

AKE der DPG in Bonn, 10. März 2025

Bedarf und Rolle von Grundlastkraftwerken

in einem treibhausgasarmen Energiesystem

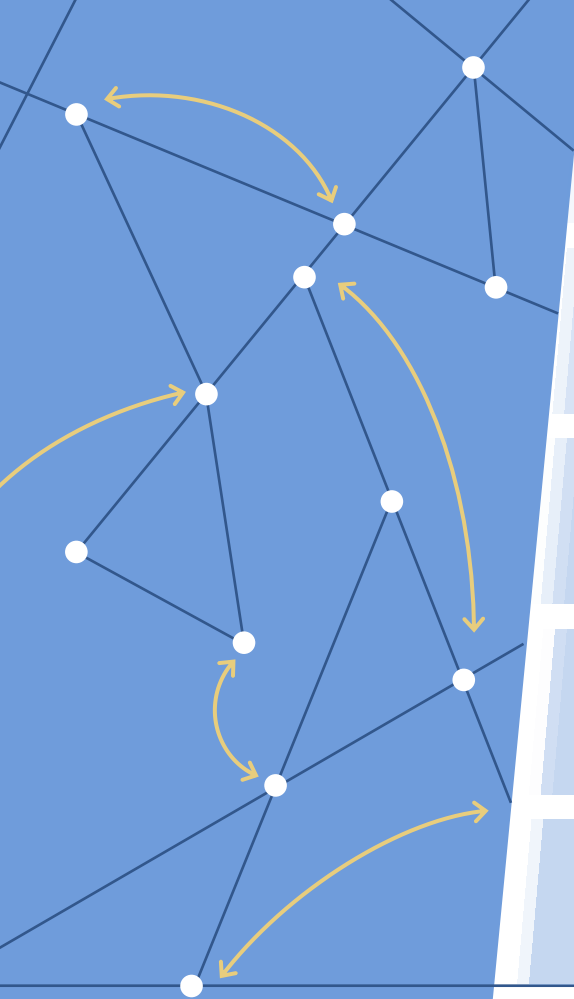
Philipp Stöcker, Berit Erlach, Sven Wurbs, Cyril Stephanos



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



energiesysteme-zukunft.de



Kurzvorstellung Projekt ESYS

Was sind Grundlastkraftwerke?

(Wofür) braucht es weiterhin Grundlastkraftwerke?

Techno-ökonomische Modellierung

Fazit und Ausblick

Projekt „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS)



- Gemeinsame Initiative der deutschen **Wissenschaftsakademien**
- Unabhängige, wissenschaftsbasierte **Politikberatung** mit mehr als 100 Expertinnen und Experten aus **Wissenschaft und Forschung**
- **Interdisziplinäre** Dialogformate mit Stakeholdern der **Energiewende**
- Publikationen mit **Handlungsoptionen** zum Umbau des Energiesystems für eine nachhaltige, sichere und bezahlbare Energieversorgung

GEFÖRDEBT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Was sind Grundlastkraftwerke?

Grundlastkraftwerk

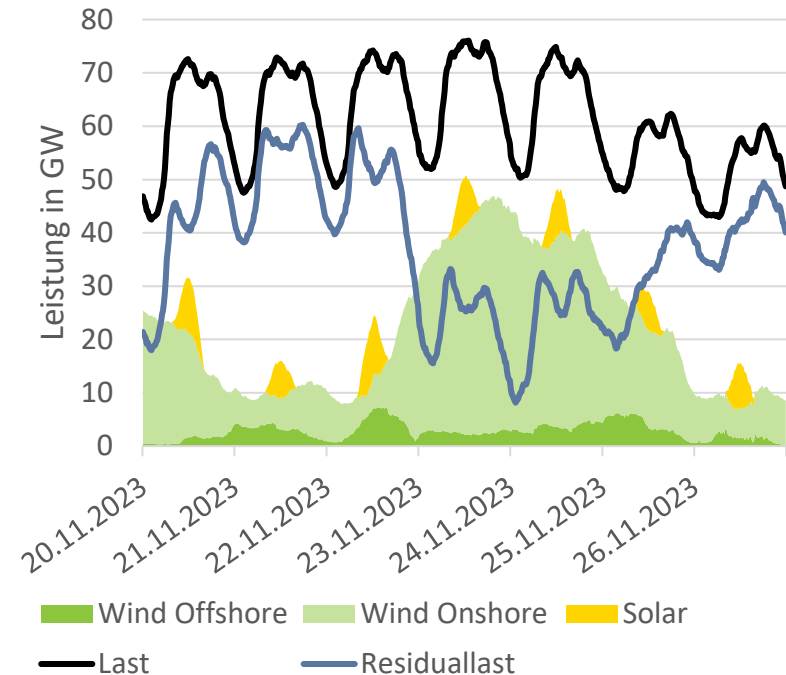
- hohe Fixkosten, immer verfügbar
- hohe Auslastung für Wirtschaftlichkeit
- z. B. AKW, Geothermie, potenziell Fusion

