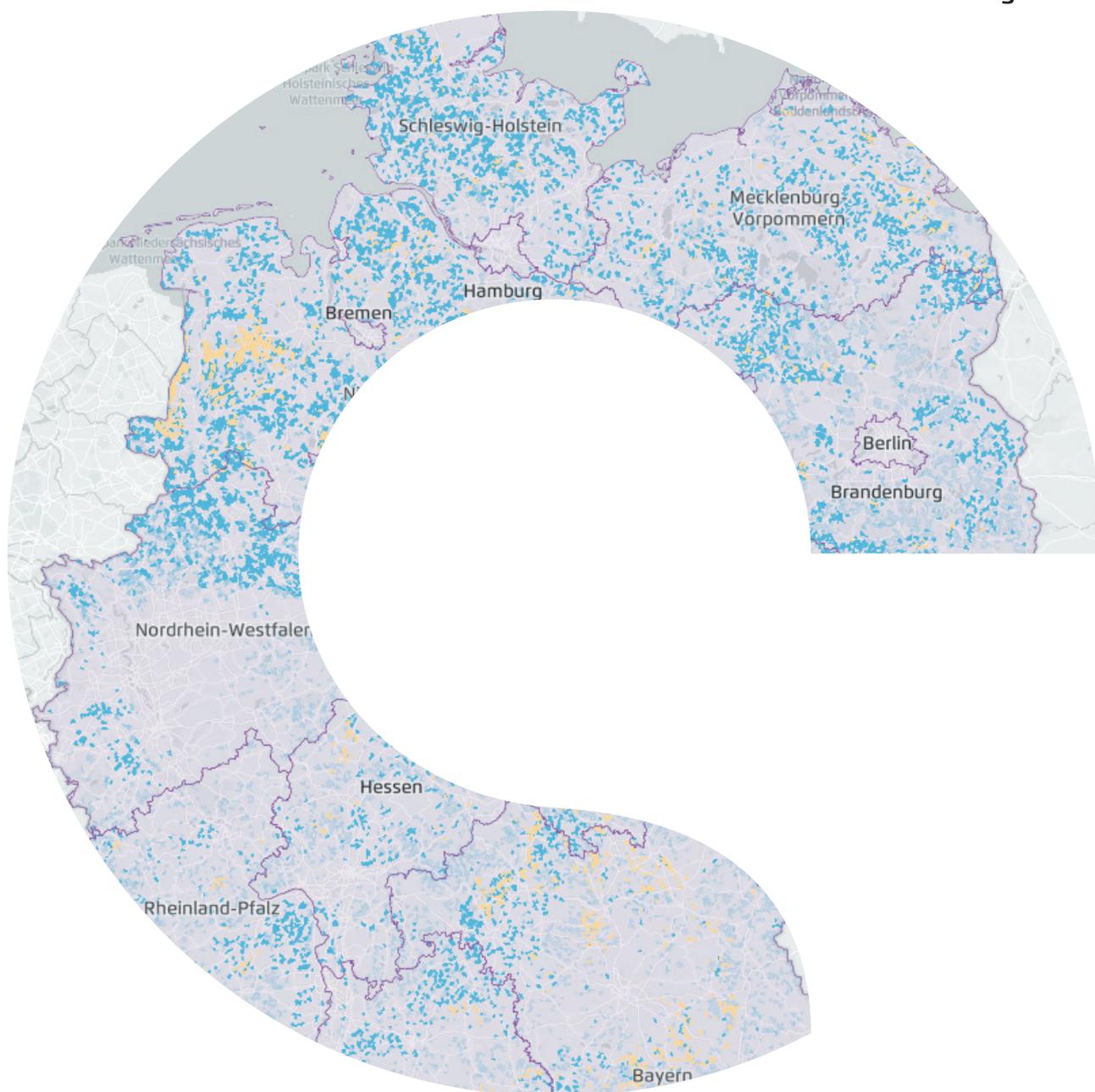

Der Photovoltaik- und Windflächenrechner

Ein Beitrag zur Diskussion um die Ausweisung von Flächen für Photovoltaik- und Windenergieanlagen an Land

IMPULS

Agora
Energiewende



Der Photovoltaik- und Windflächen- rechner

IMPRESSUM

IMPULS

Der Photovoltaik- und Windflächenrechner.

Ein Beitrag zur Diskussion um die Ausweisung von Flächen für Photovoltaik- und Windenergieanlagen an Land

ERSTELLT VON

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin
T +49 (0)30 700 14 35-000
F +49 (0)30 700 14 35-129
www.agora-energiewende.de
info@agora-energiewende.de

ERSTELLT IN KOOPERATION MIT

Reiner Lemoine Institut gGmbH
Rudower Chaussee 12
12489 Berlin

PROJEKTLEITUNG

Thorsten Lenck
Thorsten.Lenck@agora-energiewende.de
Dr. Barbara Saerbeck
Barbara.Saerbeck@agora-energiewende.de

AUTOREN

Dr. Barbara Saerbeck
Thorsten Lenck
Dr. Gerd Rosenkranz
Dr. Patrick Graichen

Korrektur: infotext
Satz: Andrea Trumpf
Titelbild: Agora Energiewende

235/14-I-2021/DE

Version 1.0, Oktober 2021

DANKSAGUNG / SONSTIGES

Erst das Engagement vieler weiterer Kolleginnen und Kollegen hat die Entwicklung dieses Tools und diese Studie möglich gemacht. Für die tatkräftige Unterstützung möchten wir uns bei unseren Kolleginnen Janne Görlach, Mara Marthe Kleiner, Dr. Jahel Mielke, Ada Rühring, Anja Werner und Gloria Watzinger sowie bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vom Reiner Lemoine Institut gGmbH, vor allem bei Editha Kötter, Jonathan Amme, Hendrik Huyskens, Alexis Michaltsis, Bryan Lancien und Kathrin Goldammer bedanken.



Unter diesem Scan-Code steht diese Publikation als PDF zum Download zur Verfügung.

Bitte zitieren als:

Agora Energiewende (2021): Der Photovoltaik- und Windflächenrechner. Ein Beitrag zur Diskussion um die Ausweisung von Flächen für Windenergieanlagen an Land.

www.agora-energiewende.de

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

Deutschland braucht die Photovoltaik (PV) und die Windenergie als Strombasis in einer klimaneutralen Welt. Bis 2045 müssen etwa 145 Gigawatt elektrische Leistung aus landbasierten Windenergieanlagen und 385 Gigawatt aus PV-Anlagen bereitgestellt werden. Derzeit hinkt die Ausweisung geeigneter Flächen für den zielorientierten Zubau von PV- und Windenergie an Land dem Bedarf jedoch erheblich hinterher.

Deutschland ist ein dicht besiedeltes Land mit hohem Energiebedarf, vielfältigen Flächenkonkurrenzen und einem ambitionierten Standard, wenn es um den Schutz der Natur geht – und trotzdem ist genug Platz für die PV- und Windkraft da, wenn dies gewollt ist.

In dem hier vorgestellten PV- und Windflächenrechner zur Auffindung von Flächen, die für die Nutzung von PV- Freiflächen- und Windenergie geeignet sind, wurde ein großer Fundus öffentlich zugänglicher Daten verarbeitet und visualisiert. Das Tool zeigt,

dass ausreichend geeignete Flächen zur Verfügung stehen, um die für das Ziel der Klimaneutralität notwendige PV- Freiflächen- und Windenergieleistung zu installieren. Jede Nutzerin und jeder Nutzer kann selbst am Bildschirm herausfinden, dass es sich bei der Ausweisung der Flächen um eine Optimierungsaufgabe handelt, die auf unterschiedlichen Wegen gelöst werden kann. Darin liegt der Reiz unseres PV- und Windflächenrechners – und gleichzeitig seine Herausforderung.

Der PV- und Windflächenrechner vollzieht – in vereinfachter Form – nach, welche Entscheidungen und Kompromisse bei der Flächenausweisung Planer:innen in Ländern und vor Ort in der Realität treffen müssen, damit die Energiewende in Deutschland gelingen kann.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Flächenplanung!

Dr. Patrick Graichen
Direktor Agora Energiewende

Ergebnisse auf einen Blick:

1

Damit Deutschland in Zukunft genug Strom hat, müssen in Deutschland 145 Gigawatt Windenergie an Land und 385 Gigawatt PV-Leistung installiert sein. Der hier vorgestellte PV- und Windflächenrechner visualisiert auf Basis öffentlich zugänglicher Daten die PV-Frei- und Windflächen an Land, die grundsätzlich dafür genutzt werden können. Mit dem Tool können die Nutzer:innen ihren persönlichen Weg bis zum Erreichen der Klimaneutralität erkunden.

2

Deutschland verfügt prinzipiell über genug Flächen, um den für die Klimaneutralität benötigten PV-Freiflächen- und Windstrom an Land herzustellen. Der Ausgleich unterschiedlicher Belange gelingt vor Ort leichter, wenn für den Bau von Windrädern die Nutzung von Wald und Landschaftsschutzgebieten nicht pauschal ausgeschlossen und der Mindestabstand zu Siedlungen variabel gestaltet wird und PV-Freiflächenanlagen auch außerhalb von benachteiligten Gebieten errichtet werden.

3

In Deutschland kann ausreichend Strom aus PV-Freiflächen- und Windenergie erzeugt werden. Selbst solche Bundesländer, in denen vermeintlich wenig Flächen zur Verfügung stehen, besitzen Potenzial. Im Kern geht es bei der Flächenauswahl darum, die Interessen von Anwohnenden und den Schutz von Landschaft, Natur und gefährdeten Arten optimal auszugleichen.

4

Durch die Auswahl von Teilflächen aus den grundsätzlich geeigneten Flächen kann die Energiewende vor Ort gestaltet werden. Nutzer:innen können mit dem PV- und Windflächenrechner simulieren, was die Entscheider in Ländern und Kommunen im Rahmen eines gerechten Interessensausgleichs bei der Ausweisung von PV-Frei- und Windflächen in der Realität umsetzen müssen.

Inhalt

1	Flächennutzung neugestalten	5
2	Nordrhein-Westfalen: Viel Wald, viele Landschaftsschutzgebiete, viel Potenzial für Windräder	13
	Regler „Nutzung Landschaftsschutzgebiete“	13
	Regler „Waldflächennutzung“	14
3	Saarland: Windpotenzialflächen durch Verringerung des Siedlungsabstandes	16
	Regler „Abstand zu Siedlungen“	17
4	Mecklenburg-Vorpommern: Aufhebung der EEG-Flächenbegrenzungen als Booster für den Ausbau von PV-Freiflächenenergie	19
5	Wie der Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergie in Deutschland gelingen könnte – erste Überlegungen	22
6	Fazit	25
	Literaturverzeichnis	26

1 Flächennutzung neugestalten

Ein zügiger Ausbau von PV- und Windenergie an Land gehört zu den Grundbedingungen für das Gelingen der Energiewende in Deutschland. Dies gilt umso mehr, seit Deutschland und Europa es sich zum Ziel gesetzt haben, bis spätestens 2045 den Übergang in eine klimaneutrale Gesellschaft zu vollziehen. Der Szenariorahmen der Bundesnetzagentur aus dem Jahr 2020 ging noch von einem durchschnittlich erforderlichen Nettozubau der landseitigen Windenergie von 1,76 Gigawatt pro Jahr aus.¹ Das Energiewende-Szenario Klimaneutrales Deutschland 2045 ermittelte

