

Resilienz von Klimaschutzstrategien und ihre Implikationen für Klimaschutzszenarien

Dr. Larissa Doré | Wuppertal Institut

Dr. Danial Esmaeili Aliabadi | Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Dr. Bernhard Stoevesandt | Fraunhofer IWES

Christine Krüger | Wuppertal Institut

Hintergrund & Motivation



- Klimawandel hat Einfluss auf die Resilienz von Klimaschutzstrategien in allen Sektoren
- Berücksichtigung von Klimawandelfolgen notwendig für die Gestaltung eines resilienten, THG-neutralen Energiesystems → sind in Klimaschuttszenarien entsprechend abzubilden

- Wie beeinflusst Klimawandel die Resilienz von Klimaschutzstrategien?
- Welche Implikationen hat dies für die Gestaltung eines resilienten, THG-neutralen Energiesystems?
- Wo besteht Forschungsbedarf zur Verbesserung von Klimaschuttszenarien unter Klimawandel?

Themen für den Vortrag heute



Auswirkungen des Klimawandels
auf das Energiesystem
und
Forschungsbedarf zur
Verbesserung von
Klimaschutzszenarien



Verfügbarkeit von erneuerbaren
Energien zur Stromerzeugung
unter Klimawandel: Implikationen
für das deutsche Energiesystem



Exkurs:
Resilienz über Klimawandelfolgen
hinaus – Beispiel Offshore-
Windenergie

Themen für den Vortrag heute



Auswirkungen des Klimawandels
auf das Energiesystem
und
Forschungsbedarf zur
Verbesserung von
Klimaschutzszenarien



Verfügbarkeit von erneuerbaren
Energien zur Stromerzeugung
unter Klimawandel: Implikationen
für das deutsche Energiesystem



Exkurs:
Resilienz über Klimawandelfolgen
hinaus – Beispiel Offshore-
Windenergie

Veränderungen in der Erzeugung und Umwandlung von Energie durch Wettercharakteristika

Veränderungen im Energiesystem durch den Klimawandel

- Veränderte Windmuster
- Höhere Solarstrahlung
- Kühlwassermangel
- Hitze ändert Wirkungsgrade von energietechnischen Anlagen



Forschungsbedarfe für Klimaschutzszenarien

- Verfügbarkeit von Wetterdaten unter Klimawandel
- Abbildung von Temperaturabhängigkeiten
- Untersuchung von gleichzeitigen Extremen (Wirkung Hitze auf Nachfrage, Erzeugung und Netze; Windstille bei Hitze; ...)

Gefördert durch
**STIFTUNG
MERCATOR**

Physische Zerstörungen durch Hitze, Dürren, Extremniederschläge, Überschwemmungen, ...

Veränderungen im Energiesystem durch den Klimawandel

- Erosions- und Unterspülungsschäden an Straßen und Schienenwegen durch Starkregen und Hochwasser
- Beschädigung von Brücken und querenden Pipelines durch Hochwasser
- Zerstörung von Freileitungen, Masten und Windenergieanlagen durch Stürme
- Beschädigung von Solaranlagen durch Hagel
- ...

Forschungsbedarfe für Klimaschutzszenarien

- Systematische Analyse der potenziellen Schäden
- Systematische Analyse, welche Zerstörungen relevante Auswirkungen auf die Systemauslegung haben
- Bessere Abbildung von Verletzlichkeiten in Modellen

Gefördert durch
**STIFTUNG
MERCATOR**

Neue Anforderungen an die Szenariomethodik

Forschungsbedarfe für Klimaschutzszenarien

- Explizite Berücksichtigung des Klimawandels in Szenario-Storylines
- Verstärkte Modellierung von Unsicherheiten, um Klimawandeleffekte explizit in Energiesystemmodellen zu berücksichtigen
- Verwendung meteorologischer Datensätze aus Klimamodellen in Energiesystemmodellen
- Betrachtung von Zeiträumen nach 2045

Gefördert durch
STIFTUNG
MERCATOR

Themen für den Vortrag heute



Auswirkungen des Klimawandels
auf das Energiesystem
und
Forschungsbedarf zur
Verbesserung von
Klimaschutzszenarien



Verfügbarkeit von erneuerbaren
Energien zur Stromerzeugung
unter Klimawandel: Implikationen
für das deutsche Energiesystem