Residuallastkraftwerk

- geringe Fixkosten, höhere variable Kosten
- deckt Lücken zwischen EE und Nachfrage
- auch grundlastfähig
- z. B. Gasturbinen, Biomasse

Erdgas-GuD-Kraftwerk mit CCS

- zwischen Grundlastkraftwerk und Residuallastkraftwerk



Grundlastkraftwerke

in der Diskussion

Zwei Kernthesen als Fixpunkte der Debatte:

- „Ausbau der EE beseitigt Grundlast und damit Bedarf an Grundlastkraftwerken“
- „Es braucht auch weiterhin Grundlastkraftwerke für Versorgungssicherheit und Systemstabilität“



Bislang waren und sind Grundlastkraftwerke tragende Pfeiler des Stromsystems

*I, Dergenaue
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbinenhalle_KSP.jpg)
„Turbinenhalle KSP“,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>*

Braucht es weiterhin Grundlastkraftwerke?

Systemkontext und Gesellschaft

- **Versorgungssicherheit / Energiemengen**
 - Studien ohne Grundlastkraftwerke
 - **Systemstabilität**
 - Roadmap Systemstabilität
 - **Importabhängigkeit**
 - leichter Einfluss, nicht entscheidend
 - **Akzeptanz**
- **Keine Notwendigkeit aus Energiesystemsicht**



Grundlasttechnologien

und deren generelle Einschätzung

Stromerzeugung aus Kernkraft

- Wiederinbetriebnahme mit hohen Hürden und begrenztem Potential
 - hoher Aufwand und beschränkter Zeithorizont (wenige Jahre, Investitionsbedarf)
- Neubau theoretisch eine Option
 - lange Zeitkonstanten, ungelöste Fragen (Endlagerung, Sicherheit und Kosten)

Erdgas-GuD-Kraftwerke mit CCS

- Herausforderung THG-Neutralität (CO_2 -Schlupf, Vorkette → DAC o. ä. zur Kompensation)
- parallele Infrastrukturen (Wasserstoff/Erdgas); Synergien/Konkurrenz mit anderen CCS-Nutzern
- aus aktueller Sicht am verlässlichsten im Zeithorizont bis 2045 skalierbar

