



Dokumentation

Zur benötigten Anlagenzahl für den Ausbau der Windenergie an Land

Zur benötigten Anlagenzahl für den Ausbau der Windenergie an Land

Aktenzeichen:

WD 8 – 3000 - 062/22, WD 5 - 3000 - 101/22

Abschluss der Arbeit:

06.08.2022

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit,

Bildung und Forschung

WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Ernährung und Landwirtschaft

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Fragestellung	4
2.	Grundlagen	4
2.1.	Strombedarf	4
2.2.	Entwicklung der Anlagennennleistung, der Jahreserträge und der Nabenhöhe	5
2.3.	Anzahl der Windkraftanlagen an Land	8
3.	Flächenbedarfe der Windenergie: Ausweisung von zwei Prozent der Bundesfläche	10
3.1.	Regionale Verteilung der Windenergieanlagen	10
3.2.	Geforderte installierte Leistung und Flächenbedarf	12
3.3.	Anlagenspezifische Flächeninanspruchnahme	13
4.	Studien und Analysen zur Umsetzung des Zwei-Prozent-Ziels	14
4.1.	Anzahl der Windenergieanlagen	14
4.2.	Flächensimulator von Agora Energiewende	17

1. Einleitung und Fragestellung

Vor dem Hintergrund der kürzlich angehobenen Ausbauziele der Windenergie an Land und des Ziels, zwei Prozent der Landesfläche für die Nutzung durch Windenergie auszuweisen, ist die Frage gestellt worden, wie viele Windenergieanlagen (WEA) für das Erreichen des Ausbauziele erforderlich seien bzw. welche Windenergielieistung pro Quadratkilometer dem Ausweisungsziel zugrunde gelegt werde.

Die Zahl der für ein klimaneutrales Stromsystem benötigten Windenergieanlagen an Land hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Dazu gehören insbesondere die in der Zukunft benötigte Strommenge, die Entwicklung der Leistung und der durchschnittlichen Jahreserträge der installierten Anlagen und die über andere erneuerbare Energien (vor allem Solarenergie und Windenergie auf See) gewinnbaren Strommengen.¹

Im Folgenden werden zunächst einige grundlegende Rahmenbedingungen skizziert, die den Szenarien der zukünftigen Nutzung der Windenergie an Land zugrunde liegen. Dann werden einige Hintergründe zum Zwei-Prozent-Ziel erläutert. Schließlich werden aktuelle Studien und Analysen dokumentiert, die die Anzahl der für die Ausbauziele benötigten WEA bzw. die Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergienutzung untersuchen.

Mit Blick auf die Kurzfristigkeit der erbetenen Auskunft kann lediglich ein skizzenhafter Überblick gegeben werden, der keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

2. Grundlagen

2.1. Strombedarf

Mit Blick auf die Annahmen zum künftigen Strombedarf unterscheiden sich die Szenarien verschiedener Institute² unter anderem dadurch, welche Mengen an „Grünem Wasserstoff“ in Deutschland erzeugt bzw. importiert werden sollen. Weitere Einflussfaktoren sind die Annahmen zur Elektrifizierung des Verkehrssektors oder die Anzahl der installierten Wärmepumpen für die Gebäudeheizung.

Hinsichtlich der benötigten Erzeugungskapazitäten ist auch der Ausbau der Stromnetze ein wichtiger Einflussfaktor. So wird in aktuellen Medienberichten auf der Grundlage des Energieatlasses Bayern darauf hingewiesen, dass das Verteilnetz an manchen Stellen Bayerns derzeit nicht mehr in der Lage sei, den Anschluss neuer Freiflächensolarparks ohne Kappung der Erzeugungs-

1 Einen instruktiven Vergleich der wichtigsten Szenarien bietet der Ariadne Report „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“, <https://ariadneprojekt.de/news/big5-szenarienvergleich/>. Siehe auch Tröndle (2020) Supply-side options to reduce land requirements of fully renewable electricity in Europe. PLoS ONE 15(8), <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0236958>, Zusammenfassung der Ergebnisse unter: <https://www.iass-potsdam.de/de/news/erneuerbare-europa-flaechenbedarf-laesst-sich-mit-geringen-meinkosten-verringern>.

