

**This is the preprint of the contribution published as:**

**Lehmann, P.**, Ammermann, K., **Gawel, E.**, Geiger, C., Hauck, J., Heilmann, J., Meier, J.-N., Ponitka, J., Schicketanz, S., Stemmer, B., Tafarte, P., **Thrän, D.**, Wolfram, E. (2021):  
Expertinnen und Experten uneinig: Nach welchen Kriterien soll der Windenergieausbau in  
Deutschland räumlich verteilt werden? Experts disagree: Which criteria should guide the  
spatial allocation of wind power deployment in Germany?  
*Nat. Landschaft* **96** (5), 237 - 244

**The publisher's version is available at:**

<http://doi.org/10.17433/5.2021.50153907.237-244>

## **Expert:innen uneinig: Nach welchen Kriterien soll der Windenergieausbau in Deutschland verteilt werden?**

Paul Lehmann, Kathrin Ammermann, Erik Gawel, Charlotte Geiger, Jennifer Hauck, Jörg Heilmann, Jan-Niklas Meier, Jens Ponitka, Sven Schicketanz, Boris Stemmer, Philip Tafarte, Daniela Thrän, Elisabeth Wolfram

**Zusammenfassung:** Der Ausbau der Windenergie an Land verursacht räumliche Zielkonflikte, etwa zwischen der Minimierung von Stromsystemkosten, dem Anwohner:innen- und Naturschutz oder der Verteilungsgerechtigkeit. Wo in Deutschland in welchem Umfang zukünftig Windräder installiert werden sollten, um die Energiewendeziele zu erreichen, hängt daher maßgeblich davon ab, wie diese Kriterien gewichtet werden. Die vorliegende Studie verdeutlicht mit Hilfe eines Planspiels, dass es unter Expert:innen keine allgemein akzeptierte Rangfolge von Nachhaltigkeitskriterien für die räumliche Verteilung des Windenergieausbaus an Land gibt.

**Schlagwörter:** Energiewende; Planspiel; Windenergie; Zielkonflikte

### **Experts disagree: Which criteria should guide the spatial allocation of wind power deployment in Germany**

**Abstract:** The deployment of onshore wind energy involves spatial sustainability trade-offs, e.g., between the minimization of energy system costs, the mitigation of impacts on humans and biodiversity, and equity concerns. The weighting of these criteria is decisive to determine where wind turbines should be installed in the future to attain Germany's energy transition targets. The results of a game played with experts illustrate that there is no unanimously agreed ranking of sustainability criteria to guide the spatial allocation of onshore wind energy.

**Keywords:** Energy transition; game; trade-offs; wind power

## 1 Zielkonflikte beim Ausbau der Windenergie

Die Windenergie ist eine der tragenden Säulen für die Erreichung der deutschen Energiewendeziele (Agora Energiewende, 2013). Aktuell ist der Windenergieausbau an Land jedoch massiv eingebrochen (FA Wind, 2020). Im 1. Quartal 2020 gingen 107 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 348 Megawatt (MW) ans Netz. Die neu installierte Leistung lag damit um 60 % unter dem Durchschnittswert der Jahre 2014 bis 2018. Die Ursachen für diesen Einbruch sind vielfältig (FA Wind, 2019a). Zum Teil kann dies auf temporäre Sondereffekte der 2017 erfolgten Umstellung der Erneuerbaren-Förderung auf Ausschreibungen zurückgeführt werden. Langfristig bedeutsamer ist jedoch, dass immer weniger neue Anlagen genehmigt und viele bereits genehmigte Projekte beklagt werden. Zu den Hauptklagegründen zählen dabei der Arten- und Immissionsschutz (FA Wind, 2019b). Grundsätzlich können manche dieser Hemmnisse durch Weiterentwicklungen z. B. im Arten- und Immissionsschutzrecht reduziert werden (DNR et al., 2020).

Gleichzeitig offenbart die aktuelle Krise der Windenergie an Land aber auch grundsätzliche Herausforderungen, die beim Ausbau auftreten, weil auf diverse gesellschaftlich relevante Kriterien Rücksicht zu nehmen ist. Typischerweise können diese bei der Standortwahl für neue Anlagen, auch aufgrund sehr unterschiedlicher Standortbedingungen, nicht alle gleichermaßen berücksichtigt werden. Der Ausbau der Windenergie verursacht dadurch räumliche Zielkonflikte. So steht ein Ausbau, der zur Minimierung der Stromgestehungskosten primär an den windhöufigsten Standorten erfolgen sollte, nicht notwendigerweise in Einklang mit räumlichen Erfordernissen der Systemdienlichkeit (z. B. Lastnähe, Berücksichtigung von regionalen Netzengpässen und Speichermöglichkeiten) (Agora Energiewende, 2013; Bucksteeg, 2019; Drechsler et al., 2017). Räumliche Zielkonflikte treten auch auf, wenn gleichzeitig Auswirkungen auf Mensch und Natur reduziert (Drechsler et al., 2011; Eichhorn et al., 2019; Eichhorn et al., 2017; Gauglitz et al., 2019) oder Gerechtigkeitsaspekte berücksichtigt werden sollen (BMWi, 2017; Drechsler et al., 2017).

