



Analyse der Flächenverfügbarkeit für Windenergie an Land post-2030

Ermittlung eines Verteilungsschlüssels für das 2-%-Flächenziel auf Basis einer Untersuchung der Flächenpotenziale der Bundesländer

Erstellt im Auftrag vom:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Dieser Bericht wurde von Guidehouse im Auftrag und zum alleinigen Gebrauch durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz erstellt. Die Inhalte sind Arbeitsergebnisse, die auf den zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes verfügbaren Informationen basieren.

Impressum

Projektleitung

Guidehouse Germany GmbH
Marian Bons, Martin Jakob, Thobias Sach, Dr. Corinna Klessmann
Albrechtstr. 10 c
10117 Berlin
T +49 30 700 109 657
guidehouse.com

in enger Zusammenarbeit mit

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik
Dr. Carsten Pape, Christoph Zink, David Geiger, Benedikt Häckner
Joseph-Beuys-Straße 8
34117 Kassel

Stiftung Umweltenergierecht
Dr. Nils Wegner, Steffen Benz
Friedrich-Ebert-Ring 9
97072 Würzburg

Bosch & Partner GmbH
Dr. Wolfgang Peters, Sven Schicketanz, Miron Thylmann
Kantstr. 63a
10627 Berlin

Stand

Mai 2022

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
Scharnhorststraße 34-37
10115 Berlin

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	v
1. Einführung	1
2. Methodik	3
2.1 Flächendeckende Raumbewertung als Grundlage der Flächenpotenzialanalyse	4
2.2 Ermittlung und Auswertung der Flächenpotenziale	7
2.3 Ableitung eines Verteilungsschlüssels für ein Flächenziel	7
3. Festlegung des Kriterienkatalogs und Datengrundlage	8
3.1 Auswertung der Planungspraxis	8
3.2 Kriterienkatalog	9
3.3 Szenarien	15
3.4 Konfliktrisikowert-Faktoren (KRW-Faktoren).....	16
3.5 Datengrundlage.....	19
3.5.1 Siedlungsabstände	19
3.5.2 Räumliche Differenzierung von Wald	19
3.5.3 Abbildung der Konflikte der Windenergie mit dem Vogelschutz außerhalb von Schutzgebieten	20
3.5.4 Windhöflichkeit	21
4. Flächenpotenzial der Windenergie an Land.....	24
4.1 Übersicht zum Flächenpotenzial auf Bundesebene der betrachteten Szenarien	24
4.2 Flächenpotenzial je Bundesland für ausgewählte Szenarien	25
4.2.1 Basisszenario	26
4.2.2 Szenario Windhöflichkeit	28
4.3 Vergleich der ausgewählten Szenarien	30
5. Mögliche Verteilungsschlüssel für die Flächenziele	32
5.1 Verteilungsschlüssel für das 2-%-Ziel.....	32
5.2 Verteilungsschlüssel für das 1,4-%-Zwischenziel 2026.....	34
5.3 Anteilige Nutzung der ermittelten Potenziale	35
6. Schlussfolgerungen.....	37
Anhang A. Ergebnisse der weiteren Szenarien	A-1
Anhang B. Tabellarische Übersicht der genutzten Daten	B-1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Darstellung des methodischen Vorgehens	3
Abbildung 2. Gliederung der Schutzgüter nach Schutzgutgruppen.....	6
Abbildung 3. Beispielhafte Darstellung von Ausschluss- und Restriktionsflächen als Ergebnis der Raumbewertung	6
Abbildung 4. Bestandsanlagen mit Inbetriebnahmejahr ab 2017 innerhalb der Potenzialflächen mit jeweiligem Konfliktrisikowert (KRW)	17
Abbildung 5. Anteile der Konfliktrisikowerte (KRW) an den nicht ausgeschlossenen Flächen im Basisszenario sowie an den Bestandsanlagen zugrunde liegenden Flächen.....	18
Abbildung 6. Gegenüberstellung der Ausschlussflächen bei einer Mindestwindgeschwindigkeit in 150 m über Grund von 6,5 m/s bzw. 7,0 m/s.....	23
Abbildung 7. Flächenpotenzial in Prozent der Bundesfläche unter Berücksichtigung der spezifischen Potenzialfaktoren der Konfliktrisikowerte nach Variante A.....	24
Abbildung 8. Flächenpotenzial im Basisszenario in km ² je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren	27
Abbildung 9. Flächenpotenzial im Basisszenario in Prozent der Landesfläche je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren	27
Abbildung 10. Flächenpotenzial im Szenario Windhöflichkeit in km ² je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren	29
Abbildung 11. Flächenpotenzial im Szenario Windhöflichkeit in Prozent der Landesfläche je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren	29
Abbildung 12. Kartografische Gegenüberstellung der Flächenpotenziale der Bundesländer in Prozent der Landesfläche im Basisszenario, Variante A und im Szenario Windhöflichkeit, Variante B	31
Abbildung 13. Szenario Höhere Siedlungsabstände 1a.....	A-1
Abbildung 14. Szenario Höhere Siedlungsabstände 1b.....	A-2
Abbildung 15. Szenario geringere Siedlungsabstände	A-3
Abbildung 16. Szenario Wald 100% Nutzung.....	A-4
Abbildung 17. Szenario LSG-Ausschluss	A-6

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Siedlungsgebiete	9
Tabelle 3-2. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Natur- und Landschaftsschutz	10
Tabelle 3-3. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Artenschutz	11
Tabelle 3-4. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Infrastruktur	13
Tabelle 3-5. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Verkehr	14
Tabelle 3-6. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Militärische Belange	14
Tabelle 3-7. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Sonstige	15
Tabelle 3-8. Übersicht der Szenarien	16
Tabelle 3-9. Konfliktrisikowert (KRW)-Faktoren in Variante A und Variante B	18
Tabelle 3-10. Auf- und Abwertung aufgrund der Waldanteile in den Bundesländern	20
Tabelle 3-11. Gewichtungsmatrix nach vogelartspezifischer Dichteklasse (vDK) und vorhabentypspezifischen Mortalitäts-Gefährdungs-Index (vMGI)	21
Tabelle 3-12. Anteil Landesfläche unterhalb einer Mindestwindgeschwindigkeit von 6,5 m/s bzw. 7,0 m/s in 150 m über Grund	22
Tabelle 4-1. Flächenpotenzial in Prozent der Landesfläche für je beide Varianten des Basisszenarios und des Szenarios Windhöflichkeit	26
Tabelle 4-2. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten in Prozent der Landesfläche - Basisszenario	28
Tabelle 4-3. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten in Prozent der Landesfläche - Szenario Windhöflichkeit	30
Tabelle 5-1. Mögliche Verteilungsschlüssel für das Zieljahr 2032 (2-%-Ziel)	33
Tabelle 5-2. Mögliche Verteilungsschlüssel für das Zieljahr 2026 (1,4-%-Zwischenziel)	34
Tabelle 5-3. Maximale anteilige Nutzung der ermittelten Potenziale je Bundesland in Prozent der Landesfläche	35
Tabelle A-1. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten - Szenario höhere Siedlungsabstände 1a	A-1
Tabelle A-2. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten - Szenario höhere Siedlungsabstände 1b	A-2
Tabelle A-3. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten – Szenario geringere Siedlungsabstände	A-3
Tabelle A-4. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten – Szenario Wald 100%-Nutzung	A-5
Tabelle A-5. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten – Szenario LSG-Ausschluss	A-6
Tabelle B-6. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Siedlungsgebiete	B-1
Tabelle B-7. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Natur- und Landschaftsschutz	B-1
Tabelle B-8. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Artenschutz	B-3
Tabelle B-9. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Infrastruktur	B-4
Tabelle B-10. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Verkehr	B-4
Tabelle B-11. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Militärische Belange	B-5
Tabelle B-12. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Sonstige	B-5

Abkürzungsverzeichnis

ADEBAR	.....	Atlas Deutscher Brutvogelarten
BMWK	.....	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CLC	.....	CORINE Landcover
DLM	.....	Digitales Landschaftsmodell
GIS	.....	Geo-Informationssystem
IBA	.....	Important Bird Area
KRK	.....	Konfliktrisikoklasse
KRW	.....	Konfliktrisikowert
LoD1	.....	Level of Detail 1
LSG	.....	Landschaftsschutzgebiet
SPA	.....	Special Protection Area
vDK	.....	Vogelartspezifische Dichteklasse
vMGI	.....	Vorhabentypspezifischer Mortalitäts-Gefährdungs-Index

Zusammenfassung

Das Bundes-Klimaschutzgesetz gibt das Ziel vor, bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen. Bereits im Jahr 2035 soll der Strombedarf nach dem Regierungsentwurf zum EEG 2023 nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch soll 2030 danach zudem bereits mindestens 80 % betragen, was in etwa einer Verdopplung des Anteils gegenüber dem Jahr 2021 entspricht. Um diese ehrgeizigen Ziele zu erreichen, ist eine massive Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien notwendig. Der Windenergie an Land kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die installierte Leistung von Windenergieanlagen an Land soll, ebenfalls laut Regierungsentwurf zum EEG 2023, von aktuell 56 GW (Stand Ende 2021) auf 115 GW in 2030, 157 GW in 2035 und auf 160 GW im Jahr 2040 steigen.

Die ausreichende Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergie an Land ist eine elementare Voraussetzung für die Erreichung dieser Ziele. Um eine ausreichende Flächenverfügbarkeit für die Zukunft abzusichern, hat die Bundesregierung sich daher das Ziel gesetzt, 2 % der Landesflächen für die Windenergie an Land zur Verfügung zu stellen.¹ Dieses Ziel soll gesetzlich im Windflächenbedarfsgesetz verankert werden. Geplant ist neben dem 2-%-Ziel in 2032 auch ein Zwischenziel von 1,4 % Fläche für das Jahr 2026 festzuschreiben, um das Ausbaziel für das Jahr 2030 zu gewährleisten. Dabei muss nicht jedes Bundesland denselben Anteil der Landesfläche bereitstellen. Vielmehr sollen die unterschiedlichen Voraussetzungen der Länder bei der Verteilung des Flächenziels berücksichtigt werden.

Die vorliegende Untersuchung ermittelt, welche bundesweiten Flächenpotenziale für die Windenergie an Land langfristig bestehen. Weiterhin wird untersucht, welche Möglichkeiten für die Verteilung des Flächenziels zwischen den Bundesländern unter Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen bzw. Restriktionen bestehen.

Grundlage für die Untersuchungen bildet eine umfassende Flächenpotenzialanalyse, die in zwei Schritten erfolgt. Im ersten Schritt wird eine flächendeckende Raumbewertung hinsichtlich der Vereinbarkeit vorliegender Nutzungs- und Schutzbelange mit der Windenergienutzung an Land vorgenommen. Dabei wird unterschieden zwischen Flächen, auf denen eine Windenergienutzung kategorisch ausgeschlossen ist (Ausschlussflächen) und solchen, auf denen Restriktionen bestehen, also Flächen, die keine uneingeschränkte Windenergienutzung erlauben, weil Konfliktrisiken mit anderen Nutzungs- und Schutzbelangen bestehen (Restriktionsflächen). Auch Flächen ohne oder mit nur sehr geringen Restriktionen werden hierbei erfasst. Für Ausschlussflächen werden in einem Basisszenario u. a. folgende Kriterien zugrunde gelegt: 800 m Abstand zur Wohnbebauung im Innenbereich, 400 m zur Wohnbebauung im Außenbereich, verschiedene naturschutzrechtliche Schutzgebietskategorien, 3 km um Drehfunkfeuer und 5 km zu Wetterradaren, Abstände zu Straßen, Gleisanlagen und Freileitungen und eine Windhöflichkeit von unter 6,5 m/s in 150 m Höhe über Grund nach dem Global Wind Atlas. Als Restriktionsflächen werden insbesondere Flächen angesehen, auf denen Konfliktrisiken aufgrund von Artenschutz sowie Natur- und Landschaftsschutz bestehen. Den nicht ausgeschlossenen Flächen wird dazu auf Basis der individuellen, sich überlagernden Konfliktrisiken ein Konfliktrisikowert (KRW) zugeordnet, der das Ausmaß der Restriktionen ausdrückt und zwischen 1 (geringes Konfliktrisiko) und 6 (sich überlagerndes, sehr hohes Konfliktrisiko) liegt.

Die Ermittlung der nicht ausgeschlossenen Flächen erfolgt als **Rotor-out**-Fläche, da nur wenn der Rotorradius der Windenergieanlagen über die Gebietsgrenzen hinausragen darf

¹ Vgl. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, S. 57, verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>.

die Ausweisung von 2 % der Bundesfläche ausreicht, um das Leistungsziel von 160 GW zu erreichen². Im Rahmen dieser Studie wurden dementsprechend die einzelnen Flächenkategorien bei der Projektion in den Raum um einen Puffer in Größe des Rotorradius erweitert. Als Referenzanlage wird hierbei eine Windenergieanlage mit 165 m Rotordurchmesser definiert.

Auf der Grundlage dieser flächendeckenden Raumbewertung wird im zweiten Schritt das Flächenpotenzial ermittelt. Dazu werden Annahmen zur anteiligen Flächenverfügbarkeit je Konfliktrisikowert für zwei Varianten getroffen. In der Variante A werden die Flächen mit Konfliktrisikowert (KRW) 1 zu 100 %, KRW 2 zu 80 % und KRW 3 zu 60 % in das Flächenpotenzial eingerechnet. Flächen mit höheren Konfliktrisikowerten werden nicht berücksichtigt. In der Variante B werden zusätzlich die Flächen mit KRW 4 zu 20 % und KRW 5 zu 5 % in das Potenzial eingerechnet.

Untersucht werden insgesamt zehn Szenarien, ein Basisszenario und neun alternative Szenarien, die sich in einzelnen Kriterien vom Basisszenario unterscheiden. Betrachtet werden Szenarien mit 900 m (Höhere Siedlungsabstände 1a), 1000 m (Höhere Siedlungsabstände 1b) und 600 m Siedlungsabständen zu Wohngebäuden im Innenbereich sowie 1000 m zu Wohngebäuden im Innen- und Außenbereich (Szenario Höhere Siedlungsabstände 2). Weiterhin betrachtet wird ein Szenario, in dem bereits Flächen mit weniger als 7 m/s durchschnittlicher Windgeschwindigkeit in 150 m Höhe über Grund ausgeschlossen werden (Szenario Windhöflichkeit). Außerdem wird ein vollständiger Ausschluss aller Waldflächen sowie eine vollständige Nutzung aller Waldflächen, sofern dem keine anderen Konfliktrisiken entgegenstehen, ein vollständiger Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten (LSG – Ausschluss) und die Berücksichtigung des Landschaftsbilds untersucht.

