

Untersuchungen zur langfristigen Erzeugungsangemessenheit in Deutschland

Vorläufige Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt VerSEAS

Emil Kraft, Florian Zimmermann, Pia Manz, Marius Neuwirth, Sirin Alibas, Fabian Liesenhoff, Sabine Pelka, Lucas De la Fuente Munita, Robert Kunze, Anke Bekk, Dominik Möst, Wolf Fichtner



Agenda

1. Versorgungssicherheit und das Projekt VerSEAS
2. Methodik und Szenarioüberblick
3. Vorläufige Ergebnisse
4. Zusammenfassung und Diskussion

Definitionen im Kontext der Versorgungssicherheit im Stromsystem

(a) Angemessenheit (des Systems)

- Fähigkeit eines Stromsystems, (langfristig) die Nachfrage zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort zu decken
- Erzeugung und Übertragung

(b) Systemsicherheit

- Fähigkeit eines Stromsystems, kurzfristigen Störungen und Ausfällen standzuhalten
- Beinhaltet den Netzbetrieb

(c) Energiesicherheit

- **Verfügbarkeit der Rohstoffe / Energieträger**, z.B. Gas, Kohle etc.
- In Deutschland / Europa lange Zeit kaum untersucht

(d) Zuverlässigkeit

- Versorgung der Verbraucher mit Strom gesichert
- Folgt aus **(a), (b) und (c)**

Quellen: Europäische Kommission (2014); r2b, Consentec, Fraunhofer ISI & TEP (2019)

Projektziele VerSEAS

(Versorgungssicherheit in einem transformierten Stromsystem mit extremen Anteilen Erneuerbarer Energien und starker Sektorkopplung)

Untersuchung der Versorgungssicherheit in Deutschland und dessen Nachbarländern bei Einhaltung der Pariser Klimaziele

Wechselwirkungen und Potenziale verschiedener **Flexibilitätsoptionen** und notwendige Anpassungen des **Marktdesigns**

→ KIT, PowerACE

Treiber und Auswirkungen der **Verbreitung** von **PV-Batteriespeicher-Systemen**

→ KIT, PowerACE

Einfluss des individuellen Entscheidungsverhaltens von Investoren auf die **regionale Diffusion** von **Sektorenkopplungstechnologien**

→ Fraunhofer ISI, FORECAST / eLOAD

Allokationen von Flexibilitäten unter **Berücksichtigung des Übertragungsnetzes**

→ TU Dresden, ELMOD

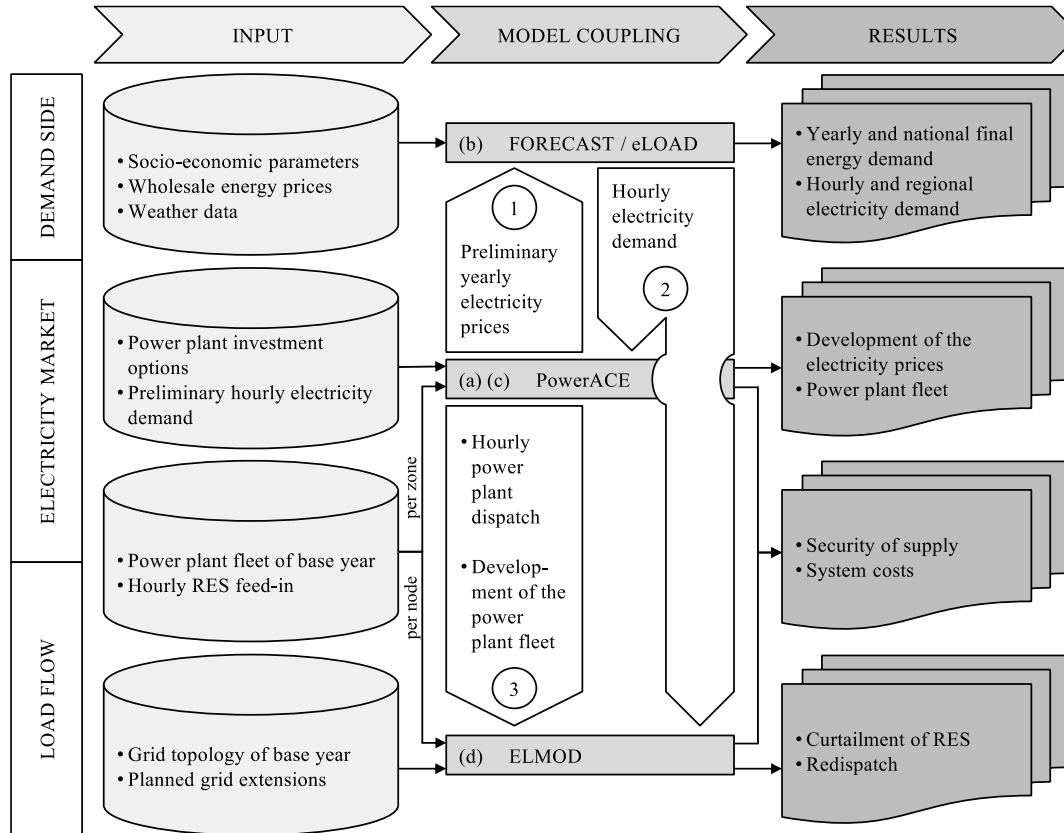
Open Source Aufbereitung der Markt- und Netzmodelle