2 Ebenda. Zusammenfassung, S. 6 f.,

spitzen zu ermöglichen. Neben dem (planungsaufwändigen und in der Regel langwierigen) Ausbau des Netzes können dezentrale Speicher- oder Elektrolysekapazitäten eine Entlastung des Netzes bewirken.³

2.2. Entwicklung der Anlagennennleistung, der Jahreserträge und der Nabenhöhe

Eine Publikation der Deutschen WindGuard hat die bisherige und prognostizierte zukünftige Entwicklung der Anlagennennleistung und der Anlagenhöhe grafisch aufbereitet:

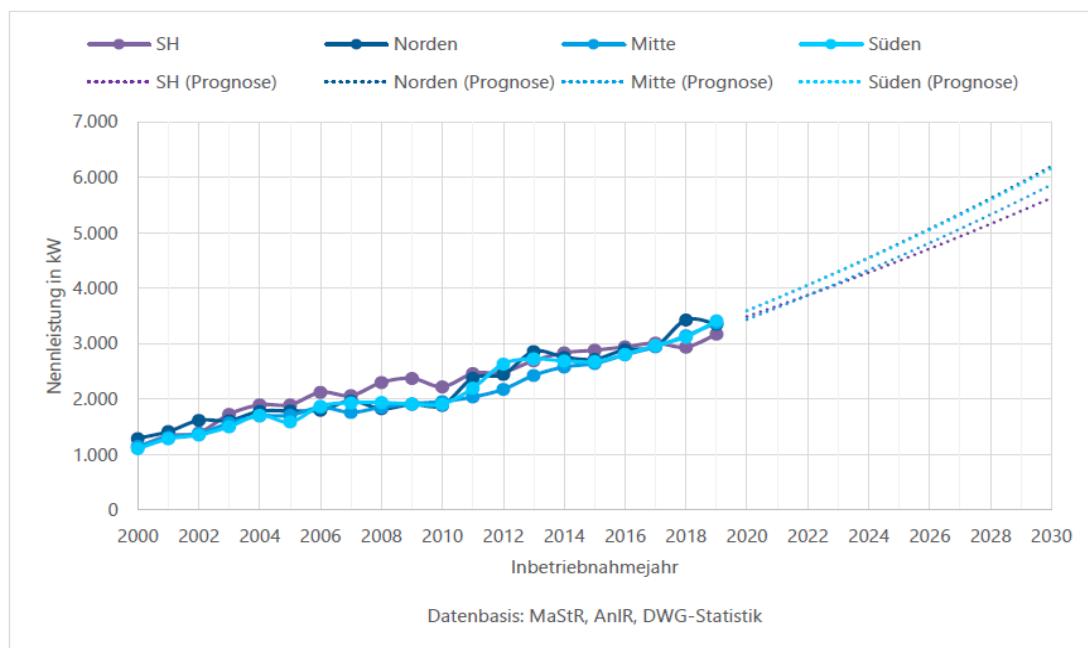


Abbildung 16:
Prognose für die Entwicklung der mittleren Nennleistung

Die im ersten Halbjahr 2022 installierten WEA hatten eine durchschnittliche Nennleistung von rund 4 MW.⁴ Seit dem Jahr 2000 hat sie sich damit fast vervierfacht.

Aufgrund dieser Entwicklung wird sich die durchschnittliche Nennleistung der installierten WEA in den kommenden Jahren weiter erhöhen.

3 BR 24 vom 26. Juli 2022, <https://www.br.de/nachrichten/bayern/photovoltaik-wenn-fuer-neue-solarparks-die-stromleitungen-fehlen.TCclL0z>.

4 Bruttozubau von 238 Anlagen mit einer Nennleistung von zusammen 977 MW.

Gestiegen ist auch die Nabenhöhe der Neuanlagen, wie die folgende Grafik verdeutlicht.