Welche Standorte als geeignet für die Errichtung von Windenergieanlagen erscheinen, hängt stark davon ab, welche Kriterien berücksichtigt und wie sie gewichtet werden. Um den erfolgreichen Ausbau der Windenergie zu ermöglichen, ist es daher zunächst notwendig, sich über die Wichtigkeit der verschiedenen Kriterien zu verständigen. Vor diesem Hintergrund untersucht dieser Beitrag die Frage, ob und inwieweit es unter Expert:innen eine allgemein akzeptierte Rangfolge der Kriterien gibt, die für die räumliche Verteilung des Windenergieausbaus auf Bundesebene maßgeblich sein sollten. Gefragt wird dabei auch, wie sich Effizienzargumente (Optimierung der Kosten und Nutzen für Deutschland insgesamt) zu Gerechtigkeitsargumenten (regionale Verteilung der Kosten und Nutzen) verhalten.

## 2 Planspiel mit Expert:innen

Um diese Fragen zu beantworten, wurde ein Planspiel mit 27 Expert:innen aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Verbänden und Wissenschaft durchgeführt. In fünf gemischten Arbeitsgruppen entschieden die Expert:innen darüber, wie der notwendige Ausbau der Windenergie an Land (in Gigawatt (GW) installierter Leistung) aus ihrer Sicht idealerweise auf die deutschen Bundesländer verteilt werden sollte (siehe Abb. 1 und ausführlich in Lehmann (2020), Stadtstaaten wurden jeweils den benachbarten Flächenländern zugerechnet). Die Verteilung erfolgte dabei auf Basis eines Grüne-Wiese-Ansatzes, also unter der Annahme, dass noch keine Windenergieanlagen installiert seien. Mit ihrer Entscheidung mussten die Gruppen gewährleisten, dass insgesamt 200 Terrawattstunden (TWh) Strom durch Windenergieanlagen an Land pro Jahr erzeugt werden. Dies entspricht etwa der Stromerzeugung aus Windenergie an Land, die in Deutschland im Jahr 2030 notwendig ist, um die Energiewendeziele zu erreichen (Agora Energiewende, 2013).

Bei der räumlichen Verteilung der zu installierenden Leistung mussten die Gruppen das Leistungspotenzial des jeweiligen Bundeslandes – also die aufgrund naturräumlicher und (naturschutz)rechtlicher Restriktionen maximal installierbare Leistung – berücksichtigen (vgl. Abb. 1) Darüber hinaus sollten die Gruppen vier Kriterien bei der Verteilung beachten:

- Windertrag: gemessen als durchschnittliche Volllaststunden je Bundesland für den Betrieb eines Windrads und Indikator für die Stromgestehungskosten der räumlichen Verteilung
- Lastnähe: gemessen als Stromnachfrage der Bundesländer und Indikator für die Systemdienlichkeit der räumlichen Verteilung
- Natur- und Landschaftsverträglichkeit: gemessen als Aufteilung der Potenzialflächen der einzelnen Bundesländer nach ökologischen Konfliktrisiken (vgl. Gauglitz et al., 2019)
- Räumliche Verteilungsgerechtigkeit: ohne konkrete Vorgabe

Ein solches Planspiel hat dabei diverse Vorteile gegenüber einfachen Befragungen, die direkt nach der Wichtigkeit verschiedener Kriterien für die Energiewende fragen (vgl. etwa Joas et al., 2016). Die konkrete Entscheidungssituation eines Planspiels macht die Komplexität des Entscheidungsproblems sowie die damit verbundenen Zielkonflikte zwischen den verschiedenen Kriterien für die Expert:innen greifbarer. Zudem fördert der Austausch zwischen den Expert:innen gegenseitiges Lernen und individuelle Reflexion (Bots and van Daalen, 2007).