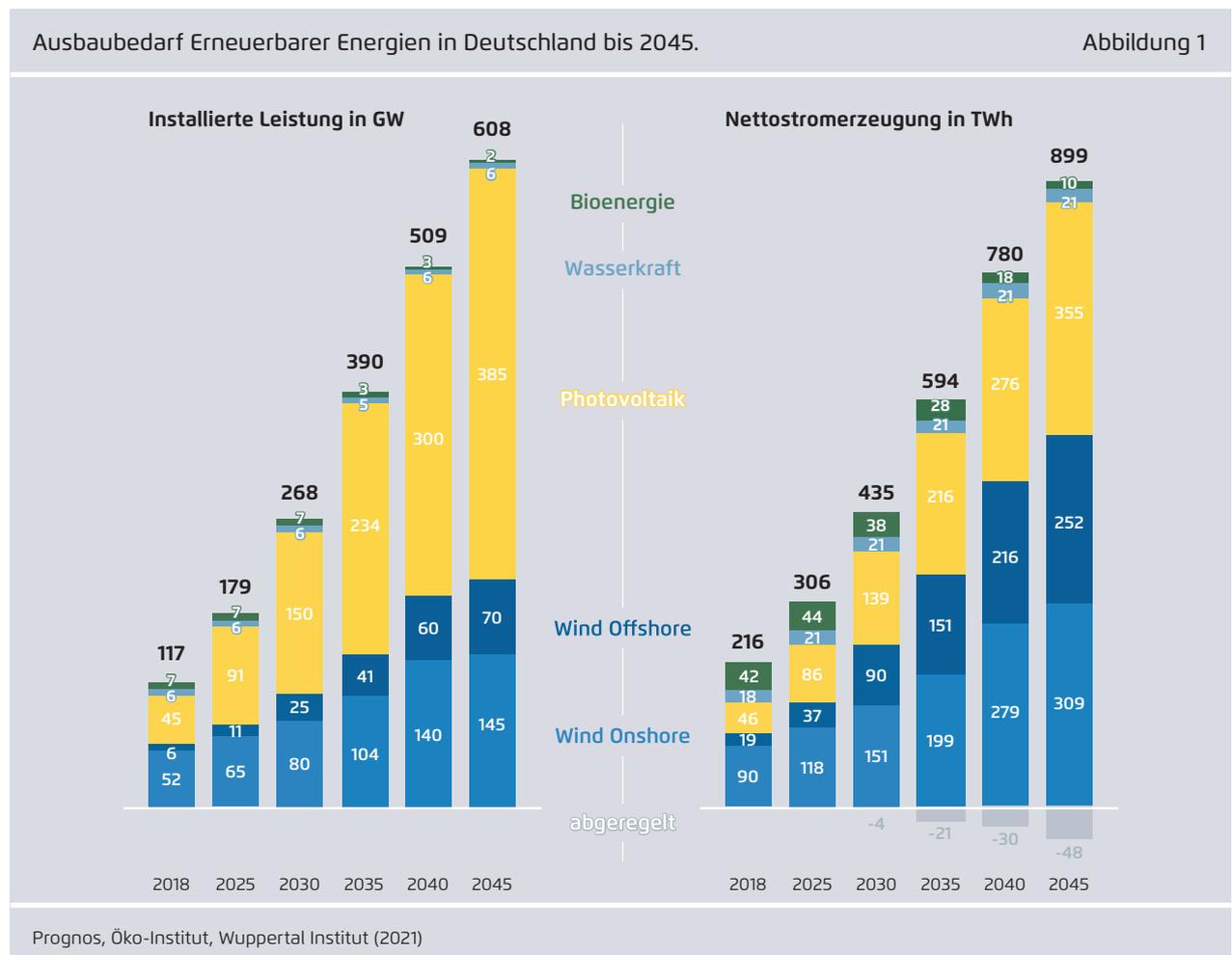
hingegen einen mittleren jährlichen Bruttozubaubedarf² von 5 Gigawatt bis 2030 und ab 2030 bis 2045 von 7 Gigawatt.³ Für PV sieht das Szenario Klimaneutrales Deutschland 2045 bis 2030 sogar einen mittleren jährlichen Bruttozubaubedarf von 10 Gigawatt und ab 2030 bis 2045 von 19 Gigawatt vor.

In der Praxis ist Deutschland aktuell weit entfernt von der für die Zielerreichung notwendigen Ausbau-

1 Bundesnetzagentur (2020): S. 69

2 Der Bruttozubaubedarf beinhaltet den Ersatz alter Anlagen, die vom Netz gehen.

3 Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021): S. 15



dynamik.⁴ Entgegen landläufiger Meinung liegt dies jedoch nicht daran, dass es in Deutschland generell an geeigneten Flächen mangelt. Das jedenfalls zeigt der im Auftrag von Agora Energiewende vom Reiner Lemoine Institut auf Basis aktueller Flächendaten erstellte PV- und Windflächenrechner, den wir Ihnen hier vorstellen wollen. Vielmehr werden bisher noch nicht ausreichend Flächen ausgewiesen, damit die PV-Freiflächen- und Windenergie⁵ ihren zur Erreichung der Klimaneutralität ausreichenden Beitrag leisten kann. Reale und vermeintliche Flächenkonkurrenzen sind dafür ebenso ursächlich wie Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung.

Der Aufbau einer klimaschonenden Stromproduktion ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die im Konfliktfall durch einen möglichst fairen Ausgleich unterschiedlicher Interessen gelöst werden muss. Vorgaben, wie pauschale Abstandsgrenzen zu Siedlungen oder sonstiger Wohnbebauung haben sich inzwischen beispielsweise für Windenergie an Land als ungeeignet erwiesen, allen Interessen gerecht zu werden. Sie erschweren den dynamischen Ausbau der Windenergie und stärken nicht automatisch die Akzeptanz in der Bevölkerung gegenüber Windrädern. Ähnliches gilt für den Bau von PV-Freiflächenanlagen. Können und sollten diese nicht auch außerhalb von benachteiligten Gebieten gebaut werden, die aktuell nicht dafür im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) vorgesehen sind?

Um den Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergie in Deutschland voranzutreiben, müssen die verschiedenen Belange gehört, gegeneinander abgewogen und im Einzelfall betrachtet werden. Der hier vorgestellte PV- und Windflächenrechner kann dabei helfen. Obwohl das Tool nicht die realen

Planungsschritte vor Ort ersetzt, über die die jeweils Verantwortlichen zu entscheiden haben, erlaubt es den Interessierten am Bildschirm, selbst ein Gefühl für die Komplexität der Entscheidungsprozesse zu entwickeln. Ein Gefühl für eben jene Prozesse, die überall in Deutschland im realen Leben stattfinden, wenn Flächen für PV-Freiflächen- und Windenergie ausgewiesen oder verworfen werden.

Ein Ziel des PV- und Windflächenrechners ist es, diese Entscheidungs- und Kompromissfindungsprozesse von Planenden, Mitarbeiter:innen von Genehmigungsbehörden, PV-Freiflächen- und Windenergie-Projektierern oder Umweltschützer:innen transparenter zu machen, die Hintergründe von Diskussionen um die realen Standorte besser zu verstehen und diese im besten Fall später im realen Leben und vor Ort konstruktiv mitzugestalten. Die Nutzer:innen des PV- und Windflächenrechners können ihr eigenes Ausbauszenario anhand selbst gewählter Flächenkriterien erstellen. Jeder im PV- und Windflächenrechner individuell einstellbare und eingestellte Wert beeinflusst die Größe der Potenzialflächen, die für PV- und Windenergie in Deutschland insgesamt oder auch in ausgewählten Regionen grundsätzlich bereitsteht.

Für die Berechnung von Windpotenzialflächen stehen drei Hauptregler zu Verfügung: „Abstand zu Siedlungen“, „Waldflächennutzung“ und „Nutzung von Landschaftsschutzgebieten“. Für die Ermittlung von PV-Freiflächen kann der Schalter „benachteiligte Gebiete“ ein- und ausgeschaltet werden (Infobox 1). Bereits bei der Nutzung dieser Regler offenbart sich die Notwendigkeit, die derzeitigen Bestimmungen zur Ausweisung von Flächen für den Bau von Erneuerbaren-Energien-Anlagen zu überdenken. Setzt man beispielsweise den Anteil der für die Windenergie genutzten Flächen an der Gesamtfläche eines Landes für jedes Bundesland gleichermaßen auf 2 Prozent (ein in der aktuellen Debatte häufig zur Erreichung der Klimaneutralität genannter Wert),⁶ legt gleichzei-

4 vgl. FA Wind (2021a); Deutsche Windguard (2021); Wirth (2021)

5 Der PV- und Windflächenrechner ermittelt allein Flächen für PV-Freiflächenanlagen. Weitere PV-Anlagen für zum Beispiel Dächer, Wände und Fahrzeuge werden vom Tool derzeit noch nicht berücksichtigt.

6 Ausgenommen sind Stadtstaaten, die die größtmögliche Fläche ausweisen.

tig einen Mindestabstand von 1.000 Metern zu Siedlungen fest und schließt Wälder und Landschaftsschutzgebiete vollständig aus, können so rund 310 Terawattstunden Strom erzeugt werden. Wird der Anteil der für PV-Freiflächenanlagen genutzten Fläche über Deutschland hinweg gleich verteilt, können zudem 220 Terawattstunden Strom erzeugt werden. Beide Menge reichen aus für Klimaneutralität in Deutschland.

Der Anteil der zu nutzenden PV- und Windpotenzialfläche variiert allerdings von Bundesland zu Bundesland massiv. So müssten Bundesländer wie zum Beispiel Sachsen alle verfügbaren PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen als tatsächliche PV-Freiflächen- und Windflächen ausweisen, während andere Länder wie Sachsen-Anhalt für Windenergie und Niedersachsen für Freiflächen-PV „nur“ knapp

18 Prozent ihrer Potenzialflächen⁷ nutzen müssten (Abbildung 2). Das Ergebnis würde eine örtliche Kompromissfindung in Sachsen fast unmöglich machen. Erlaubt man dagegen geringere Abstände von der Wohnbebauung oder bezieht vorwiegend forstwirtschaftlich genutzte Wälder oder Teile von Landschaftsschutzgebieten, deren Schutzzweck durch Windräder nicht beeinträchtigt würde, in die Überlegungen bei der Ausweisung potenzieller Flächen für Windenergie mit ein, verringert sich der Anteil der tatsächlich zu nutzenden Windpotenzialfläche erheblich, sodass auch in Sachsen die unter-

7 Der PV- und Windflächenrechner berücksichtigt bei der Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen ein ackerbauliches Ertragspotenzial nach dem Müncheberger Soil Quality Rating (SQR) von 40 (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2021). Demnach werden nur diejenigen Flächen bei der Berechnung der Potenzialflächen berücksichtigt, die eine Bodengüte von 40 und weniger aufweisen.

Infobox 1: Begriffsdefinition Siedlung, Landschaftsschutzgebiet, Wald und landwirtschaftlich benachteiligte Flächen

Eine **Siedlung** ist ein Gebiet, in dem sich Menschen niedergelassen haben, um dort (langfristig) zu wohnen oder sich zu erholen. Zum Schutz der Siedlung vor Immissionen und bedrängender Wirkung ist ein Schutzabstand festgelegt.

Landschaftsschutzgebiete sind oft großflächig angelegt. Sie zielen auf den Erhalt des Landschaftscharakters, dem allgemeinen Erscheinungsbild und dessen Schönheit. Sie haben einen geringeren Schutzstatus als Naturschutzgebiete oder Nationalparke und unterliegen weniger strengen Nutzungsbeschränkungen.

Wald bezeichnet umgangssprachlich eine Vielzahl an mit Bäumen und anderer Vegetation bedeckten Fläche mit unterschiedlicher forstwirtschaftlicher Nutzung und ökologischer Bedeutung. Nicht alle Waldflächen kommen als Standort für Windenergieanlagen infrage. Grundsätzlich sollten mindestens naturnahe Wälder (heute rund 40 Prozent der Waldflächen in Deutschland) geschützt bleiben.