Die Flächenpotenzialanalyse zeigt, dass grundsätzlich ausreichend geeignete Flächen mit vertretbaren Konfliktrisiken für die Windenergie an Land in Deutschland verfügbar sind, um ein 2%-Flächenziel zu erreichen. Im Basisszenario liegt das Flächenpotenzial in der Variante A bei 4,5 %. Rechnet man zusätzlich geringe Anteile der Flächen mit Konfliktrisikowert 4 oder 5 ein (Variante B) liegt das Potenzial bei 5,4 %.

Die folgende Abbildung zeigt das Flächenpotenzial als Anteil der Bundesfläche für die betrachteten Szenarien. Die Untersuchung zeigt, dass die Festlegung sehr hoher Siedlungsabstände sowie der Ausschluss von Waldflächen, Landschaftsschutzgebieten oder Flächen mit besonderer Bedeutung für das Landschaftsbild das Flächenpotenzial stark reduzieren und eine Zielerreichung ausschließen bzw. sehr unwahrscheinlich machen. Diese Szenarien wurden daher nicht weitergehend betrachtet.

² Dies zeigen aktuelle Berechnungen im Rahmen des Vorhabens des Umweltbundesamtes „Flächenverfügbarkeit und Flächenbedarfe für den Ausbau der Windenergie an Land“, durchgeführt von Guidehouse, Fraunhofer IEE und Stiftung Umweltenergierecht. Die Berechnungen erfolgten unter der Annahme einer Nicht-Nutzbarkeit der ausgewiesenen Flächen von 30 %. Die Ergebnisse werden im Sommer 2022 veröffentlicht.

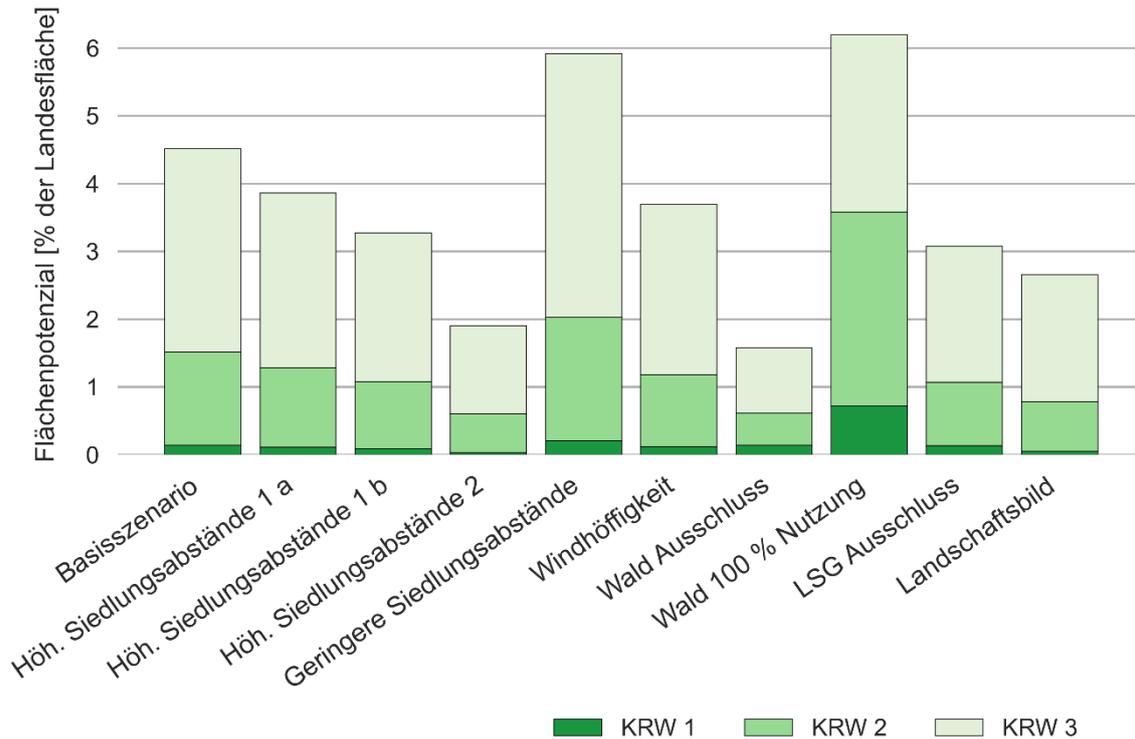


Abbildung. Flächenpotenzial in Prozent der Bundesfläche unter Berücksichtigung der spezifischen Potenzialfaktoren der Konfliktrisikowerte

Quelle: Fraunhofer IEE

Das Basisszenario und das Szenario Windhöflichkeit wurden hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Flächenpotenziale vertieft betrachtet. Die weiteren Szenarien mit ausreichend Flächenpotenzial zur Zielerreichung zeigen entweder kaum Auswirkungen auf die Verteilung der Potenziale zwischen den Bundesländern gegenüber dem Basisszenario (höhere Siedlungsabstände 1a und 1b) oder sind politisch nicht umsetzbar (100 % Nutzung Wald, geringere Siedlungsabstände, Ausschluss Landschaftsschutzgebiete).

Die folgende Abbildung zeigt das Flächenpotenzial als Anteil der Landesfläche je Bundesland für die zwei verbliebenen Szenarien. Dargestellt ist für das Basisszenario die Variante A und für das Szenario Windhöflichkeit die Variante B, da hier die größten Unterschiede in der Verteilung vorliegen. Beide Szenarien weisen ein Flächenpotenzial von 4,5 % auf, welches deutlich über dem 2%-Ziel liegt.

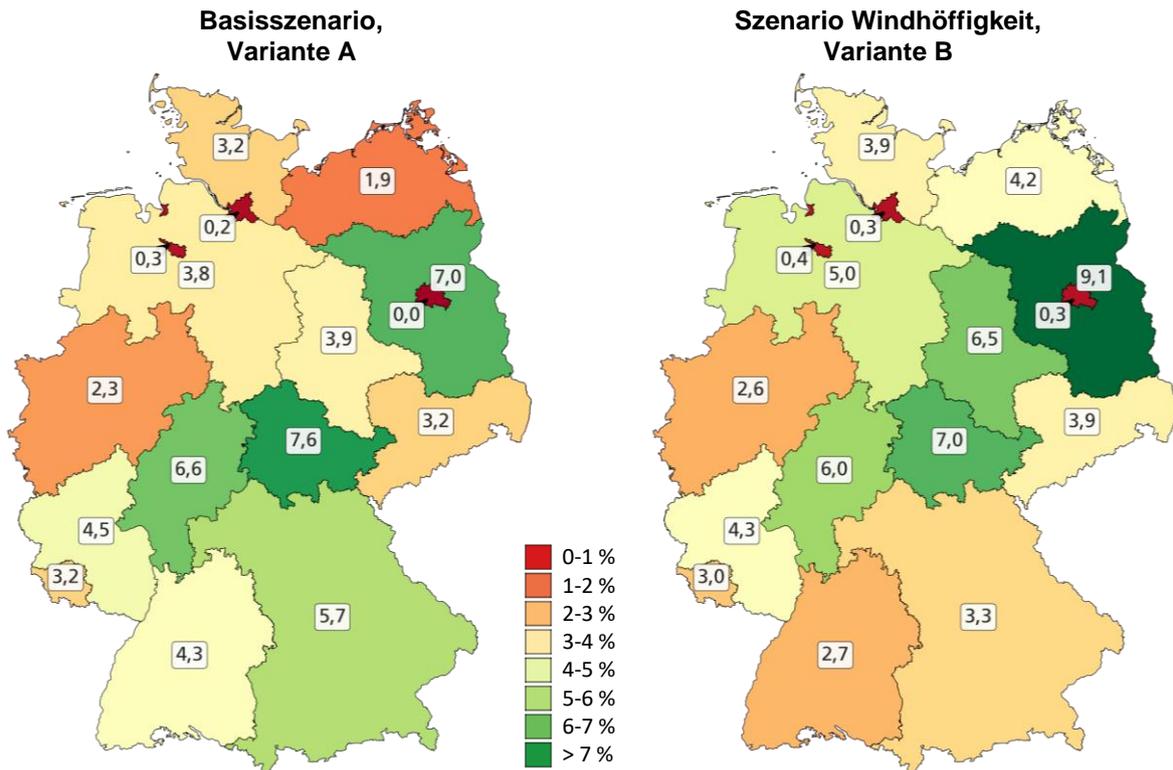


Abbildung. Kartografische Gegenüberstellung der Flächenpotenziale der Bundesländer in Prozent der Landesfläche im Basisszenario, Variante A und im Szenario Windhöflichkeit, Variante B

In Variante A Berücksichtigung der nicht ausgeschlossenen Flächen mit Konfliktrisikowert (KRW) 1 zu 100 %, KRW 2 zu 80 % und KRW 3 zu 60 %. In Variante B zusätzlich Berücksichtigung der nicht ausgeschlossenen Flächen mit KRW 4 zu 20 % und KRW 5 zu 5 %

Quelle: Fraunhofer IEE

© GeoBasis-DE / BKG (2021)

Brandenburg, Thüringen und Hessen weisen in beiden Szenarien die höchsten Potenziale auf. Im Basisszenario hat zudem Bayern ein Flächenpotenzial von über 5 % der Landesfläche, im Szenario Windhöflichkeit Sachsen-Anhalt und Niedersachsen.

Die geringsten Flächenpotenziale als Anteil an der Landesfläche haben in beiden Szenarien Nordrhein-Westfalen und das Saarland sowie im Basisszenario Mecklenburg-Vorpommern. Die Stadtstaaten weisen in allen Szenarien nur sehr geringe Flächenpotenziale auf.

Grundsätzlich ist zwischen den zwei Szenarien eine Süd-Nord-Verschiebung der Flächenpotenziale zu beobachten. Der zusätzliche Ausschluss von Flächen mit weniger guten Windbedingungen zwischen 6,5 m/s und unter 7 m/s in 150 m Höhe reduziert die Flächenpotenziale in Bayern und Baden-Württemberg stark sowie geringfügig in Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Nordrhein-Westfalen und dem Saarland. Die zusätzliche Berücksichtigung der Flächen mit Konfliktrisikowert 4 und 5 zu 20 % bzw. 5 % in der Variante B führt zudem zu einer Erhöhung des ermittelten Flächenpotenzials insbesondere in den Ländern mit hohen Konfliktrisiken im Bereich des Artenschutzes sowie des Natur- und Landschaftsschutzes. Hierzu zählen insbesondere Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt sowie weniger stark Brandenburg, Niedersachsen, Sachsen und Schleswig-Holstein.

Die Untersuchung zeigt, dass die Bundesländer unterschiedliche Voraussetzungen für den Ausbau der Windenergie an Land haben. Diese können und sollten in einem gewissen Maße bei der Festlegung individueller Flächenziele für die Bundesländer zur Erreichung des 2%-Ziels in 2032 bzw. des 1,4%-Ziels in 2026 auf Bundesebene berücksichtigt werden. Die

Ergebnisse zeigen, wie wichtig es ist, bei der Ermittlung des Flächenpotenzials neben Ausschlusskriterien auch die Restriktionen durch Konfliktrisiken zu berücksichtigen, da diese das verfügbare Flächenpotenzial stark einschränken. Zudem sind die Konfliktrisiken in den Bundesländern unterschiedlich stark ausgeprägt.

Nach der Ermittlung des Flächenpotenzials pro Bundesland wurde untersucht, wie eine ausgewogene Verteilung des 2-%-Ziels auf die Bundesländer aussehen könnte.

Eine rein potenzialbasierte Verteilung des 2-%-Ziels würde zu großen Unterschieden der Flächenziele der Bundesländer führen. Länder mit hohen Potenzialen müssten mehr als 3 oder 4 % der Landesfläche für die Windenergie an Land ausweisen, während andere deutlich unter 2 % der Landesfläche bereitstellen müssten, auch wenn ausreichend Potenziale für höhere Beiträge vorhanden sind. Die Festlegung und Umsetzung einer solchen Verteilung wird als politisch schwer durchsetzbar eingeschätzt, da eine Vielzahl der Beteiligten diese sehr wahrscheinlich als nicht gerecht einstufen würde. Daher wird zur Ermittlung einer potenzialbasierten Zielverteilung eine Ober- und Untergrenze eingezogen, d.h. dass sich die Ziele zwischen diesen festgelegten Grenzwerten befinden müssen und entweder auf die Untergrenze angehoben oder auf die Obergrenze gedeckelt werden. Lediglich die Stadtstaaten werden aufgrund der geringen Potenziale nicht auf die Untergrenze angehoben. Für sie wird ein Ziel auf Basis einer rein potenzialbasierten Verteilung angesetzt.

Die folgende Tabelle zeigt mögliche Verteilungsschlüssel für das 2-%-Ziel in 2032 für die zwei betrachteten Szenarien. Untersucht wurde die Verteilung für verschiedene Grenzwerte, einerseits für eher weite Grenzen (1,6 bis 2,4 %) und andererseits eher enge Grenzen (1,8 bis 2,2 %). Die Flächenziele wurden auf eine Nachkommastelle, für die Stadtstaaten auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle. Mögliche Verteilungsschlüssel für das Zieljahr 2032 (2-%-Ziel)

	Basisszenario-A Weite Grenzen 1,6 bis 2,4 %	Basisszenario-A: Enge Grenzen 1,8 bis 2,2 %	Windhöffigkeit-B Weite Grenzen 1,6 bis 2,4 %	Windhöffigkeit-B Enge Grenzen 1,8 bis 2,2 %
BB	2,4 %	2,2 %	2,4 %	2,2 %
BE	0,02 %	0,02 %	0,12 %	0,12 %
BW	2,0 %	2,1 %	1,6 %	1,8 %
BY	2,4 %	2,2 %	1,7 %	1,8 %
HB	0,14 %	0,14 %	0,20 %	0,20 %
HE	2,4 %	2,2 %	2,4 %	2,2 %
HH	0,11 %	0,11 %	0,13 %	0,13 %
MV	1,6 %	1,8 %	2,1 %	2,1 %
NI	1,8 %	1,8 %	2,4 %	2,2 %
NW	1,6 %	1,8 %	1,6 %	1,8 %
RP	2,1 %	2,2 %	2,1 %	2,2 %
SH	1,6 %	1,8 %	1,9 %	2,0 %
SL	1,6 %	1,8 %	1,6 %	1,8 %
SN	1,6 %	1,8 %	1,9 %	2,0 %
ST	1,8 %	1,8 %	2,4 %	2,2 %
TH	2,4 %	2,2 %	2,4 %	2,2 %

Aufgrund der sehr hohen Potenziale in allen Szenarien greift für Thüringen, Hessen und Brandenburg immer die Obergrenze. Nordrhein-Westfalen und das Saarland liegen aufgrund der geringen Potenziale an der Untergrenze.