## Räumliche Verteilung des Ausbaus der Windenergie an Land bis 2030 – Nachhaltigkeitskonflikte und -synergien

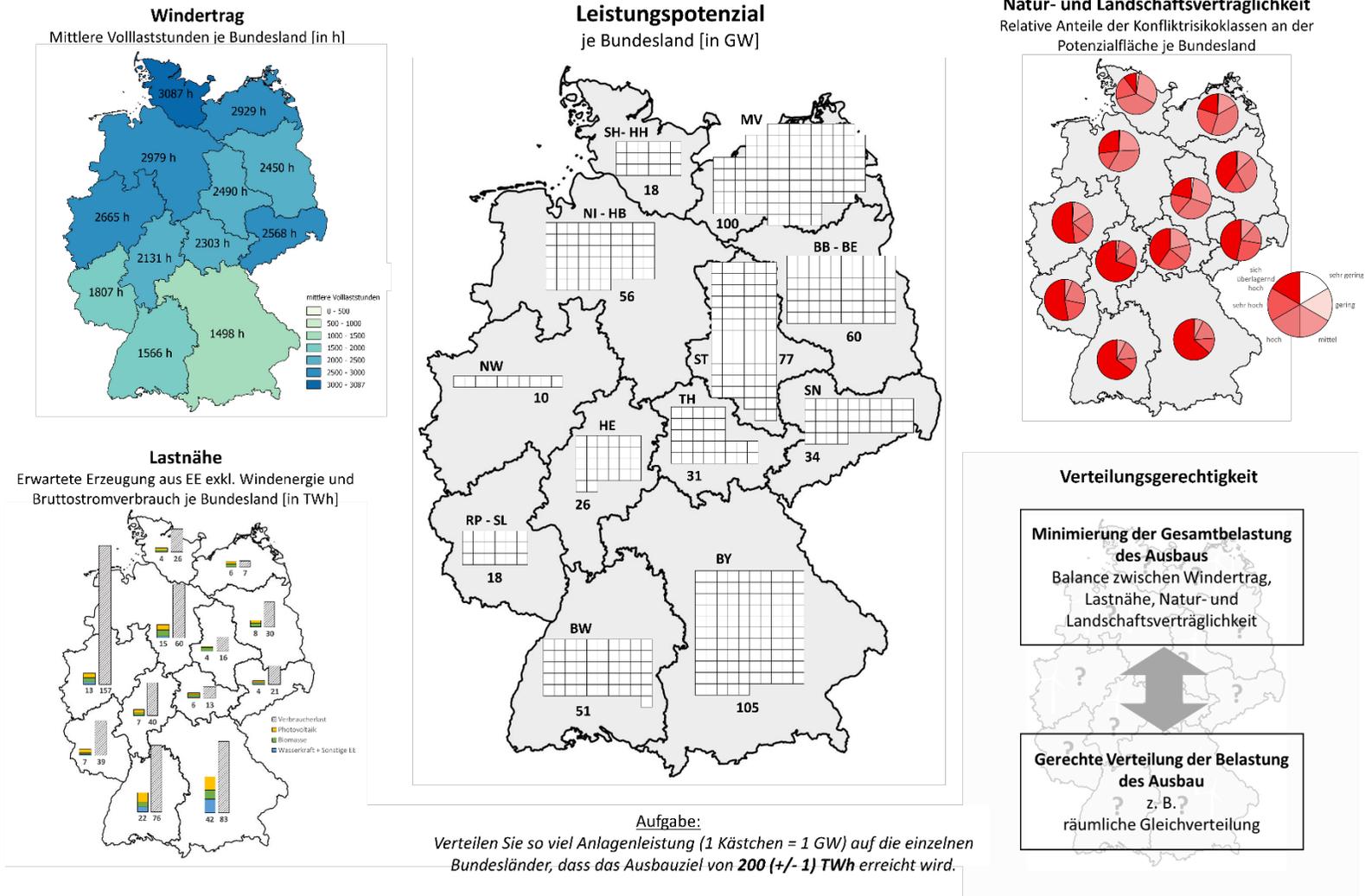


Abbildung 1: Vorgaben und Informationen für das Planspiel zur räumlichen Verteilung der Windenergie an Land in Deutschland (Quelle: Lehmann et al. (2020))

### 3 Dissens über die „richtige“ Kriterien-Rangfolge

Die Ergebnisse des Planspiels (vgl. Abb. 2) offenbarten zunächst gewisse Gemeinsamkeiten zwischen den Entscheidungen der Gruppen. Alle Gruppen wiesen allen Bundesländern einen Ausbau von mindestens 3 GW zu. Der größte Zubau erfolgte immer in Niedersachsen/Bremen. Mit Ausnahme von Gruppe vier wiesen die von den Gruppen gewählten räumlichen Verteilungen zudem alle ein leichtes Nord-Süd-Gefälle auf.

Jenseits dieser Gemeinsamkeiten gab es jedoch wichtige Unterschiede zwischen den Gruppen. So variierte die zugeteilte installierte Leistung je Bundesland zwischen den Gruppen um 2 bis 7 GW (zur Orientierung: schon 2 GW entsprechen ca. 500 bis 600 Windenergieanlagen). Für Schleswig-Holstein/Hamburg und Nordrhein-Westfalen betrug diese Variation immerhin 30% des Leistungspotenzials.

