

Wieviel Fläche (ver)braucht die Windenergie an Land?

Kai Födisch, Marie-Luise Plappert

Zusammenfassung

Zwei Prozent der Fläche der Bundesrepublik reichen voraussichtlich aus, um die langfristigen Ausbauziele zu ermöglichen. Voraussetzung ist eine entsprechend hohe Nutzbarkeit der Flächen. Stand Ende 2021 waren 0,8 % Fläche für die Windenergie mit einem theoretisch noch verfügbaren Leistungspotenzial von 21 GW ausgewiesen (UBA 2023). Um die Ausschreibungsmengen insbesondere bis 2025 zu ermöglichen, bedarf es Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen auf den bestehenden Flächen als auch zur kurzfristigen Flächenbereitstellung. Eine bereits umgesetzte Maßnahme ist die planungsrechtliche Ermöglichung des Repowerings von Altstandorten, wie das Austauschen von älteren Anlagen durch leistungsstärkere neuere Modelle genannt wird. Dafür zeigt die Analyse des UBA ein theoretisches Leistungspotenzial von knapp 21 GW auf. Das Repowering von Altanlagen kann damit einen ganz erheblichen Beitrag zum notwendigen Zubau erbringen und auch kurz- bis mittelfristig zur Deckung der Ausschreibungsmengen nach EEG beitragen.

1 Einführung

Eine wesentliche Voraussetzung für den notwendigen Zubau der Windenergie an Land zur Umsetzung der Energiewende und Klimaziele ist die ausreichende Verfügbarkeit nutzbarer Flächen. Bereits 2019 wurde deutlich, dass die damaligen Flächenausweisungen mit einem Umfang von 3 131 km² (entspricht 0,9 % der Landfläche der Bundesrepublik) für die Ausbauziele voraussichtlich nicht ausreichen werden (UBA 2019). Ende 2021 waren 2 908 km² bis 3 270 km² (0,8 bis 0,9 %) ausgewiesen (Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschuss 2022).

Der Gesetzgeber hat den Handlungsbedarf erkannt und im Rahmen des sog. „Wind-an-Land-Gesetzes“ mit Einführung des Windenergieflächenbedarfsgesetzes (WindBG), welches zum 1. Februar 2023 in Kraft getreten ist, erstmalig verbindliche Flächenziele als landesspezifische Flächenbeitragswerte für die Windenergie an Land vorgegeben.

Neben der Flächenvorgabe wurde auch in die Planungssystematik eingegriffen. Mit Erreichen des Flächenbeitragswertes nach Anlage zu § 3 WindBG, in Summe 2 % bis 2032, entfällt für den entsprechenden Planungsbereich außerhalb der ausgewiesenen Flächen die Außenbereichsprivilegierung nach § 35 BauGB. Somit besteht kein Anreiz mehr aufwendige Konzentrationsplanungen durchzuführen, für welche der gesamte Planungsraum einem aufwendigen Abwägungsprozess zu unterziehen ist, d. h. auch transparent nachvollziehbar sein muss, warum Bereiche nicht ausgewiesen wurden. Stattdessen ist zu erwarten, dass auch in den Ländern und Regionen in welchen bislang abschließend mit Konzentrationszonen geplant wurde, auf eine Positivplanung umgestellt wird, d. h. nur noch die Eignung der ausgewiesenen Fläche darzustellen ist.

Mittelfristig ist davon auszugehen, dass ausreichend Flächen zur Verfügung stehen werden. Handlungsbedarf besteht jedoch darin, die kurzfristige Flächenverfügbarkeit zu erhöhen. Auch hier hat der Gesetzgeber bereits Maßnahmen ergriffen, weitere sind angekündigt. Eine bereits umgesetzte Maßnahme betrifft das Repowering, zu dieser wurden am Umweltbundesamt entsprechende Analysen durchgeführt (vgl. Kapitel 2).

Im UBA-Vorhaben „Flächenverfügbarkeit und Flächenbedarfe für den Ausbau der Windenergie an Land“ wurden die Einschränkungen der Verfügbarkeit und Nutzbarkeit ausgewiesener Flächen sowie die zukünftigen Flächenbedarfe analysiert. Die Verfügbarkeit von Flächen kann durch vorgegebene Mindestabstände zur Wohnbebauung, durch die Vorgabe, dass der Rotor innerhalb der ausgewiesenen Flächengrenze liegen muss oder Höhenbeschränkungen eingeschränkt sein. Die Nutzbarkeit kann zudem durch weitere Hemmnisse, bspw. Belange des Artenschutzes, des Denkmalschutzes, der Luftfahrt oder militärischen Belangen, welche einer Genehmigungsfähigkeit entgegenstehen, eingeschränkt sein.

