

Modellbasierte Analyse der Auswirkung von Sektorkopplung auf die Marktwerte erneuerbarer Energien

Christiane Bernath

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI

11. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien

14.02.2019 Wien, Austria

Agenda

- Motivation und zentrale Fragestellung
- Methodik
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

Motivation und zentrale Fragestellung

- Klimaschutz erfordert Minderung Treibhausgasemissionen [1-3]
- Dekarbonisierung des Stromsektors durch Ausbau der erneuerbaren Energien (EE)
- langfristige Wettbewerbsfähigkeit der EE abhängig von Erlösen am Strommarkt
→ **Marktwert**
- Mit höheren Marktanteilen werden längerfristig die Verfügbarkeit von Flexibilitätsoptionen relevant [4,5]
- Sektorkopplung zur Bereitstellung von Flexibilität [6-8]

Wie wirkt sich eine Flexibilisierung des Stromsektors durch Sektorkopplung auf die Marktwerte erneuerbarer Energien in Deutschland aus?

- Analyse mit Energiesystemmodell *Enertile*

Agenda

- Motivation und zentrale Fragestellung
- **Methodik**
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



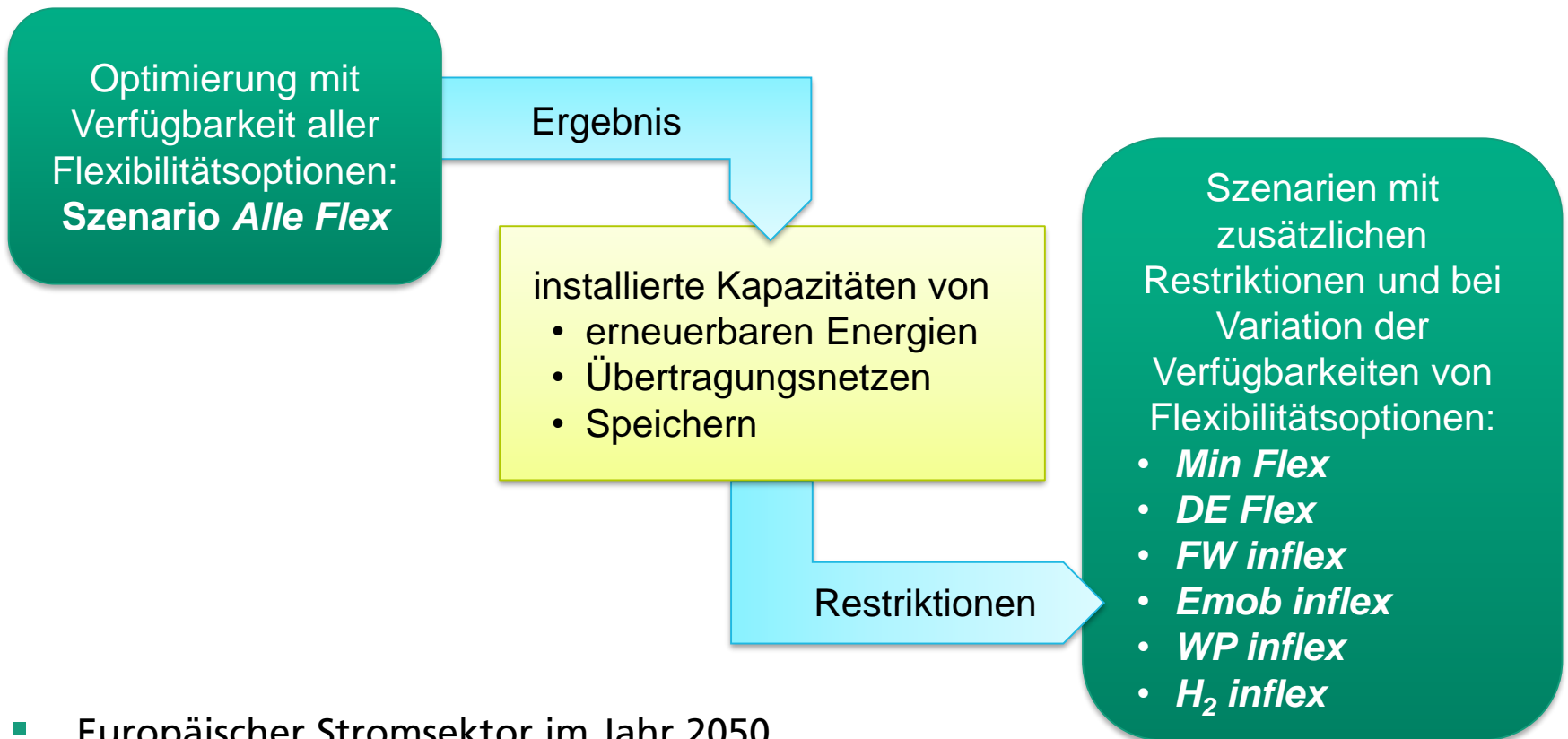
- Energiesystemmodell zur simultanen Optimierung von Ausbau und Einsatz von Erzeugung, Speicherung und Übertragung von Strom in Europa
- Zielfunktion:
Minimierung aller anfallenden Kosten
- Zentrale Nebenbedingung:
Angebot und Nachfrage müssen in jeder Stunde und Region ausgeglichen werden
- bei hohen Anteilen fluktuierender EE ist die zeitliche Auflösung von hoher Bedeutung → Enertile hat eine stündliche Auflösung
- Ausbau von Wind- und Solarenergie durch räumlich hoch aufgelöste Analyse technologiespezifischer Potentiale [9]
- Marktwerte der EE: Multiplikation der stündlichen Grenzkosten (Schattenpreise) der Stromnachfrage mit den stündlichen Einspeiseprofilen der EE [5]
- Sektorkopplung durch die Modellierung der Nachfragebereiche:
Fernwärmenetze, Elektromobilität, Wärmepumpen in Gebäuden und Wasserstoff