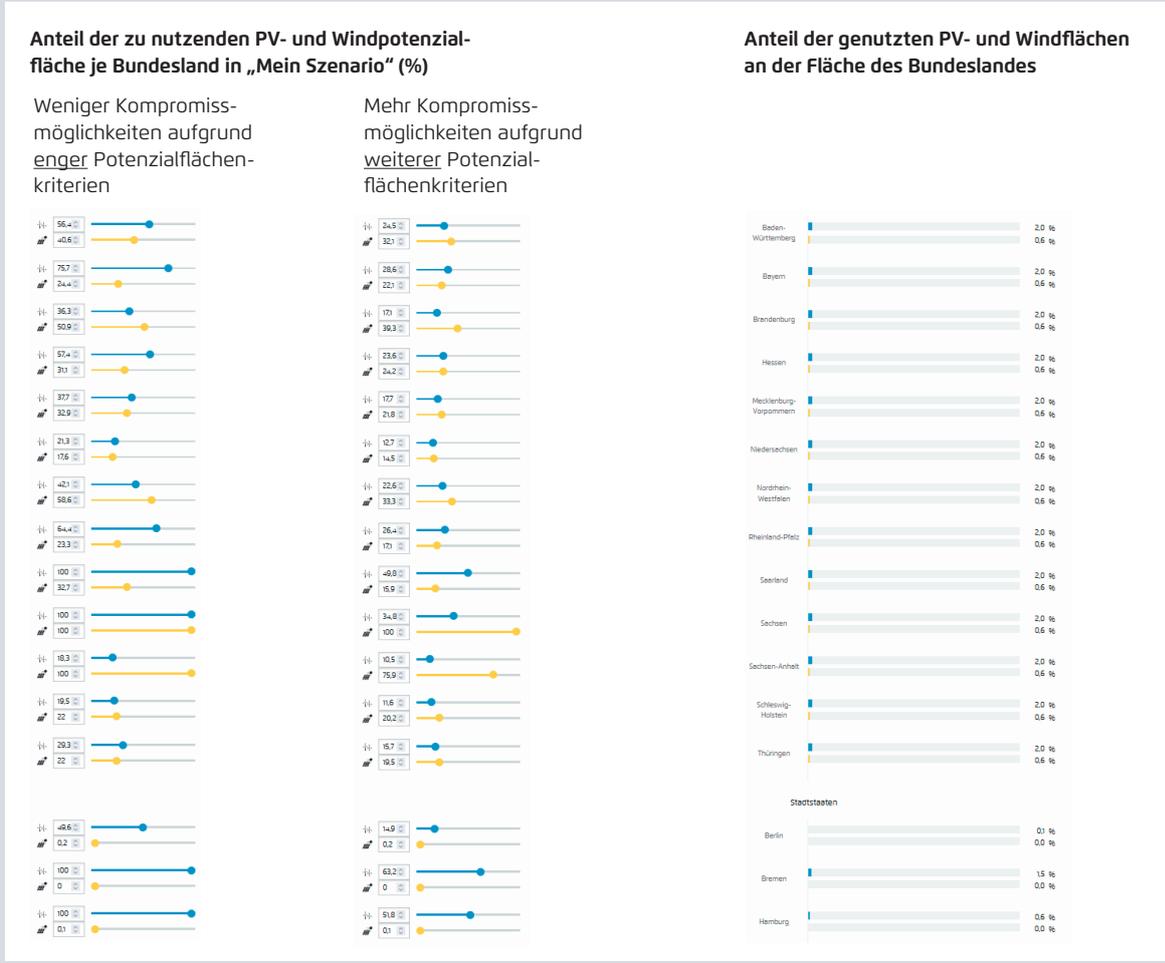
Landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete sind Berggebiete und Flächen, in denen aufgrund ungünstiger Standort- oder Produktionsbedingungen die Aufgabe der Landbewirtschaftung droht. Sie werden von der Europäischen Union definiert, wobei die Bundesländer diese Gebiete nach vorgegebenen Kriterien abgrenzen.

schiedlichen Positionen und Aspekte bei der Flächenausweisung berücksichtigt werden könnten. Werden wiederum auch nicht benachteiligte Gebiete bei der Suche nach möglichen PV-Freiflächen

berücksichtigt, sinkt der Anteil der zu nutzenden PV-Freiflächenpotenzialfläche in Niedersachsen sogar auf 14,5 Prozent.

Soll jedes Bundesland mindestens 2 Prozent seiner Fläche für Windenergie und mindestens 0,6 Prozent seiner Fläche für PV-Freiflächenanlagen nutzen, ist ein Ausgleich unterschiedlicher Belange mancherorts nur möglich, wenn für Windenergie die Nutzung von Waldflächen und Landschaftsschutzgebieten nicht pauschal ausgeschlossen wird und PV-Freiflächenanlagen auch außerhalb von benachteiligten Gebieten gebaut werden.

Abbildung 2



Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner. Je geringer der Anteil der zu nutzenden Windpotenzialfläche bei gleichem Ausbauziel ist, desto leichter können bei Windenergie unterschiedliche Belange vor Ort berücksichtigt werden. Linke Seite: Windenergie: 1.000 Meter Siedlungsabstand, keine Nutzung von Waldflächen oder von Landschaftsschutzgebieten. PV-Freiflächenanlagen: ausschließliche Berücksichtigung benachteiligter Gebiete. Rechte Seite: Für Windenergie beträgt der Siedlungsabstand 800 Meter, die Waldflächennutzung 5 Prozent und die Nutzung von Landschaftsschutzgebieten 2 Prozent. Für PV-Freiflächenenergie wurden auch nicht benachteiligte Gebiete berücksichtigt.

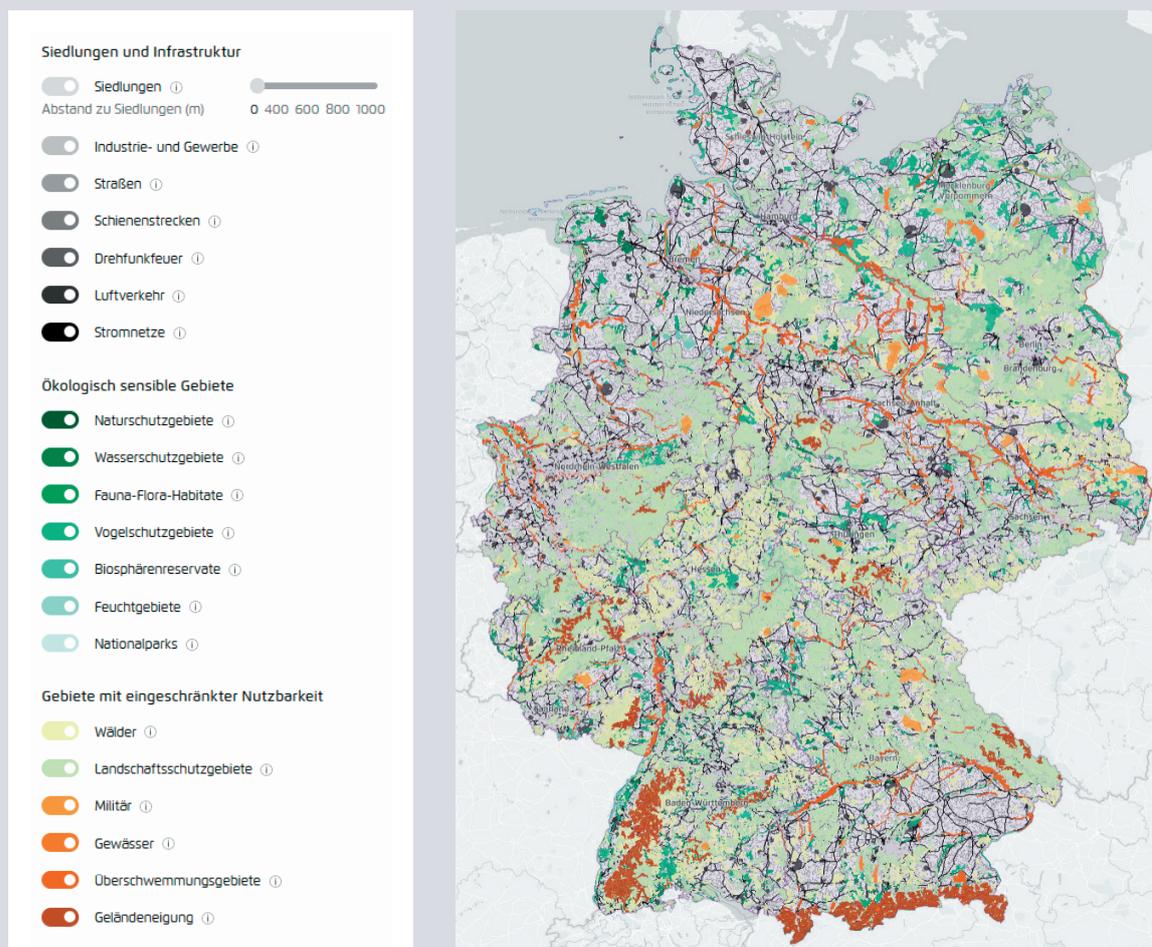
Neben den Kategorien für die Berechnung von PV-Freiflächen und Windpotenzialflächen (Infobox 1 und Abbildung 3) können darüber hinaus weitere Flächen, die unter die Kategorien „Siedlungen und Infrastrukturen“, „ökologisch sensible Gebiete“ und „Gebiete mit eingeschränkter Nutzbarkeit“ fallen, in einer Karte visualisiert werden. Damit können im PV- und Windflächenrechner unkonventionelle Flächen, die aktuell aufgrund gesetzlicher oder untergesetzlicher Regelungen nicht oder nur in Ausnahmefällen für die PV-Freiflächen- und Wind-

energienutzung zur Verfügung stehen, dargestellt werden. Weil die Flächen jedoch nach den aktuellen gesetzlichen Regelungen nicht sicher für die Nutzung durch PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen zur Verfügung stehen, werden diese Flächen im Tool nicht in die Ermittlung der PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen eingerechnet (Infobox 2).

Ein Beispiel: Die Errichtung von Windenergieanlagen in Industrie- und Gewerbegebieten oder auf sonstigen Sonderflächen ist derzeit meist wegen eng

In Deutschland existieren vielfältige Flächennutzungsformen.

Abbildung 3



Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner

Infobox 2: Methodisches Vorgehen zur Ausweisung von Potenzialflächen und zur Berechnung der erzeugten Energiemenge

Zur Ermittlung von potenziell geeigneten Flächen für die Nutzung von PV-Freiflächen- und Windenergie wurden ausschließlich freie oder öffentlich verfügbare Geodaten verwendet, deren Metadaten dem PV- und Windflächenrechner entnommen werden können (Menü → Quellen). Über die verwendeten Datensätze hinausgehende Angaben und Kriterien wurden bei der Ausweisung von PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen entsprechend nicht berücksichtigt. Bei der Bestimmung von Ausschlussgebieten wurden Flächen identifiziert, in denen aus rechtlichen oder physikalischen Gründen eine Errichtung von PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen grundsätzlich nicht vereinbar ist. Als Grundlage für die Abstände zu den Flächentypen wurden technische Richtwerte, Erfahrungswerte oder die aktuelle Rechtsprechung herangezogen.

Die Potenzialflächen für Windenergieanlagen wurden durch das Bilden der Differenz der Fläche Deutschlands und allen nicht infrage kommenden Flächen ermittelt. Die Potenzialflächen hängen direkt von deren Einstellungen im Windflächenrechner ab. Allerdings stehen zu regionalspezifischen Einschränkungen keine Geodaten zur Verfügung. Aus diesem Grund wird ausgehend von den im Jahr 2019 ausgewiesenen oder in der Ausweisung befindlichen Vorranggebieten für Windenergie beziehungsweise Windeignungsgebieten für jedes Bundesland der Anteil der zu nutzenden Potenzialfläche berechnet. Dieser bezeichnet das Verhältnis der Flächensummen von Windeignungsgebieten zur verfügbaren Potenzialfläche. Ein Beispiel: In Brandenburg sind derzeit Windeignungsgebiete mit einer Gesamtfläche von 302,1 Quadratkilometer (km²) ausgewiesen oder zur Ausweisung vorgesehen, die Potenzialfläche beträgt 1635,8 km². Es ergibt sich somit ein Nutzungsgrad von rund 18,5 Prozent im Tool.

Die Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen orientieren sich an den aktuellen Förderbedingungen des EEG und wurden anhand des Flächenumfangs sowie den verfügbaren Geodaten ausgewählt. Dazu gehören laut §37 EEG 2021 unter anderem zum einen Acker- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten; im PV- und Windflächenrechner gemessen am Müncheberger Soil Quality Rating (SQR) zur Klassifizierung der Bodengüte. Für die Berechnung des Potenzials werden lediglich Flächen mit einem SQR kleiner 40 berücksichtigt. Dieser erlaubt die Bewertung der Eignung von Böden für die landwirtschaftliche Nutzung und zur Abschätzung des Ertragspotenzials. Zum anderen gehören dazu Flächen längs von Autobahnen oder Schienenwegen in einer Entfernung von bis zu 200 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn mit einem 15 Meter breitem Korridor. Die übrigen im EEG definierten Flächen, wie beispielsweise Konversionsflächen oder versiegelte Flächen, werden auf Grund ungenügender Datenlage und geringem Flächenpotential nicht berücksichtigt. Analog zur Windenergie wird die Differenz dieser Flächen mit der Überlagerung aller restriktiven Flächen gebildet.