Starke Auswirkungen zwischen den Szenarien und dabei der Variante A und B zeigen sich bei Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern. Liegt Bayern im Basisszenario an der Obergrenze und Baden-Württemberg leicht über 2 %, sinkt das Flächenziel im Szenario Windhöflichkeit auf oder nahe an die Untergrenze. Demgegenüber zeigen sich stärkere Auswirkungen in die andere Richtung bei Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Sachsen, welche im Szenario Windhöflichkeit den deutlich geringeren Beitrag der großen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg maßgeblich auffangen.

Welche konkreten Flächen auf Ebene der Regional- und Bauleitplanung ausgewiesen werden, kann und soll mit einer bundesweiten Betrachtung nicht bestimmt werden. Hierzu ist eine detailliertere, regionale Raumbewertung erforderlich, die die individuellen Restriktionen bestmöglich auch unter Verwendung regional erhobener Daten berücksichtigt. Mit der Festlegung eines Verteilungsschlüssels wird jedoch bereits dahingehend Einfluss genommen, welche Konfliktrisiken der Windenergie verstärkt auf den ausgewiesenen Flächen entgegenstehen. Ob hierbei z. B. eher windschwächere Standorte oder Flächen mit höherem Konfliktpotenzial im Artenschutz zur Zielerreichung ausgewiesen werden müssen, ist primär eine politische Frage.

1. Einführung

Hintergrund

Deutschland möchte bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität erreichen und hat dieses Ziel im Bundes-Klimaschutzgesetz festgeschrieben. Auf dem Weg zu diesem Ziel soll der Strombedarf laut dem Regierungsentwurf zum EEG 2023 bereits im Jahr 2035 nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Bis zum Jahr 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch zudem mindestens 80 % betragen. Im Jahr 2021 deckten die erneuerbaren Energien den Stromverbrauch zu 41 % ab, sodass ihr Anteil innerhalb von weniger als einem Jahrzehnt fast verdoppelt werden soll.

Um diese ehrgeizigen Ziele zu erreichen, ist eine massive Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien notwendig. Der Windenergie an Land kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die installierte Leistung von Windenergieanlagen an Land soll von aktuell 56 GW (Stand Ende 2021) auf 115 GW in 2030, 157 GW in 2035 und 160 GW im Jahr 2040 steigen.³

Der stockende Ausbau der Windenergie an Land in den vergangenen Jahren hat gezeigt, dass die förderrechtliche Festlegung von Leistungszielen allein jedoch nicht ausreicht, um den nötigen Ausbau sicherzustellen. Eine elementare Voraussetzung ist die ausreichende Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergie an Land. Eine Analyse der Flächenkulisse für das Umweltbundesamt⁴ hat bereits 2019 gezeigt, dass große Unsicherheiten bestanden, ob die damals bestehenden und geplanten Windflächen ausreichen können, um das zu dieser Zeit geltende EEG-Ziel von 72 GW installierter Leistung bis 2030 zu erreichen. Aktuelle Analysen im Folgevorhaben⁵ zeigen zudem, dass für eine Erreichung des geplanten Leistungsziels von 115 GW massive weitere Flächenausweisungen erfolgen müssen.

Um eine ausreichende Flächenverfügbarkeit für die Zukunft abzusichern, hat die Bundesregierung sich daher das Ziel gesetzt, 2 % der Landesflächen für die Windenergie an Land zur Verfügung zu stellen.⁶ Dieses Ziel soll gesetzlich im Windflächenbedarfsgesetz verankert werden. Geplant ist neben dem 2-%-Ziel in 2032 auch ein Zwischenziel von 1,4 % Fläche für das Jahr 2026 festzuschreiben, um das Ausbauziel für das Jahr 2030 zu gewährleisten.

Um sicherzustellen, dass die Flächenziele erreicht werden, sieht die Bundesregierung vor, das bundesweite Flächenziel auf die Bundesländer zu verteilen und diese zur Zielerreichung zu verpflichten. Dabei muss nicht jedes Bundesland denselben Anteil an der Landesfläche bereitstellen. Vielmehr sollen die unterschiedlichen Voraussetzungen der Länder bei der Verteilung des Flächenziels berücksichtigt werden.

³ Vgl. Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor, § 4, Abs. 1, S. 23, verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/04_EEG_2023.pdf?__blob=publicationFile&v=8.

⁴ Vgl. Guidehouse (ehemals Navigant), Fraunhofer IEE (2019) Analyse der kurz- und mittelfristigen Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergienutzung an Land. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/climate_change_38_2019_flaechenanalyse_windenergie_an_land.pdf

⁵ Vorhaben „Flächenverfügbarkeit und Flächenbedarfe für den Ausbau der Windenergie an Land“, durchgeführt von Guidehouse, Fraunhofer IEE und Stiftung Umweltenergierecht. Die Ergebnisse werden im Sommer 2022 veröffentlicht.

⁶ Vgl. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, S. 57, verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>.

Ziel der Studie

Mit dem Vorhaben „Analyse der Flächenverfügbarkeit für Windenergie an Land post-2030“ wird die Bundesregierung bei der Ausgestaltung und Einführung eines Flächenziels unterstützt. Ziel des Vorhabens ist die Identifizierung und Quantifizierung der mittel- und langfristig realistisch nutzbaren Flächenpotenziale für den Ausbau der Windenergie an Land. Dieser Bericht stellt Zwischenergebnisse des Vorhabens vor.

Der Fokus der bisher erfolgten Analysen liegt darauf

- zu ermitteln welche bundesweiten Flächenpotenziale für die Windenergie an Land langfristig bestehen;
- zu bestimmen, wie die Flächenziele erreicht werden können. Dabei wird untersucht, welche Restriktionen im Konflikt mit der Windenergie stehen und wie stark diese berücksichtigt werden können beziehungsweise müssen;
- aufzuzeigen, welche Möglichkeiten für die Verteilung des Flächenziels des Bundes auf die Bundesländer unter Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen und Restriktionen innerhalb der Bundesländer bestehen.

Das hierzu angewendete methodische Vorgehen wird im folgenden Kapitel 2 beschrieben. Der Kriterienkatalog und die Datengrundlagen werden in Kapitel 3 vorgestellt. In Kapitel 4 wird das resultierende Flächenpotenzial dargestellt. Mögliche Verteilungsschlüssel für die Flächenziele werden in Kapitel 5 aufgezeigt. Abschließend werden in Kapitel 6 Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen abgeleitet.

2. Methodik

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen der vorliegenden Analyse beschrieben. Nach einem knappen Überblick zur grundsätzlichen Methodik (vgl. Abbildung 1) wird in den folgenden Unterkapiteln die Herangehensweise der einzelnen Arbeitsschritte näher beschrieben.

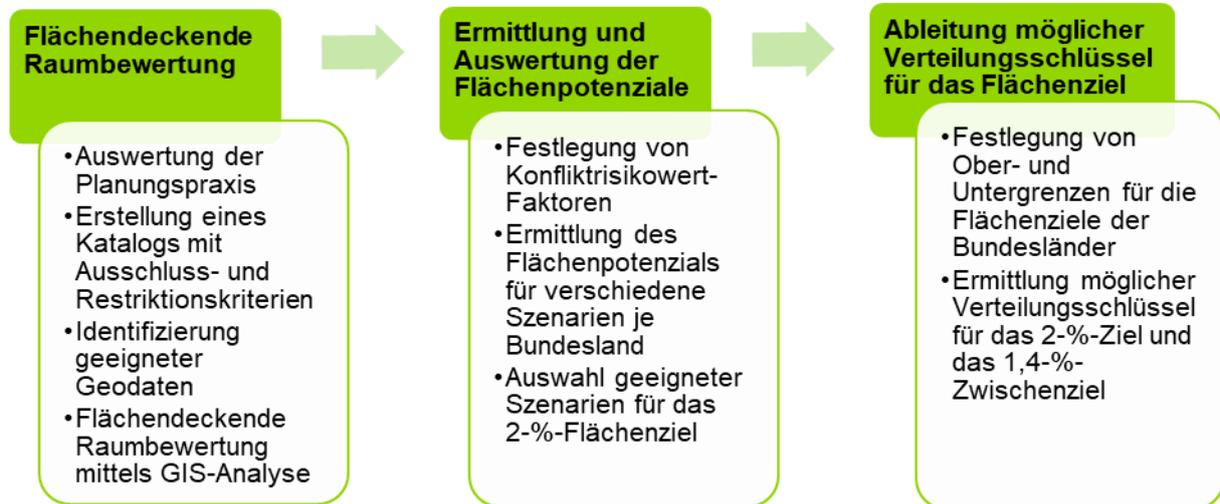


Abbildung 1. Darstellung des methodischen Vorgehens

Quelle: Guidehouse

Kern der Untersuchungen bildet eine Flächenpotenzialanalyse. Diese erfolgt in zwei Schritten. **Im ersten Schritt** (s. Abschnitt 2.1) wird eine **flächendeckende Raumbewertung** hinsichtlich der Vereinbarkeit vorliegender Nutzungs- und Schutzbelange mit der Windenergienutzung vorgenommen. Dabei wird unterschieden in Flächen, auf denen eine Windenergienutzung kategorisch ausgeschlossen ist (Ausschlussflächen) und solchen, auf denen Restriktionen bestehen, also Flächen, die keine uneingeschränkte Windenergienutzung erlauben, weil Konfliktrisiken mit anderen Nutzungs- und Schutzbelangen bestehen (Restriktionsflächen). Auch Flächen ohne oder nur mit sehr geringen Restriktionen werden hierbei erfasst. Den nicht ausgeschlossenen Flächen wird dazu auf Basis der individuellen, sich überlagernden Konfliktrisiken ein Konfliktrisikowert zugeordnet, der das Ausmaß der Restriktionen ausdrückt.

Im **zweiten Schritt** (s. Abschnitt 2.2) wird das **Flächenpotenzial** ermittelt. Dazu wird festgelegt, zu welchen Anteilen Flächen der einzelnen Konfliktrisikowerte als Flächenpotenzial betrachtet werden. Die Grundlage für die Analyse des Flächenpotenzials bildet die Erstellung einer GIS-Datenbank, in der alle Geodaten möglicher Ausschluss- und Restriktionskriterien gebündelt werden. Für eine einheitliche Bewertung und Vergleichbarkeit zwischen den Bundesländern wurde hierbei ausschließlich auf bundesweit verfügbare Datensätze zurückgegriffen.

Auf Grundlage der Flächenpotenzialanalyse werden **anschließend mögliche Schlüssel zur Verteilung des 2%-Ziels** sowie des 1,4%-Zwischenziels auf die Bundesländer abgeleitet (s. Abschnitt 2.3).

2.1 Flächendeckende Raumbewertung als Grundlage der Flächenpotenzialanalyse

Grundlage der Flächenpotenzialermittlung bildet eine flächendeckende Raumbewertung hinsichtlich der Vereinbarkeit vorliegender Nutzungs- und Schutzbelange mit der Windenergienutzung.

Hierzu wird zuerst ein Kriterienkatalog festgelegt. Dieser unterscheidet zwischen Ausschluss- und Restriktionskriterien. **Ausschlusskriterien** gelten für Flächenkategorien, auf denen eine Windenergienutzung kategorisch ausgeschlossen ist. Diese Flächen sollen aus rechtlichen, technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht für die Windenergienutzung in Anspruch genommen werden. Rechtliche Gründe ergeben sich beispielsweise aus dem Immissionsschutzrecht, aus dem folgt, dass Windenergieanlagen dort nicht errichtet werden können, wo bestimmte Lärmgrenzwerte auch unter Berücksichtigung möglicher Abschaltaufgaben nicht eingehalten werden können. Technische Gründe sind z. B., dass sich Windenergieanlagen mit vertretbarem Aufwand nicht auf stark geneigten (in der Regel mehr als 30° Neigungswinkel) Flächen errichten lassen.

Restriktionskriterien hingegen beziehen sich auf Flächenkategorien, die Konfliktrisiken mit anderen Nutzungs- und Schutzbelangen abbilden (z. B. Vogelschutzgebiete oder Landschaftsschutzgebiete). Die Flächenkategorien dienen somit als Indikator für die Art und das Ausmaß von negativen Veränderungen der Nutzungs- und Schutzbelange und daraus resultierender Konflikte, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten würden, wenn an den entsprechenden Standorten eine Windenergieanlage errichtet würde. Die Flächenkategorien werden hinsichtlich der Bedeutung (abgeleitet aus gesellschaftlichen Zielen und Rechtsmaßstäben) und Empfindlichkeit der durch sie abgebildeten Flächeneigenschaften (gegenüber den Wirkungen der Windenergienutzung) sowie der Abbildungsgenauigkeit bewertet. Darauf aufbauend wird den Flächenkategorien eine **Konfliktrisikoklasse** zwischen 1 (sehr geringes Konfliktrisiko) und 5 (sehr hohes Konfliktrisiko) zugeordnet.

Sowohl die Einstufungen als Ausschlusskriterium als auch als Restriktionskriterium lassen sich wissenschaftlich nicht exakt herleiten, sondern sind bis zu einem gewissen Grad politische Setzungen. Für die Zwecke einer Flächenpotenzialanalyse lässt sich die Einstufung insbesondere nicht allein aus dem gegenwärtigen Rechtsrahmen ableiten, da dieser auch verändert werden kann, um weitere Potenziale realisieren zu können. Die Frage ist also weniger, welche Flächen heute nicht genutzt werden können, sondern vielmehr welche Flächen auch in Zukunft nicht oder nur zu gewissen Teilen genutzt und entsprechend in die Ermittlung der Flächenpotenziale (nicht) einbezogen werden sollen. Bei der Festlegung des Kriterienkatalogs wird dementsprechend zwar die aktuelle Praxis der Raumordnung über die Sichtung und Auswertung von fast 30 Regional- und Flächennutzungsplänen berücksichtigt (s. Abschnitt 3.1). Regionale Unterschiede der Planungspraxis sowie landesspezifische politische Vorgaben oder Gesetze werden jedoch nicht zwingend abgebildet, sondern bundesweit einheitliche Kriterien definiert. Hierbei werden neben einem Basisszenario weitere alternative Szenarien festgelegt, um die Auswirkungen einzelner Kriterien auf die Ergebnisse der Flächenpotenzialanalyse zu untersuchen. Der Kriterienkatalog für das Basisszenario findet sich in Abschnitt 3.2, eine Übersicht über die alternativen Szenarien in Abschnitt 3.3)

Auf Basis des Kriterienkatalogs wird eine **flächendeckende Raumbewertung** vorgenommen, indem die als Ausschluss und Restriktion bewerteten Flächenkategorien in den Raum projiziert werden. Datengrundlage der **GIS-Analyse** bilden bundesweit verfügbare Geodaten der Flächenkategorien. Damit wird eine einheitliche Bewertung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse nach Bundesländern gewährleistet. Lediglich für die Darstellung der Wohngebäude im Außenbereich im Land Sachsen wurde ein ergänzender Datensatz (Siedlungsflächen des Basis-DLM) berücksichtigt, da in dem ansonsten bundesweit verwendeten Datensatz des

3D-Gebäudemodells (LoD1) in Sachsen die Gebäudefunktion unzureichend differenziert ist. Zur Abbildung von einzuhaltenden Abständen werden die Flächen in der GIS-Software entsprechend gepuffert.