Methodik – Flexibilitätsoptionen

Analyse der Wirkung der einzelnen Sektorkopplungsoptionen auf Marktwerte der EE:
→ gezielte Variation zwischen flexibler und inflexibler Betriebsart

- **Fernwärmenetze** mit multivalenter Wärmeerzeugung
Verfügbarkeit strombasierte Wärmeerzeugung
- **Elektromobilität**
Verfügbarkeit von gesteuertem und optimiertem Laden
- **Wärmepumpen** in Gebäuden
Verfügbarkeit eines Wärmespeichers zur Lastverlagerung
- **Wasserstoff**
Verfügbarkeit von Gasturbinen zur Rückverstromung

Methodik – Szenarien und Vorgehen



- Europäischer Stromsektor im Jahr 2050
- hohe Dekarbonisierung: CO₂-Preis = 180 €/t
- EE-Anteil am Bruttostromverbrauch in Deutschland mind. 65%

Agenda

- Motivation und zentrale Fragestellung
- Methodik
- **Ergebnisse**
- Zusammenfassung

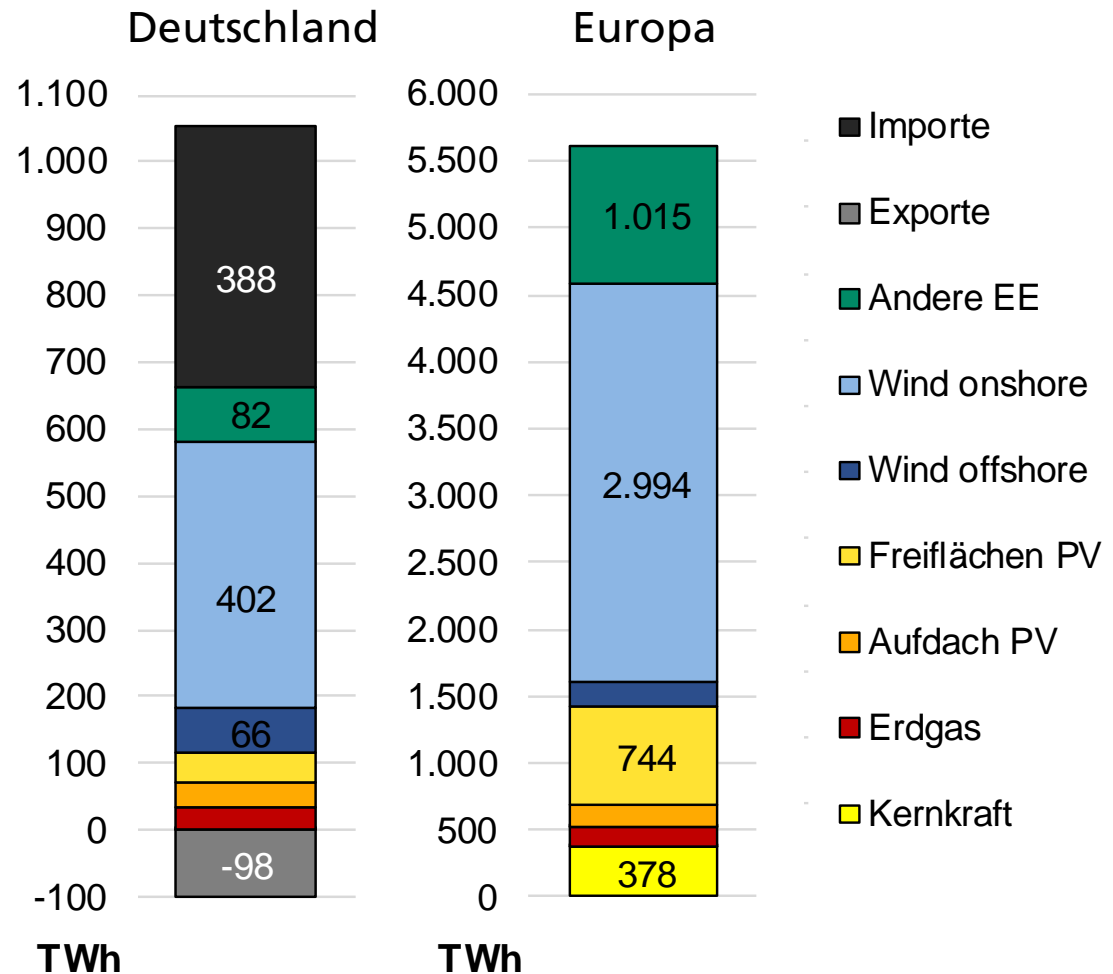
Ergebnisse – Stromerzeugung in Deutschland und Europa in 2050 im *Alle Flex* Szenario