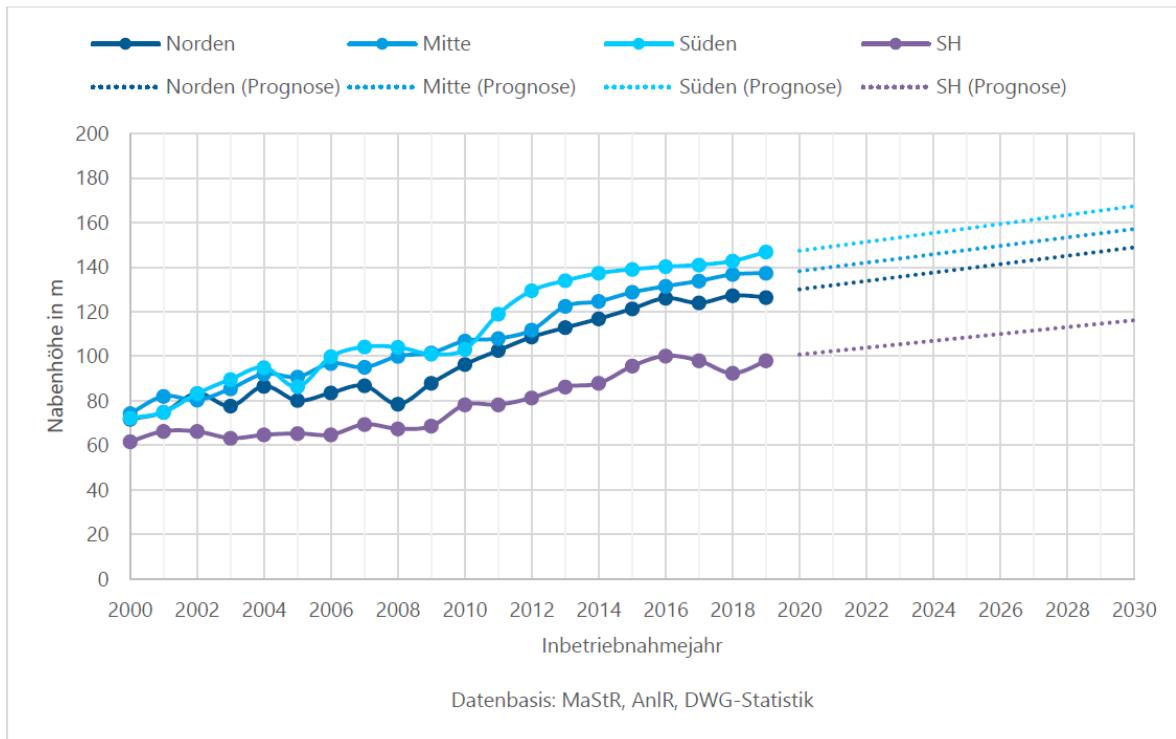


Abbildung 13:
Prognose für die Entwicklung der mittleren Nabenhöhe

Gestiegen ist nicht nur die Nennleistung, sondern auch der Rotordurchmesser. Der optische Eindruck einer laufenden modernen Windkraftanlage ist dabei ruhiger als der älterer Anlagen. Trotz gestiegener Anlagengröße sind auch die Schallemissionen der Anlagen nach Herstellerangaben nicht gestiegen. Repowering-Projekte können vor diesem Hintergrund nicht selten zu einer Reduzierung der Lärmemissionen in einem Gebiet führen.⁵

Auf der Grundlage des bisherigen Designs von Windenergieanlagen ist damit zu rechnen, dass sich die Steigerung der Turmhöhe nicht im selben Maße fortsetzen wird. Aufgrund des Gewichts der Gondel, an dem der Rotor festgemacht ist, dürften hier die konstruktiven Grenzen absehbar erreicht sein.⁶

5 Siehe dazu den Sachstand „Windenergieanlagen – Technische Aspekte der Schallemissionen“, 21. Januar 2021, WD 8-3000-096/20

6 Siehe auch die Einschätzung der Deutschen WindGuard (Anm. #), S. 22-

Jedoch könnten sogenannte Sprunginnovationen die Entwicklung in heute noch nicht sicher absehbarem Maße beeinflussen. Beispielsweise sei die Idee des Ingenieurs Horst Bendix eines Höhenwindrades genannt, das deutlich größere Turmhöhen erlauben soll. Die Entwicklung eines Prototyps wird von der Bundesagentur für Sprunginnovationen gefördert.⁷

Wenn sich diese Idee technisch in industriellem Maßstab umsetzen ließe, würde dies die Anzahl der für eine bestimmte Strommenge benötigten Anlagen um den Faktor 3 reduzieren. Auch Konflikte mit dem Artenschutz könnten auf diese Weise reduziert werden, da zahlreiche betroffene Vogel- und Fledermausarten in den größeren Höhen nicht fliegen.