Aus regionalspezifischen Gründen stehen jedoch nicht alle Potenzialflächen für die Nutzung mit PV-Freiflächen- und Windkraftanlagen zur Verfügung. Dies wird im „Anteil der zu nutzenden Potenzialfläche“ berücksichtigt, der den individuellen Einstellungen der Benutzer:innen unterliegt. Hierfür können bestimmte Voreinstellungen zur „Nutzung der Potenzialflächen“ je Bundesland gewählt werden. Der Standardwert für den Anteil der zu nutzenden Potenzialfläche ist die „Verwendeten Fläche (2020)“. Bei

dieser Voreinstellung wird der Anteil der zu nutzenden Potenzialfläche aus dem Quotienten aus theoretisch verwendeter Fläche bei einer spezifischen Flächenleistung von 21 Megawatt je km² für Windkraftanlagen an Land und von 100 Megawatt je km² für PV-Freiflächenanlagen auf Basis der Ende 2020 installierten Leistung je Bundesland und verfügbarer Potenzialfläche verwendet. Eine zweite Voreinstellung setzt die Regler auf einen Wert, so dass für PV-Freiflächenanlagen ein gleicher Wert von rund 1 Prozent und für Windkraft an Land 2 Prozent der jeweiligen Bundeslandfläche verwendet wird (Szenario „Gleichverteilung zur Zielerreichung“ bzw. „2 % der Bundesländerflächen“). Für Windkraft an Land kann darüber hinaus die Voreinstellung „Ausgewiesene Windflächen (2019)“ gewählt werden; mit Stand 2019 stellt sie je Bundesland den heutigen Anteil der ausgewiesenen Windpotenzialfläche ein. Ausgehend von diesen vorkonfigurierten Szenarien können die Werte je Bundesland frei eingestellt werden.

Die Berechnung der von Windenergieanlagen erzeugten Energiemenge erfolgt auf Basis von für jedes Bundesland spezifischen mittleren Volllaststunden. Grundlage hierfür bildet eine Prognose der Volllaststunden für vier Zonen (Schleswig-Holstein, Norden, Mitte, Süden) in Deutschland. Sie berücksichtigt sowohl die künftige technische Anlagenentwicklung, als auch die optimale Anlagenwahl für jede Zone für das Jahr 2030. Diese stark aggregierten Volllaststunden jeder Zone werden auf Bundeslandebene regionalisiert, indem sie mit der mittleren jährlichen Windleistungsdichte in 150 Meter Höhe gewichtet werden. Danach werden die bundeslandscharfen Volllaststunden linear mit den mittleren Volllaststunden der Studie Klimaneutrales Deutschland (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)) skaliert, um mit der Studie konsistente Ergebnisse zu erzeugen.

Die von PV-Freiflächenanlagen bereitgestellte Energiemenge wird analog zur Windenergie anhand von Bundesland-spezifischen, mittleren Volllaststunden berechnet. Hierbei werden als Mittelwert die in der Studie Klimaneutrales Deutschland gegebenen 965 Volllaststunden als Bezugsgröße verwendet. Die Gewichtung erfolgt anhand von modellierten Erträgen von großen PV-Freiflächenanlagen aus dem Global Solar Atlas, für die eine optimale vertikale sowie horizontale Ausrichtung angenommen wird. Weiterhin werden dort elektrische Verluste sowie Verluste aufgrund von Fehlanpassung, Verschmutzung und Verfügbarkeit berücksichtigt (insgesamt 9,5 Prozent). Anhand der installierbaren Leistung und den Volllaststunden wird letztendlich der Ertrag berechnet.

Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner. Weitere Informationen zu den verwendeten Daten und zur Datenaufbereitung können dem Begleitdokument zum PV- und Windflächenrechner entnommen werden

begrenzter Zweckbindungen und/oder Bauhöhenbegrenzungen auf diesen Flächen nicht möglich, obwohl keine gravierenden Konfliktlagen zu erwarten wären. Der Gesetzgeber könnte dies ändern. Der Nutzende des PV- und Windflächenrechners kann derartige Flächen in der Karte aufrufen und so einen Eindruck davon gewinnen, ob und wo eine entsprechend veränderte Regulierung die Windflächenausweisung vor Ort erleichtern würde. Als potenzielle Standorte kämen beispielsweise Kläranlagen, Deponien oder Hafenanlagen infrage. Beispiele, wo derartige

Diskussionen bereits im realen Leben stattfinden und zum Teil umgesetzt werden, sind stillgelegte Braunkohletagebaue und/oder aufgegebenen Militärflächen.

Insgesamt zeigt das Tool vor allem eines: Im Prinzip stehen in Deutschland genügend PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen zur Verfügung, um mittel- und langfristig die Menschen und die Industrie mit sauberem Strom zu versorgen. Mehr noch, längst nicht alle Potenzialflächen müssen tatsächlich genutzt werden: weder müssen Ortschaften von

PV-Freiflächenanlagen oder Windrädern „umzingelt“ noch besonders gefährdete oder vom Aussterben bedrohte Arten aus ihren angestammten Lebensräumen verdrängt werden.

Aufgabe der Planer:innen – und die Realität simulierend der Nutzer:innen des PV- und Windflächenrechners am Bildschirm – ist es, die Flächen transparent und nachvollziehbar auszuwählen und die Prioritäten so zu setzen, dass Konflikte, etwa um Siedlungsabstände, Bodengüter oder Naturschutzbelange, möglichst minimiert werden. Das Tool erlaubt das Auffinden von Flächen für die Nutzung von PV-Freiflächen und Windenergie in allen Regionen Deutschlands. Der Nutzer und die Nutzerin können sich in ihrer oder einer anderen Region „umsehen“.

Wenig überraschend stehen in den Stadtstaaten Berlin, Bremen oder Hamburg nur wenige Flächen für PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen zur Verfügung (ausgenommen Dachflächen). Wie in der Realität müssen die Metropolen auch im PV- und Windflächenrechner zu großen Teilen von den Flächenländern mit Strom aus Erneuerbaren Energien mitversorgt werden.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst beispielhaft die Windflächenpotenziale Nordrhein-Westfalens und des Saarlandes vorgestellt. Nordrhein-Westfalen ist nicht nur das bevölkerungsreichste Bundesland Deutschlands, sondern mit dem Ruhrgebiet auch traditioneller Standort der energieintensivsten Region Deutschlands. Als solches erlebt das Energieland Nordrhein-Westfalen mit der Energiewende und dem Ausstieg aus Stein- und Braunkohle erneut einen tiefgreifenden Strukturwandel – und möchte doch Energieland bleiben. Auf der anderen Seite scheint in unserem Windflächenrechner das Flächenpotenzial in Nordrhein-Westfalen nach dem ersten Eindruck auch jenseits der Ballungsräume erstaunlich gering. Der Grund dafür wird schnell sichtbar, wenn im Tool die Waldflächen und mehr

noch die Landschaftsschutzgebiete ein- und ausgeblendet werden.

Auch im Saarland zeigt sich, dass das Windflächenpotenzial ausgesprochen begrenzt ist, solange die Abstände zu den Siedlungen maximal ausgereizt werden. Das Saarland ist nicht nur das kleinste Flächenland Deutschlands, sondern es weist auch eine besonders kleinteilige Siedlungsstruktur auf. Ergebnis: Wesentliche Potenzialflächen für Windräder ergeben sich – wenn überhaupt – erst, wenn die Abstände zur Wohnbebauung variabel gestaltet und stark reduziert werden.

Das Beispiel Mecklenburg-Vorpommerns verdeutlicht, dass es sinnvoll ist, sich bei der Suche nach Flächen für den Bau von PV-Freiflächenanlagen von den Förderbedingungen des EEG zu lösen und auch nicht benachteiligte Gebiete in diese miteinzubeziehen.

Zuletzt werden erste Überlegungen zur Frage formuliert, mit welchen neu gestalteten Flächenkriterien der Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergie in Deutschland gelingen könnte.

2 Nordrhein-Westfalen: Viel Wald, viele Landschaftsschutzgebiete, viel Potenzial für Windräder

Werden in Nordrhein-Westfalen weder Teile von Wäldern noch von Landschaftsschutzgebieten genutzt, reduzieren sich mögliche Ausbauflächen für Windenergieanlagen massiv.

Abbildung 4



Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner.

*Abstand zu Siedlungen 1.000 Meter, keine Nutzung von Waldflächen oder von Landschaftsschutzgebieten

Im Jahr 2020 waren laut Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur in Nordrhein-Westfalen 3.505 Windenergieanlagen mit einer kumulierten Stromleistung von 6.069 Megawatt in Betrieb.⁸ Nordrhein-Westfalen ist das bevölkerungsreichste und mit einer Fläche von 34.112 Quadratkilometern das viertgrößte Bundesland Deutschlands.⁹ Das Bundesland verdankt seine Stellung als industrielle Kernregion Deutschlands historisch den dortigen Stein- und Braunkohlevorkommen. Nordrhein-Westfalen versteht sich deshalb nicht nur als Industrieland, sondern auch als ein Zentrum der nationalen Stromproduktion. Der Anspruch ist, nach dem Ausstieg aus der Kohleverstromung viel Elektrizität im eigenen

Land zu erzeugen, um auch nach der Energiewende Energieland zu bleiben. Basierend auf der Einstellung „Ausgewiesene Windflächen (2019)“ beträgt der Anteil der genutzten Windpotenzialflächen in Nordrhein-Westfalen an der Gesamtfläche des Bundeslandes 1,4 Prozent (Abbildung 4). Das liegt unter anderem daran, dass die Windpotenzialflächen im Wald und in Landschaftsschutzgebieten nicht ausgeschöpft werden.

Regler „Nutzung Landschaftsschutzgebiete“

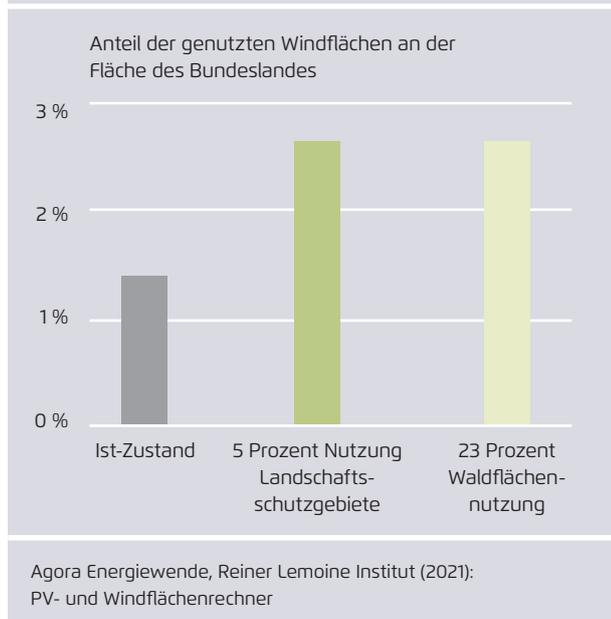
Nordrhein-Westfalen ist das Land der Landschaftsschutzgebiete. Landschaftsschutzgebiete dienen nach § 26 Absatz 1 Bundesnaturschutzgesetz dem beson-

8 Fachagentur Windenergie an Land (2021a): S. 34

9 Statista (2021a): S. 1

Nahezu eine Verdopplung der Windpotenzialflächen in Nordrhein-Westfalen ist möglich, wenn Waldflächen und Landschaftsschutzgebiete nicht pauschal ausgeschlossen werden.