Geothermische Stromerzeugung

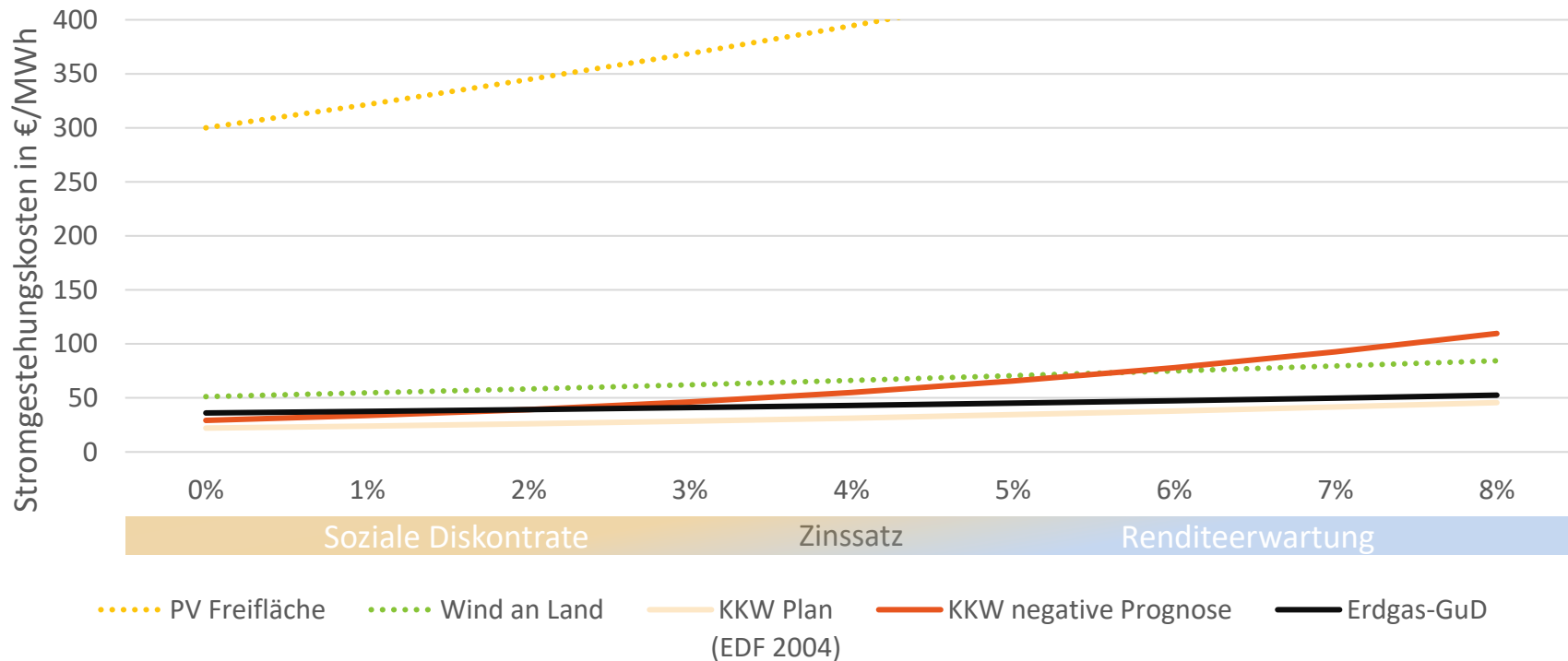
- wirtschaftliches Potential in Europa begrenzt; in Deutschland sehr gering

Stromerzeugung aus Kernfusion

- potenziell interessant, aber erst perspektivisch nach 2045 eine Option
- höchstes Maß an Unsicherheit aus heutiger Sicht