7 <https://www.sprind.org/de/projekte/bendix/>

2.3. Anzahl der Windkraftanlagen an Land

Nach Angaben des Bundesverbandes WindEnergie (BWE) standen **Ende 2021** in Deutschland insgesamt **28.230 Onshore-Windenergieanlagen**, die aktuell rd. **56 GW bzw. 56.130 MW** Gesamtleistung erbringen.⁸

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Anzahl der Windkraftanlagen an Land von **2001 bis 2021**:



Nach Angaben der Deutschen WindGuard wurden im **ersten Halbjahr 2022** in Deutschland 238 neue Windenergieanlagen (WEA) an Land mit einer Leistung von zusammen 977 MW installiert. 82 WEA mit einer Leistung von insgesamt 99 MW wurden zurückgebaut. 35 WEA der neuinstal-

8 <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/deutschland/>.

9 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/20116/umfrage/anzahl-der-windkraftanlagen-in-deutschland-seit-1993/>.

lierten WEA mit einer Leistung von 133 MW wurden im Rahmen von **Repoweringprojekten** errichtet, bei denen Altanlagen durch moderne, leistungsstärkere Anlagen ersetzt werden. Siehe hierzu die nachfolgende Tabelle:

Status des Windenergieausbaus an Land

	Leistung	Anzahl
Entwicklung H1 2022	Brutto-Zubau	977 MW 238 WEA
	davon Repowering	133 MW 35 WEA
	Stilllegung	99 MW 82 WEA
	Netto-Zubau	878 MW 156 WEA
Kumuliert 30.06.2022	Kumulierter Bestand	56.848 MW 28.287 WEA

10

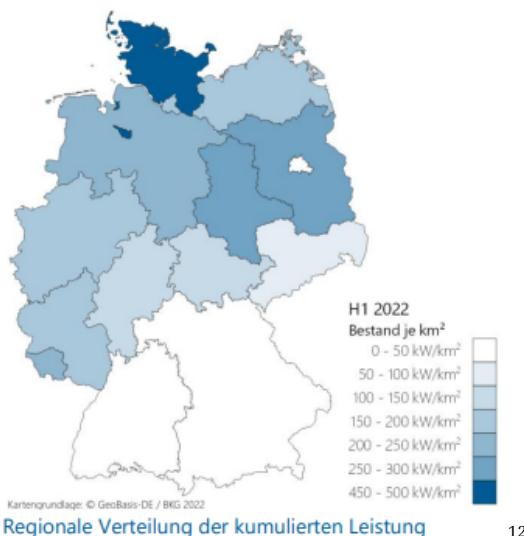
Der Deutschen WindGuard zufolge erreichten die zum Ende des ersten Halbjahrs 2022 in Deutschland installierten **28.287 WEA** an Land eine Gesamtleistung von **56,8 GW**. Somit wurde mit weniger WEA mehr Leistung erbracht.

10 https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/20220711_Status_des_Windenergieausbaus_an_Land_-_Halbjahr_2022.pdf

3. Flächenbedarfe der Windenergie: Ausweisung von zwei Prozent der Bundesfläche

3.1. Regionale Verteilung der Windenergieanlagen

Niedersachsen stellte mit 11,8 GW mehr als ein Fünftel des Leistungsbestands. Brandenburg, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen beherbergten jeweils über 10% der Gesamtleistung. Bezogen auf die jeweilige Landesfläche wiesen Schleswig-Holstein und Bremen die höchste Leistungsdichte auf.¹¹ Die folgende Grafik zeigt die regionale Verteilung der Leistung der WEA:



12

11 https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/20220711_Status_des_Windenergieausbaus_an_Land_-_Halbjahr_2022.pdf.

12 https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/20220711_Status_des_Windenergieausbaus_an_Land_-_Halbjahr_2022.pdf.