Abbildung 5



deren Schutz von Natur und Landschaft. 42,4 Prozent der Landesfläche Nordrhein-Westfalens waren 2019 als solche ausgewiesen, mehr als in jedem anderen Bundesland. Im Bundesdurchschnitt beträgt der Anteil rund 26 Prozent der Gesamtfläche, wobei zwischen den einzelnen Bundesländern große Unterschiede existieren. In Schleswig-Holstein beispielsweise beträgt der Anteil von Landschaftsschutzgebieten an der Landesfläche nur 9,1 Prozent.¹⁰ Die Unterschiede sind zunächst unproblematisch und Ausdruck unterschiedlicher Länderpolitiken bezüglich der Ausweisungspraxis. Die Annahme liegt jedoch nahe, dass in den Bundesländern Flächen unterschiedlicher landschaftsökologischer Wertigkeit als Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen werden.

In Nordrhein-Westfalen entsteht durch die großzügige Ausweisungspraxis bei den Landschaftsschutz-

gebieten ein Problem, wenn diese Flächen gleichzeitig vollständig von Windenergieanlagen freigehalten werden sollen. Der Rekordanteil von über 42 Prozent als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesener Flächen bedeutet, dass rund 60 Prozent der gesamten Außenbereichsfläche außerhalb von Siedlungen entsprechend als Landschaftsschutzgebiet kategorisiert ist. Viele Dörfer und Siedlungen im ländlichen Raum sind sogar vollständig von Landschaftsschutzgebieten umgeben. Die Ausweisung von Flächen für Windenergie wäre demnach in großen Teilen des Landes nicht möglich, solange Landschaftsschutzgebiete in Gänze von Windenergieplanungen ausgeschlossen bleiben sollen. Um den Ausbau von Windenergieanlagen im Energieland Nordrhein-Westfalen zu forcieren, müsste das Land die Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten teilweise für die Windenergie öffnen.

In unserem PV- und Windflächenrechner finden Sie einen Regler, der die Planung von Windenergieanlagen in Landschaftsschutzgebieten auf einem Teil der Flächen möglich macht. Schon eine Öffnung von 5 Prozent der Landschaftsschutzgebiete für die Windenergie ergibt fast eine Verdopplung der Windpotenzialfläche in Nordrhein-Westfalen von 1,4 auf 2,6 Prozent (Abbildung 5). Hochrangige naturschutzrechtliche Schutzgebiete, wie Natura-2000-Flächen, bleiben von einer solchen Operation gänzlich unberührt.

Vorschläge für eine Zonierung der Landschaftsschutzgebiete in einerseits solche Flächen, auf denen Windenergieanlagen grundsätzlich errichtet werden können, und solche, die als harte Tabuzonen ausgewiesen werden, liegen bereits vor.¹¹

Regler „Waldflächennutzung“

Darüber hinaus ist die Frage, inwieweit Wald- und Forstflächen als Standorte für Windenergieanlagen

¹⁰ Bundesamt für Naturschutz (2019): S. 1

¹¹ Agora Energiewende (2020): S. 18 f.

in Betracht kommen, Gegenstand intensiver Diskussionen in vielen Bundesländern – mit jeweils unterschiedlichen Ergebnissen. In manchen, vornehmlich norddeutschen Bundesländern sind Waldstandorte für Windenergieanlagen überwiegend ausgeschlossen, in anderen Bundesländern, vornehmlich im Süden und Westen Deutschlands sind sie unter Auflagen, insbesondere in naturfernen Wäldern, erlaubt. Ende 2020 produzierten in Deutschland insgesamt 2.086 Windenergieanlagen auf Waldflächen Strom mit einer installierten Leistung von 5.672 Megawatt.¹²

Nordrhein-Westfalen, um bei unserem Beispiel zu bleiben, verfügt über Waldflächen auf immerhin fast ein Drittel der Landesfläche (935.000 Hektar). Rund 63 Prozent davon befinden sich in Privatbesitz, knapp 21 Prozent gehört der Kommune und 13 Prozent bewirtschaftet das Land.¹³ Ende 2020 drehten sich in nordrhein-westfälischen Wäldern 93 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von knapp 247 Megawatt. An der Gesamtzahl der Windenergieanlagen in Nordrhein-Westfalen hatten Waldstandorte Ende 2020 einen Anteil von 2,7 Prozent.¹⁴

Mit dem Regler „Waldflächennutzung“ können Nutzer:innen das Potenzial von Waldflächen bei der Errichtung von Windenergieanlagen (und letztlich der Zielerreichung Klimaneutralität) im von ihnen zu bestimmendem Ausmaß einsetzen. Setzt man beispielsweise den Regler „Nutzung Landschaftsschutzgebiete“ zurück auf null Prozent und belässt den Regler „Abstand zu Siedlungen“ bei 1.000 Metern, müsste man den Regler „Waldflächennutzung“ auf 23 Prozent stellen, um gleichfalls fast eine Verdoppelung der Windpotenzialfläche Nordrhein-Westfalens von 1,4 auf 2,6 Prozent zu erzielen (Abbildung 5). Die nordrhein-westfälischen Waldflächen bieten dem-

nach ebenfalls ein großes Potenzial für den Windenergieausbau, das aber bisher nur wenig genutzt wird.

Im Gegensatz zu anderen Bundesländern erlaubt Nordrhein-Westfalen Windenergieanlagen im Wald seit Juli 2019 nur noch, wenn der Bedarf nicht außerhalb von Waldgebieten realisiert werden kann.¹⁵ Einerseits scheint die auch in anderen Bundesländern als Nordrhein-Westfalen zu beobachtende Aversion gegen Waldstandorte für Windenergieanlagen nur begrenzt rational begründet. Wenn es beispielsweise um das große Thema Schutz besonders gefährdeter Greifvögel geht, erweisen sich Waldstandorte im Vergleich zum Offenland, wo diese Vögel ihre Nahrung suchen, als eher unproblematisch. Andererseits erscheint es analog zur Ausweisung von Windenergieanlagen in Landschaftsschutzgebieten von landschaftsökologisch geringerer Wertigkeit naheliegend, auch bei der Nutzung von Waldflächen für Windenergieanlagen zwischen intensiv forstwirtschaftlich genutzten und naturnahen Waldflächen zu unterscheiden. Windenergieanlagen können mittlerweile wirtschaftlich und naturverträglich deutlich oberhalb der Baumkronen betrieben werden.¹⁶ Insbesondere Flächen, die durch Dürre, Sturm oder Schädlingsbefall stark beschädigt wurden, wären vorrangig zu nutzen.

Am Beispiel Nordrhein-Westfalens zeigt sich, dass Wald und Landschaftsschutzgebiete nicht von vornherein für die Windenergienutzung ausgeschlossen werden sollten. Selbstverständlich heißt das nicht, dass alle hier identifizierten Flächen in Nordrhein-Westfalen tatsächlich für den Ausbau von Windenergieanlagen ausgewiesen werden können oder sollten. Vielmehr zeigen die Beispiele, dass – eine naturverträgliche Planung und Errichtung von Windrädern vorausgesetzt – auch in einem Bundesland mit hoher Bevölkerungsdichte Potenzial für den Ausbau von Windenergie vorhanden ist, wenn die politischen Rahmenbedingungen entsprechend gesetzt werden.

12 Fachagentur Windenergie an Land (2021b): S. 17

13 Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2021): S. 1

14 Fachagentur Windenergie an Land (2021b): S. 17, 36

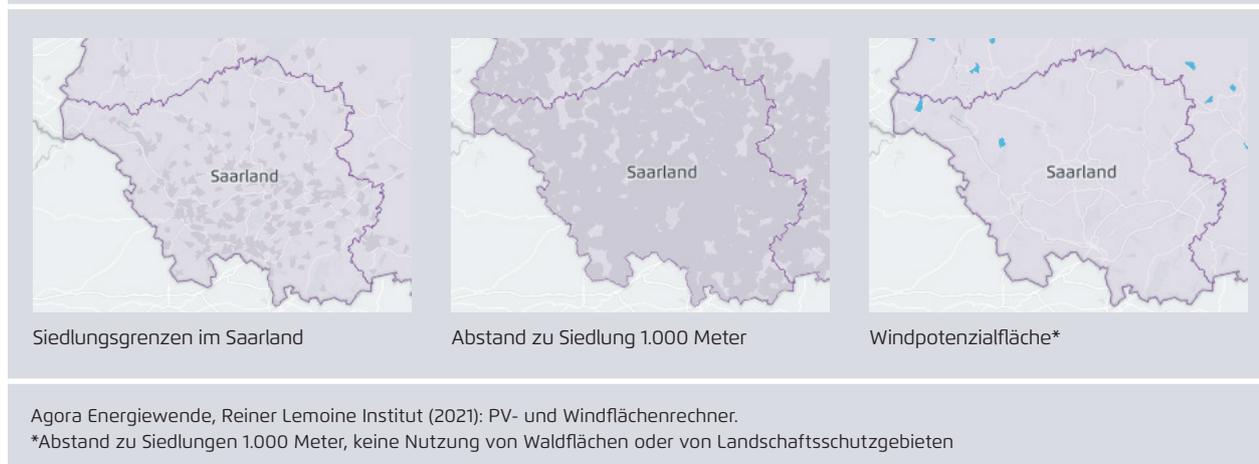
15 Energie Zukunft (2021): S. 1

16 Fachagentur Windenergie an Land (2019): S. 4

3 Saarland: Windpotenzialflächen durch Verringerung des Siedlungsabstandes

Verringert sich im Saarland der Abstand zu Siedlungen, steigt der Anteil möglicher Flächen für den Ausbau von Windenergieanlagen stark an.

Abbildung 6



Das Saarland weist als kleinstes Flächenland Deutschlands (5.570 Quadratkilometer) mit seinen knapp eine Million Einwohnern eine außergewöhnlich hohe Siedlungsdichte auf.¹⁷ Bis Ende des Jahres 2020 waren dort 220 Windenergieanlagen mit einer kumulierten Leistung von 526 Megawatt installiert.¹⁸ Derzeit beträgt der Anteil der ausgewiesenen Windpotenzialflächen im Saarland an der Gesamtfläche des Bundeslandes 1,2 Prozent, wenn man einen Mindestabstand von 1.000 Metern zu Siedlungen annimmt (Abbildung 6).

Es stellt sich die Frage, wie verstreute Siedlungen und die Notwendigkeit der Windflächenausweisung zusammengehen. In der bundesweit intensiv geführten Diskussion um Mindestabstandsgrenzen von Windenergieanlagen zur Wohnbebauung ging es vor allem um die Auslegung des Kriteriums der „optisch bedrängenden Wirkung“ beim Bau von Windenergie-

anlagen. Das Problem: Die Beurteilung dieses Kriteriums ist weder gesetzlich noch untergesetzlich geregelt, sondern erfolgt seit vielen Jahren ausschließlich auf Basis von Entscheidungen der Verwaltungsgerichte.

Da die Gerichte mittlerweile regelmäßig Abstandswerte zugrundlegen, die sich an der Höhe der Windenergieanlagen orientieren (im Regelfall werden heute Abstände im Bereich der zwei- bis dreifachen Anlagenhöhe festgelegt), wächst das Abstandsmaß zur Wohnbebauung mit den modernen Anlagen mit. Diese sind inzwischen bis zu 240 Meter hoch. Dies bedeutet bei einem zugrunde gelegten Abstandswert der dreifachen Anlagenhöhe einen Abstand von 720 Metern.¹⁹

19 Vorschläge dazu, wie ein neues, vom Gesetzgeber festgelegtes Abstandsmaß aussehen könnte, das nicht automatisch mit den Anlagenhöhen immer weiter mitwächst und die berücksichtigen, dass die Anlagen bezogen auf ihre Größe immer leiser werden, liegen vor (Agora Energiewende 2020: S. 13f).

17 Statista (2021b): S 1

18 Fachagentur Windenergie an Land (2021a): S. 37

Regler „Abstand zu Siedlungen“

Ein Ergebnis der bundesweit und in vielen Ländern geführten Diskussion um angemessene Abstandsgrenzen war, dass diese einen erheblichen, oft entscheidenden Einfluss auf die Flächenkulisse haben, die in einer Region und in der Folge auch bundesweit für die Windenergie zur Verfügung steht.