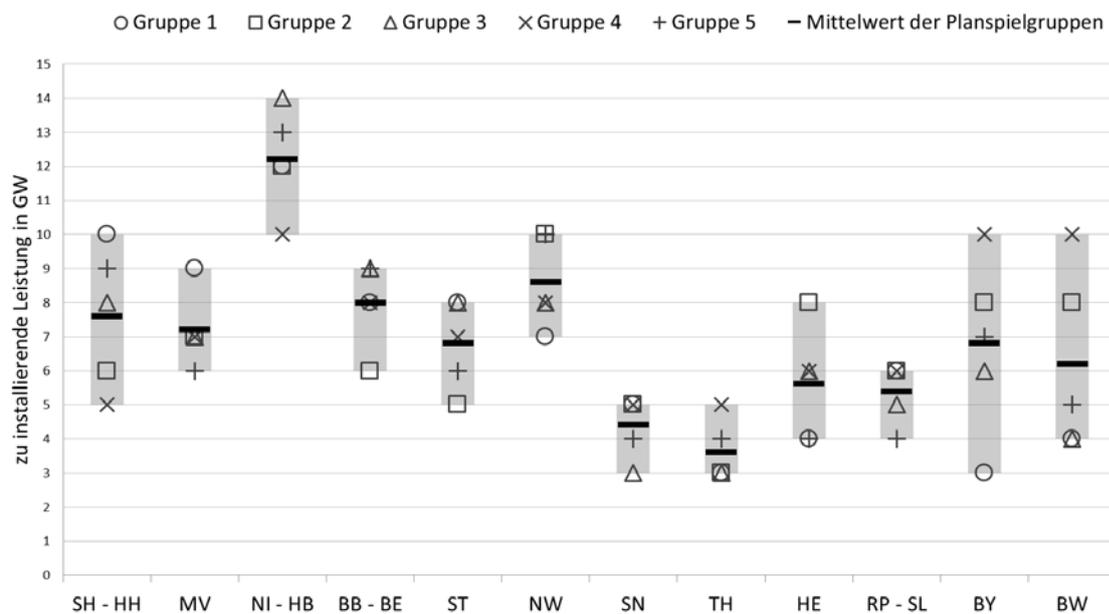


Abbildung 2: Durch die Gruppen gewählte Verteilung des Windenergieausbaus auf die Bundesländer (in GW, graue Balken illustrieren die Spannweite der gewählten Verteilungen je Bundesland)

#### 3.1 Grundkonflikt Windertrag vs. Lastnähe

Eine wichtige Erklärung für die Unterschiede in der räumlichen Verteilung des Windenergieausbaus war, dass die Gruppen insbesondere die Kriterien Windertrag und Lastnähe unterschiedlich gewichteten (vgl. Tab. 1). Beide Kriterien weisen unterschiedliche räumliche Muster auf (vgl. Abb. 1). Den Gruppen 1, 3 und 5 war insbesondere ein optimaler Windertrag wichtig. Entsprechend wählten sie einen höheren Zubau in den windreichen nördlichen Bundesländern. Mutmaßlich ging es diesen Gruppen darum, das Ausbauziel von 200 TWh mit möglichst wenigen Anlagen – und dadurch auch zu

den geringsten Stromgestehungskosten – zu erreichen. Das gelang auch: Gruppe 1 benötigte mit 79 GW von allen Gruppen die geringste installierte Leistung, um das Ausbauziel zu erreichen.

Im Gegensatz dazu legten die Gruppen 2 und 4 einen höheren Wert auf Lastnähe. Entsprechend verteilten diese Gruppen mehr Leistung in den westlichen und südlichen Bundesländern, welche aufgrund größerer Bevölkerungs- und Industriedichten einen höheren Strombedarf haben. Das bedeutete jedoch auch, dass diese Gruppen insgesamt mehr Leistung installieren mussten, um das 200 TWh-Ziel zu erreichen (Gruppe 4 mit dem Höchstwert von 87 GW). Hinter diesem Ansatz stand das Ziel, den Ausbau der Windenergie systemdienlicher zu gestalten, etwa um Netzausbaukosten zu senken. Zudem wurde ein lastnaher Ausbau von diesen Gruppen oft als gerechter erachtet (siehe Kap. 3.3).

Interessanterweise korrespondiert diese Uneinigkeit zwischen den Gruppen auch mit der aktuellen Studienlage zur optimalen räumlichen Verteilung des Windenergieausbaus in Deutschland. Bisherige Studien beantworten die Frage durchaus unterschiedlich, ob ein lastnaher oder ein ertragsoptimierter Ausbau die gesamten Stromsystemkosten der Windenergienutzung zu minimieren vermag (Agora Energiewende, 2013; Bucksteeg, 2019; Drechsler et al., 2017).

Priorität	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windertrag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lastnähe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lastnähe</li> <li>• Verteilungsgerechtigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lastnähe</li> <li>• Netzausbau</li> <li>• Verteilungsgerechtigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlagenbestand</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lastnähe</li> <li>• Natur- und Landschaftsverträglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windertrag</li> <li>• Leistungspotenzial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natur- und Landschaftsverträglichkeit</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windertrag</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verteilungsgerechtigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natur- und Landschaftsverträglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windertrag</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natur- und Landschaftsverträglichkeit</li> </ul>
4					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzausbau</li> </ul>
5					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verteilungsgerechtigkeit</li> </ul>

*Tabelle 1: Von den Gruppen selbst berichtete Rangfolge der Kriterien (Gruppe 4 und 5 erwähnten als zusätzliche Kriterien außerdem den aktuellen Anlagenbestand und Netzausbau).*