Fokus des Vortrags

Methodik

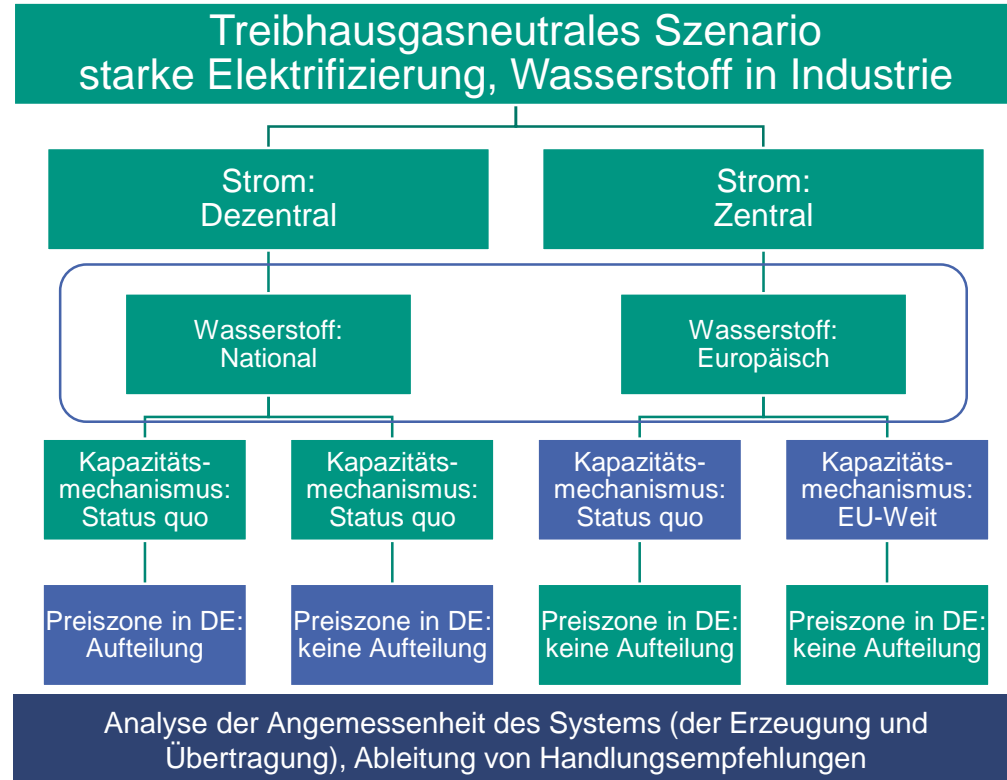
Modellkopplung im Projekt



Szenarioüberblick

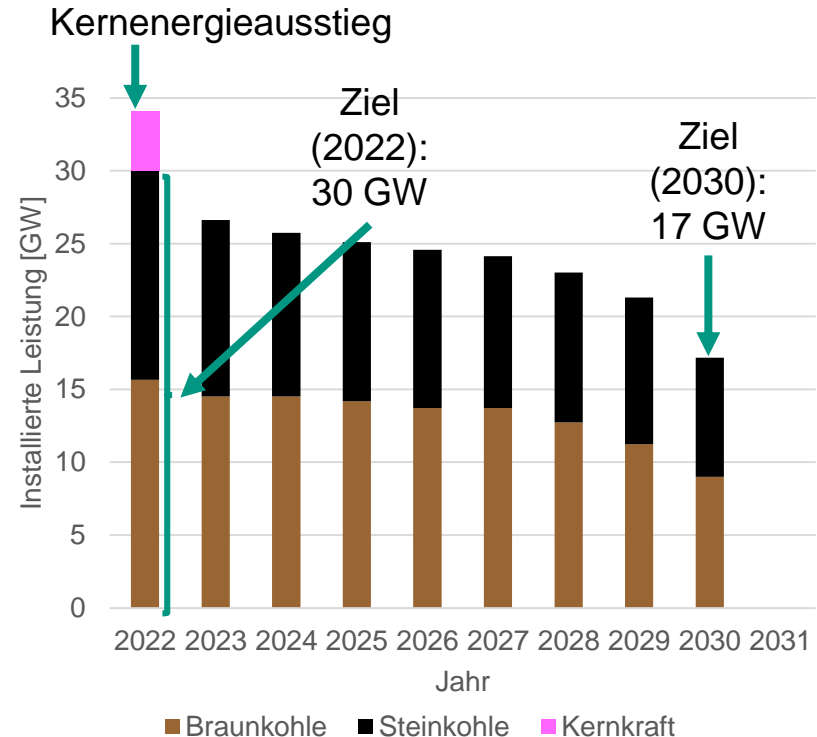
Szenarioüberblick

- Treibhausgasneutrale Szenarios
- Anpassung an Klimaschutzgesetz in Deutschland
 - 2030: 80% erneuerbare Energien (als Input)
 - 2045: Klimaneutralität
 - Gas zwischen 2030 und 2045 linear durch H₂ ersetzt