Um die im Entwurf des EEG 2023 festgelegten Leistungsziele für den Ausbau der Windenergie an Land zu erreichen, ist die Ausweisung von 2 % der Bundesfläche für die Windenergie an Land vorgesehen. Dabei ist zu beachten, dass 2 % der Bundesfläche nur für das Leistungsziel von 160 GW ausreichen, wenn der Rotorradius der Windenergieanlagen über die Gebietsgrenzen hinausragen darf und somit entsprechend mehr Windenergieanlagen auf den Flächen installiert werden können⁷. Die Ermittlung der nicht ausgeschlossenen Flächen muss daher als **Rotor-out**-Fläche erfolgen. Im Rahmen dieser Studie wurden dementsprechend die einzelnen Flächenkategorien bei der Projektion in den Raum um einen Puffer in Größe des Rotorradius erweitert. Als Referenzanlage wird hierbei eine Windenergieanlage mit 165 m Rotordurchmesser definiert. Diese soll die im Jahr 2030 zugebauten Windenergieanlagen repräsentieren, um den durchschnittlichen Zubau zwischen 2022 und 2035/2040 abzubilden⁸.

Für die Raumbewertung der nicht ausgeschlossenen Flächen wird untersucht, inwieweit sich Konfliktrisiken mit unterschiedlichen, im Kriterienkatalog definierten Konfliktrisikoklassen auf einer Flächeneinheit (25 x 25 m Raster) überlagern. Ergebnis der Raumbewertung ist die Zuordnung eines **Konfliktrisikowerts (KRW)** zwischen 1 (geringes Konfliktrisiko) und 6 (sich überlagerndes, sehr hohes Konfliktrisiko) je Flächeneinheit.

Der Konfliktrisikowert wird hierbei über die Aggregation nach dem Maximalwertprinzip der Konfliktrisikoklassen der sich auf einer Flächeneinheit überlagernden Flächenkategorien ermittelt. Überlagern sich beispielsweise auf einer Flächeneinheit ein Landschaftsschutzgebiet mit KRK 2 und ein EU-Vogelschutzgebiet mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten mit KRK 5, wird der Flächeneinheit der Konfliktrisikowert 5 zugewiesen.

Sollten sich zwei oder mehr Flächenkategorien überlagern, die Konflikte mit unterschiedlichen Schutzgutgruppen abbilden (siehe Abbildung 2) und eine Konfliktrisikoklasse von mindestens 3 aufweisen, wird der Konfliktrisikowert um eine Stufe bis max. Konfliktrisikowert 6 (sich überlagernde sehr hohe Konfliktrisiken) erhöht.

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt des Ergebnisses der flächendeckenden Raumbewertung. Die schwarz eingefärbten Bereiche zeigen die Ausschlussflächen. Aufgrund der zu beachtenden Puffer sind diese meist kreisförmig abgerundet. Die nicht ausgeschlossenen Flächen sind farblich hervorgehoben. Die Einfärbung zeigt dabei den für die jeweilige Fläche ermittelten Konfliktrisikowert von Grün (KRW 1) bis Rot (KRW 6).

⁷ Dies zeigen aktuelle Berechnungen im Rahmen des Vorhabens des Umweltbundesamtes „Flächenverfügbarkeit und Flächenbedarfe für den Ausbau der Windenergie an Land“, durchgeführt von Guidehouse, Fraunhofer IEE und Stiftung Umweltenergierecht. Die Berechnungen erfolgten unter der Annahme einer Nicht-Nutzbarkeit der ausgewiesenen Flächen von 30 %. Die Ergebnisse werden im Sommer 2022 veröffentlicht.

⁸ Die im ersten Quartal des Jahres 2022 erfolgten Genehmigungen weisen deutschlandweit einen durchschnittlichen Rotordurchmesser von 149 m auf. Eine lineare Extrapolation der erfolgten Inbetriebnahmen (2012 bis Q1 2022) sowie der bekannten Genehmigungen der Jahre 2020 bis 2022 lässt für 2030 einen mittleren Rotordurchmesser von ca. 170 m erwarten (für die Extrapolation wurde angenommen, dass die Inbetriebnahme der genehmigten Windenergieanlagen durchschnittlich drei Jahre nach dem Jahr der Genehmigung erfolgt).

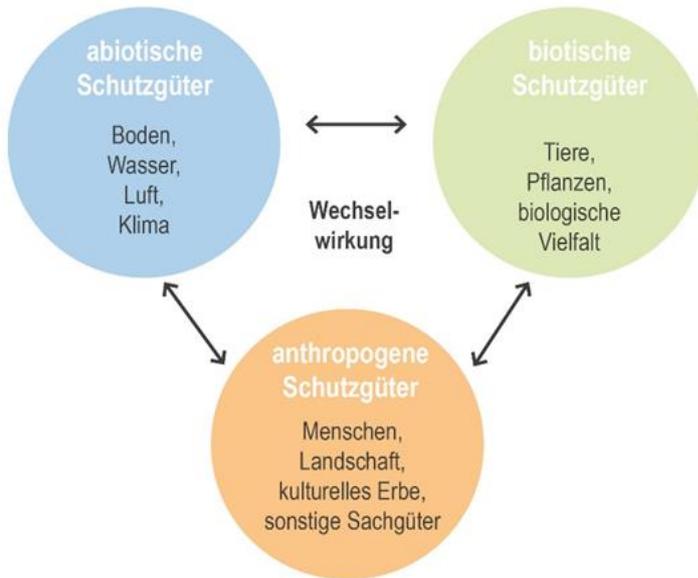


Abbildung 2. Gliederung der Schutzgüter nach Schutzgutgruppen

Quelle: Bosch&Partner

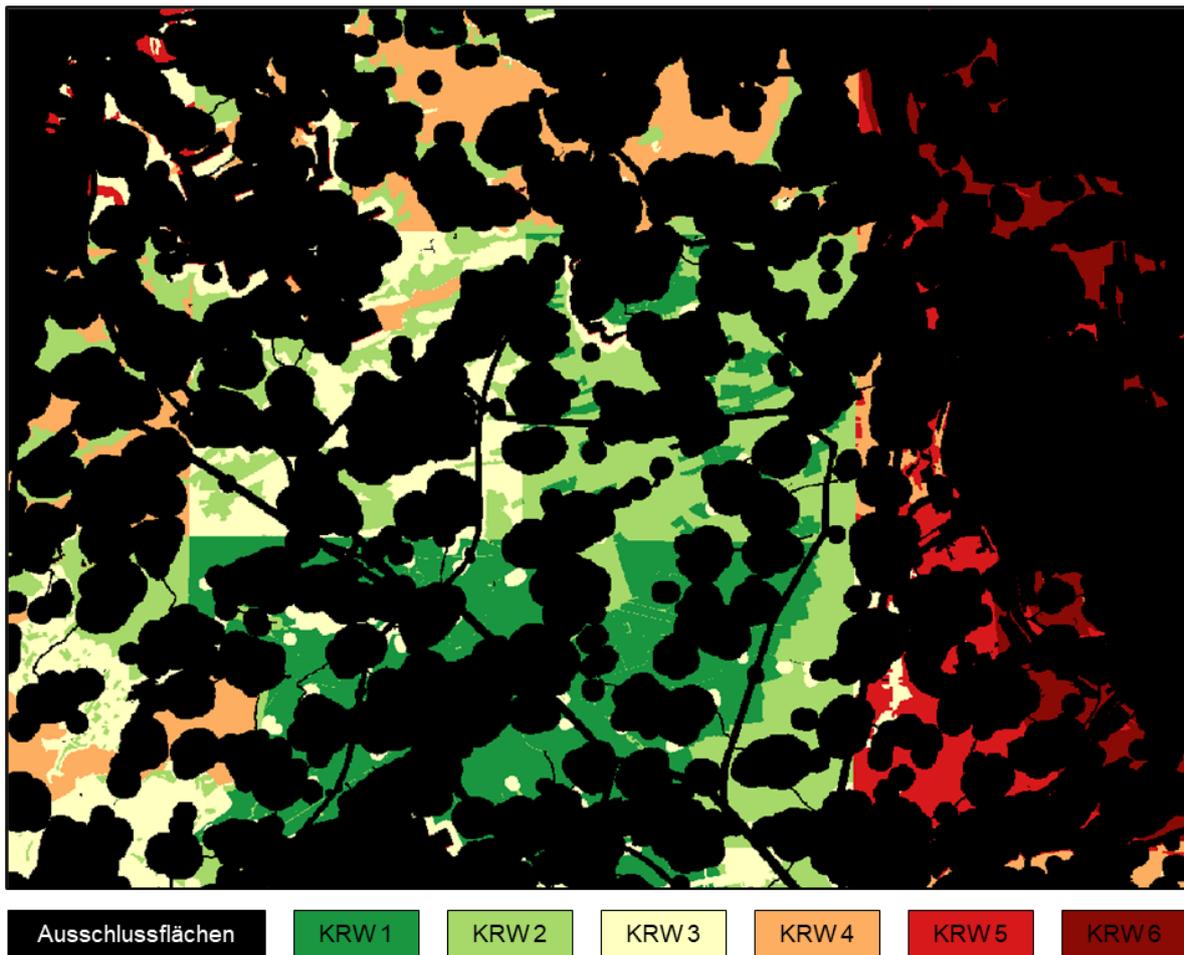


Abbildung 3. Beispielhafte Darstellung von Ausschluss- und Restriktionsflächen als Ergebnis der Raumbewertung

Quelle: Fraunhofer IEE, Bosch&Partner

2.2 Ermittlung und Auswertung der Flächenpotenziale

Je höher der ermittelte Konfliktrisikowert einer Flächeneinheit, desto unwahrscheinlicher ist es, dass diese Fläche für die Windenergienutzung in Anspruch genommen werden kann. Flächen mit hohen Konfliktrisikowerten tragen damit zu einem geringeren Anteil zum Flächenpotenzial bei als Flächen mit geringem Konfliktrisikowert.

Zur Berechnung des Flächenpotenzials muss daher festgelegt werden, zu welchen Anteilen Flächen der einzelnen Konfliktrisikowerte einbezogen werden sollen. In diesem Sinne ist für jeden Konfliktrisikowert von 1 bis 6 ein spezifischer Faktor (**KRW-Faktor**) zwischen 0 und 1 zu definieren, der ausdrückt, wieviel Prozent der Fläche mit dem jeweiligen Konfliktrisikowert als Flächenpotenzial gezählt werden soll. Die Fläche je Konfliktrisikowert wird anschließend mit dem jeweiligen KRW-Faktor multipliziert, um das voraussichtliche Windflächenpotenzial je Konfliktrisikowert zu ermitteln. Die Summe entspricht dem Flächenpotenzial der Windenergie an Land insgesamt. Die KRW-Faktoren für die Untersuchung werden in Abschnitt 3.4 hergeleitet.

Das Flächenpotenzial wird für das Basisszenario und alle weiteren alternativen Szenarien je Bundesland ermittelt und nach Konfliktrisikowerten ausgewiesen. Auf Basis einer Auswertung der Ergebnisse der Szenarien werden die Szenarien ausgewählt, die als Grundlage für die Ableitung eines Verteilungsschlüssels für ein Flächenziel in Betracht kommen. Berücksichtigt wird hierbei die Höhe des Flächenpotenzials insgesamt sowie der Einfluss der in den Szenarien variierten Kriterien auf die Verteilung der Potenziale zwischen den Bundesländern.

2.3 Ableitung eines Verteilungsschlüssels für ein Flächenziel

Abschließend erfolgt die Ableitung möglicher Verteilungsschlüssel für das 2-%-Ziel sowie das 1,4-%-Zwischenziel für die ausgewählten Szenarien. Die Verteilung erfolgt grundsätzlich proportional zu den Flächenpotenzialen, wobei Grenzwerte eingezogen werden, um übermäßig hohe Flächenziele und verhältnismäßig sehr geringe Flächenziele zu vermeiden. Das Flächenpotenzial eines Bundeslands kann hierbei einen begrenzenden Faktor für ein höheres Flächenziel darstellen.

Die Herleitung des Verteilungsschlüssels unter Beachtung der Grenzwerte folgt einem iterativen Prozess. Liegt bei rein proportionaler Verteilung das Flächenziel eines Bundeslandes oberhalb der Obergrenze, wird das Flächenziel auf die Obergrenze reduziert. Dadurch ergeben sich Fehlmengen, die von den Bundesländern mit Flächenzielen unterhalb der Obergrenze aufgefangen werden müssen. Liegt bei rein proportionaler Verteilung das Flächenziel eines Bundeslandes hingegen unterhalb der Untergrenze, wird das Flächenziel auf die Untergrenze angehoben, sofern das Flächenpotenzial dabei nicht überschritten wird. In diesem Fall ergeben sich Mehrmengen, die zur Reduzierung der Flächenziele oberhalb der Untergrenze genutzt werden können.

3. Festlegung des Kriterienkatalogs und Datengrundlage

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Festlegungen für die Flächenpotenzialanalyse erläutert und begründet. Nach einem Einblick in die Auswertung der Planungspraxis in Abschnitt 3.1 wird der vollständige Kriterienkatalog für das Basisszenario in Abschnitt 3.2 und die alternativen Szenarien in Abschnitt 3.3 vorgestellt. In Abschnitt 3.4 werden die KRW-Faktoren auf Basis einer Gegenüberstellung der Bestandsanlagen mit den Ergebnissen des Basisszenarios hergeleitet. Abschnitt 3.5 bietet in Verbindung mit Anhang B eine vollständige Übersicht aller genutzter Datensätze und geht auf die Datensätze ein, die nicht direkt akquiriert und in die Raumbewertung eingeflossen sind, sondern im Zuge der Projektarbeit aus eigenen Berechnungen erzeugt wurden.

3.1 Auswertung der Planungspraxis

Zur Einordnung der Praxis der Raumplanung als ein Anhaltspunkt für die Festlegung des Kriterienkatalogs wurden 26 Regionalplanungs- und Flächennutzungspläne gesichtet und ausgewertet, wobei der Schwerpunkt auf der Sichtung von Regionalplänen lag. Die Auswahl der Regionen erfolgte unter Berücksichtigung des Alters bei Bestandsplänen bzw. des Entwurfsstadiums bei Plänen im Entwurf sowie einer möglichst guten geografischen Abdeckung über alle Bundesländer hinweg.