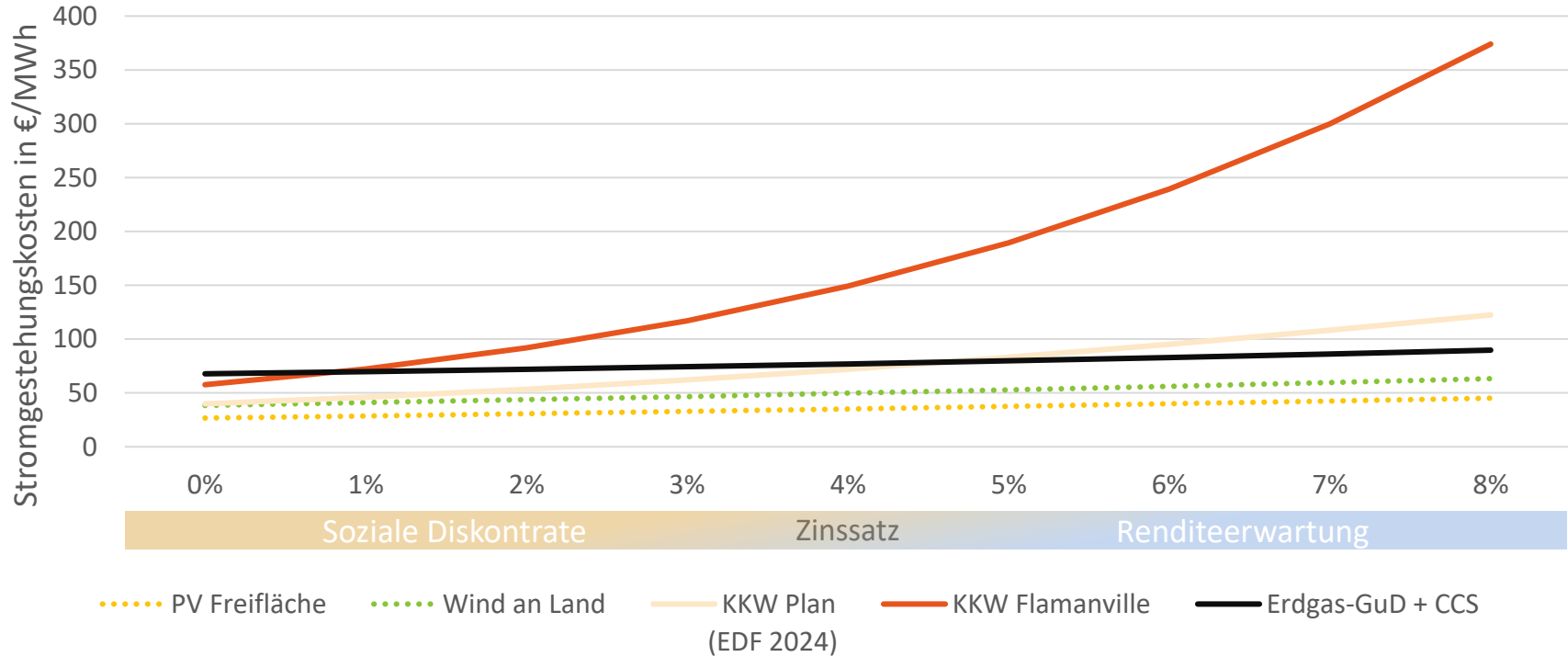
Stromgestehungskosten

Jahr 2004



Stromgestehungskosten

Jahr 2024



Welche Rolle(n) für Grundlastkraftwerke?

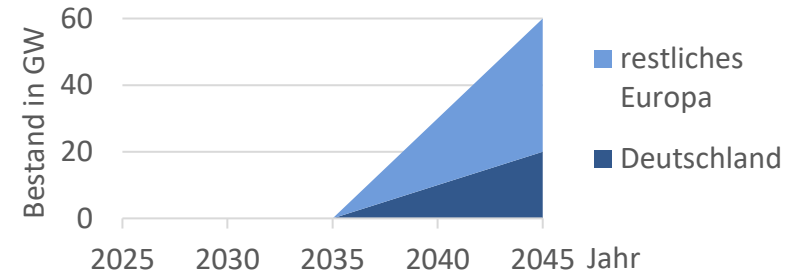
Nahe bis mittlere Zukunft (Horizont 2045)

Nur relevant für 2045, wenn Zubau jetzt in die Wege geleitet!

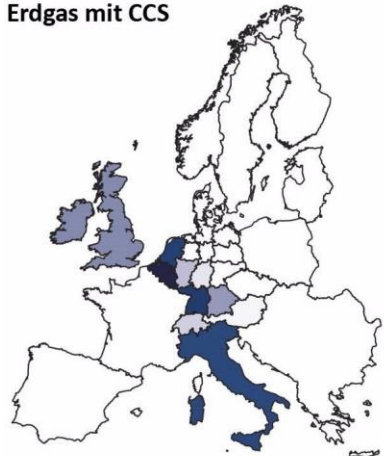
Annahme eines ambitionierten Zubaupfads

- Inbetriebnahme erster Anlagen in 10 Jahren
- Ausbau D bis 2045: 20GW (EU Rest: 40 GW)

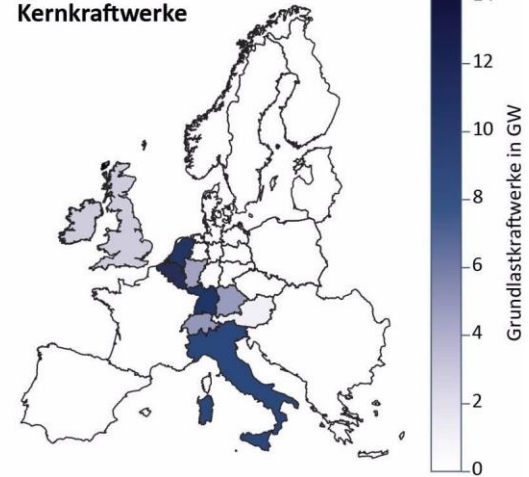
Geografische Verteilung im Modell optimiert:



Erdgas mit CCS



Kernkraftwerke



Welche Rolle(n) für Grundlastkraftwerke?