 - Nachfrage: Sektorspezifische Reduktionsziele festgelegt



Stilllegung Kern- und Kohlekraftwerke

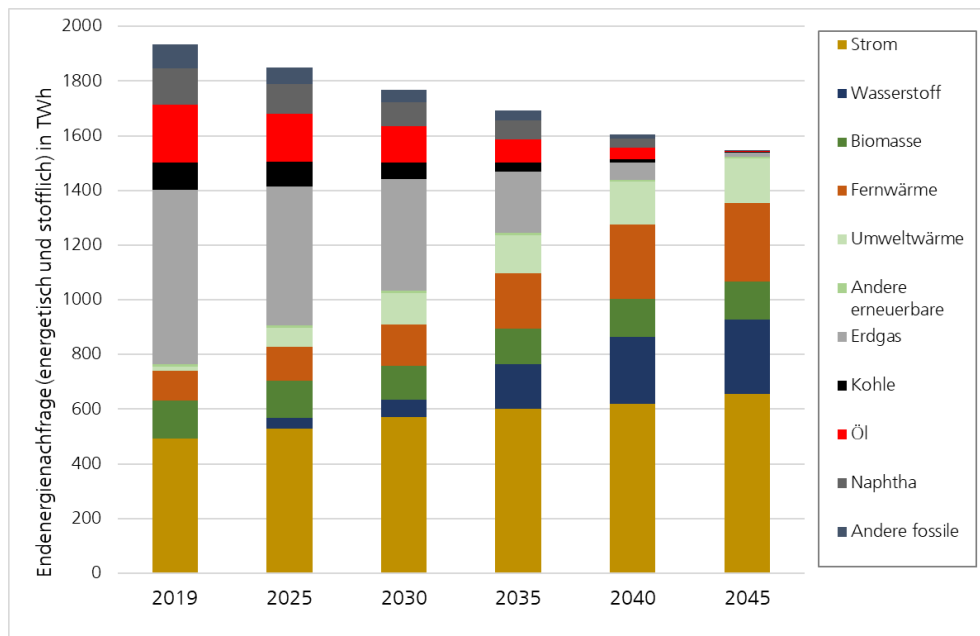
- Ursprünglich: Plan für Kohleausstieg bis spätestens 2038 („Kohlekompromiss“ Juli 2020)
- Neues Ziel: Kohleausstieg 2030
- Stilllegungspfad inklusive altersbedingter Stilllegungen
- Keine Berücksichtigung: Kernkraftreserve für Q1/2023 oder mögliche Laufzeitverlängerung



