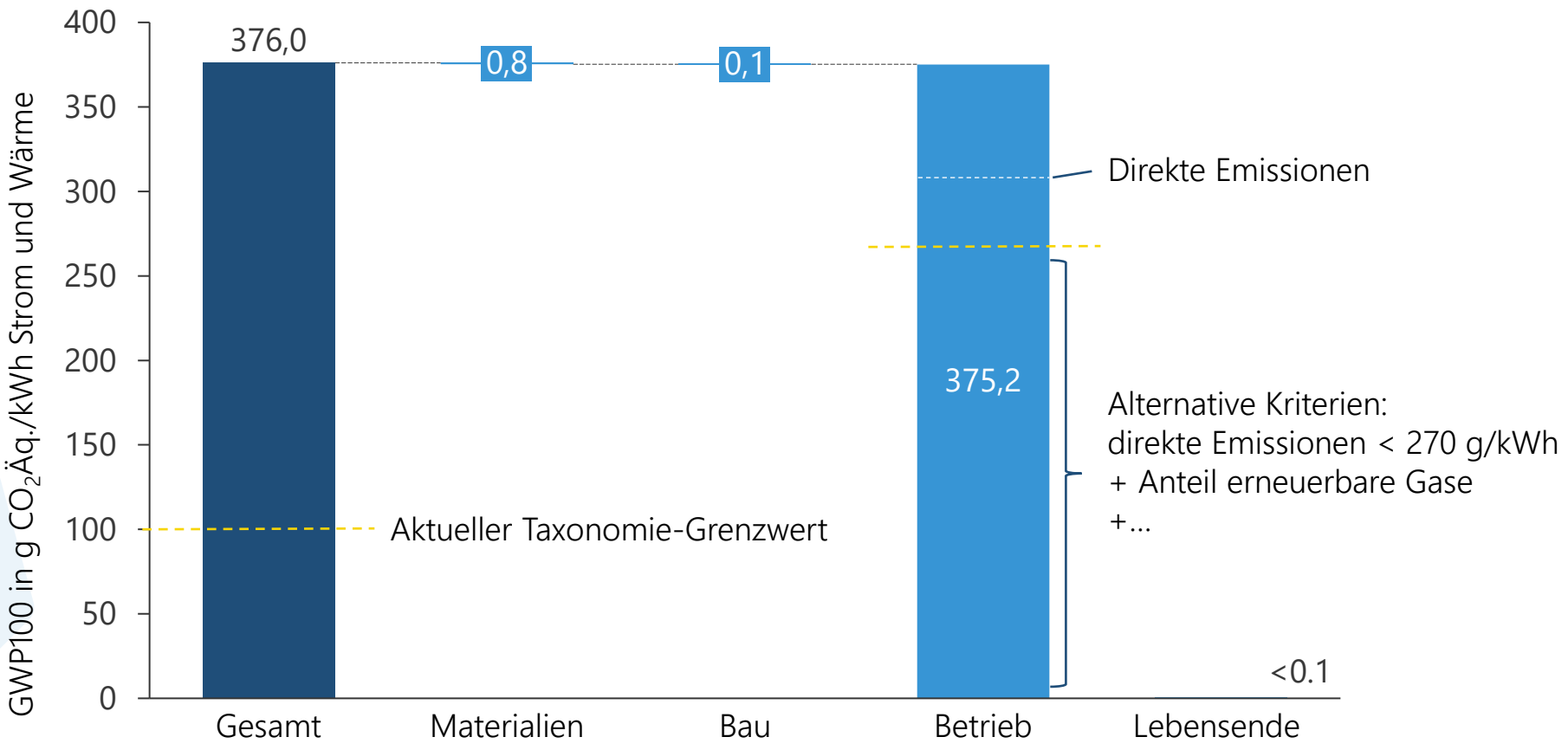
Gesteigerte Anforderungen für Unternehmen

durch die Sustainable Finance Regularien

- Mehr Unternehmen
- Ambitionierter Zeitplan
- Neue Nachhaltigkeits-aspekte
- Quantitative Kennzahlen
- Lebenszyklus-perspektive

Beispiel für quantitative Indikatoren in der Taxonomie

Lebenszyklus-Emissionen einer erdgasbetriebenen KWK-Anlage



 GWP=GLOBAL WARMING POTENTIAL, KWK=KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG; QUELLE: PROJEKT „LC-TAX“, FFE, ENBW, 2020

Aber auch zahlreiche Chancen für Unternehmen

bei rechtzeitiger und fundierter Vorbereitung

- Vereinheit-lichung
- Transparenz und Sicherheit
- Neue Geschäftsfelder
- Steigerung der Attraktivität
- Zugang zu Finanzierung

Sustainable Finance

Moderation:

Dr. Lothar Rieth

Leiter Nachhaltigkeit

EnBW AG

FFE-ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

BODO SENTKER

Leiter ESG Client Solutions
Firmenkunden Deutschland

Deutsche Bank AG

FFE-ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

KRISTINA JEROMIN

Geschäftsführerin

Green and Sustainable Finance
Cluster Germany e.V.

FFE-ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

JANNA BROKMANN

Head of Sustainability

Prime Capital AG

FFE-ENERGIETAGE VOM 25. – 28. APRIL 2023

FfE-Energietage 2023

Sustainable Finance

Moderation: Dr. Lothar Rieth (Leiter Nachhaltigkeit, EnBW AG)

Impuls: Dr. Anika Neitz-Regett (Leiterin Ressourcen und Klimaschutz, FfE)

Podiumsdiskussion mit

- Bodo Sentker (Leiter ESG Client Solutions Firmenkunden Deutschland, Deutsche Bank AG)
- Janna Brokmann (Head of Sustainability, Prime Capital AG)
- Kristina Jeromin (Geschäftsführerin, Green and Sustainable Finance Cluster Germany e.V.)
- Dr. Anika Neitz-Regett (Leiterin Ressourcen und Klimaschutz, FfE)

Fragen ans Podium
slido.com #FfE-ET2023