### 3.2 Berücksichtigung von Natur- und Landschaftsverträglichkeit

Das Kriterium der Natur- und Landschaftsverträglichkeit spielte für die Verteilungsentscheidungen der Gruppen im Rahmen des Planspiels eine weniger wichtige Rolle. Diese Beobachtung bedeutet jedoch nicht, dass die Gruppen diesem Kriterium generell keine Bedeutung beimaßen. So argumentierte Gruppe 2, dass Natur- und Landschaftsschutz bereits bei der Ermittlung des Leistungspotenzials ausreichend berücksichtigt worden wären, etwa durch den Ausschluss naturschutzrechtlich geschützter Flächen. Gruppe 4 ignorierte das Kriterium, weil sie der Ansicht war, dass Natur- und Landschaftsverträglichkeit durch einen auf Ebene der Bundesländer aggregierten Indikator nur unzureichend bestimmt werden könne. Vielmehr sei die Varianz des Indikators auch kleinräumig innerhalb der Bundesländer sehr hoch. Dieses Kriterium könne daher sinnvollerweise nur bei der Auswahl konkreter Standorte Berücksichtigung finden, nicht jedoch bei der Verteilung von Ausbaumengen auf Bundesländer. Außerdem bestand eine starke räumliche Korrelation zwischen den Kriterien Windertrag sowie Natur- und Landschaftsverträglichkeit (vgl. Abb. 1). Gruppen, die dem Windertrag den Vorrang gaben, erzielten daher im Planspiel gleichzeitig auch hohe Synergien mit dem Kriterium der Natur- und Landschaftsverträglichkeit.

### 3.3 Unterschiedliche Verständnisse von räumlicher Gerechtigkeit

Alle Gruppen waren explizit aufgefordert, bei der räumlichen Verteilung des Windenergieausbaus auch Gerechtigkeitsaspekte mitzudenken. Was genau unter einer gerechten räumlichen Verteilung des Windenergieausbaus zu verstehen sei, sollte jede Gruppe für sich selbst definieren. Im Rahmen des Planspiels wurde der Fokus dabei auf die gerechte Verteilung der lokalen Lasten (z. B. lokale Beeinträchtigung von Mensch und Natur durch den Bau von Windkraftlagen) gelegt. In ähnlicher Weise hätte man jedoch auch über die gerechte Verteilung lokaler Nutzen (z. B. regionale Wertschöpfung) diskutieren können. Die Diskussion der Verteilungsgerechtigkeit beruhte auf der Grundannahme, dass die räumliche Verteilung des Anlagenbaus eng verbunden ist mit der räumlichen Verteilung der lokalen Lasten. Diese Annahme war freilich eine Vereinfachung, weil die tatsächlichen lokalen Lasten immer auch abhängig sind von den naturräumlichen und siedlungsstrukturellen Gegebenheiten vor Ort sowie den Präferenzen und Wahrnehmungen der Anwohner:innen. Insgesamt wurde im Planspiel deutlich, dass für alle Gruppen Erwägungen räumlicher Gerechtigkeit eine Rolle spielten. Jedoch verwendeten die Gruppen dabei unterschiedliche Gerechtigkeitskonzepte, teilweise auch mehrere parallel.

Ein gerechtigkeitsorientierter Ansatz bestand darin, den Windenergieausbau proportional zum Leistungspotenzial der Bundesländer – also proportional zur Flächenverfügbarkeit – zu verteilen. Diesem Ansatz folgten die Gruppen 2 und 3. Ähnlich wurde auch in den Studien von BMWi (2017) und Drechsler et al. (2017) vorgegangen. Flächenverfügbarkeit kann dabei als Indikator für die Fähigkeit eines Bundeslandes verstanden werden, die lokalen Lasten des Windenergieausbaus zu tragen. Je

mehr Potenzialflächen verfügbar sind, desto leichter fällt es, Standorte für Windräder mit verhältnismäßig geringen Beeinträchtigungen für Mensch und Natur zu identifizieren. Im Ansatz entspricht dieses Vorgehen dem Prinzip der Verteilungsgerechtigkeit, wie sie etwa auch als Leistungsfähigkeitsprinzip in der Steuerpolitik angewendet wird (z. B. bei der progressiven Einkommenssteuer).

Ein alternatives Gerechtigkeitsverständnis lag dem Ansatz zugrunde, den Windenergieausbau entsprechend der Lastnähe – und damit proportional zur Stromnachfrage – räumlich zu verteilen. Dieser Ansatz wurde ebenfalls in den Gruppen 2 und 3 angewendet. Die Idee bestand dabei darin, die lokalen Lasten des Windenergieausbaus proportional zum lokalen Nutzen in Form gedeckter Stromnachfrage zu verteilen. Lokale Lasten wurden damit also als gerechte Gegenleistung für den Bezug von (erneuerbarem) Strom verstanden. Dieser Ansatz ähnelt stark der Idee der Tauschgerechtigkeit, die wiederum etwa als Äquivalenzprinzip in der Steuerpolitik Anwendung findet (z. B. bei Abfall- oder Straßennutzungsgebühren).

Darüber hinaus waren einige Gruppen bemüht, die installierte Leistung in absoluten Zahlen zwischen den Bundesländern anzugleichen. Gruppe 4 etwa startete in die Diskussion mit einer absoluten Gleichverteilung von 5 GW je Bundesland. Die Gruppen 1, 3 und 5 waren zumindest bestrebt, jedem Bundesland ein Minimum an Leistung zuzuweisen. So mag sich erklären, dass letztlich in allen Bundesländern mindestens 3 GW Leistung installiert wurden. Dieses Vorgehen kann einerseits dem Ansatz der Verteilungsgerechtigkeit folgen – wenn man annimmt, dass eine gewisse Flächenverfügbarkeit für den Windenergieausbau in jedem Bundesland gegeben ist. Andererseits kann es auf Überlegungen der Tauschgerechtigkeit beruhen – wenn man davon ausgeht, dass in jedem Bundesland ein gewisser Strombedarf vorhanden ist.