Die nächste Tabelle gibt Auskunft über die aktuelle **Anzahl der WEA in den einzelnen Bundesländern**. Insbesondere einige große Flächenstaaten weisen einen geringen Anlagenbestand auf:

Kumulierte Leistung und Anlagenanzahl in den Bundesländern

Kumulierter Anlagenbestand* (30.06.2022)					
Bundesland	Kumulierte Leistung	Kumulierte Anzahl	Anteil	Leistung je km ²	WEA je km ²
Niedersachsen	11.785 MW	6.101 WEA	21%	247 kW/km ²	0,13 WEA/km ²
Brandenburg	8.067 MW	3.984 WEA	14%	272 kW/km ²	0,13 WEA/km ²
Schleswig-Holstein	7.215 MW	3.067 WEA	13%	456 kW/km ²	0,19 WEA/km ²
Nordrhein-Westfalen	6.548 MW	3.573 WEA	12%	192 kW/km ²	0,10 WEA/km ²
Sachsen-Anhalt	5.309 MW	2.830 WEA	9%	259 kW/km ²	0,14 WEA/km ²
Rheinland-Pfalz	3.862 MW	1.758 WEA	7%	194 kW/km ²	0,09 WEA/km ²
Mecklenburg-Vorpommern	3.556 MW	1.837 WEA	6%	153 kW/km ²	0,08 WEA/km ²
Bayern	2.575 MW	1.132 WEA	5%	37 kW/km ²	0,02 WEA/km ²
Hessen	2.337 MW	1.139 WEA	4%	111 kW/km ²	0,05 WEA/km ²
Thüringen	1.733 MW	850 WEA	3%	107 kW/km ²	0,05 WEA/km ²
Baden-Württemberg	1.729 MW	772 WEA	3%	48 kW/km ²	0,02 WEA/km ²
Sachsen	1.273 MW	871 WEA	2%	69 kW/km ²	0,05 WEA/km ²
Saarland	520 MW	213 WEA	1%	202 kW/km ²	0,08 WEA/km ²
Bremen	201 MW	87 WEA	0%	479 kW/km ²	0,21 WEA/km ²
Hamburg	122 MW	67 WEA	0%	161 kW/km ²	0,09 WEA/km ²
Berlin	17 MW	6 WEA	0%	19 kW/km ²	0,01 WEA/km ²
Deutschland	56.848 MW	28.287 WEA		159 kW/km²	0,08 WEA/km²

* mit einer Mindestleistung von > 100 kW

13

Nach aktuellen Angaben der **Bayerischen Staatsregierung** vom 6. Mai 2022 waren zum 31.12.2021 im Bayern **1132 WEA** in Betrieb. Bis Ende 2022 seien **300 neue Windräder** mit einer Gesamtleistung von **einem GW** initiiert. Der Staatsregierung zufolge werde geprüft, wie der Windkraftausbau auch unter Fortgeltung bzw. Weiterentwicklung von 10H¹⁴ verbessert werden könne.¹⁵

13 https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/20220711_Status_des_Windenergieausbaus_an_Land_-Halbjahr_2022.pdf.

14 10H – Mindestabstand der WEA „vom 10-fachen ihrer Höhe zu geschützten Wohngebäuden“, https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/anwendungshinweise_der_10_h-regelung_stand_juni_2016.pdf.

15 https://www.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP18/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/18_0020026.pdf.

3.2. Geforderte installierte Leistung und Flächenbedarf

In der Analyse der Flächenverfügbarkeit für Windenergie an Land post-2030¹⁶, die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erstellt wurde, sollten die notwendigen Flächenbedarfe für den weiteren Ausbau der Windenergie an Land bis 2030 und darüber hinaus quantifiziert werden.¹⁷ Dabei wird davon ausgegangen, dass die installierte Leistung von Windenergieanlagen an Land von **aktuell 56 GW** (Stand Ende 2021) auf **115 GW in 2030, 157 GW in 2035** und auf **160 GW im Jahr 2040** steigen solle.¹⁸ Diese Ziele sind in § 4 Nr. 1 EEG 2023 übernommen worden.