Die betrachteten Pläne wurden in Bezug auf die Nutzung von harten Tabukriterien sowie den der Abwägung zugänglichen weichen Tabukriterien sowie Kriterien der Einzelabwägung hin analysiert. Insgesamt wurden 183 unterschiedliche Kriterien über alle betrachteten Pläne hinweg identifiziert. Diese wurden thematisch in die Gruppen Siedlungsgebiete, Natur- und Landschaftsschutz, Artenschutz, Infrastruktur, Verkehr, militärische Belange und Sonstige sortiert.

Für jedes Kriterium wurde im Anschluss ausgewertet, ob und wie oft es in den betrachteten Regional- und Flächennutzungsplänen verwendet wurde und ob bzw. welche Schutz- und Vorsorgeabstände festgelegt wurden. Hierbei wurde unterschieden, ob es sich um ein hartes Tabukriterium oder ein weiches Tabukriterium oder ein einfaches Abwägungskriterium handelt. Im Ergebnis liegt eine Auswertung der Nutzung der Kriterien über die 26 betrachteten Pläne vor.

Auffällig sind starke Unterschiede bei der Häufigkeit der Anwendung der einzelnen Kriterien. So werden 76 Kriterien nur in ein oder zwei Regionen berücksichtigt. Hierbei handelt es sich häufig um geographische Besonderheiten, welche nur eine spezielle Region betreffen, aber über alle Kategorien hinweg vorkommen können. Beispiele umfassen das Vorkommen von Wildkatzen im Artenschutz, Mittel- und Binnendeiche bei der Infrastruktur oder die Insel Helgoland im Natur- und Landschaftsschutz. Andere Kriterien, hauptsächlich im Natur- und Landschaftsschutz und im Siedlungsbereich, werden in fast jeder Region angegeben. Hier sind zum Beispiel Naturschutzgebiete zu nennen.

Ferner ist zu beobachten, dass häufig Regional- und Flächennutzungspläne unterschiedliche Definitionen für gleiche oder sehr ähnliche Gebietstypen verwenden, z. B. bei Siedlungsgebieten. Die individuellen Kriterien wurden als Basis für die Festlegung des Kriterienkatalogs für die bundesweite Betrachtung vereinheitlicht und zusammengefasst. Die so erstellte Liste umfasst 54 Kriterien, welche die wichtigsten Belange in sieben Kategorien abdecken.

3.2 Kriterienkatalog

Die folgenden Tabellen listen alle berücksichtigten Ausschluss- und Restriktionskriterien im Basisszenario nach den Themenfeldern Siedlungsgebiete, Natur- und Landschaftsschutz, Artenschutz, Infrastruktur, Verkehr, militärische Belange und Sonstige auf. Bei den angegebenen Meterangaben handelt es sich um Abstände, die zu den Gebieten eingehalten werden müssen und in der Raumbewertung über Puffer um die jeweiligen Kriterien bzw. Flächenkategorien berücksichtigt werden. In der Umsetzung werden zu jeder Fläche und jedem Puffer weitere 82,5 m addiert, entsprechend eines Rotorradius der Referenzanlage, sodass die Ermittlung des Flächenpotenzials als Rotor-out-Fläche erfolgt. Somit kann der Rotor über die Flächengrenzen vollständig hinausragen ohne die jeweiligen Schutzabstände zu unterschreiten. Unterhalb der Tabellen finden sich weitere Erläuterungen und Begründungen zur Festsetzung einzelner Kriterien, die in der Praxis der Raumplanung unterschiedlich gehandhabt werden oder aufgrund ihrer Komplexität eine Erläuterung benötigen. Die Abweichungen bei einzelnen Kriterien im Rahmen der betrachteten weiteren Szenarien sind in Abschnitt 3.3 aufgeführt.

Tabelle 3-1. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Siedlungsgebiete

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
Siedlungsabstände zu Wohngebäuden im Innenbereich	800 m	-
Siedlungsabstände zu einzelnen Wohngebäuden im Außenbereich	400 m	-
Industrie- und Gewerbegebiete	300 m	-
Sport und Freizeit (inkl. Camping)	400 m	-
Kur- und Klinikgebiete	750 m	-

Grundsätzlich regelt die TA Lärm auf Basis der Vorgaben zu Schallimmissionen die Abstände, welche Windenergieanlagen zur **Wohnbebauung** einhalten müssen. Zum Ausschluss ungeeigneter Flächen für die Windenergie an Land werden in der Planungspraxis dabei harte Tabukriterien definiert, welche Mindestabstände vorgeben. Diese reichen in der Regel von mehreren Hundert Metern bis zu 1.000 m zum Innenbereich sowie von ca. 400 bis 600 m im Außenbereich.

Bei der Festlegung der Abstände wurde auch das bauplanungsrechtliche Gebot der Rücksichtnahme berücksichtigt, aus dem die Rechtsprechung ein einzelfallbezogenes Verbot der optisch-bedrängenden Wirkung ableitet. Der Faustregel der Rechtsprechung folgend ist von einem Verstoß hiergegen in der Regel auszugehen, wenn der Abstand einer Windenergieanlage zu Wohnnutzungen des Innenbereichs das Zweifache der Höhe der Anlage unterschreitet. Bei einem Abstand zwischen dem Zwei- und Dreifachen der Höhe ist eine Einzelfallprüfung erforderlich. Ab einem Abstand von mehr als dem Dreifachen ist das Verbot in der Regel nicht berührt. Mit Blick auf die hier betrachtete Referenzanlage mit 165 m Rotordurchmesser und je nach Standort mit einer Gesamthöhe von ca. 250 Metern wurde zu Wohngebäuden im Innenbereich ein Abstand entsprechend dem etwas mehr als Dreifachen (800 m) und zu Wohngebäuden im Außenbereich ein Abstand entsprechend dem ca. 1,5-fachen (400 m) der Höhe der Referenzanlage zugrunde gelegt. Die Auswirkungen höherer und geringerer Abstände wurden im Rahmen verschiedener Szenarien untersucht (s. Abschnitt 3.3).

Als Abstand zu **Industrie- und Gewerbegebieten** wurden 300 m festgelegt, was den in der Planungspraxis zumeist festgelegten Abständen entspricht. Jedoch wurden nicht von allen betrachteten Regionen Vorgaben gemacht und in der Praxis sind auch geringere Abstände vorzufinden.

Tabelle 3-2. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Natur- und Landschaftsschutz

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
Wald differenziert nach Waldtyp (Nadel-, Misch- und Laubwald) und Flächenanteilen in den Bundesländern; Puffer für den Schutz des Waldsaums	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 1 bis KRK 5 • 0-200 m Puffer: KRK 3
Naturwaldreservate	Fläche	-
Wildnisgebiete	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 5
Wildnisentwicklungsgebiete	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 3
Binnenseen	5 m	-
Biosphärenreservate Zone I und II (Kern- und Pflegezone)	Fläche	-
Biosphärenreservat Entwicklungszone	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 2
Feuchtgebiete	≥ 10 ha	-
Fließgewässer aller Ordnungen	50 m / 5 m	-
Landschaftsschutzgebiete	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 2
Nationalpark	Fläche	<ul style="list-style-type: none"> • 0-200 m Puffer: KRK 2
Naturschutzgebiet	Fläche	<ul style="list-style-type: none"> • 0-200 m Puffer: KRK 2
Nationale Naturmonumente	Fläche	-
Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete Zone I und II	Fläche	<ul style="list-style-type: none"> • Bei > 2.000 ha: Fläche: KRK 3
Wasserschutzgebiete Zone III	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 2
Naturpark	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 2
Schwerpunktbereiche des Biotopverbundsystems gem. § 21 BNatSchG	-	<ul style="list-style-type: none"> • Feuchtlebensräume: KRK 3 • Andere: KRK 1
Flächen des Grünen Bands Deutschland	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 3
Ackerland	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 1

Grünland	-	• Fläche: KRK 2
Offenland außerhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen	-	• Fläche: KRK 2
Flussauen	-	• Fläche: KRK 3

Waldflächen werden differenziert betrachtet. Einerseits wird nach dem Waldtyp unterschieden, wobei Laub- und Mischwälder eine höhere Konfliktrisikoklasse erhalten als Nadelwälder. Weiterhin wird die Konfliktrisikoklasse auf Basis des Anteils der Waldflächen an der Landesfläche bewertet. Je geringer der Waldanteil eines Bundeslandes, desto schützenswerter sind die Waldflächen. Die konkrete Umsetzung wird in Abschnitt 3.5.2 ausführlich erläutert. Eine differenziertere Bewertung im Hinblick auf einen Ausschluss bzw. Konfliktrisiken einzelner Schutzkategorien (z. B. Bann- und Schonwälder) oder nach Waldfunktion (z. B. Wald mit hoher ökologischer Bedeutung oder Saatgutbestand) ist aufgrund fehlender bundesweiter Daten nicht möglich. Ein Ausschluss aller Waldflächen wie er derzeit auch in einzelnen Ländern Praxis ist sowie eine vollständige Nutzung der Waldflächen, sofern diese Flächen nicht durch Überlagerung mit anderen Flächenkategorien ausgeschlossen oder mit einem hohen KRW versehen werden, werden in alternativen Szenarien untersucht (s. Abschnitt 3.3).

Landschaftsschutzgebiete umfassen in Deutschland eine Fläche von über 100.000 km² bzw. fast 30 % der Bundesfläche. Die Praxis der Festlegung von Landschaftsschutzgebieten ist dabei in den Bundesländern stark unterschiedlich. In einigen Bundesländern werden hohe Landesanteile als Landschaftsschutzgebiet deklariert und funktional als Zersiedlungsschutz eingesetzt. Andere Bundesländer verfahren restriktiver und legen nur äußerst schützenswerte Flächen als Landschaftsschutzgebiete fest. Die Analyse der Praxis der Raumplanung zeigt, dass Landschaftsschutzgebiete wegen der für sie geltenden Verbote nach Maßgabe der jeweiligen Schutzzerklärung in Verbindung mit § 26 Abs. 2 BNatSchG bzw. spezielleren landesrechtlichen Regelungen in der Regel als Tabukriterium⁹ definiert werden, in Einzelfällen auch als Restriktionskriterium für die Einzelfallabwägung. Im Basisszenario wird Landschaftsschutzgebieten jedoch die KRK 2 zugeordnet und so ein Kompromiss angesichts der äußerst unterschiedlichen Festlegungspraxis in den Ländern abgebildet. Der Einfluss eines Ausschlusses von Landschaftsschutzgebieten wird in einem alternativen Szenario untersucht (s. Abschnitt 3.3). In der Raumbewertung zeigt sich, dass sich ein hoher Anteil der Landschaftsschutzgebiete mit weiteren Flächenkategorien überlagert, die hohe Konfliktrisiken repräsentieren und zu einem Ausschluss der Flächen oder der Zuordnung eines hohen KRW führen. An dieser Stelle sei vorweggenommen, dass im Ergebnis im Basisszenario jedoch nur ca. 5 % der Landschaftsschutzgebiete als Flächenpotenzial für die Windenergie an Land ermittelt werden.

Tabelle 3-3. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Artenschutz

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten (Indikator für Artenschutzkonflikte, nicht Gebietschutz)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 5 • 0-300 m Puffer: KRK 3 • 300-1.000 m Puffer: KRK 1

⁹ Die Rechtsprechung zur Einordnung von Landschaftsschutzgebieten ist uneinheitlich. Überwiegend wird ihre Einordnung als hartes Tabukriterium wegen bestehender Ausnahme- und Befreiungsmöglichkeiten abgelehnt.

FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Fledermausarten	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 3 • 0-300 m Puffer: KRK 1
EU-Vogelschutzgebiet /SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 5 • 0-300 m Puffer: KRK 3 • 300-1.000 m Puffer: KRK 1
EU-Vogelschutzgebiet /SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Fledermausarten (Indikator für Artenschutzkonflikte, nicht Gebietsschutz)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 3 • 0-300 m Puffer: KRK 1
EU-Vogelschutzgebiet /SPA ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 2
FFH-Gebiete ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 2
Important Bird Area (IBA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 4 • 0-300 m Puffer: KRK 2
Ramsar-Gebiete	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 3 • 0-300 m Puffer: KRK 1
Hauptachsen des überregionalen Vogelzugs (250 m Korridor an übergeordneten Gewässerachsen)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 4 • 250 m Puffer
Habitats ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten (gem. UMK-Papier), abhängig von Mortalitätsindex und Vorkommen	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fläche: KRK 5 bis KRK 1

In der Praxis der Raumplanung werden **FFH- und Vogelschutzgebiete** in der Regel als Tabukriterien definiert. Weiterhin werden Abstände bis zu 1.200 m als Tabu- oder Abwägungskriterium definiert. Zu Vogelhorsten einzelner Arten werden je nach regionalen Vorkommen Schutzabstände meist zwischen 1.000 und 3.000 m als Tabu- oder Abwägungskriterien festgelegt.

In der vorliegende Potenzialerschaffung werden für die Bewertung der Konfliktrisiken mit gebietsschutzrechtlichen Erhaltungszielen innerhalb von Schutzgebieten sowie festgelegter Abstände die 54 windsensiblen Arten nach Helgoländer Papier¹⁰ berücksichtigt. Zur Bewertung von **Artenschutzkonflikten außerhalb von Schutzgebieten** werden die zum Zeitpunkt der Analysen aktuellen 12 Arten nach UMK-Papier¹¹ berücksichtigt. Das methodische Vorgehen zur Abbildung der Konflikte der Windenergie mit dem Vogelschutz außerhalb von

¹⁰ Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW), Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogel Lebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten (Stand April 2015), in: Berichte zum Vogelschutz, Band 51, S.15–42.

¹¹ „Standardisierter Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten an Windenergieanlagen (WEA KRK) an Land – Signifikanzrahmen“, Papier der Umweltministerkonferenz vom 11. Dezember 2020. Verfügbar unter https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/vollzugshilfe_signifikanzrahmen_11-12-2020_1608198177.pdf

Schutzgebieten in Abhängigkeit von Mortalitäts-Gefährdungs-Index und Vorkommen einzelner Vogelarten ist in Abschnitt 3.5.3 ausgeführt.

Tabelle 3-4. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Infrastruktur

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
Windprofiler-Radarsysteme	3.000 m	-
Angrenzende Bereiche zu Wetterradaren des DWD	5.000 m	-
Freileitungen (Strom)	180 m	-
Seismologische Messstationen - Array im Bayerischen Wald	15.000 m	-
Seismologische Messstationen globaler Bedeutung	3.000 m	-
Seismologische Messstationen regionaler Bedeutung	2.000 m	-
Seismologische Messstationen lokaler Bedeutung	1.000 m	-

In der Planungspraxis wird der Bereich 5 km um **Wetterradare** des DWD als Tabukriterium definiert. Zusätzlich definieren einzelne Regionen Prüfbereiche von 5 bis 15 km. Spätestens im Genehmigungsverfahren wird der DWD jedoch bei Vorhaben im Abstand von 5 bis 15 km aktuell beteiligt. Die Bundesregierung beabsichtigt in Abstimmung mit dem DWD diesen Anlagenschutzbereich ab 2024 auf 5 km zu reduzieren¹². Für die Raumbewertung in dieser Untersuchung wird entsprechend ein Ausschluss von 5 km um Wetterradare festgelegt.