#### **4 Vergleich mit aktuellen Ausbauständen und -zielen der Bundesländer**

Interessant ist der Vergleich der Gruppenergebnisse mit den tatsächlichen Ausbauständen der Windenergie an Land in den Bundesländern sowie den Ausbauzielen für das Jahr 2030, welche die Bundesländer für die Erstellung des Netzentwicklungsplans gemeldet haben. Die Gruppenergebnisse lagen für alle Bundesländer im Mittel über dem aktuellen Ausbaustand. Das überrascht nicht, da im Planspiel zur Erreichung des vorgegebenen Ausbauziels von 200 TWh insgesamt mehr Leistung installiert werden musste (79 bis 87 GW) als im Jahr 2019 tatsächlich installiert war (54 GW) (BWE, 2020). Bemerkenswert ist, dass die durch die Gruppen vorgenommene Verteilung durchaus eine gewisse räumliche Korrelation zum aktuellem Ausbaustand und den Ausbauzielen der Bundesländer aufweist. In allen Fällen wird in den nord- und ostdeutschen Bundesländern durchschnittlich mehr ausgebaut als im Süden Deutschlands. Es gibt also keinen fundamentalen Widerspruch zwischen den

Planspielergebnissen und den tatsächlichen Ausbauständen und -zielen. Die von den Gruppen vorgenommene räumliche Verteilung erscheint jedoch räumlich gleichmäßiger.

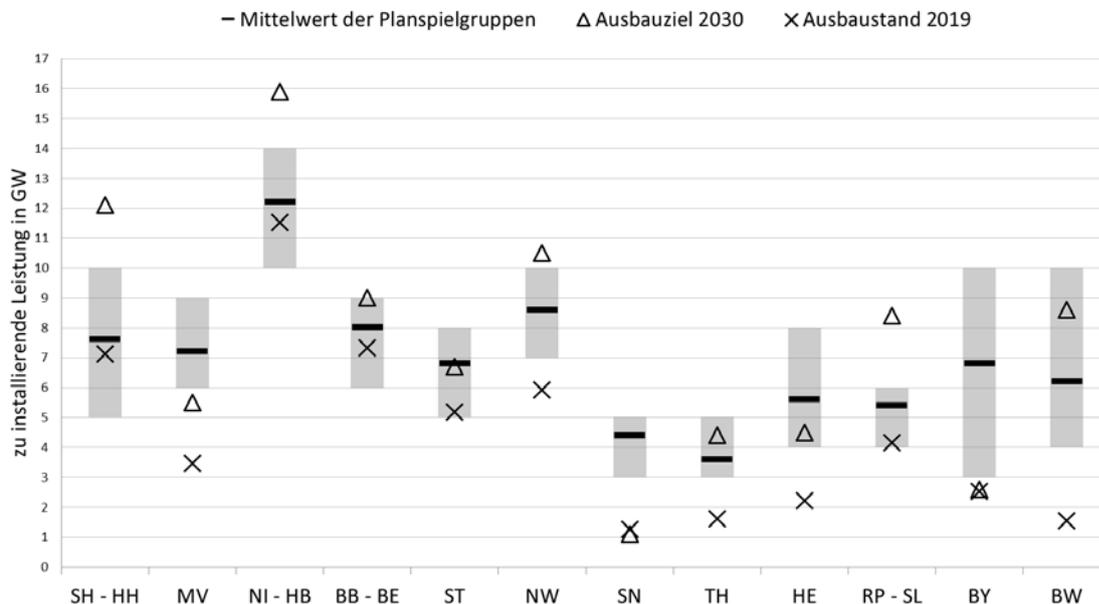


Abbildung 3: Vergleich der Gruppenergebnisse (Mittelwert und Spannweite) mit den Ausbauständen Ende 2019 (BWE, 2020) und Ausbauzielen der Bundesländer lt. Netzentwicklungsplan 2030 (ÜNB, 2018)

Es werden jedoch auch Unterschiede deutlich, wenn die Planspielergebnisse mit den für den Netzentwicklungsplan gemeldeten Zielen der Bundesländer für 2030 verglichen werden (die lt. Netzentwicklungsplan 2030 bundesweit insgesamt zu installierende Leistung liegt dabei mit 89 GW leicht über der im Planspiel installierten Leistung). Für Sachsen, Bayern und Mecklenburg-Vorpommern liegen die Planspielergebnisse deutlich sowohl über dem Ausbaustand im Jahr 2019 als auch über dem jeweiligen Ausbauziel für das Jahr 2030. Hingegen bleibt die im Planspiel installierte Leistung für Schleswig-Holstein/Hamburg, Niedersachsen/Bremen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz/Saarland teilweise deutlich hinter den jeweiligen Ausbauplänen zurück.

Die Differenz zwischen den Planspielergebnissen und der Realität könnte als Indiz dafür verstanden werden, dass die gegenwärtig festgelegten Länderziele gesamtgesellschaftlich suboptimal sind. Schließlich seien die Länderziele primär unter landespolitischen Erwägungen festgelegt worden. Auswirkungen auf die Erreichbarkeit der Energiewendeziele auf Bundesebene sowie Nachhaltigkeitswirkungen jenseits der Ländergrenzen hätten dabei vermutlich eine eher untergeordnete Rolle gespielt. Hingegen hätten die Expert:innen bei ihren Entscheidungen im Planspiel gerade immer die Bundesperspektive im Blick gehabt. Das Planspiel zeigte dann auf, welche Vorteile eine stärkere, länderübergreifende Koordination des Windenergieausbaus mit sich brächte.

Derartige Schlussfolgerungen sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Das liegt zum einen an der praktischen Umsetzung des Planspiels. Die Auswahl der teilnehmenden Expert:innen und mithin die

von ihnen gewählten Rangfolgen der Kriterien können nicht als repräsentativ verstanden werden. Zudem wurde der Fokus im Planspiel zur besseren Umsetzbarkeit auf ausgewählte Nachhaltigkeitskriterien gelegt. Für realpolitische Entscheidungen über Länderausbauziele können durchaus weitere Kriterien bedeutsam sein, etwa Anwohner:innenschutz oder Regionalentwicklung. Zudem kann auch die jeweils verwendete Datengrundlage zu Messung von Leistungspotenzial und Kriterien zwischen den Bundesländern variieren. Das Hauptergebnis dieser Studie – der Dissens über die richtige Rangfolge der Kriterien – wirft jedoch noch eine grundlegendere Einschränkung auf: die Unterschiede bei den Ausbauzielen der Länder könnten auch darauf zurückgeführt werden, dass die jeweiligen regionalen Entscheidungsträger:innen die Bedeutung der verschiedenen Nachhaltigkeitskriterien unterschiedlich bewertet haben. Unterschiedliche regionale Präferenzen bezüglich der Nachhaltigkeitskriterien – insbesondere hinsichtlich der eher regionalen Schutzgüter Anwohner:innen-, Landschafts- und Naturschutz – wären jedoch auch für die räumliche Optimierung des Windenergieausbaus auf Bundesebene bedeutsam. Mit dem eher zentralplanerischen Ansatz des Planspiels konnten regional unterschiedliche Präferenzen jedoch gerade nicht angemessen berücksichtigt werden.

## 5 Fazit

Die räumliche Verteilung des Windenergieausbaus an Land verursacht Zielkonflikte zwischen diversen, gesellschaftlich relevanten Kriterien, etwa der Minimierung von Stromsystemkosten, dem Anwohner:innen-, Umwelt- und Naturschutz oder der Verteilungsgerechtigkeit. Wo in Deutschland in welchem Umfang zukünftig Windenergie ausgebaut werden sollte, um die Energiewendeziele zu erreichen, hängt daher maßgeblich davon ab, wie diese Kriterien gewichtet werden. Die vorliegende Studie hat dabei mit Hilfe eines Planspiels verdeutlicht, dass es unter Expert:innen keine allgemein akzeptierte Rangfolge von Nachhaltigkeitskriterien für die räumliche Verteilung des Windenergieausbaus an Land gibt. Allen am Planspiel teilnehmenden Expert:innen war es jedoch wichtig, bei der räumlichen Verteilung des Windenergieausbaus nicht nur auf die Gesamteffizienz (Optimierung der Kosten und Nutzen für Deutschland insgesamt), sondern auch auf eine gerechte regionale Verteilung der Kosten und Nutzen zu achten. Die Vorstellungen darüber, wie eine gerechte Verteilung des Windenergieausbaus genau aussehen sollte, gingen freilich auseinander. Insgesamt wurde damit deutlich, dass es schwierig ist, eine „objektiv optimale“ räumliche Verteilung oder eine „objektiv richtige“ Rangfolge der Kriterien für den Windenergieausbau in Deutschland zu ermitteln.

Diese Ergebnisse haben Implikationen für die zukünftige Windenergiepolitik. In Deutschland werden gerade diverse politische Debatten darüber geführt, wie die räumliche Koordination des Windenergieausbaus verbessert werden könnte. So wird etwa eine räumliche Differenzierung der Ausschreibungen für die Windenergie erwogen (Lehmann et al., 2019). Geprüft werden zudem

Bundesvorgaben für Flächen- oder Mengenziele für den Ausbau der Windenergie auf Länderebene (Meier et al., 2019). Derartige Festlegungen zu regionalen Ausbauanstrengungen bedürfen jedoch unweigerlich einer Gewichtung der konkurrierenden Kriterien. Besteht darüber kein gesellschaftlicher Konsens – wie unsere Studie andeutet – hat das Folgen für die Ausgestaltung der politischen Entscheidungsprozesse. Eine Grundanforderung ist, dass bei jeder Politikentscheidung die zugrundeliegende Auswahl und Rangfolge der Kriterien transparent gemacht werden. Darüber hinaus bedarf es einer öffentlichen Debatte und, soweit möglich, auch eines gesellschaftlichen Konsenses darüber, welche Kriterien für den Ausbau der Windenergie zukünftig maßgeblich sein sollten. Voraussetzung dafür ist eine bessere Kommunikation und Diskussion über die mit dem Ausbau der Windenergie auf den verschiedenen Ebenen verbundenen Nutzen und Kosten. Hierbei können beispielsweise Instrumente wie das für diese Studie entwickelte Planspiel helfen. Hilfreich wäre dafür auch eine weiter verbesserte Datengrundlage, etwa hinsichtlich naturverträglicher Flächenpotenziale für die Windenergie an Land (Ponitka and Boettner, 2020).

Nicht zuletzt muss dafür Sorge getragen werden, dass alle relevanten Akteure mit ihren divergierenden Interessen angemessen in den politischen Entscheidungsprozess eingebunden werden. Das spricht beispielsweise für die grundsätzliche Beibehaltung föderaler Entscheidungsstrukturen und für partizipative Entscheidungsverfahren. Umgekehrt müssen Entwicklungen, die raumplanerische Kompetenzen auf Bundesebene verlagern oder Standortentscheidungen letztlich Gerichten überlassen, stets kritisch geprüft werden.

## Literatur

Agora Energiewende, 2013. Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland - Ein Vergleich möglicher Strategien für den Ausbau von Wind- und Solarenergie in Deutschland bis 2033. Agora Energiewende, Berlin.

BMWi, 2017. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland - Modul 5: Szenario „Alternative regionale EE-Verteilung“. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.

Bots, P., van Daalen, E., 2007. Functional design of games to support natural resource management policy development. *Simulation and Gaming* 38, 512-532.

Bucksteeg, M., 2019. Modelling the impact of geographical diversification of wind turbines on the required firm capacity in Germany. *Applied Energy* 235, 1476-1491.

BWE, 2020. Die Bundesländer in Zahlen. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin.

DNR, BUND, DUH, Germanwatch, Greenpeace, Nabu, WWF, 2020. Vorschläge zur Beschleunigung des naturverträglichen Windenergieausbaus. Deutscher Naturschutzring (DNR) e.V., Bund für Umwelt und

Naturschutz Deutschland e.V. (BUND), Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH), Germanwatch e.V., Greenpeace e.V., Naturschutzbund Deutschland e.V. (Nabu), WWF Deutschland, Berlin.

Drechsler, M., Egerer, J., Lange, M., Masurowski, F., Meyerhoff, J., Oehlmann, M., 2017. Efficient and equitable spatial allocation of renewable power plants at the country scale. *Nature Energy* 2, 17124.

Drechsler, M., Ohl, C., Meyerhoff, J., Eichhorn, M., Monsees, J., 2011. Combining spatial modeling and choice experiments for the optimal spatial allocation of wind turbines. *Energ. Policy* 39, 3845-3854.

Eichhorn, M., Masurowski, F., Becker, R., Thrän, D., 2019. Wind energy expansion scenarios - A spatial sustainability assessment. *Energy* 180, 367-375.

Eichhorn, M., Tafarte, P., Thrän, D., 2017. Towards energy landscapes - "Pathfinder for sustainable wind power locations". *Energy* 134, 611-621.

FA Wind, 2019a. Ausbausituation der Windenergie an Land im Herbst 2019. Fachagentur Windenergie an Land (FA Wind), Berlin.

FA Wind, 2019b. Hemmnisse beim Ausbau der Windenergie in Deutschland. Fachagentur Windenergie an Land (FA Wind), Berlin.

FA Wind, 2020. Ausbausituation der Windenergie an Land im Frühjahr 2020. Fachagentur Windenergie an Land (FA Wind), Berlin.

Gauglitz, P., Schicketanz, S., Pape, C., 2019. Nature conservation as a driver in wind energy scenarios. *Energy, Sustainability and Society* 9, Article 47.

Joas, F., Pahle, M., Flachslund, C., Joas, A., 2016. Which goals are driving the Energiewende? Making sense of the German Energy Transformation. *Energ. Policy* 95.

Lehmann, P., Ammermann, K., Gawel, E., Geiger, C., Hauck, J., Heilmann, J., Meier, J.-N., Schicketanz, S., Stemmer, B., Tafarte, P., Thrän, D., Wolfram, E., 2020. Managing spatial sustainability trade-offs: The case of wind power, UFZ Discussion Paper 4/2020. Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig.

Lehmann, P., Gawel, E., Geiger, C., Korte, K., Meier, J.-N., Reutter, F., Tafarte, P., 2019. Wie zielführend sind regionalisierte Ausschreibungen für die Windenergie? *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 69.

Meier, J.-N., Bovet, J., Geiger, C., Lehmann, P., Tafarte, P., 2019. Fehlt im Klimapaket ein Flächenziel für die Windenergie an Land? *Wirtschaftsdienst* 99, 824-828.

Ponitka, J., Boettner, S., 2020. Challenges of future energy landscapes in Germany - a nature conservation perspective. *Energy, Sustainability and Society* 10, Article 17.

ÜNB, 2018. Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan Strom 2030 (Version 2019). Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber, Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), Berlin, Dortmund, Bayreuth, Stuttgart.