Um die EEG-Ausbauziele zu erreichen, müssten laut Regierungsentwurf des Gesetzes „zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land“¹⁹ zwei Prozent der Bundesfläche für die Windenergie an Land ausgewiesen werden. Dabei werde von einer Nichtnutzbarkeit von 30 % der ausgewiesenen Fläche ausgegangen. Die Ausbauziele erforderten mehr als eine Verdoppelung der aktuell ausgewiesenen Fläche. Derzeit seien nur rund 0,8 Prozent der Bundesfläche für die Windenergie an Land ausgewiesen, tatsächlich verfügbar seien lediglich 0,5 Prozent. Zudem seien die Flächenausweisungen für Windenergieanlagen im Bundesgebiet sehr ungleich verteilt.²⁰ Des Weiteren heißt es dort, nach Abschätzungen des BMWK seien zwei Prozent der Bundesfläche notwendig, um eine Leistung von ca. 165 GW Windenergie an Land zu installieren. Diese Abschätzung sei aber stark abhängig von der tatsächlichen Nutzbarkeit der Flächen und der tatsächlichen Flächeneffizienz (Anlagenplatzierung und Volllaststunden).²¹ Nachfolgend finden sich die prozentualen Beitragswerte der einzelnen Bundesländer an ihrer Landesfläche (**Flächenbeitragswert Ende 2026 und 2032**) für die Windenergie an Land:

16 Guidehouse (2022), Analyse der Flächenverfügbarkeit für Windenergie an Land post-2030, Ermittlung eines Verteilungsschlüssels für das 2 %-Flächenziel auf Basis einer Untersuchung der Flächenpotenziale der Bundesländer, Mai 2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/analyse-der-flachenverfugbarkeit-fur-windenergie-an-land-post-2030.pdf?blob=publicationFile&v=14>.

17 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie-an-land#flaeche>.

18 <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/analyse-der-flachenverfugbarkeit-fur-windenergie-an-land-post-2030.pdf?blob=publicationFile&v=14>.

19 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764>.

20 Entwurf eines Gesetzes zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land, <https://dserver.bundestag.de/btd/20/023/2002355.pdf>.

21 <https://dserver.bundestag.de/btd/20/023/2002355.pdf>.

Flächenbeitragswerte

Bundesland	Spalte 1: Flächenbeitragswert, der bis zum 31. Dezember 2026 zu erreichen ist (Anteil der Landesfläche in Prozent)	Spalte 2: Flächenbeitragswert, der bis zum 31. Dezember 2032 zu erreichen ist (Anteil der Landesfläche in Prozent)	Spalte 3: Landesflächen (in km ²)*
Baden-Württemberg	1,1	1,8	35 747,82
Bayern	1,1	1,8	70 541,57
Berlin	0,25	0,50	891,12
Brandenburg	1,8	2,2	29 654,35
Bremen	0,25	0,50	419,62
Hamburg	0,25	0,50	755,09
Hessen	1,8	2,2	21 115,64
Mecklenburg-Vorpommern	1,4	2,1	23 295,45
Niedersachsen	1,7	2,2	47 709,82
Nordrhein-Westfalen	1,1	1,8	34 112,44
Rheinland-Pfalz	1,4	2,2	19 858,00
Saarland	1,1	1,8	2 571,11
Sachsen	1,3	2,0	18 449,93
Sachsen-Anhalt	1,8	2,2	20 459,12
Schleswig-Holstein	1,3	2,0	15 804,30
Thüringen	1,8	2,2	16 202,39

22

3.3. Anlagenspezifische Flächeninanspruchnahme

Die **anlagenspezifische Flächeninanspruchnahme pro Windkraftanlage** erläuterte Staatssekretär Dr. Patrick Graichen am 5. Mai 2022 wie folgt:

„Von den insgesamt rund 28.900 Windenergieanlagen an Land, die in Deutschland Ende 2021 in Betrieb waren, lagen gemäß einer Veröffentlichung der Fachagentur Windenergie an Land 2.274 Windenergieanlagen auf Waldflächen. Dafür wurden insgesamt rund 1.050 Hektar **Waldfläche** bzw. durchschnittlich rund **0,46 Hektar pro Windenergieanlage** durch Fundamente, Kranstellflächen und Zuwegungen beansprucht [...]. Die überwiegende Mehrzahl der restlichen Windenergieanlagen an Land, also rund 26.600 Windenergieanlagen dürften nach Einschätzung der Bundesregierung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen betrieben werden. Die anlagenspezifische Flächeninanspruchnahme dieser Anlagen dürfte aufgrund hoher Anteile vergleichsweise kleiner Anlagen und erfahrungsgemäß geringerer anlagenspezifischer