Die Verfügbarkeit der ausgewiesenen Flächen war zum Untersuchungszeitpunkt um 40 % eingeschränkt. Die weitaus größte Einschränkung ergibt sich bei Planungen aus dem Erfordernis, dass der Rotor einer Anlage nicht über die Grenze der ausgewiesenen Fläche hinausragen darf. Dies ist bei Flächen aus der Bauleitplanung in der Regel der Fall, der Umgang in der Regionalplanung ist bundesweit bislang sehr unterschiedlich (UBA 2022). Die Analysen zeigen zudem, dass zusätzlich zur Einschränkung der Verfügbarkeit auch die Nutzbarkeit der Flächen, bspw. durch oben genannte Hemmnisse im Durchschnitt bei einem Flächenanteil von 30 % nicht gegeben ist, d. h.

keine Installation von Windenergieanlagen stattfindet. Für die noch freien Flächenanteile der ausgewiesenen Flächen wurde ein theoretisches Leistungspotenzial von 21 GW ermittelt (UBA 2023).

Zur Erreichung der aktuellen Ausbauziele von 115 GW in 2030 nach EEG 2023 ist nach dem WindBG eine Flächenausweisung von 1,4 Prozent (Flächenbeitragswerte 2027) notwendig, für die langfristigen Ausbauziele 2 Prozent der Bundesfläche. Die aktuelle UBA-Studie ermittelt einen geringfügig niedrigeren Bedarf von 1,3 bzw. 1,8 Prozent und zeigt damit, dass die gesetzten Flächenziele voraussichtlich ausreichen werden. Voraussetzung ist eine ausreichende Nutzbarkeit der Flächen. In der Studie wurde eine Nicht-Nutzbarkeit von 30 Prozent zur Ermittlung der Flächenbedarfe unterstellt, welche somit im Schnitt nicht überschritten werden sollte, da die ausgewiesenen Flächen sonst voraussichtlich nicht ausreichen werden.

2 Analyse des Repowering-Potenzials

2.1 Hintergrund und Ziel der Analyse

Ein wichtiger Baustein zur Umsetzung der Energiewende ist das Repowering bestehender Anlagen an bereits etablierten Standorten. 2021 standen 78,9 Prozent der nach EEG ausgeförderten Anlagen außerhalb ausgewiesener Flächen und waren damit allein aus planungsrechtlicher Sicht nicht repoweringfähig (Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschuss 2022).

Im Rahmen der Planungs- und Genehmigungsbeschleunigung wurden u. a. die Regelungen zum Repowering geändert. Nach § 245e Abs. 3 BauGB kann eine bestehende Ausschlusswirkung Repoweringvorhaben nach 16b BImSchG nicht entgegengehalten werden, solange die Grundzüge der Planung nicht berührt werden und es sich nicht um Standorte in natura 2000-Gebieten oder Naturschutzgebieten handelt. Die Ausschlusswirkung besteht auch nach Erreichen der Flächenbeitragswerte für 2027 nach § 249 Abs. 3 BauGB bis Ende 2030 nicht. Damit sind Windenergieanlagen aus planungsrechtlicher Sicht in aller Regel an jedem Standort repoweringfähig.

Einschränkungen können durch Mindestabstandsregelungen zur Wohnbebauung nach § 249 Abs. 9 BauGB gegeben sein, aktuell in Bayern, Brandenburg, Sachsen und Thüringen. Zudem kann ein Repowering, auch wenn planungsrechtlich möglich, durch andere Belange wie bspw. den Immissionsschutz, nicht umsetzbar sein.

Ziel der Analyse ist es, das theoretische Leistungspotenzial zu quantifizieren, welches sich durch die dargestellten Änderungen des BauGB ergibt. Repowering nach § 16b BImSchG umfasst den Bereich der zweifachen Gesamthöhe der Neuanlage um die zu ersetzende Altanlage.