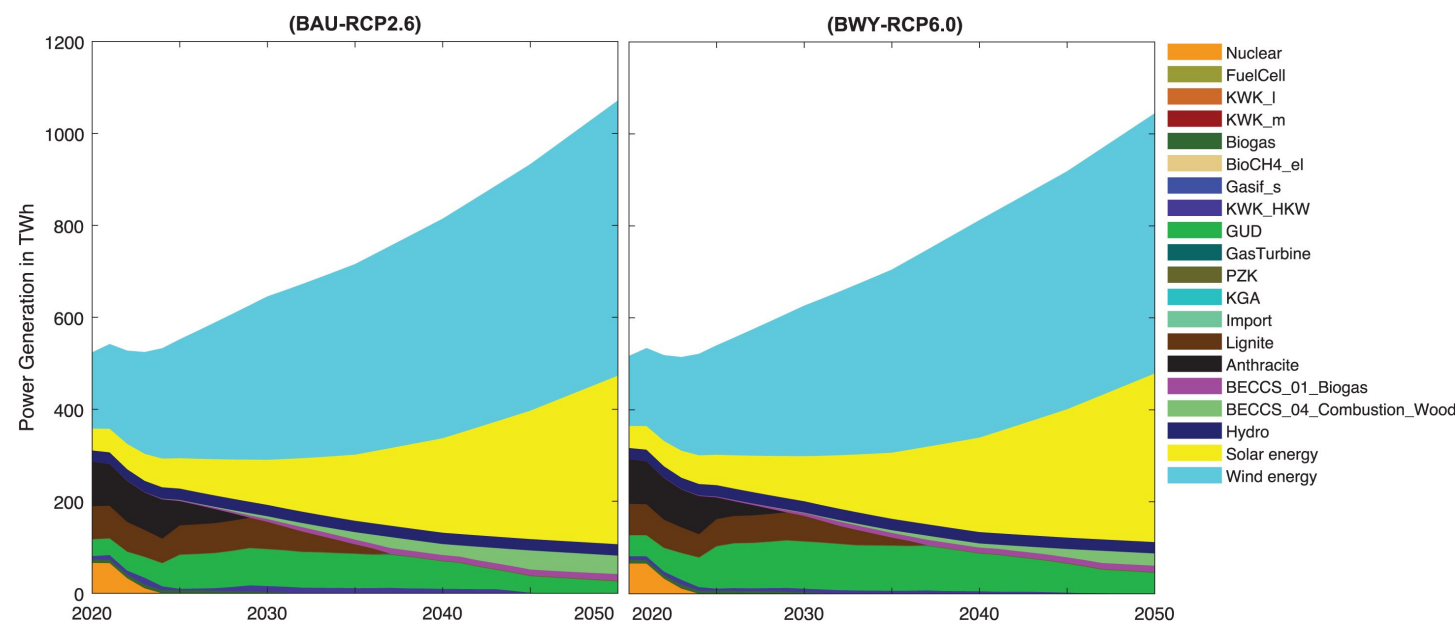
Exkurs:
Resilienz über Klimawandelfolgen
hinaus – Beispiel Offshore-
Windenergie

Verfügbarkeit von Onshore-Wind- und Bioenergie zur Stromerzeugung unter Klimawandel: Implikationen für das deutsche Energiesystem

Methodischer Ansatz zur Berücksichtigung von Klimawandel:

- Auswirkungen von Klimawandel auf den Ertrag von Energiepflanzen unter 2 Klimaszenarien (*RCP2.6* und *RCP6.0*)
- Auswirkungen unterschiedlicher Wetterszenarien für Onshore-Windenergie (*BAU* und *BWY*)

Ausgewählte Ergebnisse: Technologie-Mix im Stromsektor von 2020 bis 2050 unter zwei gegensätzlichen Szenarien