Flächeninanspruchnahme im Offenland deutlich geringer sein als im Wald. Wenn beispielsweise rund **0,4 Hektar pro Windenergieanlage** als anlagenspezifische Flächeninanspruchnahme auf **landwirtschaftlichen Flächen** unterstellt wird, ergäbe sich in der Summe eine Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Windenergieanlagen in Höhe von rund 10.600 Hektar. Der Bundesregierung liegen derzeit keine abschließenden Informationen vor, auf welche Flächennutzungen sich der geplante Zubau von Windenergieanlagen an Land [...] in Zukunft verteilen wird.“²³

4. Studien und Analysen zur Umsetzung des Zwei-Prozent-Ziels

4.1. Anzahl der Windenenergieanlagen

Nach kurSORIScher Prüfung konnten folgende aktuelle Arbeiten ermittelt werden:

In der Kurzanalyse „Wie viele Windräder braucht Deutschland für eine Vollversorgung mit 100% Erneuerbaren Energien?“ der **Energy Watch Group** vom Februar 2022 gehen die Autoren Fell/Traber von einem tatsächlichen Windstrombedarf von etwa 250 TWh bei einer installierten Leistung von **92 GW im Jahr 2030** aus. Der restliche Bedarf werde den Autoren zufolge aus anderen erneuerbaren Energiequellen gespeist. Die Autoren gehen von einem Bedarf von insgesamt **23.903 WEA** aus:

„Bis 2030 wird ein erheblicher Teil der heute aufgebauten Windräder "repowert" werden. Dies bedeutet, dass man wesentlich weniger Windkraftanlagen benötigen wird, um die gleiche heutige Leistung zu erreichen. Geht man davon aus, dass bis 2030 nur die älteren Windkraftanlagen ersetzt werden – diejenigen, bei denen es sich auch wirtschaftlich rentiert – dann werden etwa 15.000 statt der heutigen 30.000 Anlagen die heutige Leistung erbringen. Für den notwendigen Bedarf an neu gebauten und modernisierten Anlagen von 64 GW ergeben sich bei einer durchschnittlichen Leistung von fünf MW pro Anlage 11.140 neue und erneuerte Windkraftanlagen [siehe nachfolgende Tabelle]. In Summe müssten also bei einer vollen Versorgung von ganz Deutschland in allen Energiesektoren (Strom, Wärme, Verkehr, Industrie) mit 100% Erneuerbaren Energien bis 2030 etwa 23.903 Windkraftanlagen installiert sein – wesentlich weniger als die heute installierten 30.000. [...]

Auch der Flächenbedarf für die Windkraft hält sich in einem vertretbaren Rahmen. Zwar braucht jedes Windrad der 5-MW-Klasse in einem Windpark deutlich mehr Raum, als die früher üblichen kleineren Windkraftanlagen, damit sich die Windkraftanlagen nicht gegenseitig zu viel Wind wegnehmen. Jedoch ist auch der Ertrag dieser modernen Anlagen weitaus höher, sodass jedes MW einer größeren Anlage mit einer kleineren Rotorfläche auskommt. Im Ergebnis ändert sich der durchschnittliche Flächenbedarf nicht eindeutig in die eine oder andere Richtung [...].“²⁴

23 Hervorhebung durch Verfasser der Dokumentation, <https://dserver.bundestag.de/btd/20/016/2001679.pdf>.

24 S.2, <https://www.energywatchgroup.org/wp-content/uploads/Windkraft-Analyse.pdf>.

Die Tabelle der Energy Watch Group gibt Auskunft über die benötigten Anlagen, Flächen und Leistungen von Windenergie an Land im Jahr 2030 für eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien:

Benötigte Anlagen 2030 [Anzahl]	23903
davon Altanlagen [Anzahl]	12763
davon Neue + erneuerte Anlagen [Anzahl]	11140
Benötigte Fläche [km²]	6984
Anteil an der Landesfläche Deutschlands	2,0%
Benötigte installierte Leistung 2030 [GW]	92
davon Altanlagen in 2030 [GW]	28
davon Neue + erneuerte Anlagen [GW]	64
Leistungsdichte 2030 [MW/km²]	13
Leistungsdichte Altanlagen [MW/km ²]	17
Leistungsdichte Neuanlagen [MW/km ²]	11
Benötigter Windertrag 2030 [TWh]	250