In der Praxis sind zu **Freileitungen** der Hoch- und Höchstspannungsebene Abstände gemäß der DIN EN 50341-2-4 einzuhalten. Demnach sollte der Abstand zum Turmfuß der Windenergieanlage ab 110 kV einen Rotorradius zzgl. einem spannungsabhängigen Mindestabstand von 30 m sowie einem individuellen Arbeitsraumabstand betragen. In der Praxis der Raumplanung werden meist Abstände bis zu 150 m als hartes Tabukriterium festgelegt. Für die Raumbewertung wurde in dieser Studie aufgrund der Annahmen zur weiteren Entwicklung der Anlagentechnologien und Steigerungen der Rotorblattlänge pauschal ein Ausschluss der Flächen 180 m zu Freileitungen definiert.

Seismologische Stationen werden abhängig von Ihrer Bedeutung mit unterschiedlichen Schutzradien belegt. Durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe wurde eine aktuelle, georeferenzierte Auflistung der in Deutschland in Betrieb befindlichen Stationen bereitgestellt und eine Einordnung der Funktion der Stationen genannt. Die angesetzten Schutzabstände stellen einen Kompromiss zwischen den Interessen der Betreiber und der möglichen Nutzung als Windstandorte dar. Einen besonderer Schutzstatus wird für den Messarray im Bayerischen Wald angesetzt, indem um eine zentrale Messstation des Arrays ein Radius von 15 km als Ausschlussfläche angenommen wird. Um Stationen globaler

¹² Vgl. das Maßnahmenpapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr vom 5. April 2022, „Gemeinsam für die Energiewende: Wie Windenergie an Land und Belange von Funknavigationsanlagen und Wetterradaren miteinander vereinbart werden“

Bedeutung werden Radien von 3 km, bei regionaler Bedeutung 2 km sowie bei lokaler Bedeutung 1 km als Schutzradius für einen Ausschluss von Windenergieanlagen berücksichtigt.

Tabelle 3-5. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Verkehr

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
Gleisanlagen und Schienenwege	100 m	-
Seilbahnen	100 m	-
Beschränkte Bauschutzbereiche des Flugplatzes im Umkreis von 1.760 m	1.760 m	-
Drehfunkfeuer	3.000 m	• 0-10.000 m Puffer: KRK 3
Radaranlagen	3.000 m	-
Flughäfen und Flugplätze	Betriebsgelände und Bauschutzbereich	-
Alle den Verkehrsflächen der Straße, Schiene und Seilbahnen zugeordneten Flächen	Fläche	-
Bundesautobahnen	100 m	-
Sonstige Straßen	40 m	-

In der Praxis sind Windenergieanlagen im Umkreis von 3 km um **Drehfunkfeuer** nicht zugelassen. Darüber hinaus wird bis 15 km Radius je Einzelfall durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung auf Grundlage eines Gutachtens der Deutschen Flugsicherung entschieden, ob ein konkretes Vorhaben zulässig ist. Die Bundesregierung beabsichtigt nun, diesen Schutzradius für Doppler-VOR Anlagen, welche den Großteil der Drehfunkfeuer ausmachen, auf 7 km zu reduzieren¹³.

Grundsätzlich gilt, dass mit größerer Entfernung der Einfluss einer Windenergieanlage auf ein Drehfunkfeuer abnimmt. Für die flächendeckende Raumbewertung wurde zusätzlich zum Ausschluss der Flächen innerhalb eines 3-km-Radius ein 10-km-Radius mit KRK 3 definiert, um die potenziellen Flächen im Schutzradius bis 10 km anteilig anzurechnen.

Tabelle 3-6. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Militärische Belange

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
Liegenschaftsflächen der Truppenübungsplätze inkl. der Gaststreitkräfte	Fläche	-

¹³ Vgl. das Maßnahmenpapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr vom 5. April 2022, „Gemeinsam für die Energiewende: Wie Windenergie an Land und Belange von Funknavigationsanlagen und Wetterradaren miteinander vereinbart werden“

LV-Radaranlagen	5.000 m	-
Bauschutzbereiche der Flugplätze	Fläche	-
Weitere militärische Flächen	Fläche	-

Die Berücksichtigung militärischer Belange erfolgt so gut wie möglich, ist jedoch aufgrund einer verbesserungsfähigen Datenlage nur eingeschränkt möglich. Nicht berücksichtigt werden können insbesondere militärische Hubschraubertiefflugstrecken.

Tabelle 3-7. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Sonstige

Kriterium	Ausschluss	Restriktion
Windhöffigkeit (< 6,5 m/s in 150 m Höhe)	Fläche	-
Vorbelastete Räume	Fläche	-
Bodenbewegungsgebiete	Fläche	-
Bruchfelder	Fläche	-
Deiche	Fläche	-
Fläche besonders starker Neigung (> 30 %)	Fläche	-
Hafenbecken	Fläche	-
Rieselfelder	Fläche	-

Bei der Ausweisung von Windflächen wird zumeist ein Mindestwert für die durchschnittliche **Windgeschwindigkeit** in Nabenhöhe festgelegt. Hierbei unterscheiden sich die gewählten Nabenhöhen und die Winddaten, die zur Bestimmung der Ausschlussflächen herangezogen werden. Daher kann kein pauschaler Wert aus der Planungspraxis abgeleitet werden.

Die Herangehensweise zur Bestimmung einer Mindestwindgeschwindigkeit in 150 m über Grund wird in Abschnitt 3.5.4 vorgestellt. Weiterhin wird neben dem Basisszenario ein alternatives Szenario untersucht, welches über eine höhere Mindestwindgeschwindigkeit ebenfalls etwas windhöffigere Standorte ausschließt.

3.3 Szenarien

Zur Untersuchung der Auswirkungen einzelner Ausschluss- und Restriktionskriterien mit voraussichtlich hohem Einfluss auf die Ergebnisse wurden neben dem Basisszenario neun alternative Szenarien gerechnet. Diese unterscheiden sich in einzelnen Kriterien vom Basisszenario und lassen daher Rückschlüsse auf den Einfluss einzelner Kriterien auf das Ergebnis der Flächenpotenzialanalyse zu.

Tabelle 3-8 listet alle neun alternativen Szenarien auf und zeigt, in welchen Kriterien sich diese jeweils zum Basisszenario unterscheiden.

Tabelle 3-8. Übersicht der Szenarien

Szenario	Besonderheit	Festlegung im Basisszenario
Höhere Siedlungsabstände 1a	900 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich	800 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich
Höhere Siedlungsabstände 1b	1000 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich	800 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich
Höhere Siedlungsabstände 2	1000 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich sowie zu Wohnen im Außenbereich	800 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich, 400 m zu Wohnen im Außenbereich
Geringere Siedlungsabstände	600 m zu Wohnen im Innenbereich	800 m Abstand zu Wohnen im Innenbereich
Windhöflichkeit	Ausschluss bei durchschnittlicher Windgeschwindigkeit von < 7 m/s in 150 m über Grund	Ausschluss bei durchschnittlicher Windgeschwindigkeit von < 6,5 m/s in 150 m über Grund
Wald – Ausschluss	Vollständiger Ausschluss aller Waldflächen, inkl. Puffer für den "Waldsaum"	Differenziert nach Waldtyp und Flächenanteilen in den Bundesländern; 200 m Puffer für den Waldsaum mit KRK 3
Wald – 100 % Nutzung	Vollständige Nutzung aller Waldflächen, sofern nicht von anderen Konfliktrisiken überlagert	Wald differenziert nach Waldtyp (Nadel-, Misch- und Laubwald) und Flächenanteilen in den Bundesländern; Puffer für den "Waldsaum"
LSG – Ausschluss	Vollständiger Ausschluss aller Landschaftsschutzgebiete	Bewertung der Landschaftsschutzgebiete mit KRK 2
Landschaftsbild	Detaillierte Berücksichtigung des Landschaftsbildes durch Einbeziehung der Ergebnisse einer spezifischen Landschaftsbildbewertung (KRK 1 bis KRK 5)	Nur indirekte Berücksichtigung über Landschaftsschutzgebiete

3.4 Konfliktrisikowert-Faktoren (KRW-Faktoren)

Zur Berechnung des Flächenpotenzials auf Basis der flächendeckenden Raumbewertung und der Einordnung der nicht kategorisch ausgeschlossenen Flächen nach Konfliktrisikowerten muss festgelegt werden, zu welchen Anteilen die Flächen der einzelnen Konfliktrisikowerte einbezogen werden sollen. Für die Konfliktrisikowerte 1 bis 6 ist jeweils ein Faktor zwischen 0 und 1 festzulegen, die KRW-Faktoren.

Je höher der ermittelte Konfliktrisikowert einer Flächeneinheit, desto unwahrscheinlicher ist es, dass diese Fläche für die Windenergienutzung in Anspruch genommen werden kann. Die Einordnung der Flächen nach Konfliktrisikowerten ermöglicht eine Differenzierung der Konfliktrisiken bei der Ermittlung des Flächenpotenzials. Die Festlegung der KRW-Faktoren kann jedoch nur eine bestmögliche Abschätzung darstellen.

Zur Festlegung der KRW-Faktoren wurde auf Basis des Ergebnisses der flächendeckenden Raumbewertung im Basisszenario untersucht, wie sich die Bestandsanlagen mit Inbetriebnahmejahr ab 2017 oder später auf die Flächenpotenziale nach Konfliktrisikowerten verteilen. Abbildung 4 visualisiert die Bestandsanlagen innerhalb der nicht kategorisch ausgeschlossenen Flächen. Jede Windenergieanlage ist durch einen Punkt dargestellt. Die Farbe des Punktes gibt an, welchen Konfliktrisikowert die der Bestandsanlage zugrunde liegende Fläche in der Raumbewertung im Basisszenario erhält. Grundsätzlich zeigt sich, dass ein Großteil der Windenergieanlagen auf Flächen mit KRW 1 bis 3 errichtet wurde, jedoch auch Flächen mit KRW 4 und 5 mit Bestandsanlagen belegt sind, insbesondere in den von Belangen des Artenschutzes stärker betroffenen Gebieten in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

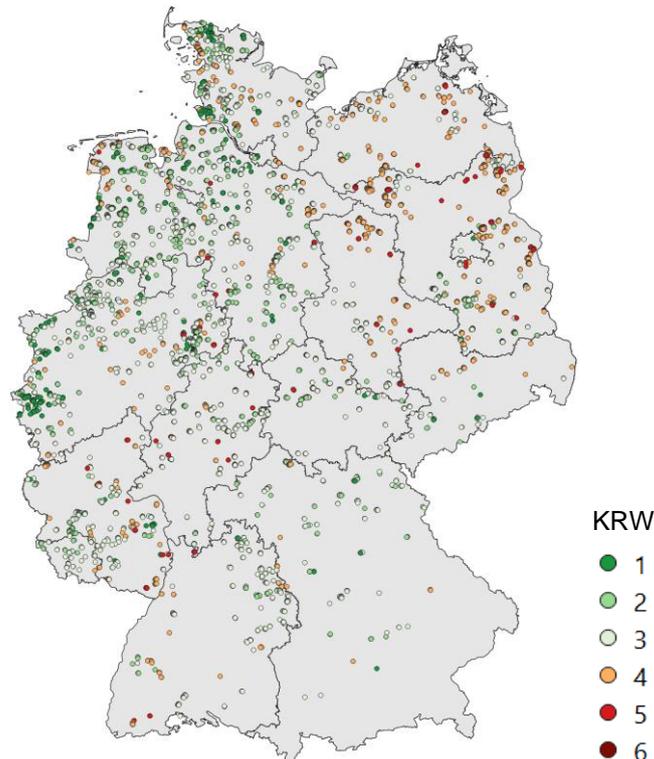


Abbildung 4. Bestandsanlagen mit Inbetriebnahmejahr ab 2017 innerhalb der Potenzialflächen mit jeweiligem Konfliktrisikowert (KRW)

Quelle: Fraunhofer IEE

© GeoBasis-DE / BKG (2021)

Abbildung 5 stellt die Verteilung der Bestandsanlagen auf die Flächen je Konfliktrisikowert dar (eingefärbte Balken) und stellt diese den Anteilen der Konfliktrisikowerte an den nicht kategorisch ausgeschlossenen Flächen im Basisszenario gegenüber (schraffierte Balken). Die flächendeckende Raumbewertung zielt zwar nicht auf die Identifizierung konkreter Potenzialflächen ab, sondern soll die räumliche Verteilung der Konfliktrisiken bestmöglich abbilden, sodass die Analyse in Bezug auf die Einzelflächen Unsicherheiten unterliegt, dennoch zeigt sich ein klares strukturelles Bild.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Bestandsanlagen zu höheren Anteilen auf den Flächen mit KRW 1 (1,8-mal häufiger), KRW 2 (1,3-mal häufiger) und KRW 3 (1,1-mal häufiger) und zu deutlich geringeren Anteilen auf den Flächen mit KRW 5 (4,7-mal seltener) und KRW 6 (38-mal seltener) stehen. Der Anteil der KRW 4 an den Flächen, die Bestandsanlagen zugrunde liegen, entspricht hingegen etwa dem Anteil der KRW 4 an den nicht ausgeschlossenen Flächen.