2.2 Datengrundlagen und methodisches Vorgehen

Die Daten zu den Windenergieanlagen (WEA) sind einem Auszug des Marktstammdatenregisters (MaStR) vom 20.06.2023 entnommen.¹ Dieser Auszug stellt eine tabellarische Übersicht aller Anlagen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland dar und beinhaltet technische sowie räumliche Informationen. Auf dieser Grundlage wird eine Datei im Vektorformat generiert, die es ermöglicht, geografische Ver- und Bearbeitungen im GIS zu realisieren.

Das MaStR ist bislang noch fehlerhaft, bspw. existieren Koordinaten außerhalb der Bundesrepublik oder es liegen überhaupt keine geografischen Informationen vor. Diese Fälle bleiben für die Analysen unberücksichtigt, ebenso wie Offshore- und bereits stillgelegte Anlagen.

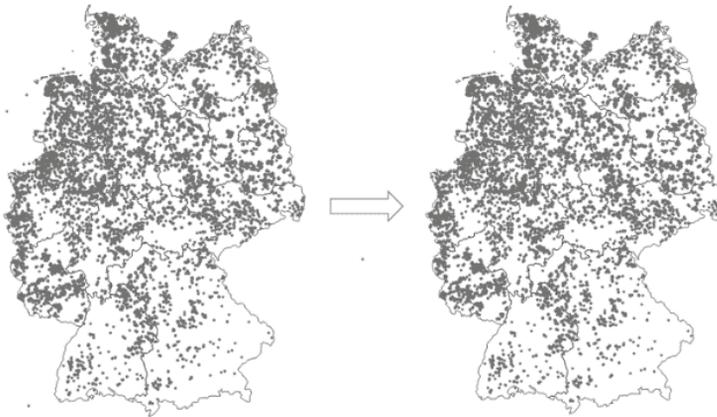


Abb. 1: Auszug WEA in Original (links) und bearbeitet (rechts). Eigene Darstellung im GIS.

¹ Quellangaben zur Datenerhebung:
<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Datendownload>

Abbildung 1 visualisiert den originalen und bearbeiteten Datensatz (von links nach rechts). Insgesamt bleiben von den 34 531 eingetragenen WEA für die weitere Analyse 30 756 WEA berücksichtigt, davon 2 772 bereits genehmigte, aber noch nicht in Betrieb genommene Anlagen.

Analysiert wird das Repoweringpotenzial der Altanlagen, für welche bis Ende 2024 die EEG-Förderung ausläuft. Es handelt sich um 10 716 WEA mit einer installierten Gesamtleistung von 12,5 GW.

Repowering nach 16b BImSchG umfasst den Bereich der zweifachen Gesamthöhe (Nabenhöhe zzgl. Rotorradius) der Neuanlage im Vergleich zur zu ersetzenden Altanlage. Als Neuanlage wird der Analyse ein Anlagenmodell mit einer Nabenhöhe von 145 m, einem Rotordurchmesser von 149,1 m und einer Leistung von 5,3 MW zu Grunde gelegt (Nordex Serie 149/5.X).

Im ersten Schritt werden die repoweringfähigen Bruttoflächen erstellt, indem alle Anlagen mit Aufstellungsdatum vor 2005 einen 2H-Puffer (d. h. die doppelte Höhe) mit dem Parameter der o. g. Neuanlage erhalten. Somit entsteht um jede Altanlage eine Kreisfläche mit einem Radius von 439,1 m.



Abb. 2: Schematische Darstellung zur Generierung der Nettopotenzialflächen (eigene Darstellung).

Abbildung 2 zeigt schematisch den Ablauf der Nettopotenzialflächenbildung.

Die linke Seite zeigt einen Windpark mit 15 WEA (gelb markierte Punkte) wovon 13 Anlagen (Mitte, gelb-rot) vor 2005 in Betrieb gegangen sind. Die Pufferbildung ist in der rechten Abbildung ersichtlich, die zwei jüngeren Anlagen bleiben hierbei unberücksichtigt.

Neue Anlagen müssen zur Vermeidung von Turbulenzen zum einen Abstände zu bestehenden Anlagen (Inbetriebnahme ab 2005), zum anderen die Lärmgrenzwerte einhalten. Die einzuhaltenden Abstände zu vorhandenen WEA, die durch das

Repowering nicht betroffen sind, werden hierbei elliptisch definiert, indem die Abstände der WEA zueinander in der Hauptwindrichtung das Fünffache sowie in der Nebenwindrichtung das Dreifache des Rotordurchmessers betragen sollen. Für die Modellrechnungen wird dabei ein Rotordurchmesser von 149,1 m angenommen. Angaben über größere Werte bleiben dahingehend unverändert.