Mit dem Regler „Abstand zu Siedlungen“ in unserem PV- und Windflächenrechner können Sie dies mit einem Klick nachvollziehen. Einstellbar sind Abstände von Windenergieanlagen zu den Siedlungen zwischen 1.000 und 400 Meter. Verringert man beispielsweise den Abstand zu Siedlungen von 1.000 Metern auf 800 Meter, ergibt sich eine Verdopplung der Windpotenzialfläche von 1,2 auf 2,5 Prozent (Abbildung 7). Verkleinert man ihn auf 600 Meter, erhöht sich dieser Anteil sogar auf 4,8 Prozent. Damit könnte man etwas mehr als

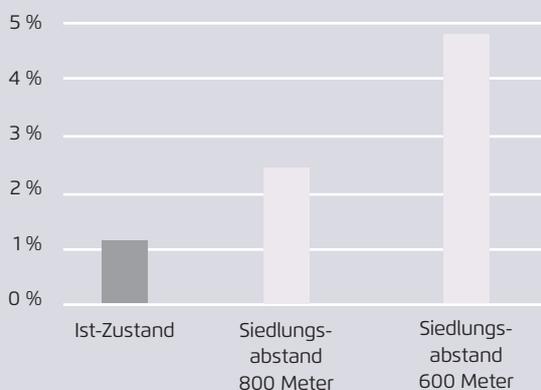
2 Prozent der Bundeslandfläche bereitstellen, wobei natürlich auch hier gilt, dass nicht alle vom PV- und Windflächenrechner identifizierten Flächen für den Bau von Windenergieanlagen genutzt werden müssen, um Klimaneutralität zu erreichen. Mit diesem Beispiel wollen wir vielmehr das Potenzial für Windenergie in Bundesländern mit einer hohen Siedlungsdichte aufzeigen.

In diesem Zusammenhang ist zudem auf eine Besonderheit hinzuweisen: Die PV- und Windpotenzialflächen werden rein rechnerisch mithilfe bundesweit verfügbarer Daten vom PV- und Windflächenrechner ermittelt (Infobox 2). Über die verwendeten Datensätze hinausgehende Angaben und Kriterien werden bei dieser rein rechnerischen Erfassung von PV- und Windpotenzialflächen nicht berücksichtigt. Das kann dazu führen, dass im Tool PV- und Windpotenzialflächen sogar in öffentlichen Parkanlagen ausgewiesen werden, was selbstverständlich ausgeschlossen ist und bleibt: ein klassisches Artefakt (Sanssouci-Effekt, Infobox 3).

Verringert sich der Abstand zu Siedlungen, verdoppelt und vervierfacht sich der Anteil der Windpotenzialflächen im Saarland.

Abbildung 7

Anteil der genutzten Windflächen an der Fläche des Bundeslandes

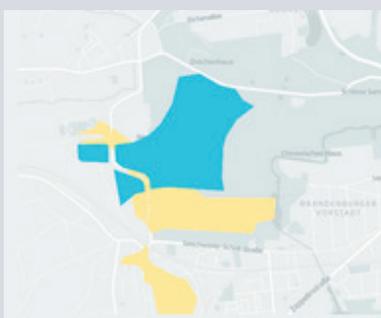


Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner

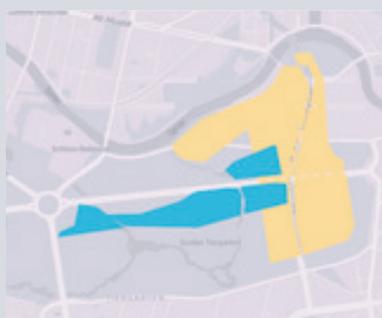
Auch bei der Diskussion um den angemessenen Abstand zu Siedlungen beim Bau von Windenergieanlagen gilt: Das Flächentool vermittelt einen ersten Eindruck, wie wichtig die Abstandsregelungen für die Planungsmöglichkeiten von Windenergieanlagen grundsätzlich sind. In flächengrößeren Städten kann es zum Beispiel reizvoll sein, Windräder innerstädtisch in unbewohnten Gewerbegebieten zu platzieren, wo das Konfliktpotenzial erfahrungsgemäß gering ist. Ebenfalls ist es sinnvoll, sich auf ein Teilgebiet im Außenbereich zu konzentrieren, das zum Beispiel für die Freizeitgestaltung, die Erholung der Bevölkerung oder den Naturschutz keine besondere Funktion hat. Der Windflächenrechner hilft unter Umständen bei der ersten Bestimmung der Abstände potenzieller Flächen. Er ersetzt aber keinesfalls die Diskussionen vor Ort. Für die lokalen Besonderheiten ist das Tool blind. Es kennt weder die Flächennutzungsplanung oder die Bauleitplanung vor Ort noch die Regionalplanung.

Infobox 3: Der Sanssouci-Effekt

Der Sanssouci-Effekt beschreibt das Auftreten von Artefakten bei PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen in der Kartendarstellung. Wird der Siedlungsabstand im PV- und Windflächenrechner beispielsweise auf 400 Meter eingestellt, erscheint im Schlosspark Sanssouci in Potsdam eine PV-Freiflächen- und Windpotenzialfläche, weil im Datensatz des PV- und Windflächenrechners für diese Fläche keine andere Nutzungsart hinterlegt wurde (Beispiel 1).



Beispiel 1: Schlosspark Potsdam



Beispiel 2: Tiergarten Berlin



Beispiel 3: Golfplatz Oberallgäu

Der Sanssouci-Effekt tritt auch bei anderen Flächen auf, wie beispielsweise bei Stadtparks (Beispiel 2) oder Golfplätzen (Beispiel 3). Der PV- und Windflächenrechner weist somit Flächen aus, deren vollständige Nutzung nicht nur weitere Beteiligungs- und Genehmigungsverfahren benötigen, sondern auch Flächen, auf denen der Bau von PV-Freiflächenanlagen und Windrädern vollständig ausgeschlossen werden kann – hier gibt es schlicht ein Datenproblem.



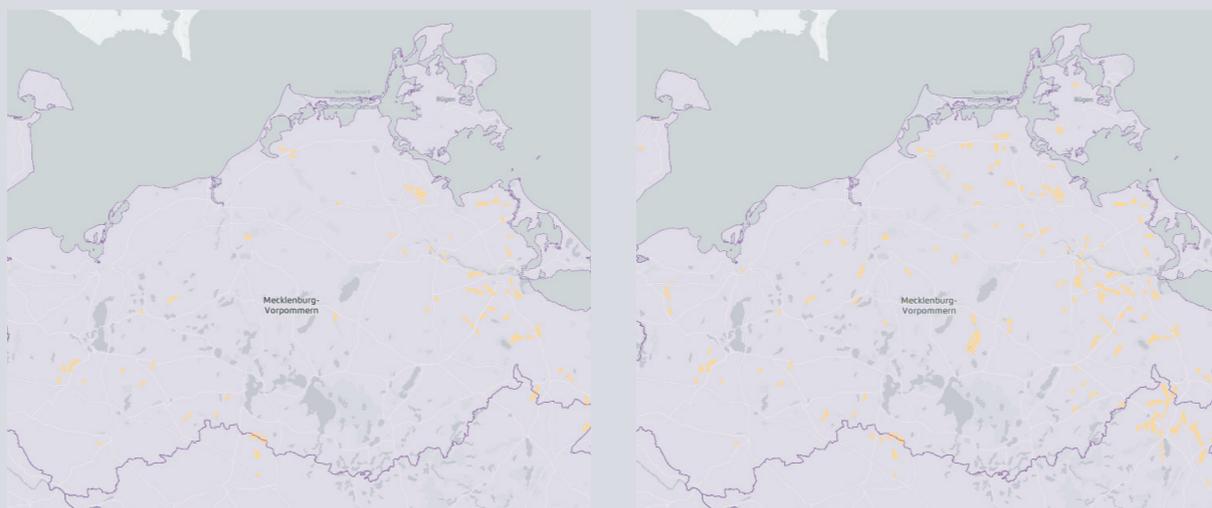
Beispiel 4: Umzingelung

Der Sanssouci-Effekt führt darüber hinaus dazu, dass nicht nur in Städten PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen ausgewiesen werden, sondern auch rund um Siedlungen, sofern dem PV- und Windflächenrechner um die Siedlungen herum keine anderen Flächennutzungsformen bekannt sind. So entsteht der falsche Eindruck einer möglichen vollständigen „Umzingelung von Siedlungen“ durch PV-Freiflächenanlagen und Windräder. Diese Umzingelung wird jedoch nie eintreten. Denn zum einen wird in der Regel nur ein Anteil der (in der Karte blau und gelb) dargestellten PV-Freiflächen- und Windpotenzialfläche in „Mein Szenario“ als solche ausgewiesen. Zum anderen sind weitergehende Untersuchungen vor Ort notwendig, um zu ermitteln, welche der vom PV- und Windflächenrechner identifizierten PV-Freiflächen- und Windpotenzialflächen tatsächlich für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen und Windrädern geeignet sind.

4 Mecklenburg-Vorpommern: Aufhebung der EEG-Flächenbegrenzungen als Booster für den Ausbau von PV-Freiflächenenergie

Wird die Beschränkung auf benachteiligte Gebiete aufgehoben, können Bundesländer wie Mecklenburg-Vorpommern mehr Kompromisse bei der Ausweisung von Flächen für PV-Freiflächenanlagen eingehen, selbst wenn nur Acker- und Grünlandflächen mit geringer oder sehr geringer Bodengüte berücksichtigt werden.

Abbildung 8



Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner. Linke Seite: Potenzialfläche für PV-Freiflächenanlagen, nur benachteiligte Gebiete berücksichtigt. Rechte Seite: Potenzialfläche für PV-Freiflächenanlagen ohne Begrenzung auf benachteiligte Gebiete

Im Jahr 2020 wurden in Deutschland insgesamt nur rund 15¹ Terawattstunden Strom von PV-Freiflächenanlagen erzeugt. Zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 werden jedoch mindestens 220² Terawattstunden benötigt.

Wie kann der Ausbau von PV-Freiflächenanlagen in Deutschland vorangetrieben werden? Der hier vorgestellte PV- und Windflächenrechner vermittelt einen ersten Eindruck von den Möglichkeiten. Deutschland besitzt bei der Ausweisung von Flächen großes Potenzial, selbst wenn nur Acker- und Grünlandflächen mit geringer oder sehr geringer Bodengüte (Soil Quality Rating (SQR) kleiner 40, Infobox 2) berücksichtigt werden. Um dieses Potenzial für PV-Freiflächen auch für geförderte Anlagen

- 1 Die Strommenge von 15 Terawattstunden für PV-Freiflächenanlagen wurde mit Hilfe der in Agora Energiewende (2021) genannten Summe von 51 Terawattstunden für Freiflächen- und Aufdach-PV unter der Annahme derselben Volllaststunden für beide Typen abgeschätzt.
- 2 PV- und Windflächenrechner (2021)

nutzen zu können, müssen allerdings die aktuellen Flächenbegrenzungen im EEG aufgehoben werden.³

Ein Beispiel: Sollen alle Bundesländer (exklusive Stadtstaaten) 0,6 Prozent ihrer Fläche für den Bau von PV-Freiflächenanlagen zur Verfügung stellen und allein benachteiligte Gebiete in die Suche mit einbeziehen, verfügt Mecklenburg-Vorpommern über eine Potenzialfläche von rund 148 km². Werden jedoch auch Flächen in nicht benachteiligten Gebieten mit einer Bodengüte von 40 und weniger berücksichtigt, steigert sich das Flächenpotenzial um 51

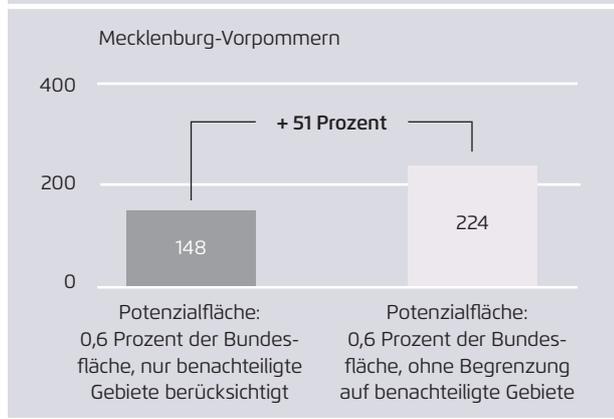
Prozent auf rund 224 km² (Abbildung 8 und 9). Es ist daher nicht verwunderlich, dass Mecklenburg-Vorpommern den Bau von PV-Freiflächenanlagen unter anderem auf Ackerland mit einer Bodengüte von maximal 40 Bodenpunkten plant, um die für die Energiewende erforderlichen Ausbaupfade zu erreichen.⁴

Um eine ausgewogene Kompromissfindung bei der Ausweisung von Flächen in allen Bundesländern zu ermöglichen, sollten zudem auch landwirtschaftlich genutzte Flächen mit einer Bodengüte über 40 sowie Moore oder Schutzgebiete mit in die Überlegungen einbezogen werden. Soll zum Beispiel jedes Bundesland 0,6 Prozent seiner Fläche mit einer Bodengüte von bis zu 40 zur Verfügung stellen, müssten Sachsen und Sachsen-Anhalt aufgrund ihrer ertragreichen Acker- und Grünlandflächen im Vergleich zu den anderen Bundesländern überdurchschnittlich viele vom PV- und Windflächenrechner errechneten Potenzialflächen für den Bau von PV-Freiflächenanlagen nutzen.⁵

3 Nach § 37 EEG können PV-Freiflächenanlagen auf bereits versiegelten oder Konversionsflächen sowie in einem 185 Meter breiten Korridor entlang von Autobahnen und Schienenwegen errichtet werden. Auch sind PV-Freiflächenanlagen mit einer Nennleistung von über 750 Kilowatt-Peak und bis 20 Megawatt-Peak auf Acker- und Grünlandflächen in sogenannten „landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten“ förderfähig, sofern die Bundesländer eine entsprechende Rechtsverordnung dazu erlassen haben (Infobox 1, Energieatlas Bayern (2021)).