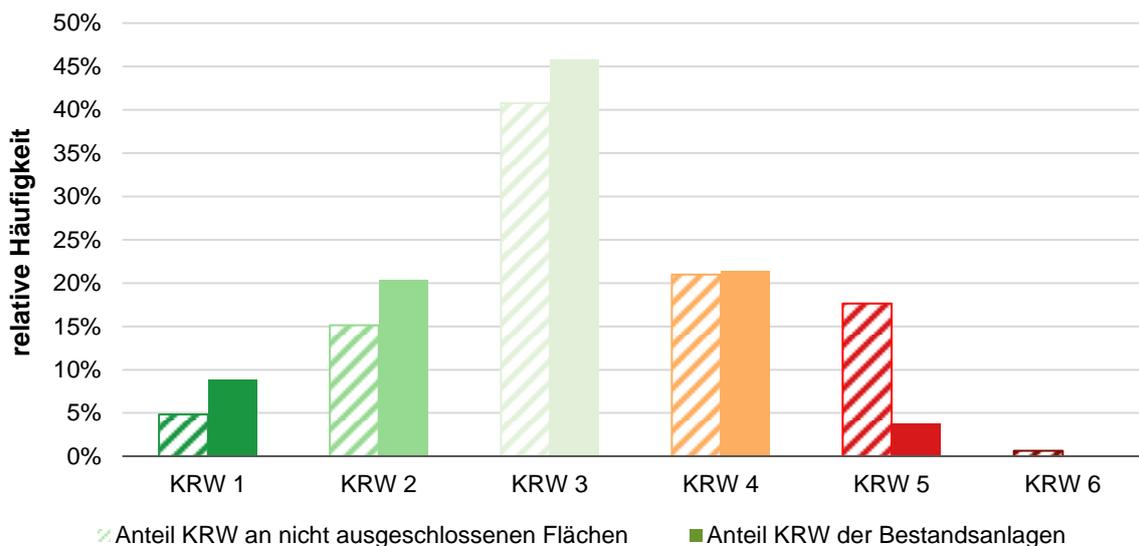


Abbildung 5. Anteile der Konfliktrisikowerte (KRW) an den nicht ausgeschlossenen Flächen im Basisszenario sowie an den Bestandsanlagen zugrunde liegenden Flächen

Quelle: Fraunhofer IEE, Guidehouse

Die Gegenüberstellung wird als Indikator für die Festlegung der KRW-Faktoren herangezogen. Über eine Analyse der Bestandsanlagen lassen sich jedoch keine gesicherten Erkenntnisse für die Zukunft ableiten. Die Festlegung der KRW-Faktoren, insbesondere für die Konfliktrisikowerte mit hohen Flächenanteilen, beeinflusst das Flächenpotenzial stark. Auf Bundesebene weisen die KRW 2 mit 15 %, KRW 3 mit 41 %, KRW 4 mit 21 % und KRW 5 mit 18 % die höchsten Flächenanteile auf. Innerhalb der einzelnen Bundesländer können die Verhältnisse jedoch stark unterschiedlich ausfallen.

Für die Ermittlung des Flächenpotenzials werden zwei Varianten an KRW-Faktoren definiert (s. Tabelle 3-9). Variante A berücksichtigt ausschließlich die Flächen mit KRW 1 bis 3 bei der Ermittlung der Flächenpotenziale. Die KRW 4 aufwärts weisen bereits hohe Konfliktrisiken auf und eine Verfügbarkeit dieser Flächen für die Windenergie an Land ist mit entsprechend hohen Unsicherheiten verbunden, sodass diese Flächen in der Variante A keine Berücksichtigung finden.

Die Analyse der Verteilung der Bestandsanlagen zeigt allerdings, dass auch die nicht ausgeschlossenen Flächen der KRW 4 und 5 in der Praxis genutzt werden, wenn auch zu (deutlich) geringeren Anteilen. Daher wird eine Variante B definiert, die die nicht ausgeschlossenen Flächen der KRW 4 zu 20 % und der KRW 5 zu 5 % bei der Ermittlung des Flächenpotenzials berücksichtigt.

Tabelle 3-9. Konfliktrisikowert (KRW)-Faktoren in Variante A und Variante B

KRW	Variante A	Variante B
1	100 %	100 %
2	80 %	80 %
3	60 %	60 %
4	0 %	20 %
5	0 %	5 %
6	0 %	0 %

3.5 Datengrundlage

Im Folgenden wird auf einzelne Datensätze eingegangen, die nicht direkt akquiriert und in die Raumbewertung eingeflossen sind, sondern im Zuge der Projektarbeit aus eigenen Berechnungen erzeugt wurden.

Eine vollständige Übersicht aller genutzter Datensätze findet sich in Anhang B.

3.5.1 *Siedlungsabstände*

Für die Abbildung der Siedlungsflächen im Innenbereich werden die Flächen der Wohnbebauung sowie die Flächen gemischter Nutzung aus dem Basis-DLM mit den Ortslagen als Annäherung des Innenbereichs (ebenfalls Basis-DLM) verschnitten. Die resultierenden Flächen werden anschließend mit den angenommenen Mindestabständen zur Wohnbebauung im Innenbereich gepuffert, sich überschneidende Flächen "verschmolzen" (aufgelöst) und als Ausschlussflächen bei der GIS-Analyse berücksichtigt.

Für die Wohngebäude im Außenbereich werden zunächst die Zentroide der Gebäudeumrisse aus dem LoD1-Datensatz gebildet. Anschließend wird nach Zentroiden außerhalb der Ortslagen sowie nach der Gebäudefunktion "Wohnnutzung" gefiltert. Die so ermittelten Punktkoordinaten der Wohngebäude im Außenbereich werden anschließend mit den angesetzten Schutzabständen gepuffert und die Flächen aufgelöst, bevor diese für die Durchführung der Raumbewertung genutzt werden.

Für Sachsen ist für die Abbildung der Wohngebäude im Außenbereich ein anderes Vorgehen erforderlich, da die Gebäudefunktion "Wohnnutzung" in dem LoD1-Datensatz unzureichend wiedergegeben wird. Daher wurden für dieses Bundesland die Siedlungsflächen der Wohnbebauung sowie die Flächen gemischter Nutzung außerhalb der Ortslagen als alternative Datenbasis verwendet. Analog zu den LoD-1-Daten erfolgte im Anschluss an die Filterung die Pufferung der Flächen sowie ein Auflösen überlappender Flächen.

3.5.2 *Räumliche Differenzierung von Wald*

Je nach Ausstattung und Qualität ist die Empfindlichkeit und Bedeutung von Waldflächen unterschiedlich. Daraus resultieren unterschiedliche Konfliktrisiken durch Windenergienutzung. Zudem ist die Bedeutung von Waldbeständen in Bundesländern, die über geringe Waldanteile verfügen, tendenziell höher als in Bundesländern mit größeren Waldanteilen.

Weil die fachlichen Merkmale, die die naturschutzbezogene Qualität von Waldbeständen bestimmen, wie beispielsweise Altersklassenverteilung oder Naturnähe, durch vorliegende Geodaten in einem bundesweiten Maßstab nicht flächendeckend in vergleichbarer Qualität abgebildet werden können, werden die im ATKIS-Datensatz getroffenen Unterscheidungen Nadel-/Misch-/Laubwald als Indikator für die Qualität von Waldbeständen genutzt.

Um die aus den unterschiedlichen Waldanteilen in den Bundesländern resultierenden Unterschiede in der Bedeutung zu berücksichtigen, wird eine Auf- und Abwertung der Konfliktrisikoklassen vorgenommen. In Bundesländern, in denen der Waldanteil deutlich unter dem Bundesdurchschnitt liegt (Berlin, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein), werden die Konfliktrisikoklassen der drei Waldtypen um eine Stufe heraufgesetzt und in den Ländern mit deutlich überdurchschnittlichem Waldanteil (Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland) um eine Stufe herabgesetzt:

Tabelle 3-10. Auf- und Abwertung aufgrund der Waldanteile in den Bundesländern

	Geringer Waldanteil (< 25 % der Landesfläche)	Durchschnittlicher Waldanteil (25 - 35 % der Landesfläche)	Hoher Waldanteil (> 35 % der Landesfläche)
Laubwald	KRK 5	KRK 4	KRK 3
Nadelwald	KRK 4	KRK 3	KRK 2
Mischwald	KRK 5	KRK 4	KRK 3

3.5.3 Abbildung der Konflikte der Windenergie mit dem Vogelschutz außerhalb von Schutzgebieten

Um auch Konflikte der Windenergie mit dem Vogelschutz außerhalb von Schutzgebieten abzubilden, wird in diesem Projekt ein methodischer Ansatz verwendet, der auch schon in verschiedenen anderen Forschungsprojekten Anwendung gefunden hat¹⁴. In die Analyse fließen folgende Datensätze ein:

- Daten aus dem Atlas Deutscher Brutvogelarten (ADEBAR) (Gedeon et al. 2014)
- CORINE Landcover (CLC) (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2018)
- Zuweisung von CLC zum Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) einer Auswahl windenergiesensibler Vogelarten (Busch et al. 2017; ergänzt durch eigene Zuweisung)
- Vorhabentypspezifischer Mortalitäts-Gefährdungs-Index (vMGI) (Bernotat und Dierschke 2016)

Dem Atlas Deutscher Brutvogelarten ADEBAR werden die vorliegenden Informationen über Areale und Häufigkeiten der im Papier „Signifikanzrahmen“¹⁵ der Umweltministerkonferenz aufgeführten 12 windenergiesensiblen Vogelarten¹⁶ entnommen.

Die bundesweite Brutvogelkartierung basiert auf dem ca. 11 x 11 km großen Netz der topografischen Karte 1:25.000 (TK) innerhalb der Grenzen Deutschlands. Um zu einer differenzierteren Bestimmung der räumlichen Verteilung der empfindlichen Arten zu kommen, wird in dieser Analyse der von Busch et al. (2017)¹⁷ entwickelte Ansatz verwendet. Den berücksichtigten Arten werden deren jeweils spezifische Brutzeitlebensräume (Bruthabitat und während der Brutzeit aufgesuchte Nahrungshabitate) in Form von Landbedeckungsklassen der CORINE Landcover zugewiesen. Da davon ausgegangen werden kann, dass die

¹⁴ Vgl. BfN (2020): Szenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien aus Naturschutzsicht; BfN (2022): Plan-spiel EE

¹⁵ „Standardisierter Bewertungsrahmen zur Ermittlung einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos im Hinblick auf Brutvogelarten an Windenergieanlagen (WEA) an Land – Signifikanzrahmen“, Papier der Umweltministerkonferenz vom 11. Dezember 2020. Verfügbar unter https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/vollzugshilfe_signifikanzrahmen_11-12-2020_1608198177.pdf

¹⁶ Baumfalke, Fischadler, Rohrweihe; Rotmilan; Schreiadler; Schwarzmilan, Seeadler, Steinadler, Uhu, Wanderfalke, Weißstorch, Wiesenweihe

¹⁷ Busch et al. (2017): Overlap between breeding season distribution and wind farm risks: a spatial approach

jeweiligen Arten nur innerhalb dieser Habitate vorkommen, können die Vorkommensgebiete durch anschließende Selektion der entsprechenden Habitate weiter eingegrenzt werden.

Für die selektierten Habitate wird nun jeweils eine artspezifische Dichteklasse mittels der aus ADEBAR stammenden Häufigkeit berechnet. Auf Grundlage dieser artspezifischen Dichteklasse und dem vorhabentypspezifischen Mortalitäts-Gefährdungs-Index (vMGI) wird eine Gewichtung der Habitate der entsprechenden Art durchgeführt. Das Ergebnis der Gewichtung (siehe Tabelle 3-11) je Art ist die vogelartspezifischen Konfliktpunktzahl.

Tabelle 3-11. Gewichtungsmatrix nach vogelartspezifischer Dichteklasse (vDK) und vorhabentypspezifischen Mortalitäts-Gefährdungs-Index (vMGI)

vDK	vMGI-Klasse A (*4)	vMGI-Klasse B (*2)	vMGI-Klasse C (*1)
1	4	2	1
2	8	4	2
3	12	6	3
4	16	8	4
5	20	10	5
6	24	12	6
7	28	14	7
8	32	16	8
9	36	18	9
10	40	20	10

Die vogelartspezifische Konfliktpunktzahl der gewichteten Habitate aller Arten werden zu einer vogelartübergreifenden Konfliktpunktzahl aufsummiert und der Wertebereich mittels eines Klassifizierungsalgorithmus in die 5-stufige Konfliktrisikobewertung überführt. Der auf diese Weise erzeugte Datensatz fließt als eine Flächenkategorie in die Gesamtkonfliktrisikobewertung ein.

3.5.4 Windhöffigkeit

Zur näherungsweisen Ermittlung einer Mindestwindgeschwindigkeit oberhalb derer ein wirtschaftlicher Betrieb von Windenergieanlagen möglich ist, erfolgte eine Auswertung der Bestands-Windenergieanlagen sowie der genehmigten Windenergieanlagen (Datenstand 08-2021) hinsichtlich der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort. Datenbasis hierfür war die mittlere Windgeschwindigkeit in 150 m Höhe über Grund auf Basis des Global Wind Atlas (globalwindatlas.info). Es wurde für jeden Standort bekannter Windenergieanlagen die mittlere Windgeschwindigkeit ermittelt und anschließend ausgewertet, welcher Anteil der Windenergieanlagen an Standorten mit einer schlechteren Windressource als der jeweiligen Grenzwindgeschwindigkeit liegt.

99,6 % der Windenergieanlagen im Bestand sowie 99,0 % der genehmigten Windenergieanlagen stehen an Standorten mit einer mittleren Windgeschwindigkeit > 6,5 m/s in 150 m über Grund. Bei einer höheren Grenzwindgeschwindigkeit von 7,0 m/s belaufen sich die Anteile mit höheren mittleren Windgeschwindigkeiten auf 98,2 % bei den Bestandsanlagen sowie 96,7 % bei den bereits genehmigten Windenergieanlagen.

Es zeigt sich, dass die Anteile der Windenergieanlagen, die an Standorten unterhalb der Grenzwindgeschwindigkeit stehen, bei den genehmigten Windenergieanlagen höher sind als

bei den Bestandsanlagen. Dies spiegelt wider, dass durch die hohen Nabenhöhen moderner Windenergieanlagen windreichere Luftschichten und damit eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann.

Der sehr geringe Anteil an Windenergieanlagen an Standorten mit weniger als 6,5 m/s in 150 m Höhe lässt vermuten, dass bisher an diesen Standorten der Betrieb der Anlagen unter den bisherigen Rahmenbedingungen eher nicht wirtschaftlich war. Auf der anderen Seite ändert sich aktuell die zu erwartende Wirtschaftlichkeit, da im Referenzertragsmodell der Korrekturfaktor zukünftig bis 50 % Standortgüte fortgeführt wird und zudem ausgeprägte Schwachwindanlagen mit hohen Nabenhöhen und geringer spezifischer Flächenleistung am Markt verfügbar sind. Da aber weiterhin Unsicherheit über einen wirtschaftlichen Betrieb an Standorten mit 6,5 m/s besteht, wird ergänzend eine Mindestwindgeschwindigkeit von 7,0 m/s als Variante berücksichtigt. Hier deutet der höhere Anteil von genehmigten Windenergieanlagen an Standorten mit weniger als 7,0 m/s die Möglichkeit eines wirtschaftlichen Betriebes an. In Verbindung mit der Fortführung des Korrekturfaktors im Referenzertragsmodell bis 50 % Standortgüte erscheint eine Wirtschaftlichkeit an solchen Standorten als relativ wahrscheinlich, wobei der verwendete Global Wind Atlas nicht ein dezidiertes Ertragsgutachten ersetzen kann.