Deutschland

- ca. die Hälfte aus Windenergie
- 40% Importe aus Nachbarländern
- etwas PV und Erdgas
- keine Kernkraft

Europa

- vorwiegend Windenergie
- viel PV
- etwas Kernkraft



Ergebnisse – Differenz der Stromerzeugung und installierten Leistung in Deutschland gegenüber dem *Alle Flex* Szenario

Min Flex, DE Flex, FW inflex

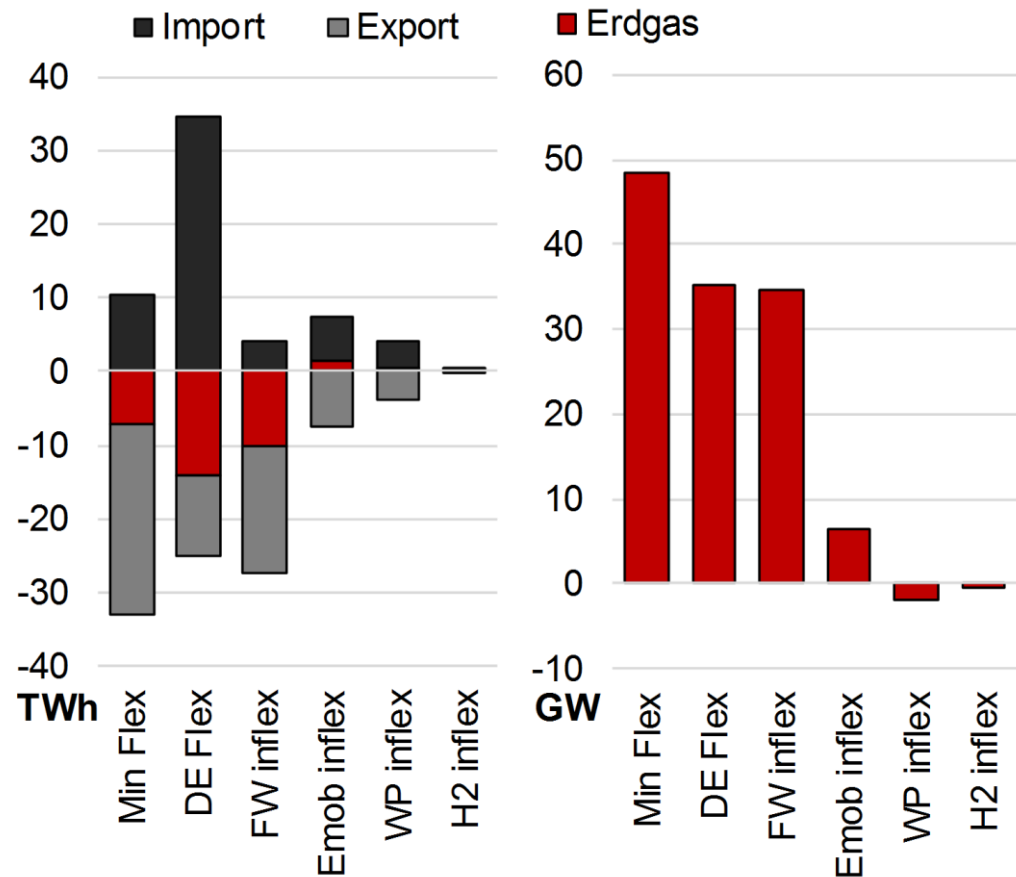
- höhere Leistung Erdgas
- stärkere Nutzung des Netzes
- *DE Flex* deutlich mehr Import