Zur Festlegung der Ellipsenachsen wird der WEA-Datensatz mit einem durch den DWD bereitgestellten Datensatz der deutschlandweiten Hauptwindrichtungen verschnitten. Somit sind die benötigten Parameter zur Bildung der Abstandsellipsen (Halbachsenlängen und -richtungen) gegeben.

Die elliptischen Abstandsflächen um die WEA, die bei der Repoweringmaßnahme bestehen bleiben, können beispielsweise mit Hilfe der „Shape-Tools“-Erweiterung in QGIS generiert und als Flächenkulisse ausgegeben werden. Diese werden dann von den gebildeten 2H Pufferflächen abgezogen (Abbildung 3).

Abbildung 2 (4. Grafik v. l.) zeigt die Überlagerung der gebildeten Abstandsellipsen (grün) mit den bereits generierten 2H-Bruttopotenzialflächen der repowerbaren Altanlagen. In diesem Bereich können unter den angenommenen Abständen keine Neuanlagen installiert werden.

Zur Berücksichtigung der Lärmgrenzwerte wurde ein Abstand zur Wohnbebauung von 800 Metern zum Innen- und 600 Meter zum Außenbereich angenommen. Ausnahmen bilden die Bundesländer, welche von der Länderöffnungsklausel nach § 249 BauGB Gebrauch gemacht und pauschale Abstandsvorgaben zur Wohnbebauung bis max. 1 000 Meter eingeführt haben. Abstandsvorgaben bestehen aktuell in Bayern mit 1 000 m zum Innenbereich (BayBO, Art. 82 Abs. 5 Nr. 4 in Verbindung mit Art. 82a, Brandenburg (Brandenburgisches Windenergieanlagenabstandsgesetz - BbgWEAAbG), Sachsen (§ 84 SächsBO) und Thüringen (§ 91 ThürBO) mit 1.000 m zur Wohnbebauung.

Als Grundlage dienen hierbei die amtlichen Hausumringe, bereitgestellt durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), mit Stand vom April 2022. Diese Daten stellen im Vektorformat deutschlandweit die Hausumringe dar und beinhalten in den Attributen die sog. Gebäudefunktionskennung („gfk“). Anhand dieser Kodierung lässt sich für jedes einzelne Gebäude kategorisieren, ob eine Wohnfunktion gegeben ist oder nicht. Problematisch ist, dass die Gebäudefunktionen nicht immer korrekt angegeben sind und bspw. eine Garage oder sonstige Nebengebäude (Scheunen, Gartenhäuser) teilweise eine Wohnfunktion beinhalten. Um diesem Sachverhalt

entgegenzuwirken, werden zusätzlich die Flächen der Hausumringe berechnet und Flächen $< 50 \text{ m}^2$ gelöscht, bzw. diese Gebäude finden in der anschließenden Pufferung keine Berücksichtigung mehr. Das Digitale Basis-Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM, Stand 2021), ebenfalls bereitgestellt durch das BKG, beinhaltet auch die sog. Siedlungsgebiete. Anhand dieses Datensatzes ist es möglich, eine Abgrenzung nach Innen- und Außenbereich zu berechnen und somit die erforderliche Differenzierung vorzunehmen. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden mit einer einfachen Funktion je nach Bundesland mit den nötigen Abständen gepuffert und ebenfalls von den Bruttonpotenzialen abgezogen. Ganz rechts in Abbildung 2 ist die entstandene Nettopotenzialfläche des Windparks erkennbar.

Tab. 1: Übersicht der berechneten Brutto- und Nettopotenzialflächen

Bundesland	Gebäudepuffer [m]		Bruttonpotenzialfläche [ha]	Nettopotenzialfläche	
	Innen	Außen		Absolut [ha]	Anteil [%]
Baden-Württemberg	800	600	9 219	2 957	32,1
Bayern	1 000	600	8 816	1 125	12,8
Brandenburg	1 000	1000	40 723	7 143	17,6
Bremen	800	600	1 234	250	20,3
Hamburg	800	600	1 016	220	21,6
Hessen	800	600	10 570	3 452	32,7
Mecklenburg-Vorpommern	800	600	21 725	4 150	19,1
Niedersachsen	800	600	89 605	15 573	17,4
Nordrhein-Westfalen	800	600	56 824	3 897	6,9
Rheinland-Pfalz	800	600	15 815	2 599	16,4
Saarland	800	600	1 250	303	24,3
Sachsen	1 000	1 000	19 495	1 223	6,3
Sachsen-Anhalt	800	600	34 949	10 994	31,5
Schleswig-Holstein		600	25 982	2 785	10,7
Thüringen	1 000	1 000	10 136	883	8,7