Energy Watch Group.²⁵

Von den 64 GW neu zu installierenden WEA könnten 28 GW auf bereits genutzten Windenergiefächern gebaut werden, für 36 GW seien neue Flächen notwendig.²⁶

Die **Deutsche WindGuard** geht in ihrer Studie „Vollaststunden von Windenergieanlagen an Land – Entwicklung, Einflüsse, Auswirkungen“ im Oktober 2020 **bis zum Jahr 2030** von rd. **12.600 zusätzlichen Anlagen mittlerer Anlagentechnologie** aus.²⁷

Der **Bundesverband WindEnergie** benennt im März 2022 seine Vision für **2050** und betont, die Frage, wie viele Anlagen auf Basis des Zwei-Prozent Flächenziels installiert werden müssten, könne nicht pauschal beantwortet werden, da dies von vielen Faktoren wie Flächengröße oder Flächenzuschnitt abhänge. Rein rechnerisch lasse sich das aber durchaus darstellen. Mit dem Ersatz alter Anlagen auf Bestandsflächen und der Umsetzung des Zwei-Prozent-Flächenziels und unter Berücksichtigung der höheren Nennleistung benötige Deutschland **insgesamt ca. 35.000**

25 <https://www.energywatchgroup.org/wp-content/uploads/Windkraft-Analyse.pdf>.

26 Ebenda, S. 1.

27 S. 39, <https://www.lee-nrw.de/data/documents/2020/11/23/532-5fbb61e5e6bb2.pdf>.

Windenergieanlagen an Land. Um die Energiewende im Onshore Bereich vollziehen zu können, müsste der Bestand von heute 28.230 WEA auf ca. 35.000 gesteigert werden:



Abb.4: Vision 2050

Quelle: Stromreport/ eigene Berechnung

BWE (2022).²⁸

Grundlage dieser Annahme ist eine aktualisierte Studie des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, die die Flächenpotentiale der Windenergie an Land ermittelt hat.²⁹ Diese geht davon aus, dass sich auf zwei Prozent der Bundesfläche Anlagen mit einer Leistung von bis zu 200 GW installieren ließen und bei effektiver Nutzung durch einen modernen Anlagenpark ein Jahresertrag von 770 TWh erreicht werden könne. Diese Werte liegen über den Ausbauzielen des EEG 2023.

28 BWE (2022), Faktencheck: Wie viele Windenergieanlagen braucht das Land?, S. 5, https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/20220302_Faktencheck_Wie_viele_Anlagen_braucht_das_Land_final.pdf.

29 https://www.iee.fraunhofer.de/de/presse-infothek/Presse-Medien/2022/flaechenpotenziale_windenergie_an_land.html.

Siehe auch Punkt 2.2. der Dokumentation „Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – Wesentliche Technologieentwicklungen und damit verbundene ökonomische Effekte“, <https://www.bundestag.de/resource/blob/831568/adb5278b553e4337ee5bc3cbff5c6048/WD-5-009-21-pdf-data.pdf>.

4.2. Flächensimulator von Agora Energiewende

Die Auswirkungen verschiedener Aspekte der Flächenverfügbarkeit (z.B. Abstandsregelungen, Nutzung von Waldflächen oder Landschaftsschutzgebieten) visualisiert eine Webapplikation auf den Seiten von Agora Energiewende.

Der PV- und Windflächenrechner ist unter

<https://www.agora-energiewende.de/service/pv-und-windflaechenrechner/>

verfügbar.

Der Modellierung liegt die Annahme einer installierbaren Leistungsdichte von 21 MW/km² zu grunde³⁰, die damit höher liegt als die Annahmen der oben erwähnten Kurzstudie der Energy Watch Group. Die Prognose der erzielbaren Jahreserträge legt die oben genannten, regional differenzierten Vollaststunden der Studie der Deutschen WindGuard zugrunde.

30 Reiner Lemoine Institut (2022): Begleitdokumentation zur Webapplikation "Der Photovoltaik- und Windflächenrechner", Version 1.2, S. 30, verfügbar unter https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Partnerpublikationen/2021/DE_Re-GIS/RLI_PV-Windflaechenrechner_Methoden-Daten_WEB.pdf.