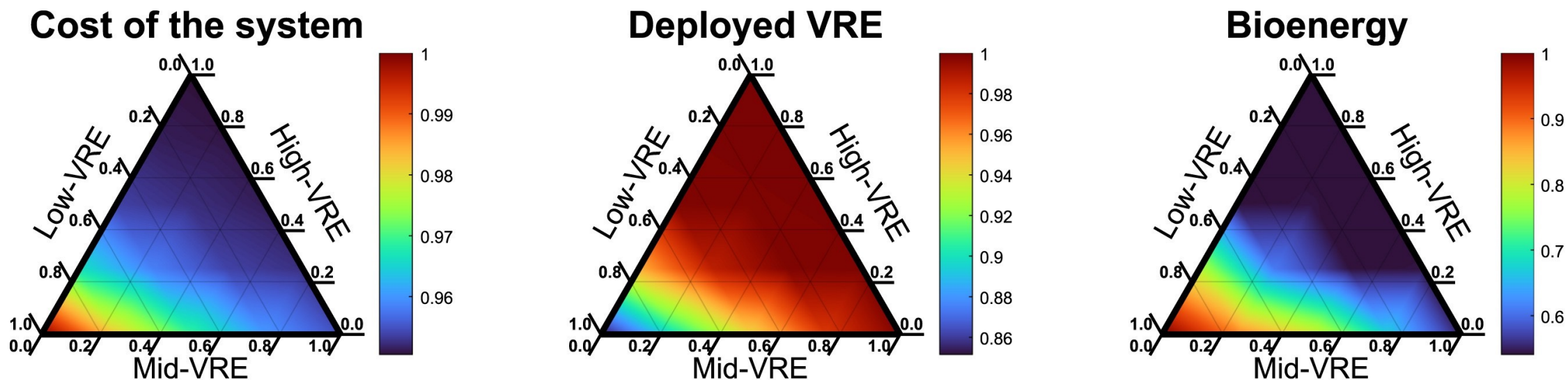
D. E. Aliabadi, et al. „Climate change may impair the transition to a fully renewable energy system: A German case study.“ *Energy* (2025): 138684.

Verfügbarkeit von Wind- und Solarenergie zur Stromerzeugung unter Klimawandel: Implikationen für das deutsche Energiesystem

Methodischer Ansatz zur Berücksichtigung von Klimawandel:

- Definition von 3 Clustern – *Low-VRE*, *Mid-VRE* und *High-VRE* – zur Repräsentation der Verfügbarkeit der VREs (fluktuierende erneuerbare Energien) Onshore-Wind, Offshore-Wind und Solar

Ausgewählte Ergebnisse: Kosten und Stromerzeugung durch VRE bzw. Bioenergie (gesamter Planungshorizont)



S. Gutjahr, D. Thrän, und D. E. Aliabadi. „Tango of renewables in the triangle of uncertainty: A German case study.“ *Advances in Applied Energy* (2026): 100281.

Themen für den Vortrag heute



Auswirkungen des Klimawandels
auf das Energiesystem
und
Forschungsbedarf zur
Verbesserung von
Klimaschutzszenarien



Verfügbarkeit von erneuerbaren
Energien zur Stromerzeugung
unter Klimawandel: Implikationen
für das deutsche Energiesystem



Exkurs:
Resilienz über Klimawandelfolgen
hinaus – Beispiel Offshore-
Windenergie

Resilienz über Klimawandelfolgen hinaus – Beispiel Offshore-Windenergie

Gefährdungsfaktoren

- Potenzielle Bedrohung aus Luft, über und unter Wasser & Cyberangriffe
- Verfügbarkeit von (kritischen) Rohstoffen

Verschärft durch die Herausforderungen bei Offshore Windenergie:

- Offshore Windparks sind da, wo niemand ist
- Jede Schifffahrt, jeder Flug ist teuer
- Personal Offshore wie auch zusätzliche Infrastruktur ist ebenfalls teuer
- Kapazitäten enorm: Jetzt fast 11 GW, Planung bisher 70 GW

→ Gesucht werden effektive, wenig kostenintensive Lösungen, die das große Gebiet überwachen und Gefahren abwehren können.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Larissa Doré | larissa.dore@wupperinst.org

Dr. Danial Esmaeili Aliabadi | danial.esmaeili@ufz.de

Dr. Bernhard Stoevesandt | bernhard.stoevesandt@iwes.fraunhofer.de

Christine Krüger | christine.krueger@wupperinst.org

Zum Projekt „ScenClimPact“
gefördert von der Stiftung Mercator



Zu den Papern, welche die Verfügbarkeit von
EE unter Klimawandel modellieren



Bilderverzeichnis

- **Folie 2:**
 - Händel, D. (2017): [Kaputtes Windrad bei Münchberg 20170304 DSC 7926](#). Wikimedia Commons, [CC BY 2.0](#).
 - PJeganathan (2016): [Forest fire in uttarkhashi JEG8058](#). Wikimedia Commons, [CC BY 4.0](#).
 - Kranz, R. (2026): [Niedrigwasser Mittelrhein 2026 – GMS Danimex 2 vor Kaub](#). Wikimedia Commons, [CC BY-SA 4.0](#).
- **Folie 9:**
 - D. E. Aliabadi, et al. „Climate change may impair the transition to a fully renewable energy system: A German case study.“ *Energy* (2025): 138684.
- **Folie 10:**
 - S. Gutjahr, D. Thrän, und D. E. Aliabadi. „Tango of renewables in the triangle of uncertainty: A German case study.“ *Advances in Applied Energy* (2026): 100281.