Tabelle 1 stellt die berechneten Potenzialflächen je Bundesland dar. Am Beispiel Baden-Württemberg werden 9 219 ha an Bruttoflächen generiert. Berücksichtigt man die elliptischen Abstände zu den neueren Anlagen und einen Wohngebäudepuffer von 800 m zum Innenbereich und 600 m zum Außenbereich bleiben netto 2 957 ha Fläche übrig. Dies entspricht einen Anteil von 32,1 % der Bruttofläche. Auf den generierten Nettopotenzialflächen wird im nächsten Schritt eine automatische Anlagenplatzierung durchgeführt. Dafür werden die Flächen zu Rasterdaten (Auflösung 10 m) transformiert und die Pixel außerhalb der Potenziale dem Wert 0 zugeordnet. Die Pixel innerhalb der Fläche bekommen den Wert der Hauptwindrichtung zugewiesen, um auch hier eine elliptische Ausrichtung und die benötigten Abstände zu gewährleisten.

In einer einfachen Schleifenoperation werden die Pixel spalten- und zeilenweise analysiert und ggf. mit einer Ellipse, angepasst der Windrichtung, verschnitten und die benachbarten Pixel auf 0 deklariert, sodass die definierten Abstände eingehalten werden können. In Abbildung 3 ist das Ergebnis aus dem Modellierungsbeispiel ersichtlich.



Abb. 3: Ermittlung potenzieller Neuanlagen per automatischer Platzierung. (Eigene Darstellung)

Die berechneten Neupotenziale (Bildmitte, grün) werden algorithmisch von oben links pixelweise nach unten rechts auf den Flächen berechnet und per Textdatei (beinhaltet Koordinaten und Hauptwindrichtung) ausgegeben. Zur Überprüfung der erforderlichen Abstände werden hier ebenfalls auf Grundlage der Neupotenziale die Ellipsen (rechts) berechnet, um eine Fehlervermeidung zu gewährleisten und die Ergebnisse adäquat zu überprüfen.

Aus dem bisherigen § 16b BImSchG leitet sich ab, dass Repowering max. 1:1 erfolgen kann, d. h. eine Altanlage durch max. eine Neuanlage ersetzt werden kann. Um diesen Sachverhalt zu gewährleisten, wird um die Nettoflächen herum eine 2H Pufferung (in dieser Analyse 439,1 m) berechnet und die potenziellen Neu- sowie die aktuell

bestehenden Altanlagen innerhalb dieses Gebietes separat voneinander gezählt. Die nach dem Platzierungsalgorithmus ermittelte theoretische Neuanlagenzahl wird nötigenfalls auf die Anzahl der Altanlagen reduziert.

2.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Analyse sind in Tabelle 2 dargestellt und geben einen adäquaten Überblick zum Repowering-Potenzial für Altanlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2005.

Tab. 2: Ergebnisse der Repowering-Modellierung für die Bundesländer

Bundesland	Gebäude- puffer [m]		Brutto- potenzial- fläche [ha]	Netto- potenzial- fläche		WEA Potenzial	WEA Potenzial 1:1	P Potenzial [MW]
	Innen	Außen		Absolut [ha]	Anteil [%]			
Baden- Württemberg	800	600	9 219	2 957	32,1	205	147	779,1
Bayern	1 000	600	8 816	1 125	12,8	108	75	397,5
Brandenburg	1 000	1 000	40 723	7 143	17,6	487	464	2 459,2
Bremen	800	600	1 234	250	20,3	19	18	95,4
Hamburg	800	600	1 016	220	21,6	14	12	63,6
Hessen	800	600	10 570	3 452	32,7	247	214	1 134,2
Mecklenburg- Vorpommern	800	600	21 725	4 150	19,1	371	346	1 833,8
Niedersachsen	800	600	89 605	15 573	17,4	1 190	1069	5 665,7
Nordrhein- Westfalen	800	600	56 824	3 897	6,9	376	339	1 796,7
Rheinland-Pfalz	800	600	15 815	2 599	16,4	224	195	1 033,5
Saarland	800	600	1 250	303	24,3	25	22	116,6
Sachsen	1 000	1 000	19 495	1 223	6,3	116	106	561,8
Sachsen-Anhalt	800	600	34 949	10 994	31,5	741	645	3 418,5
Schleswig- Holstein		600	25 982	2 785	10,7	227	206	1 091,8
Thüringen	1 000	1 000	10 136	883	8,7	80	72	381,6
gesamt:			347 359	57 553	16,6	4 430	3 930	20 829