Vorläufige Ergebnisse

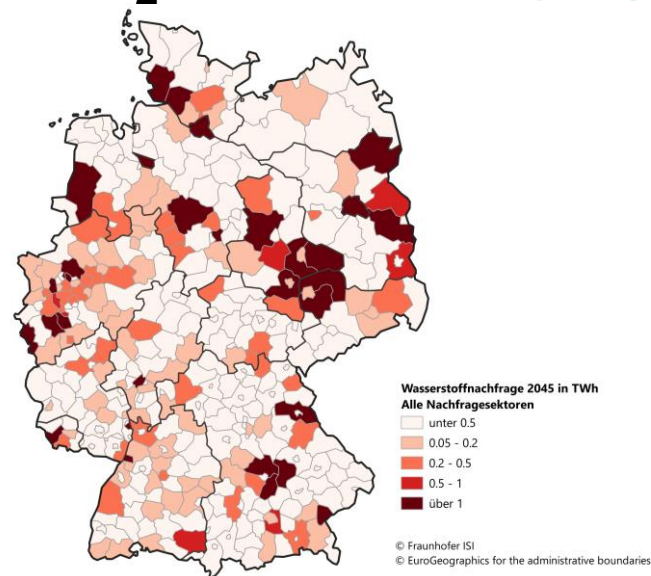
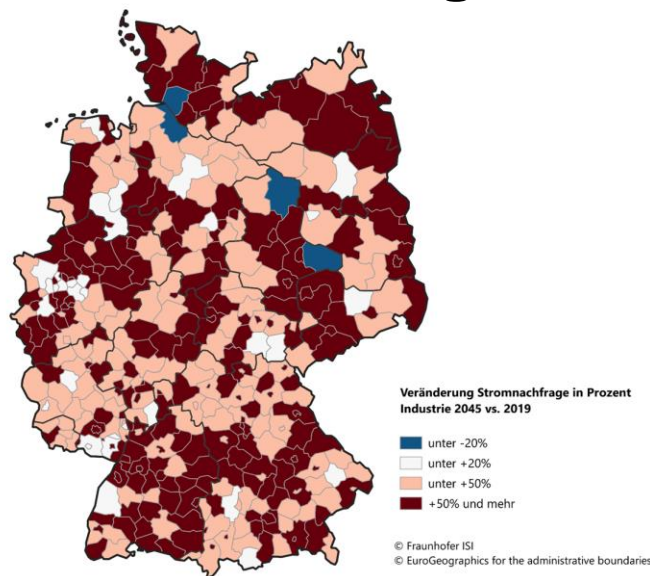
Klimaneutralität in Nachfragesektoren 2045

- Elektrifizierung in allen Nachfragesektoren:
 - Prozesswärme/Dampferzeugung
 - Wärmepumpen für Raumwärme
 - Elektromobilität
- Potenziale für Effizienzsteigerung werden ausgeschöpft
- Wasserstoff in Industrie für Prozesswärme und stoffliche Anwendungen
 - Chemische Industrie
 - Stahlerzeugung
 - Sonstige Öfen (Zement, Glas, ...)



Regionale Nachfrage Strom und H₂ 2045

VerSEAS

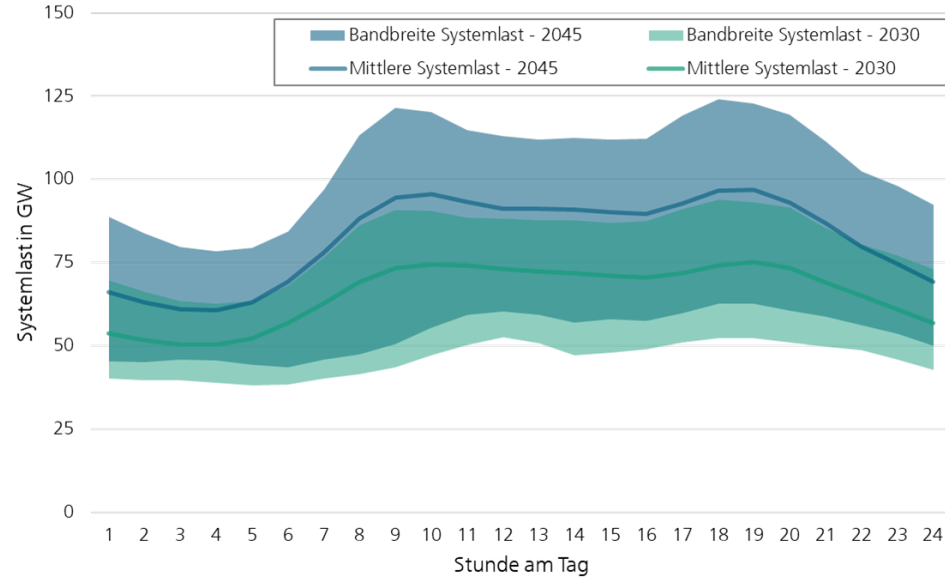


- Stromnachfrage steigt in fast allen Regionen an
- Einzelne Industriestandorte der energieintensiven Prozesse als Treiber für regionale Nachfrage