Gerade vor dem Hintergrund sinkender Kosten für Freiflächen-PV wird das Marktsegment der sogenannte Power-Purchase-Agreement-Anlagen (PPA-Anlagen), die ohne Förderung auskommen und somit grundsätzlich auch außerhalb der vom EEG begrenzten Flächen errichtet werden können, zunehmend attraktiver. Deswegen sollten noch weitere Kriterien, die aktuell eine Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen auf bestimmten Flächen in Deutschland ausschließen, überdacht werden. Besonders gilt es zu überprüfen, ob Freiflächen-PV den eigentlichen Schutzzweck von bestimmten Flächen wirklich gefährdet und ob technische Vorkehrungen vorgegeben oder Flächenunterkategorien geschaffen werden können, die eine Nutzung oder Mitnutzung durch PV-Freiflächenanlagen erlauben.

Abbildung 9
Werden alle Acker- und Grünlandflächen mit einer Bodengüte von 40 und weniger einbezogen, steigert sich das Flächenpotenzial in Mecklenburg-Vorpommern um 51 Prozent.



Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner

4 pv magazine (2021)

5 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2014)

Mit Agrar-PV-Anlagen können zum Beispiel unterschiedliche Flächennutzungsformen kombiniert werden. Auch die Möglichkeiten, Biodiversität, Natur- und Umweltschutz und die ländliche Entwicklung mit der Freiflächen-PV in Einklang zu bringen, erscheinen bei Weitem noch nicht ausgeschöpft zu sein.⁶ Welche Flächen letztlich für den Bau von PV-Freiflächenanlagen genutzt werden können, muss dann unter möglichst früher Einbeziehung aller Beteiligten vor Ort entschieden werden.

6 BNE (2021), Agora et al. (2021),
Stiftung Klimaneutralität et al. (2021)

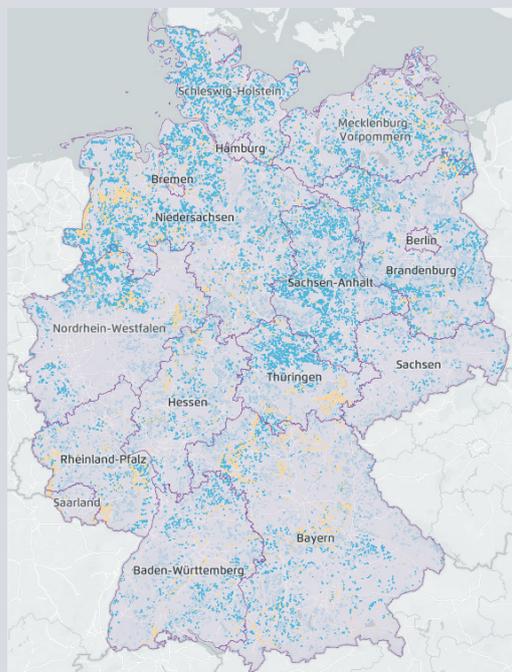
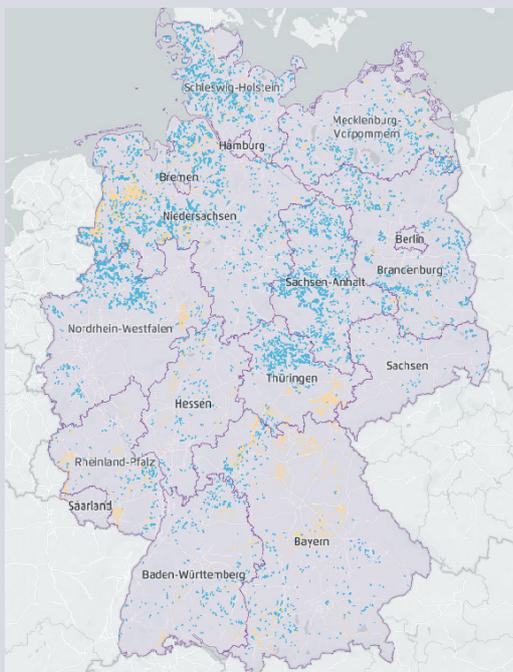
5 Wie der Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergie in Deutschland gelingen könnte – erste Überlegungen

Die Beispiele Nordrhein-Westfalen und Saarland haben gezeigt, dass selbst Bundesländer, in denen auf den ersten Blick wenig Flächen für den Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen zur Verfügung stehen, mehr oder weniger große Potenziale erschließen können. Ziel muss und soll es aber keinesfalls sein, alle in diesem Tool erfassten Potenzialflächen tatsächlich für PV-Freiflächen- und

Windenergie nutzbar zu machen. Weder soll für den Bau von Windrädern der Abstand zu Siedlungen pauschal auf 400 Meter gesenkt werden, noch sind in jedem Wald und Naturschutzgebiet Windräder zu errichten. Auch für den Bau von PV-Freiflächenanlagen soll nicht jede mögliche Fläche genutzt werden. Schon weil das alles zur Erreichung von Klimaneutralität nicht notwendig ist.

Schon mit einer geringen Verringerung des Siedlungsabstands und einer moderaten Nutzung von Waldflächen und Landschaftsschutzgebieten könnten beispielsweise bis zum Jahr 2045 deutschlandweit 299 Terawattstunden Strom aus Windenergieanlagen an Land erzeugt werden.

Abbildung 10

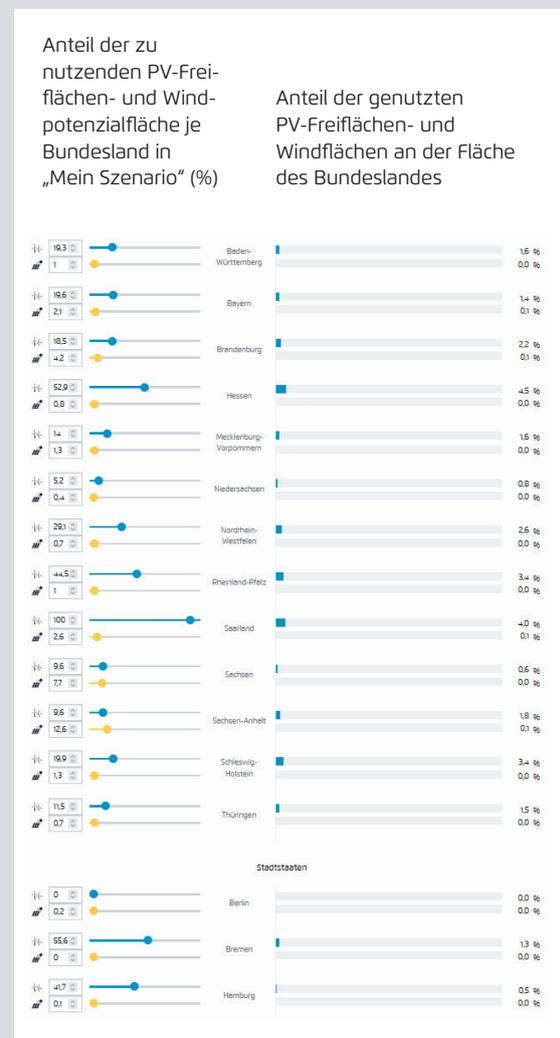


Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner. Linke Seite: Einstellung „Ausgewiesene Windflächen (2019)“, 136 Terawattstunden Stromerzeugung aus Windenergieanlagen an Land, Siedlungsabstand 1.000 Meter, Ausschluss von Waldflächen und Landschaftsschutzgebieten, Nutzung der Potenzialfläche 17 Prozent. Rechte Seite: 299 Terawattstunden, Siedlungsabstand 800, Waldflächennutzung 5 Prozent und Nutzung von Landschaftsschutzgebieten 2 Prozent, Nutzung der Potenzialfläche 18 Prozent

In jedem Fall geht es aber darum, einen möglichst gerechten Ausgleich unterschiedlicher Belange zu finden, indem sowohl die Schutzbedürftigkeit der Natur und besonders gefährdeter Arten als auch die

Interessen der Menschen und die besonderen Gegebenheiten vor Ort Berücksichtigung finden. Nur Nichtstun ist keine Option, sollen die Klimaschutzziele, die inzwischen alle Ebenen der Politik beschwören, realisiert werden. Das gilt für den Bund, die Länder und die Flächenplaner in den Regionen und Kommunen gleichermaßen.

Ohne bundesweite Absprachen variiert der Anteil der genutzten PV-Frei- und Windflächen an der Fläche des Bundeslandes stark. **Abbildung 11**



Agora Energiewende, Reiner Lemoine Institut (2021): PV- und Windflächenrechner. Einstellung „ausgewiesene Windflächen (2019)“ Siedlungsabstand 800, Waldflächennutzung 5 Prozent und Nutzung von Landschaftsschutzgebieten 2 Prozent, Nutzung der Potenzialfläche 18 Prozent

Der PV- und Windflächenrechner wurde entwickelt, um die Wirkung einfacher Stellschrauben für Deutschland als Ganzes, aber auch in den Ländern und Regionen greifbarer zu machen. Dabei gibt es für die Suche von potentiellen Flächen für Windräder Regler zur Teilnutzung von Wald- und Landschaftsschutzgebieten sowie zu dem Abstand von Siedlungen zu Windenergieanlagen. Um mögliche Flächen für PV-Freiflächenanlagen zu finden, wurde der Schalter ‚benachteiligte Gebiete‘ eingerichtet.

In einer ersten Überlegung für beispielsweise das Auffinden von potenziellen Windenergieflächen wird die Einstellung „Ausgewiesene Windflächen (2019)“ ausgewählt und werden alle drei Regler – der Siedlungsabstand (800 Meter), die Nutzung von Waldflächen (5 Prozent) und Landschaftsschutzgebiete (2 Prozent) – deutschlandweit moderat bedient (Abbildung 10). Werden dabei nur 18 Prozent der ausgerechneten Potenzialflächen genutzt, könnten dadurch bis 2045 bereits 299 Terawattstunden Strom aus Windenergieanlagen an Land erzeugt werden.