Unter den der Analyse zu Grunde liegenden Annahmen besteht für das Repowering eine Bruttofläche von 347 359 ha, welche sich unter Berücksichtigung jüngerer Bestandsanlagen und Abständen zur Wohnbebauung auf eine Nettofläche von 57 553 ha reduziert (entspricht 16,6 % der Bruttofläche). Auf der verbleibenden Nettofläche wären bei einem Abstand von fünffachem Rotordurchmesser in Haupt- und dreifach in Nebenwindrichtung 4 430 neue WEA installierbar. Berücksichtigt man die Vorgabe eines maximal 1:1 Repowering des § 16b BImSchG so wären theoretisch noch 3 930 WEA mit einem Leistungspotenzial von 20,8 GW installierbar.

Ausgehend von 10 716 Altanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 12,5 GW kann durch ein Repowering theoretisch mit weniger als der Hälfte der Anlagen auf nur 16 % der Flächen um die gut anderthalbfache Leistung installiert werden.

3 Fazit und Ausblick

Die Studie hat gezeigt, dass 2 Prozent der Fläche ausreichen, um die langfristigen Ausbauziele zu ermöglichen. Voraussetzung ist eine entsprechend hohe Nutzbarkeit der Flächen. Stand Ende 2021 waren 0,8 % Fläche für die Windenergie ausgewiesen. Für diese Flächenkulisse wurde ein theoretisches Leistungspotenzial von 21 GW ermittelt, wobei davon auszugehen ist, dass dieses sich im Wesentlichen durch die nicht-nutzbaren Anteile generiert. Um die Ausschreibungsmengen insbesondere bis 2025 zu ermöglichen, bedarf es Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen auf den bestehenden Flächen als auch Maßnahmen zur kurzfristigen Flächenbereitstellung. Eine bereits umgesetzte Maßnahme ist die planungsrechtliche Ermöglichung des Repowerings von Altstandorten. Die Analysen des UBA zeigen hier ein theoretisches Leistungspotenzial von knapp 21 GW für Altstandorte, für welche bis 2024 die Förderung nach dem EEG ausläuft, auf. Das Repowering von Altanlagen kann damit einen ganz erheblichen Beitrag zum notwendigen Zubau erbringen und auch kurz- bis mittelfristig zur Deckung der Ausschreibungsmengen nach EEG beitragen. Die Ausbauziele zu erreichen stellt eine große Herausforderung dar. Neben dem jährlichen Monitoring der bundesweiten Flächenausweisung nach § 98 EEG sind insbesondere vertiefte Analysen zur Nutzbarkeit ausgewiesener Flächen und dem Erfolg umgesetzter Maßnahmen, wie bspw. dem Repowering, durchzuführen, um bei Bedarf möglichst frühzeitig nachsteuern zu können.

4 Literatur

Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschuss (2022), Download:

https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/EEG-Kooperationsausschuss/2022/bericht-bund-laender-kooperationsausschuss-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1, letzter Zugriff am 20.07.2023

UBA (2019): Analyse der kurz- und mittelfristigen Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergienutzung an Land, Download: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-der-kurz-mittelfristigen-verfuegbarkeit-von> , letzter Zugriff am 20.07.2023

UBA (2022): Auswirkungen einer Rotor-in-Planung auf die Verfügbarkeit von Windflächen, Download: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/auswirkungen-einer-rotor-in-planung-auf-die> , letzter Zugriff am 20.07.2023

UBA (2023): Flächenverfügbarkeit und Flächenbedarfe für den Ausbau der Windenergie an Land, Download: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/flaechen-verfuegbarkeit-flaechenbedarfe-fuer-den> , letzter Zugriff am 20.07.2023