- Regionalisierte Wasserstoffnachfrage durch Industrie getrieben (Verkehr kleinerer Anteil)
→ Industriestandorte (Stahl und Chemie) bei Infrastrukturplanung berücksichtigen

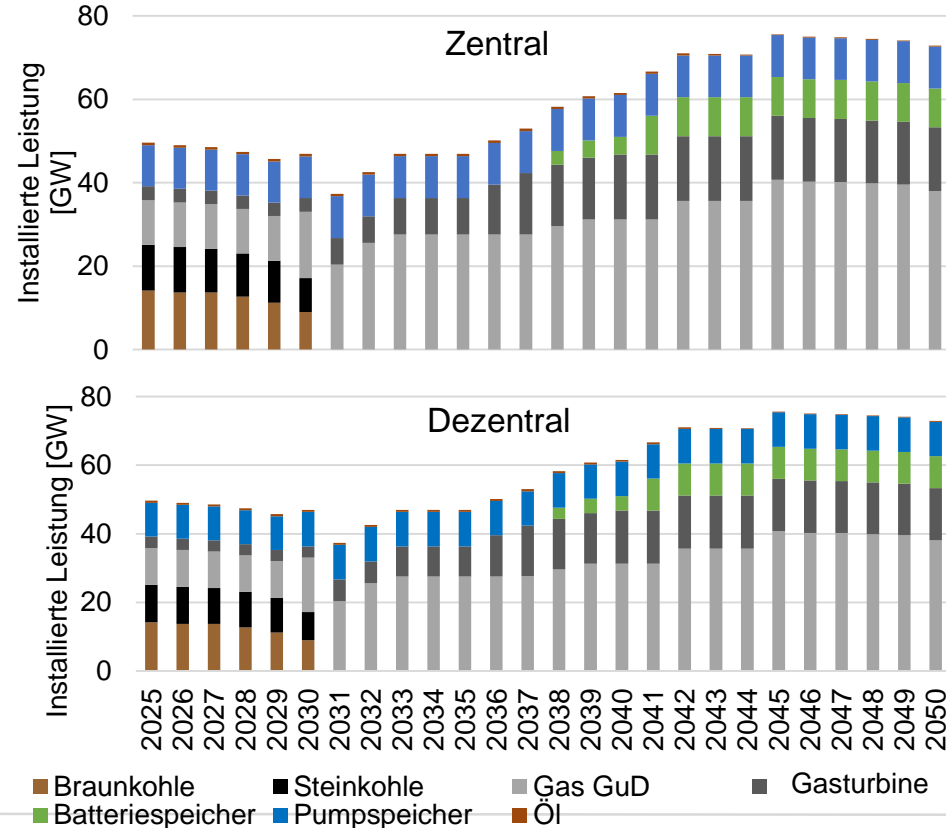
Lastprofil Strom 2030 und 2045

- Mittlere Systemlast steigt, insgesamt höhere Stromnachfrage in 2045 in Deutschland
- Lastspitzen am Morgen und Abend stärker ausgeprägt durch Elektrifizierung
- Stärkere (residuale) Lastgradienten in 2045
- Große regionale Unterschiede in Lastprofilen (je nach Verbraucherstruktur)



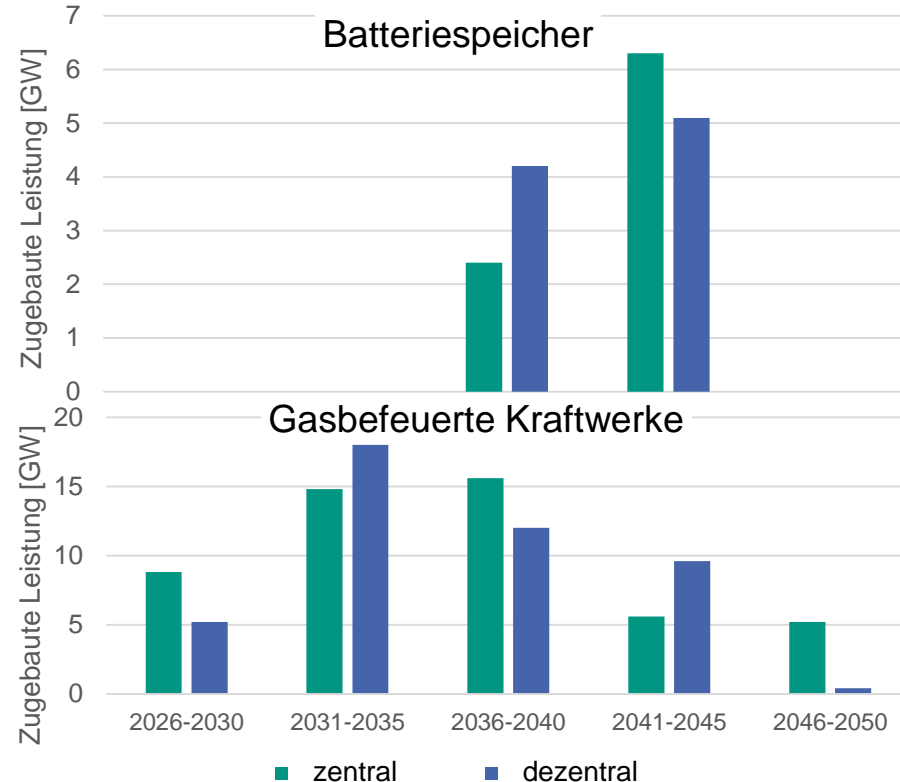
Kapazitätsentwicklung in Deutschland

- Starker Rückgang nach 2030 durch Braun- und Steinkohleausstieg
- Zwischen 2030 und 2040 überschreiten mehr als 75 % der französischen Kernkraftwerke die technische Lebensdauer (50 Jahre) → zusätzliche Knappheit im Markt
- Exogener Zubau von Wind und PV
- Endogener Zubau Gaskraftwerke (H_2 -ready) und Batteriespeicher
- Im zentralen Szenario werden (in DE) mehr Investitionen angereizt



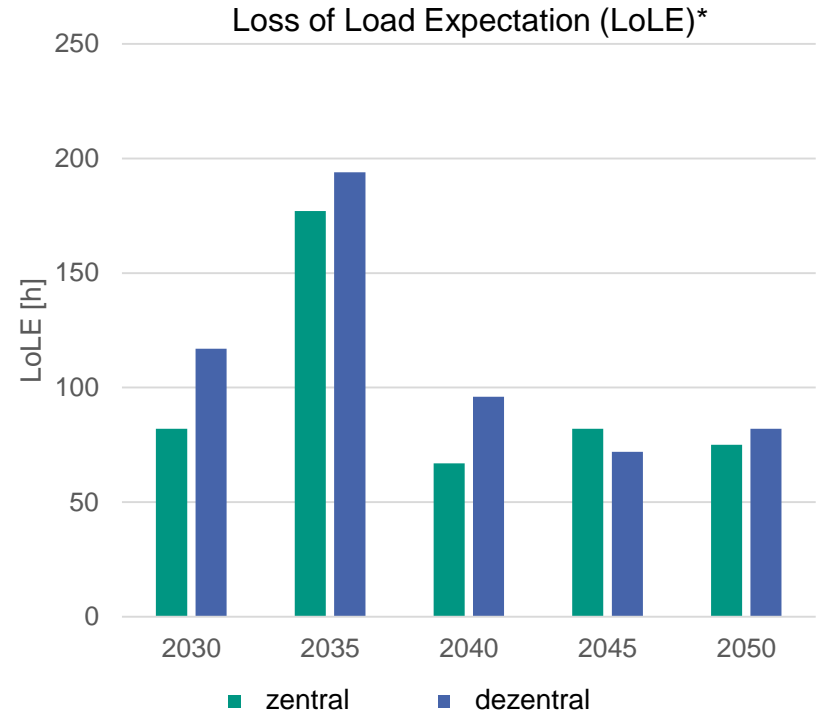
Struktur der Investitionen in Deutschland

- Mehr Investitionen (in DE) im zentralen Szenario
- Zubau Gaskraftwerke **ab 2027** (sowohl GuD als auch Gasturbinen)
 - Mehr im zentralen Szenario
 - Mittel- und langfristig (bis 2040) große Investitionen in gesicherte Leistung
- (Spotmarktgetriebener) Zubau Batteriespeicher ab 2038
 - Mehr Investitionen im dezentralen Szenario
- Steuerbare Gaskraftwerke (*H₂-ready*) nehmen weiterhin wichtige Rolle hinsichtlich Generation Adequacy ein



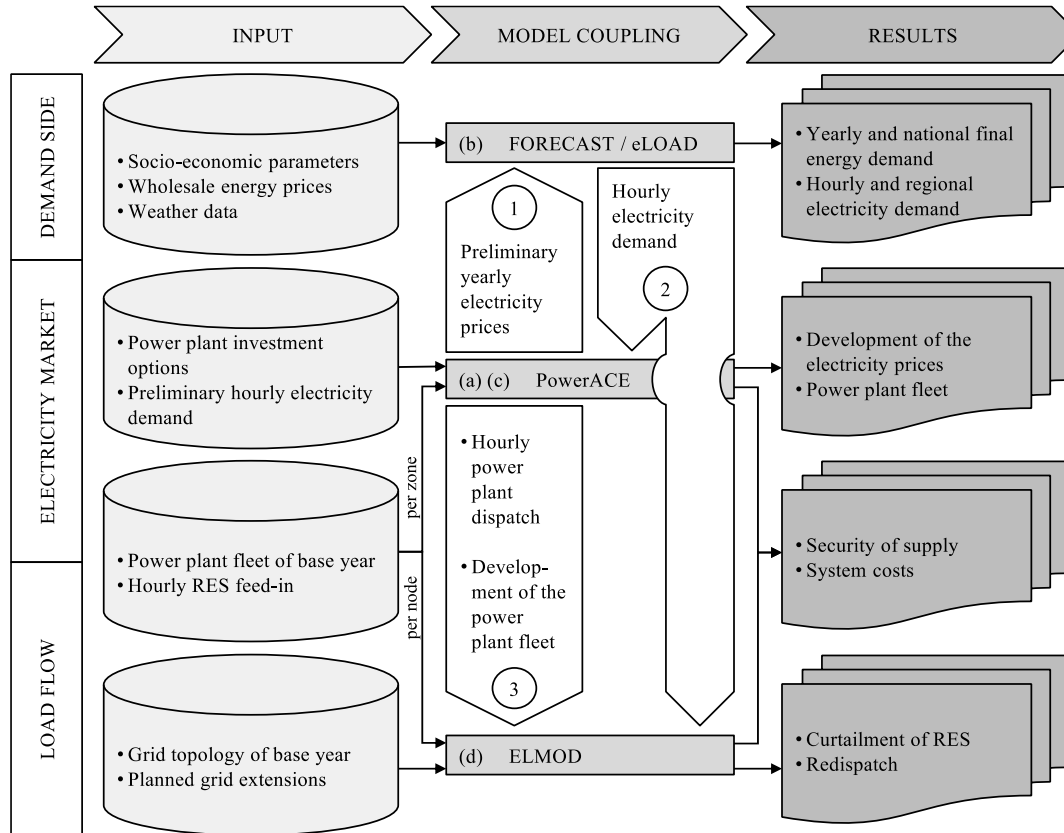
Qualität der Versorgung

- Kohleausstieg und alte französische Kernkraftwerke stellen Herausforderungen für die deutsche Versorgung dar (besonders 2030 bis 2035)
- Erneuerbare Energien werden nicht schnell genug ausgebaut (TYNDP 2022)
- Zusätzliche Anreize scheinen notwendig um Investitionen anzureizen, z.B. durch eine Marktdesignänderung
- EOM-Design: Gewisse Stunden mit Nachfrageunterdeckung scheinen für den Markt wirtschaftlich attraktiver zu sein als Investitionen in gesicherte Erzeugungskapazität (insb. ab 2040 beobachtbar)



*in dieser Auswertung nur ein Wetterjahr berücksichtigt

Modellkopplung im Projekt



Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassung und Diskussion

Nachfrage

- Stromnachfrage:
 - Genereller Anstieg durch Sektorkopplung
 - Höhere Spitzen, größere Spreads
 - Anstieg in der Industrienachfrage in fast allen Regionen
- Wasserstoffnachfrage: Stoffliche Nutzung in Chemie sowie für Stahlherstellung

Erzeugung

- Geplanter Kohleausstieg und alte Kernkraftwerke sorgen ab 2030 für schnelle Reduktion der gesicherten Leistung
- Investitionen in Gas und Speicher
- Rascher Ausbau der EE-Erzeugung nötig

Übertragung

- Angemessenheit der Übertragung:
work in progress

Vorläufige Empfehlungen (to whom it may concern)

- Politische Zielvorgaben verfolgen und Vertrauen schaffen
- Energiesicherheit auf die Agenda
- Planung der Substitution der gesicherten Leistung bereits **jetzt beginnen**
- Anpassung des Marktdesigns erscheint sinnvoll um Angemessenheit der Erzeugung zu gewährleisten
→ Risikoaversion der Investoren

Zusammenfassung und Diskussion

Nachfrage

- Stromnachfrage steigt
 - Höhere Spitzen, größere Spreads
 - In der Industrie steigt in fast allen Regionen an

Übertragung

- Angemessenheit der Übertragung: *work in progress*

Vorläufige Empfehlungen (to whom it may concern)

To Do: Schnell und besonnen handeln
 To Don't: Liberalisierte Märkte und Klimaschutzziele opfern

Erzeugung

- Kraftwerke sorgen ab 2030 für schnelle Reduktion der gesicherten Leistung
- Investitionen in Gas und Speicher
- Rascher Ausbau der EE-Erzeugung nötig

Leistung bereits **jetzt beginnen**

- Anpassung des Marktdesigns erscheint sinnvoll um Angemessenheit der Erzeugung zu gewährleisten
 → Risikoaversion der Investoren

Rollenverständnis der Forschung hinsichtlich Versorgungssicherheit

VerSEAS

- (Weiter-)Entwicklung und Bereitstellung von Methoden
- Neutrale und transparente Überprüfung politischer Ziele und aktueller Entwicklungen
- Übernationale Perspektive möglich
- Beständige Aufmerksamkeit (Überbrückung von Hype-Zyklen)
- Ausbildung von Fachkräften

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

VerSEAS



Publikationen im Rahmen von VerSEAS



- Daniel Fett, Christoph Fraunholz, Dogan Keles (2021): Diffusion and system impact of residential battery storage under different regulatory settings. Energy Policy.
- Matthias Kühnbach, Anke Bekk, Anke Weidlich (2021): Prepared for regional self-supply? On the regional fit of electricity demand and supply in Germany. Energy Strategy Reviews.
- Kim K. Miskiw, Christoph Fraunholz, Emil Kraft (2021): Investitionsplanung unter Unsicherheit. 12. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien.
- Matthias Kühnbach, Anke Bekk, Anke Weidlich (2022): Towards improved prosumer participation: Electricity trading in local markets. Energy.
- Pia Manz, Tobias Fleiter, Şirin Alibaş, Anna Billerbeck (2022): Finding an optimal district heating market share in 2050 for EU-27: Comparison of modelling approaches. ECEEE Summer Study Proceedings.
- Marius Neuwirth, Tobias Fleiter, Pia Man, René Hofmann (2022): The future potential hydrogen demand in energy-intensive industries - a site-specific approach applied to Germany. Energy Conversion and Management.
- Florian Zimmermann, Dogan Keles (2022): State or Market : Investments in New Nuclear Power Plants in France and Their Domestic and Cross-border Effects. Working Paper Series in Production and Energy.
- Florian Zimmermann, Emil Kraft, Wolf Fichtner (2022): Modeling the Dispatch of Electrolyzers Using Agent-based Electricity Market Simulation. 18th International Conference on the European Energy Market, Ljubljana, Slovenia.
- Christoph Fraunholz, Kim K. Miskiw, Emil Kraft, Wolf Fichtner, Christoph Weber (2023): On the Role of Risk Aversion and Market Design in Capacity Expansion Planning. The Energy Journal.

Nehmen Sie bei Interesse gerne Kontakt auf → emil.kraft@kit.edu

Quellen

- Europäische Kommission (2014): Identification of appropriate generation and system adequacy standards for the internal electricity market: Final report
- r2b, Consentec, Fraunhofer ISI & TEP (2019): Definition und Monitoring der Versorgungssicherheit an den europäischen Strommärkten. online verfügbar unter: [Link](#)