Emob / WP inflex

- nur wenig Veränderungen
- stärkere Nutzung des Netzes

H₂ inflex

- kaum Veränderung



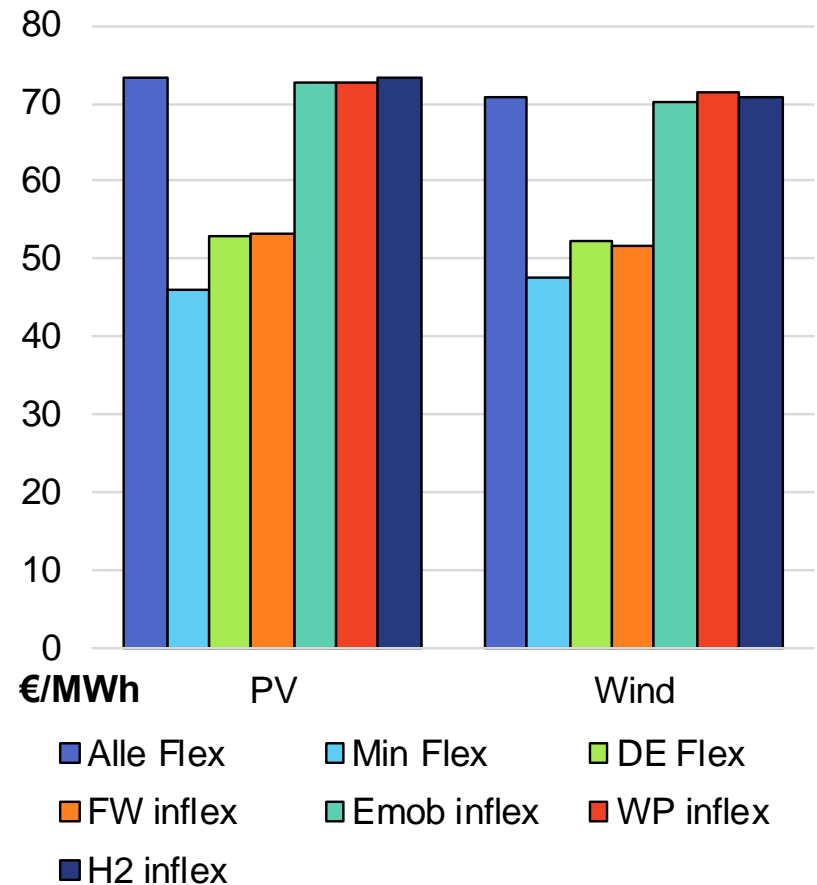
Es zeigt sich eine hohe Relevanz von Ausgleichsmöglichkeiten über das europäische Stromnetz

Ergebnisse – Marktwerte in Deutschland

- *Alle Flex* Szenario: höchste Marktwerte
- *Min Flex* Szenario: ohne Flexibilität durch Sektorkopplung größte Reduktion der Marktwerte

Flexibilität durch Sektorkopplung führt zu einer Erhöhung der Marktwerte

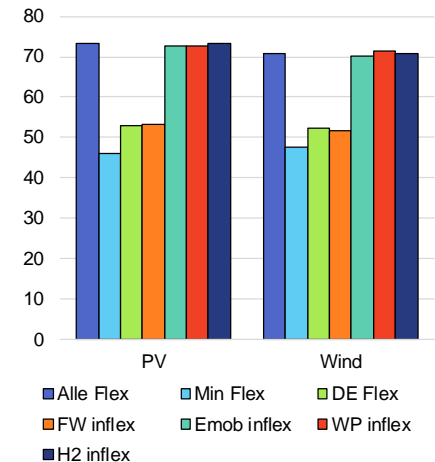
- *Emob / WP / H₂ inflex* Szenarien: kaum Veränderung zu erkennen
- *FW inflex* Szenario: ohne strombasierte Wärmeerzeugung deutliches Absinken der Marktwerte
- *DE Flex* Szenario: erhöhte Importe verringern Marktwerte der EE in Deutschland