Das gesagt, ist eine Gleichbehandlung der Bundesländer auch in Zukunft nicht Voraussetzung für den Erfolg der Energiewende, solange ein gerechter Ausgleich unterschiedlicher Interessen gelingt. Die Bundesländer können in einem gewissen Rahmen selbst entscheiden, wie stark sie an der Entwicklung der PV- und Windindustrie teilnehmen wollen. Bei der in Abbildung 10 dargestellten Überlegung variiert zum Beispiel der Anteil der zu nutzenden Windpotenzialfläche je Bundesland stark. Die Stadtstaaten ausgenommen, erstreckt sich die Bandbreite der Anteile der zu nutzenden Windpotenzialflächen je Bundesland von 5,2 Prozent (Niedersachsen) bis

100 Prozent (Saarland) und die Spannweite des Anteils der genutzten Windflächen an der Gesamtfläche des jeweiligen Bundeslandes von 0,6 Prozent (Sachsen) bis 4,5 Prozent (Hessen) (Abbildung 11).

Ausgehend von der Annahme, dass weniger als 3 Prozent der Fläche Deutschlands für den Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen benötigt wird, um das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen, erscheint es darüber hinaus sinnvoll, dieses Ziel auf die einzelnen Bundesländer (exklusive Stadtstaaten) herunterzubrechen. Die Lösung: Jedes Land soll mindestens 2 Prozent der Landesfläche und nicht weniger, als bereits heute als Fläche ausgewiesen ist, für den Bau von Windenergieanlagen zur Verfügung stellen und weniger als 1 Prozent der Landesfläche für PV-Freiflächenanlagen. Dadurch könnten bis 2045 deutschlandweit durch Windräder rund 310 und 220 Terawattstunden Strom mit Hilfe von PV-Freiflächenanlagen erzeugt werden. Durch die individuelle Handhabung der drei Regler – Abstand zu Siedlungen, Waldflächennutzung und Nutzung von Landschaftsschutzgebieten für Windenergie und des Schalters ‚benachteiligte Gebiete‘ für PV-Freiflächenanlagen wäre so der PV-Freiflächen- und Windenergieausbau in Deutschland bei gleichzeitiger Formulierung und Wahrung von Kompromissen vor Ort möglich (Abbildung 2). Alternativ wäre auch denkbar, dass sich die Bundesländer untereinander auf jeweils unterschiedliche Flächenanteile und im Gegenzug auf entsprechende Ausgleichszahlungen verständigen. So könnten die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt mit zum Beispiel Niedersachsen und Thüringen in Kontakt treten, die nach den Berechnungen des PV- und Windflächenrechner deutlich mehr Spielraum bei der Ausweisung von Flächen für PV-Freiflächenanlagen haben als sie.

6 Fazit

Ein Ausbau von PV-Freiflächen- und Windenergie an Land, der am Ende das Ziel der Klimaneutralität sicher gewährleistet, ist in Deutschland, einem Land mit hoher Bevölkerungsdichte und einem auch in Zukunft hohen Stromverbrauch ebenso nötig wie möglich. Das ist die gute Nachricht und das legen die Visualisierungen des hier vorgestellten PV- und Windflächenrechners nahe.

Es fehlt derzeit in Deutschland nicht an geeigneten Flächen, sondern am gesamtgesellschaftlichen Willen, sich auf den Optimierungsprozess beim Auffinden dieser Flächen einzulassen. Dazu soll der PV- und Windflächenrechner einen kleinen Beitrag leisten. Wenn es gut geht, helfen die mit dem Tool gewonnenen Erkenntnisse, die konkreten Aushandlungsprozesse zur Auffindung der „richtigen“ Flächen für die Errichtung von Windrädern und PV-Freiflächenanlagen vor Ort und in der realen Welt zu erleichtern. Die Festlegung konkreter Flächen kann aber letztlich nur im Rahmen der politischen Entscheidungsfindung auf den Ebenen des Bundes, der Länder und der Kommunen und unter Beteiligung der Öffentlichkeit stattfinden.

Der PV- und Windflächenrechner hilft Interessierten und Betroffenen, sich zu informieren und in den Diskurs einzutreten. Den Dialog mit der Bürgerschaft und unterschiedlichen Interessenvertretern vor Ort ersetzt er nicht. Auf Basis der Berechnungen und Visualisierungen können aber die unterschiedlichen Belange spielerisch abgewogen und Kompromissbildungen eingeübt werden. Er kann in der Perspektive auch Ausgangspunkt sein für verfeinerte Werkzeuge, die die PV-Freiflächen- und Windflächensuche auf Basis realer regionaler und lokaler Flächenplanungen erleichtern können. Das allerdings wäre eine Aufgabe des Staates im Rahmen der geforderten Digitalisierung der öffentlichen Verwaltungen.

Nur eines geht angesichts des real existierenden Klimawandels und der Modernisierungsnotwendigkeiten unserer Volkswirtschaft nicht: Die Hände in den Schoß zu legen und keine weiteren Flächen für PV-Freiflächen- und Windenergieanlagen auszuweisen.

Literaturverzeichnis

Agora Energiewende (2021): Die Energiewende im Corona-Jahr: Stand der Dinge 2020. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2021. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2020_01_Jahresauswertung_2020/200_A-EW_Jahresauswertung_2020_WEB.pdf

Agora Energiewende (2020): Sofortprogramm Windenergie an Land. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/sofortprogramm-windenergie-an-land/>

Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität (2021): Das Klimaschutz-Sofortprogramm. 22 Eckpunkte für die ersten 100 Tage der neuen Bundesregierung. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaschutz-sofortprogramm/>

BNE – Bundesverband Neue Energiewirtschaft (2021): Gute Planung von PV-Freilandanlagen. https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Dokumente/bne-inhalte/202109_bne_Gute_Planung_PV-Freilandanlagen.pdf

Bundesamt für Naturschutz (2019): Nationaler Gebietsschutz. Landschaftsschutzgebiete in Deutschland. <https://www.bfn.de/infotehke/daten-fakten/schutz-der-natur/nationaler-gebietsschutz/ii-23-10-11-landschaftsschutzgebiete-in-dl.html>

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2021): Ackerbauliches Ertragspotential der Böden in Deutschland. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung/Ertragspotential/Ertragspotential_node.html

Bundesnetzagentur (2020): Genehmigung des Szenariorahmens 2021–2035 vom 26. Juni 2020. https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/2035/SR/Szenariorahmen_2035_Genehmigung.pdf?__blob=publicationFile

Deutsche Windguard (2021): Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland. Jahr 2020. https://www.windguard.de/jahr-2020.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/windenergiestatistik/2020/Status%20des%20Windenergieausbaus%20an%20Land%20-%20Jahr%202020.pdf

Energie Zukunft (2021): Diskussion um Windräder im Wald. <https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/wind/diskussion-um-windraeder-im-wald/>

Energieatlas Bayern (2021): PV-Freiflächenförderung auf landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten. https://www.energieatlas.bayern.de/thema_sonne/photovoltaik/potenzial/benachteiligte_gebiete.html

Fachagentur Windenergie an Land (2021a): Ausbausituation der Windenergie an Land im Jahr 2020. S. 4 ff. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Analysen/FA_Wind_Zubauanalyse_Wind-an-Land_Gesamtjahr_2020.pdf

Fachagentur Windenergie an Land (2021b): Entwicklung der Windenergie im Wald. 6. Auflage. S. 15, 22, 37. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Windenergie_im_Wald/FA-Wind_Analyse_Wind_im_Wald_6Auflage_2021.pdf

Fachagentur Windenergie an Land (2019): Entwicklung der Windenergie im Wald. https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Windenergie_im_Wald/FA-Wind_Analyse_Wind_im_Wald_4Auflage_2019.pdf

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2021): Wald. <https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald>

Literaturverzeichnis

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021):

Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf

pv magazine (2021): Mecklenburg-Vorpommern will 5000 Hektar Ackerland für Photovoltaik-Freiflächenanlagen freigeben. <https://www.pv-magazine.de/2021/06/14/mecklenburg-vorpommern-will-5000-hektar-ackerland-fuer-photovoltaik-freiflaechenanlagen-freigeben/>

Statista (2021a): Fläche von Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1977 bis 2018. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1111890/umfrage/flaeche-nordrhein-westfalen/>

Statista (2021b): Einwohnerzahl im Saarland von 1960 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/155163/umfrage/entwicklung-der-bevoelkerung-des-saarlands-seit-1961/>

Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende (2021): Politikinstrumente für ein klimaneutrales Deutschland. 50 Empfehlungen für die 20. Legislaturperiode (2021–2025). <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/politikinstrumente-fuer-ein-klimaneutrales-deutschland-1/>

Wirth (2021): Aktuelle Fakten zu Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer ISE. Fassung vom 06.08.2021. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>

Publikationen von Agora Energiewende

AUF DEUTSCH

[Das Klimaschutz-Sofortprogramm](#)

22 Eckpunkte für die ersten 100 Tage der neuen Bundesregierung

[Zukünftige Anforderungen an eine energiewendegerechte Netzkostenallokation](#)

[Abschätzung der Klimabilanz Deutschlands für das Jahr 2021](#)

[Stellungnahme zum Szenariorahmen Gas 2022-2032 der Fernleitungsnetzbetreiber](#)

Konsultation durch die Fernleitungsnetzbetreiber

[Politikinstrumente für ein klimaneutrales Deutschland](#)

50 Empfehlungen für die 20. Legislaturperiode (2021-2025)

[Ein Gebäudekonsens für Klimaneutralität \(Langfassung\)](#)

10 Eckpunkte wie wir bezahlbaren Wohnraum und Klimaneutralität 2045 zusammen erreichen

[Sechs Eckpunkte für eine Reform des Klimaschutzgesetzes](#)

Konsequenzen aus dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts und der Einigung zum EU-Klimaschutzgesetz

[Klimaneutrales Deutschland 2045](#)

Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann

[Ladeblockade Netzentgelte](#)

Wie Netzentgelte den Ausbau der Schnellladeinfrastruktur für Elektromobilität behindern und was der Bund dagegen tun kann

[Klimaneutralität 2050: Was die Industrie jetzt von der Politik braucht](#)

Ergebnis eines Dialogs mit Industrieunternehmen

[Stellungnahme zum Entwurf des Steuerbare-Verbrauchseinrichtungen-Gesetz \(SteuVerG\)](#)

[Die Energiewende im Corona-Jahr: Stand der Dinge 2020](#)

Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2021

[Sofortprogramm Windenergie an Land](#)

Was jetzt zu tun ist, um die Blockaden zu überwinden

Publikationen von Agora Energiewende

AUF ENGLISH

Making renewable hydrogen cost-competitive (Legal Analysis)

Legal evaluation of potential policy support

Making renewable hydrogen cost-competitive (Study)

Policy instruments for supporting green H₂

EU-China Roundtable on Carbon Border Adjustment Mechanism

Briefing of the first dialogue on 26 May 2021

Towards climate neutrality in the buildings sector (Summary)

10 Recommendations for a socially equitable transformation by 2045

Matching money with green ideas

A guide to the 2021–2027 EU budget

Tomorrow's markets today

Scaling up demand for climate neutral basic materials and products

Breakthrough Strategies for Climate-Neutral Industry in Europe (Study)

Policy and Technology Pathways for Raising EU Climate Ambition

Towards a Climate-Neutral Germany by 2045

How Germany can reach its climate targets before 2050

#3 COVID-19 China Energy Impact Tracker

A recap of 2020

A "Fit for 55" Package Based on Environmental Integrity and Solidarity

Designing an EU Climate Policy Architecture for ETS and Effort Sharing to Deliver 55% Lower GHG Emissions by 2030

CO₂ Emissions Trading in Buildings and the Landlord-Tenant Dilemma: How to solve it

A proposal to adjust the EU Energy Efficiency Directive

No-regret hydrogen

Charting early steps for H₂ infrastructure in Europe

The European Power Sector in 2020

Up-to-Date Analysis of the Electricity Transition

Alle Publikationen finden Sie auf unserer Internetseite: www.agora-energiewende.de

Über Agora Energiewende

Agora Energiewende erarbeitet wissenschaftlich fundierte und politisch umsetzbare Wege, damit die Energiewende gelingt – in Deutschland, Europa und im Rest der Welt. Die Organisation agiert unabhängig von wirtschaftlichen und parteipolitischen Interessen und ist ausschließlich dem Klimaschutz verpflichtet.



Unter diesem Scan-Code steht diese Publikation als PDF zum Download zur Verfügung.

Agora Energiewende

Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 700 14 35-000

F +49 (0)30 700 14 35-129

www.agora-energiewende.de

info@agora-energiewende.de