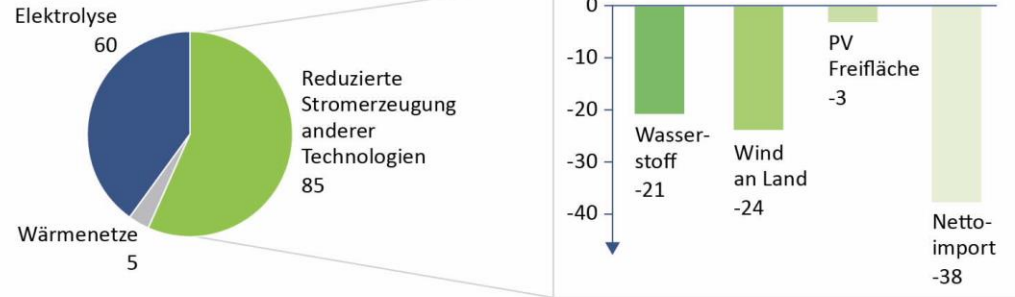
Nahe bis mittlere Zukunft (Horizont 2045) - Stromeinsatz

Einsatz der Stromproduktion
im Modell optimiert

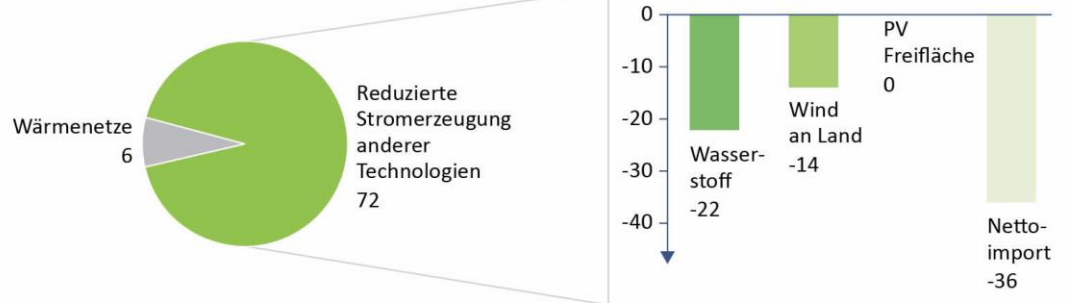
- Dargestellte Auswertung
für Deutschland im
Endzustand 2045

15 €/MWh_{el}
Variable Kosten
53 €/MWh_{el}

Kernkraftwerke (Werte in TWh)

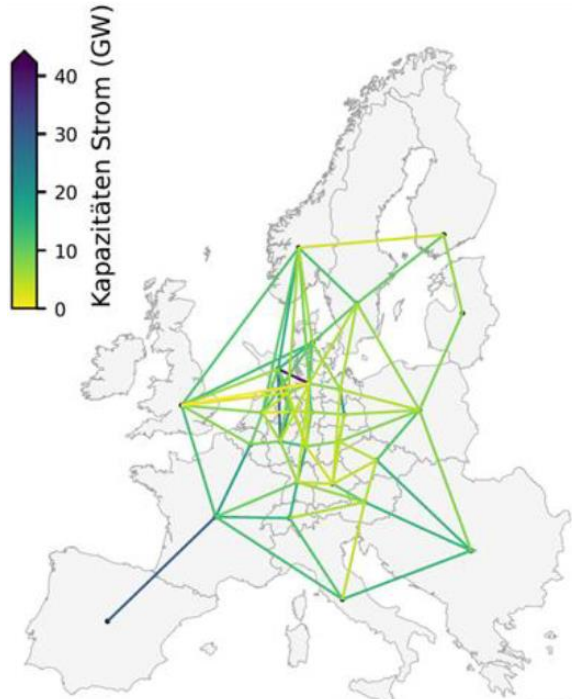


Erdgas mit CCS (Werte in TWh)

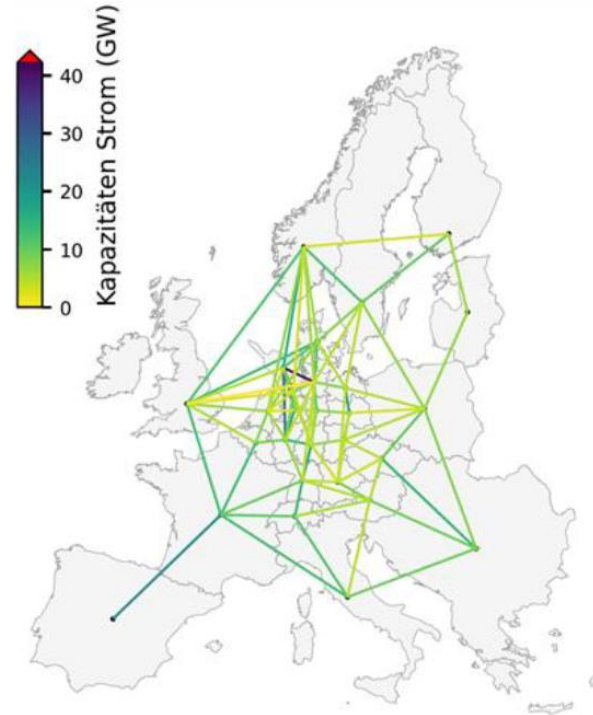


Welche Rolle(n) für Grundlastkraftwerke?

Nahe bis mittlere Zukunft (Horizont 2045) – Kapazitäten Stromnetz

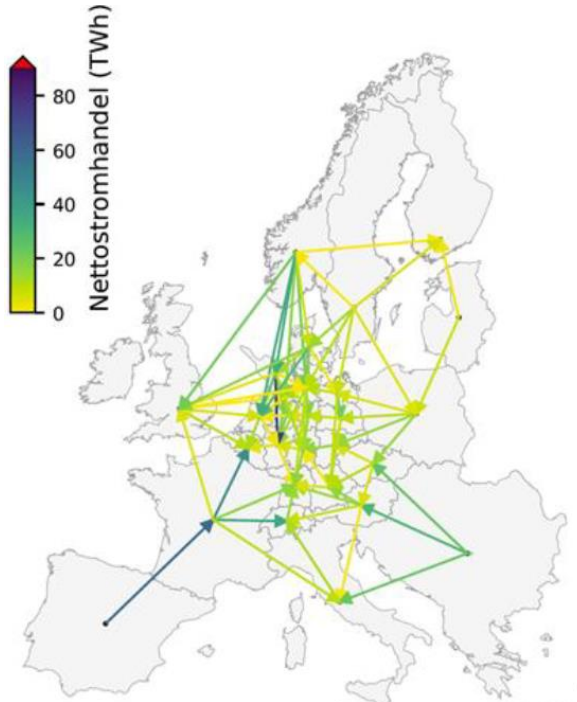


Referenz ohne Grundlastkraftwerke

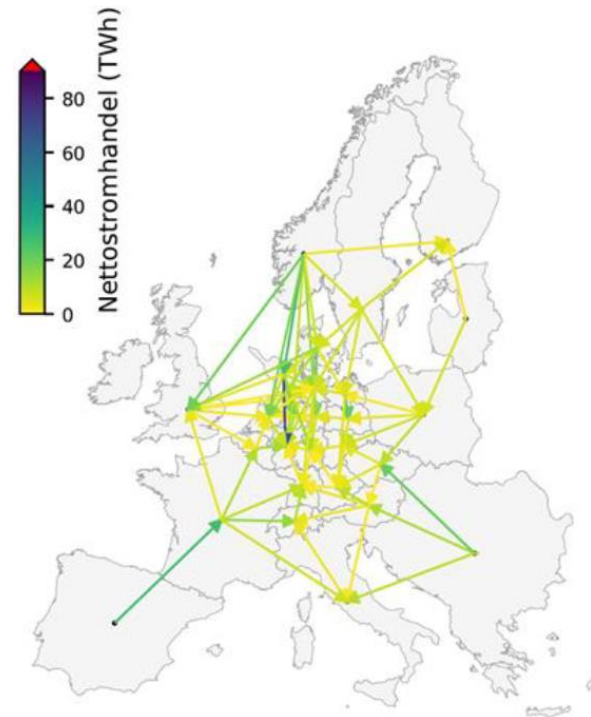


Welche Rolle(n) für Grundlastkraftwerke?

Nahe bis mittlere Zukunft (Horizont 2045) – Nettotransport Stromnetz



Referenz ohne Grundlastkraftwerke

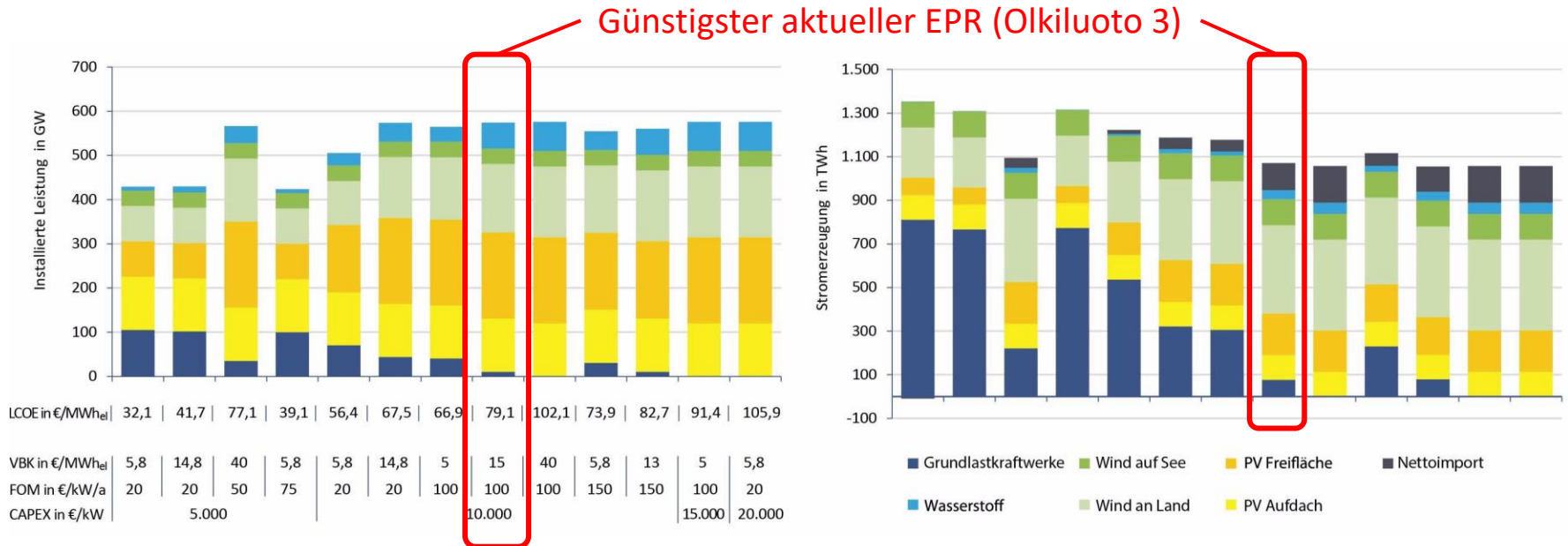


Welche Rolle(n) für Grundlastkraftwerke?

Fernere Zukunft über 2045 hinaus

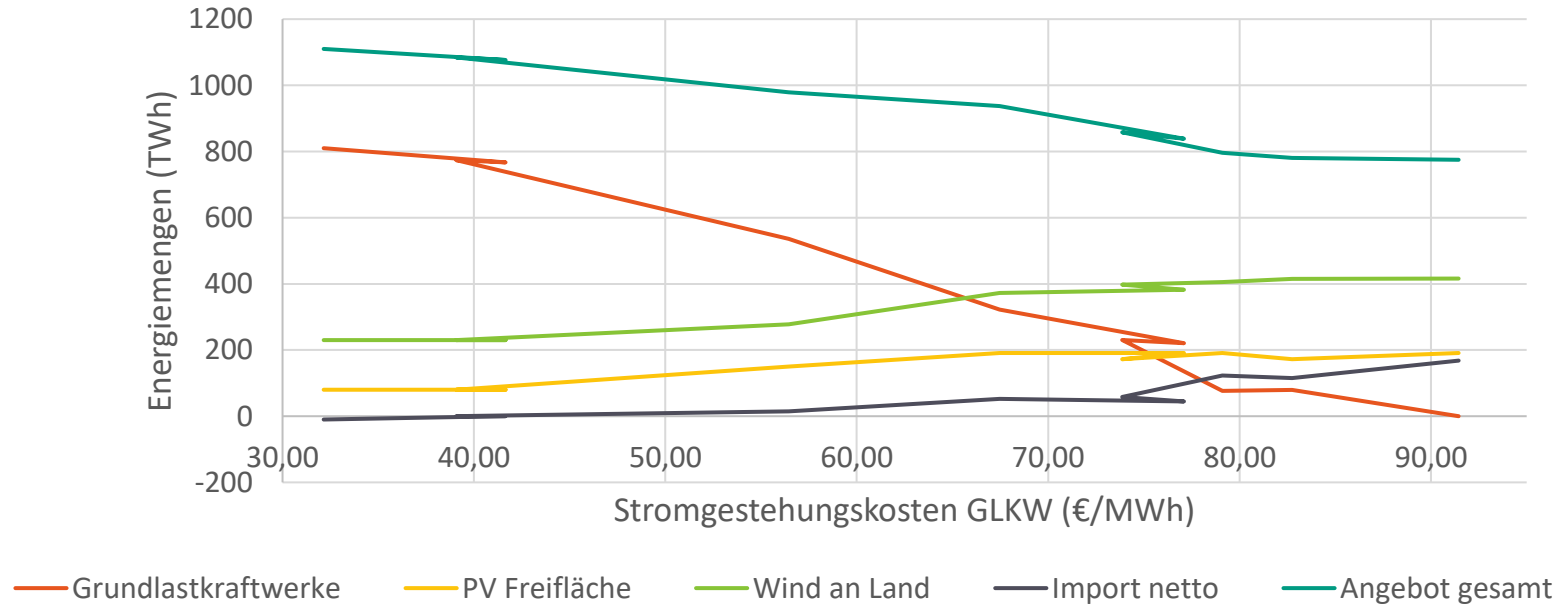
Zubau der Kraftwerke und Einsatz der Stromproduktion im Modell optimiert

(Parametervariation Deutschland in/nach 2045)



Systemischer Mehrwert

Grobe Abschätzung



Fazit

Eine sichere Energieversorgung ist ohne Grundlastkraftwerke möglich

- Solar- und Windenergie ausreichend als Energiequellen in Europa
- Ergänzung durch Speicher, Residuallastkraftwerke und flexibilisierten Verbrauch

Grundlastkraftwerke könnten trotzdem zur Energieversorgung beitragen

- Schlüssel zur Integration in PV/Wind-dominiertes System ist der Wasserstoffsektor
- zusätzliche Energiemengen könnten Importe reduzieren (Strom und Wasserstoff)
- Ausbau der Netze und Sektorkopplung kaum beeinflusst

Grundlastkraftwerke verändern die Gesamtkosten nicht substanziell

- Risiken für Kostensteigerungen und Verzögerungen tendenziell höher als bei EE-Ausbau

Offene Fragen für anschließende Arbeiten

- Vollständige Szenarien für Erdgas+CCS
 - Infrastruktur für Erdgas und CO₂
 - Andere potenzielle CCS Nutzer
 - Parametervariation der Kosten für Erdgas und Speicherung von CO₂
 - Fossiler Lock-in oder Übergangsmöglichkeiten?
- Parametervariation wesentlicher begrenzender Annahmen
 - PV auf Freiflächen sehr restriktiv gesetzt
 - Kosten für Batteriespeicher vom Marktgeschehen überholt
- Parametervariation und endogene Modellierung für Unsicherheiten bei der weiteren Entwicklung
 - Elektrolyseure
 - Industrieproduktion, Elastizität gegenüber Energiekosten
- Entwicklungen im Blick behalten und ggf. neu bewerten
 - Spind-Transmutex-Studie zu beschleunigergetriebenen unterkritischen Kernkraftwerken



acatech
Geschäftsstelle ESYS
Georgenstraße 25
10117 Berlin

Philipp Stöcker
stoecker@acatech.de



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



energiesysteme-zukunft.de
energiesysteme-zukunft.de/newsletter
twitter.com/Projekt_ESYS