Ergebnisse – Marktwerte in Deutschland: Vergleich der Flexibilitätsoptionen

- Fernwärmenetze
 - multivalente Erzeugungsstruktur ermöglicht zusätzliche Stromnachfrage bei einer hohen erneuerbaren Einspeisung
 - bei hoher Residuallast alternative Bereitstellung über fossile Wärmeerzeuger oder Wärmespeicher
 - strombasierte Wärmeerzeuger erlauben die Aufnahme von erneuerbarer Einspeisung über längere Zeiträume und für größere Mengen
- Flexibilitätsoptionen wie Elektromobilität/Wärmepumpen ermöglichen eine kürzere zeitliche Lastverschiebung

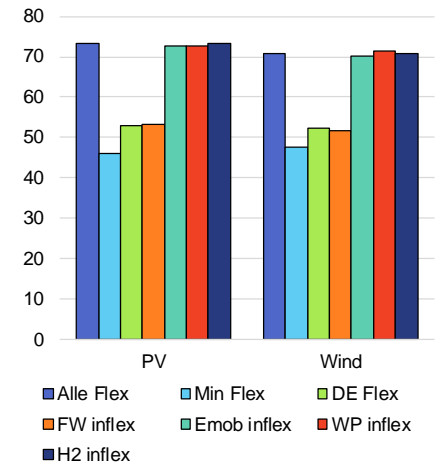
Die Möglichkeit zur Änderung der absoluten Stromnachfrage hat einen größeren Einfluss auf die Marktwerte erneuerbarer Energien als eine zeitliche Flexibilität



Ergebnisse – Marktwerte in Deutschland: „Insel-Flexibilität“

- ein stark flexibilisiertes deutsches Stromsystem in einem wenig flexibilisierten europäischen Stromsystem führt zu niedrigen Marktwerten in Deutschland
- hohe Importe von günstigem erneuerbarem Strom aus den Nachbarländern verringern den Marktwert der EE innerhalb Deutschlands
- eine wirkungsvolle Sektorkopplung, die sich auf ein einzelnes Land beschränkt, ist für eine effiziente Integration erneuerbarer Energien nicht ausreichend

Rein nationale Strategien zur Nutzung von Sektorkopplungsoptionen sind bei hohen Zielen der Dekarbonisierung wenig effizient



Agenda

- Motivation und zentrale Fragestellung
- Methodik
- Ergebnisse
- **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

- Insgesamt zeigt sich eine hohe Relevanz von Ausgleichsmöglichkeiten über das europäische Stromnetz
- Flexibilität durch Sektorkopplung führt zu einer Erhöhung der Marktwerte
- Die Möglichkeit zur Änderung der absoluten Stromnachfrage hat einen größeren Einfluss auf die Marktwerte erneuerbarer Energien als eine zeitliche Flexibilität
- Rein nationale Strategien zur Nutzung von Sektorkopplungsoptionen sind bei hohen Zielen der Dekarbonisierung wenig effizient

Ausblick

- für zukünftige Analysen andere Niveaus der Dekarbonisierung untersuchen
 - bei höherer Dekarbonisierung könnte die Bedeutung des Wasserstoffs durch Nutzung der Rückverstromung als Flexibilitätsoption zunehmen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Christiane Bernath

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Str. 48 76139 Karlsruhe

Telefon +49 721 6809-257

christiane.bernath@isi.fraunhofer.de

www.isi.fraunhofer.de

www.enertile.eu enertile 

Literatur

1. UNFCCC (2018) Katowice Climate Change Conference
2. UNFCCC (2015) Paris Agreement
3. Europäische Kommission (2011) A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brüssel
4. Winkler J, Gaio A, Pfluger B, Ragwitz M (2016) Impact of renewables on electricity markets – Do support schemes matter? Energy Policy 93:157–167. doi:10.1016/j.enpol.2016.02.049
5. Winkler J, Sensfuß F, Pudlik M (2015) Analyse ausgewählter Einflussfaktoren auf den Marktwert Erneuerbarer Energien. Leitstudie Strommarkt: Arbeitspaket 4, Karlsruhe
6. BDEW (2017) 10 Thesen zur Sektorkopplung. Positionspapier, Berlin
7. Wietschel M, Haendel M, Schubert G, Köppel W, Degünther C (2015) Kurz- und mittelfristige Sektorkopplungspotentiale. Kurzstudie, Karlsruhe
8. Gerhardt N, Hochloff P, Richts C, Müller T, Hilpert J, Antoni O, Schulz W (2014) Power-to-Heat zur Integration von ansonsten abgeregeltem Strom aus Erneuerbaren Energien. Handlungsvorschläge basierend auf einer Analyse von Potenzialen und energiewirtschaftlichen Effekten. Studie
9. Pfluger B, Tersteegen B, Franke B, Bernath C et al. (2017) Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Modul 2: Modelle und Modellverbund. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie