

Einfluss der Onshore-Windenergiepotenziale auf die Transformationsstrategie zur Treibhausgasneutralität in Deutschland

Themenbereich 2: Energieerzeugung/-infrastruktur und Netze
Rachel MAIER¹⁽¹⁾, Felix KULLMANN⁽¹⁾, Detlef STOLTEN^(1,2)

⁽¹⁾ Institut für Energie- und Klimaforschung: Techno-ökonomische Systemanalyse (IEK-3),
Forschungszentrum Jülich GmbH, D-52425 Jülich,

⁽²⁾ Lehrstuhl für Brennstoffzellen, RWTH Aachen University c/o Institut für Energie- und
Klimaforschung: Techno-ökonomische Systemanalyse (IEK-3), Forschungszentrum
Jülich GmbH, D-52425 Jülich

Motivation und zentrale Fragestellung

Die Stromerzeugung durch Onshore-Windenergieanlagen spielt, neben anderen erneuerbaren Energien, eine zentrale Rolle bei der Defossilisierung des deutschen Energiesystems bis 2045. Die Potenziale für den Ausbau von Windenergieanlagen sind jedoch stark abhängig von verfügbaren Flächen für den Ausbau und werden beeinflusst von Festlegungen, wie beispielsweise der Möglichkeit zum Bau in Wäldern oder den Minimalabständen zu Wohngebäuden. Folglich stellt sich die Frage, wie unterschiedliche Rahmenbedingungen in den Flächenrestriktionen für den Ausbau von Onshore-Windenergieanlagen sich auf die Defossilisierung des deutschen Energiesystems bis 2045 auswirken.

Methodische Vorgangsweise

Zur Analyse des Einflusses von Windpotenzialen auf die nationale Treibhausgasminderungsstrategie werden die Ergebnisse hochaufgelöster Potenzialanalysen mit dem bestehenden nationalen Energiesystemmodell FINE.NESTOR [1] gekoppelt. Die Flächenrestriktionen für die Szenarien werden der Veröffentlichung von Risch et al. [2] entnommen. In den Szenarien werden die Abstandsregeln und Ausschlüsse in der Landverfügbarkeitsanalyse variiert und die Sensitivität für den Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten und Wald untersucht.

- Szenario 1 (S1): Gesetzgebung der Bundesländer
- Szenario 2 (S2): Expansiv, bundesweite Ausschlüsse
- Szenario 2a (S2a): Sensitivität zu Szenario 2 mit Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten
- Szenario 2b (S2b): Sensitivität zu Szenario 2 mit Ausschluss von Wäldern
- Szenario 3 (S3): Restriktive Auslegung der Gesetzgebung bei bundesweiten Ausschlüssen

Im Rahmen der vorliegenden Analyse werden die Potenzialflächen aus Risch et al. [2] in bereits bebaute Bereiche durch Bestandsanlagen gemäß Marktstammdatenregister und potenziell ausbaubare Flächen unterteilt. Anschließend wird eine Anlagenplatzierung auf den potenziell ausbaubaren Flächen und eine Simulation aller Bestandsanlagen und potenziellen Anlagen mit Hilfe des open-source Tools RESKit [3] durchgeführt. Im nächsten Schritt der Analyse werden die Ergebnisse der Potenzialszenarien mit dem Energiesystemmodell FINE.NESTOR gekoppelt. Das Modell, welches am Institut für Techno-ökonomische Systemanalyse (IEK-3) des Forschungszentrums Jülich entwickelt wurde, bestimmt einen kostenoptimalen Transformationspfad des deutschen Energiesystems bis zum Ziel der angestrebten Treibhausgasneutralität in Deutschland im Jahr 2045 bei Berücksichtigung und Optimierung aller Sektoren. Mit Hilfe der Szenarien kann der Einfluss der Windpotenziale auf das Gesamtsystem bewertet werden.

¹ Jungautorin Rachel Maier, E-Mail-Adresse ra.maier@fz-juelich.de

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Potenzialszenarien für Flächenrestriktionen für Onshore-Windenergie resultieren in unterschiedlichen Ausbaupotenzialen und Einspeisezeitreihen. Die zusätzlich zu dem Bestand ausbaubaren Potenziale schwanken zwischen 75,6 GW für Szenario 3 „Restriktiv“ und 369,24 GW für das Szenario 2 „Expansiv“. Das Szenario S2a weist zusätzlich 255,8 GW aus, das Szenario 2b 211,9 GW und Szenario 1 350,1 GW. Abbildung 1 zeigt die aus FINE.NESTOR resultierenden kostenoptimalen Ausbaupfade für Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen in Deutschland für die Szenarien. Die optimale installierte Leistung von Onshore-Windenergieanlagen liegt im Jahr 2045 zwischen 127,1 GW (S3) und 279,5 GW (S1). Die fehlende Erzeugung durch Onshore-Windenergieanlagen wird bei den erneuerbaren Energien vorrangig durch Offshore-Windenergieanlagen kompensiert. Hier zeigt sich ein gegenläufiger Trend bei den installierten Leistungen zwischen 40,8 GW für Szenario S1 und 82,2 GW für Szenario 3. Die starke Beschränkung im restriktiven Szenario 3 führt außerdem zu einem signifikanten Anstieg der installierten Leistung der Dachflächen-Photovoltaik auf 190,0 GW, während die anderen Szenarien zwischen 151,6 GW (S2) und 164,0 GW (S2a) liegen. Weiterhin zeigt Abbildung 2 die Wasserstoff- und Batteriespeicherkapazitäten über diesen Transformationspfad. Ähnlich zu den installierten Leistungen von Offshore-Windenergieanlagen zeigt sich der Trend zu größeren Speichern bei sinkenden Onshore-Windenergiepotenzialen der Szenarien. Zusammenfassend zeigt sich ein starker Einfluss der Flächenrestriktionen für den Ausbau von Onshore-Windenergieanlagen auf den kostenoptimalen Transformationspfad des deutschen Energiesystems zur Klimaneutralität im Jahr 2045.

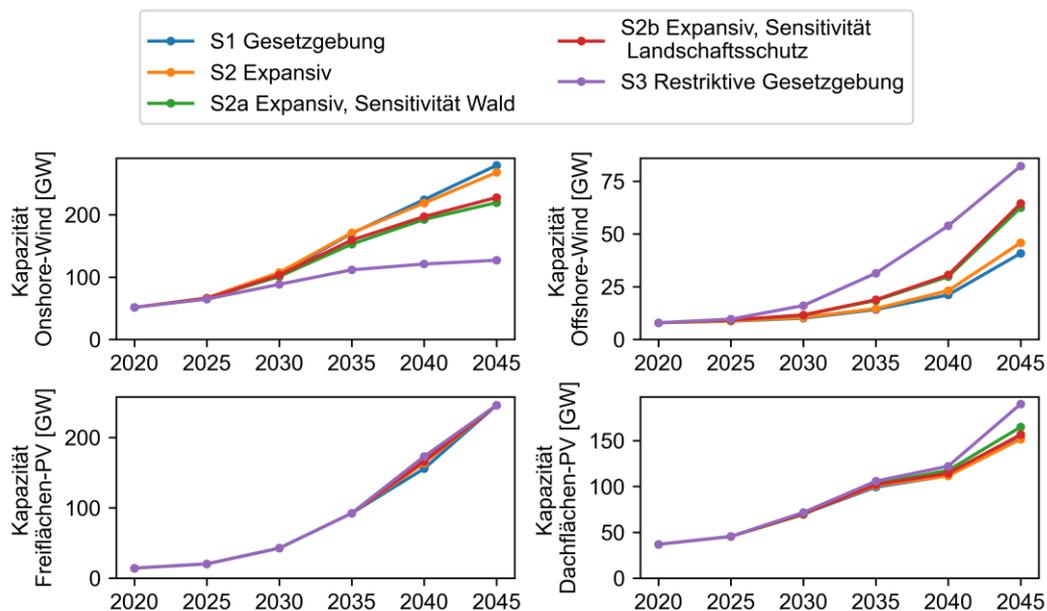


Abbildung 1: Ausbau der erneuerbaren Energien bei Variation der Landverfügbarkeitsszenarien für Onshore-Windenergiepotenziale in Deutschland (Vorläufige Ergebnisse)

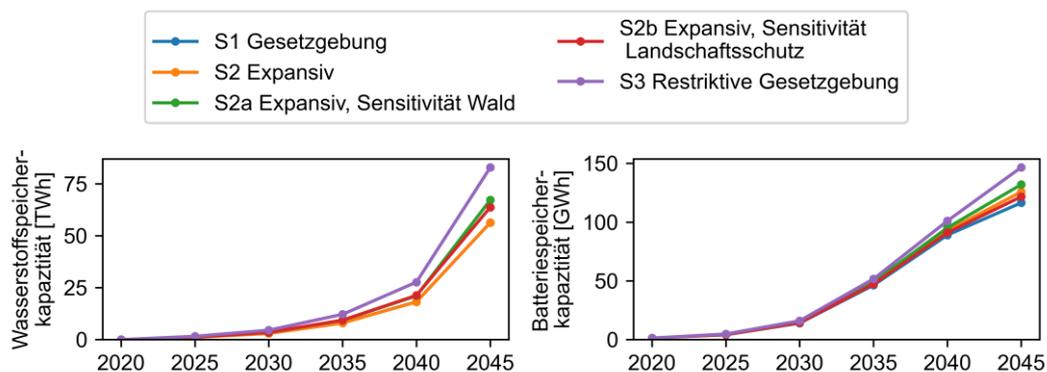


Abbildung 2: Wasserstoffspeicher- und Batteriespeicherkapazität bei Variation der Landverfügbarkeitsszenarien für Onshore-Windenergiepotenziale in Deutschland (Vorläufige Ergebnisse)

Literatur

- [1] Stolten, Detlef, Peter Markewitz, Thomas Schöb, Felix Kullmann, Stanley Risch, Theresa Groß, Maximilian Hoffmann, u. a. „Neue Ziele auf alten Wegen? Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045“. Schriften des Forschungszentrums Jülich - Energie & Umwelt / Energy & Environment. Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH, 2022.
- [2] Risch, Stanley, Rachel Maier, Junsong Du, Noah Pflugradt, Peter Stenzel, Leander Kotzur, und Detlef Stolten. „Potentials of Renewable Energy Sources in Germany and the Influence of Land Use Datasets“. *Energies* 15, Nr. 15 (30. Juli 2022): 5536. <https://doi.org/10.3390/en15155536>.
- [3] Ryberg, David Severin, Dilara Gulcin Caglayan, Sabrina Schmitt, Jochen Linßen, und Detlef Stolten. „The Future of European Onshore Wind Energy Potential: Detailed Distribution and Simulation of Advanced Turbine Designs“, 2018, 22.