Für die beiden betrachteten Mindestwindgeschwindigkeiten wurde anschließend ausgewertet, wie groß der jeweilige Anteil der Landesfläche unterhalb der Grenzwindgeschwindigkeit ist (Tabelle 3-12). Hier weist Baden-Württemberg mit Werten von 47,2 % bei 6,5 m/s sowie 72,2 % bei 7 m/s die höchsten Anteile auf, während im Gegensatz dazu in den nördlichen Flächenländern Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern keine Flächen unterhalb der Grenzwerte liegen.

Tabelle 3-12. Anteil Landesfläche unterhalb einer Mindestwindgeschwindigkeit von 6,5 m/s bzw. 7,0 m/s in 150 m über Grund

	Mindestwindgeschwindigkeit von 6,5 m/s in 150 m über Grund	Mindestwindgeschwindigkeit von 7,0 m/s in 150 m über Grund
BB	0,0 %	0,0 %
BE	0,0 %	0,0 %
BW	47,2 %	72,2 %
BY	36,7 %	66,6 %
HB	0,0 %	0,0 %
HE	19,9 %	42,2 %
HH	0,0 %	0,0 %
MV	0,0 %	0,0 %
NI	0,3 %	1,4 %
NW	0,5 %	3,8 %
RP	14,8 %	32,2 %
SH	0,0 %	0,0 %
SL	3,1 %	27,6 %
SN	1,0 %	3,3 %
ST	0,1 %	1,1 %
TH	6,9 %	23,0 %

Abbildung 6 zeigt eine kartografische Darstellung der Flächen unterhalb der betrachteten Grenzwindgeschwindigkeiten. Bei der Darstellungsform sind alle Flächen unterhalb des Grenzwertes in weißer Farbe dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Festlegung der Mindestwindgeschwindigkeit für die Ermittlung der Flächenpotenziale einen hohen Einfluss auf die Ergebnisse in Süddeutschland hat und damit auch eine potenzialbasierte Verteilung des 2%-Flächenziels stärker beeinflusst. Daher wurde sowohl eine Mindestwindgeschwindigkeit von 6,5 m/s (Basisszenario) als auch eine Mindestwindgeschwindigkeit von 7 m/s (Szenario Windhöffigkeit) betrachtet.

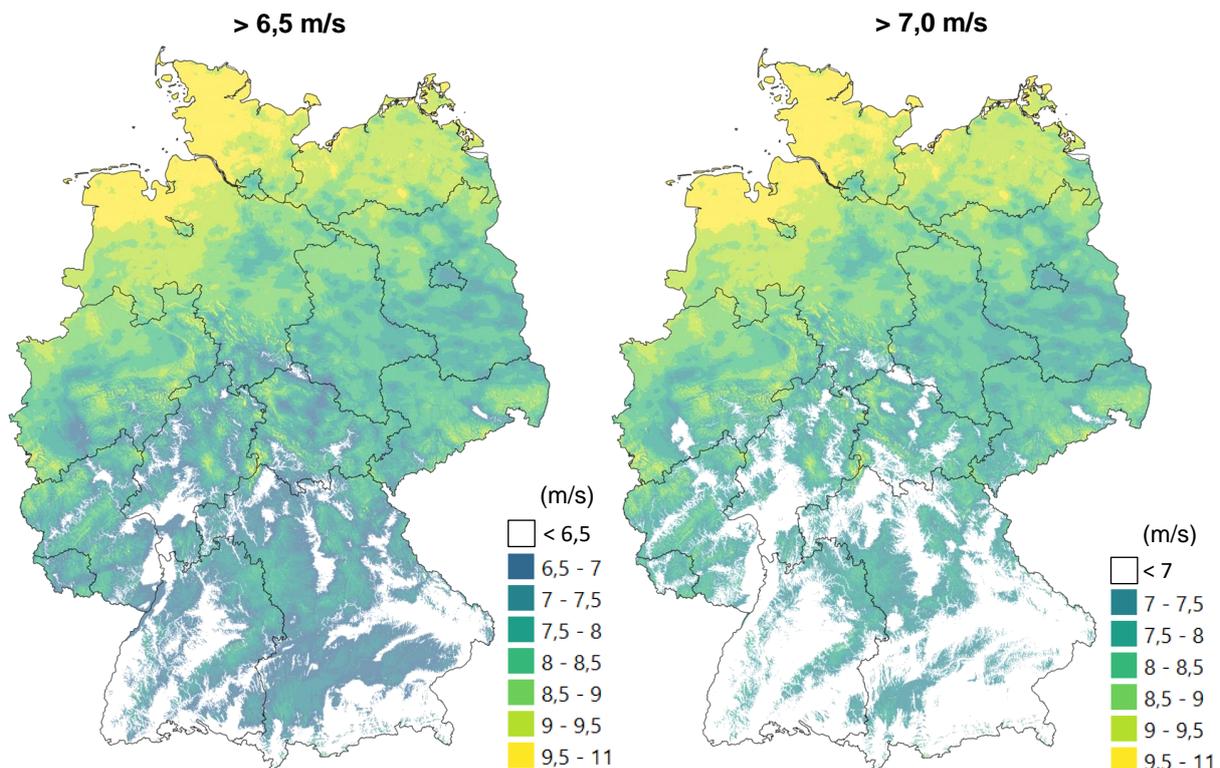


Abbildung 6. Gegenüberstellung der Ausschlussflächen bei einer Mindestwindgeschwindigkeit in 150 m über Grund von 6,5 m/s bzw. 7,0 m/s

Quelle: Fraunhofer IEE; Datenbasis: Global Wind Atlas¹⁸
© GeoBasis-DE / BKG (2021)

¹⁸ Global Wind Atlas 3.0, a free, web-based application developed, owned and operated by the Technical University of Denmark (DTU). The Global Wind Atlas 3.0 is released in partnership with the World Bank Group, utilizing data provided by Vortex, using funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ES-MAP). For additional information: <https://globalwindatlas.info>

4. Flächenpotenzial der Windenergie an Land

4.1 Übersicht zum Flächenpotenzial auf Bundesebene der betrachteten Szenarien

Die Flächenpotenzialanalyse zeigt, dass ein 2-%-Flächenziel durch die Ausweisung ausreichend geeigneter Flächen erreicht werden kann, wenn die Politik die auch hier bestehenden Konfliktrisiken, wie sie insbesondere in den verschiedenen Konfliktrisikowerten zum Ausdruck kommen, für den Windenergieausbau hinzunehmen bereit ist. Im Basisszenario liegt das Flächenpotenzial in der Variante A bei 4,5 %. Rechnet man zusätzlich geringe Anteile der Flächen mit Konfliktrisikowert 4 oder 5 ein (Variante B) liegt das Potenzial bei 5,4 %.

Abbildung 7 stellt das Flächenpotenzial als prozentualen Anteil der Bundesfläche für alle betrachteten Szenarien dar. Die Untersuchung zeigt, dass die Festlegung sehr hoher Siedlungsabstände sowie der Ausschluss von Waldflächen, Landschaftsschutzgebieten oder Flächen mit besonderer Bedeutung für das Landschaftsbild das Flächenpotenzial stark reduzieren und eine Zielerreichung ausschließen bzw. sehr unwahrscheinlich machen. Demgegenüber wird deutlich, dass geringere Siedlungsabstände und eine umfassende Waldnutzung zu den größten Potenzialen in Höhe von ca. 6 % der Bundesfläche führen.

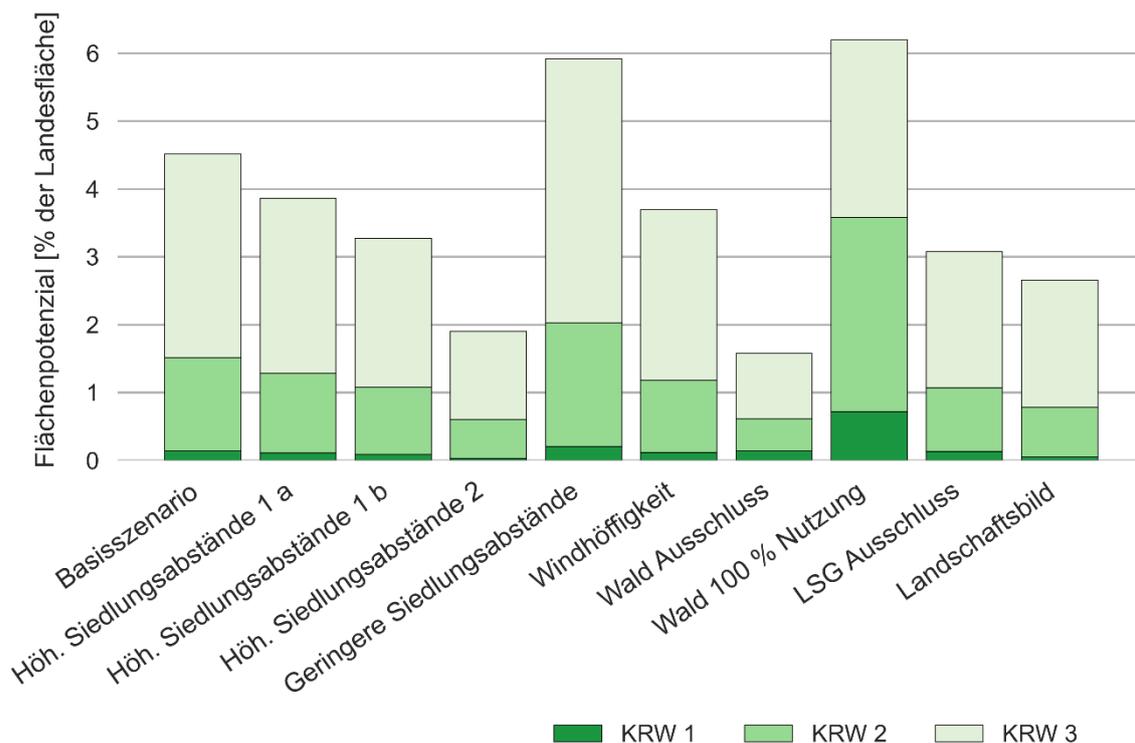


Abbildung 7. Flächenpotenzial in Prozent der Bundesfläche unter Berücksichtigung der spezifischen Potenzialfaktoren der Konfliktrisikowerte nach Variante A

Entsprechend der Potenzialfaktoren der Konfliktrisikowerte (KRW) in Variante A werden die Flächen mit KRW 1 zu 100 %, KRW 2 zu 80 % und KRW 3 zu 60 % in das Flächenpotenzial eingerechnet. Flächen mit höheren Konfliktrisikowerten werden nicht berücksichtigt.

Quelle: Fraunhofer IEE

Aus Abbildung 7 wird zudem deutlich, dass die Szenarien Wald Ausschluss und Höhere Siedlungsabstände 2 zu keiner ausreichenden Lösung führen, da die maximal verfügbaren Flächenpotenziale in diesen Szenarien unter den benötigten 2 % liegen und somit kein

ausreichendes Flächenpotenzial verbleibt. Die Szenarien werden daher nicht weiter betrachtet. Dies gilt auch für das Szenario Landschaftsbild, für welches das methodische Vorgehen noch nicht ausgereift ist. Die Aggregation der Ergebnisse der Landschaftsbildbewertung von Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe und Bosch & Partner (2022)¹⁹ mit den übrigen Konfliktrisiken führt zu einer Vielzahl an Hochstufungen von Konfliktrisikowerten und hat dadurch einen hohen Einfluss auf das Flächenpotenzial, der dem Stellenwert dieses Belangs nicht gerecht wird. Gleichzeitig berücksichtigt die verwendete Landschaftsbildbewertung nicht die spezifische Empfindlichkeit gegenüber Beeinträchtigungen durch Windenergieanlagen²⁰. Daher wird auch dieses Szenario von einer weiteren Betrachtung ausgeschlossen. In den übrigen Szenarien werden die Konflikte mit Belangen des Landschaftsbildschutzes durch die Einbeziehung von Landschaftsschutzgebieten abgebildet.

4.2 Flächenpotenzial je Bundesland für ausgewählte Szenarien

In diesem Abschnitt wird das Flächenpotenzial je Bundesland für das **Basisszenario** und das **Szenario Windhöffigkeit** vorgestellt. Für diese beiden Szenarien werden sowohl die Variante A der KRW-Faktoren mit anteiliger Berücksichtigung der nicht ausgeschlossenen Flächen mit KRW 1 bis 3, als auch die Variante B mit zusätzlicher Berücksichtigung der KRW 4 und 5 mit geringen Anteilen betrachtet. Für eine Erläuterung der Festlegung der KRW-Faktoren siehe Abschnitt 3.4.

Zu den folgenden Szenarien erfolgt aufgrund der im Folgenden genannten Gründe keine vertiefte Betrachtung auf Landesebene, die detaillierten Ergebnisse werden aber in Anhang A festgehalten:

- Höhere Siedlungsabstände 1a & Höhere Siedlungsabstände 1b: Diese Szenarien weisen bezüglich der Verteilung zwischen den Bundesländern keinen starken Unterschied ggü. dem Basisszenario auf.
- Geringere Siedlungsabstände: Dieses Szenario erscheint mit Blick auf aktuelle und zukünftige Anlagengenerationen nicht realistisch oder politisch umsetzbar.
- Wald 100 % Nutzung: Dieses Szenario erscheint ebenfalls nicht realistisch oder politisch umsetzbar.
- LSG-Ausschluss: Ein Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten ist nicht zu rechtfertigen. Landschaftsschutzgebietsverordnungen enthalten zwar in der Regel Bauverbote, allerdings stehen diese Windenergievorhaben nicht entgegen, sofern im Einzelfall schon kein Widerspruch zu den konkreten Schutzziele besteht. Zudem können im Einzelfall Ausnahmen bzw. Befreiungen von dem Verbot erteilt werden. Weiterhin unterscheidet sich die Herangehensweise zur Festlegung von Landschaftsschutzgebieten in den einzelnen Bundesländern. Ein Ausschluss reduziert somit die Flächenpotenziale in den Bundesländern mit einer weiträumigen, großzügigen Ausweisung stark, wodurch die Bundesländer mit gezielter Ausweisung besonders schützenswerter Gebiete verhältnismäßig deutlich höhere Potenziale aufweisen.

¹⁹ Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe und Bosch & Partner (2022): Planspiel zur räumlichen Verteilung der erneuerbaren Energien-Anlagen in Beispielregionen: Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft (PlanspielEE). Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben (FKZ 3519860600), gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz.

²⁰ D. h. es wird nicht berücksichtigt, inwieweit eine Windenergieanlage auch tatsächlich sichtbar ist oder durch andere Objekte verdeckt wird. Beispielsweise sind Windenergieanlagen in dicht bewaldeten Gebieten in Höhenlagen zwar schwer einsehbar, die Flächen werden aufgrund der exponentiellen Lage jedoch mit hoher Relevanz für das Landschaftsbild bewertet.

Tabelle 4-1 gibt einen Überblick zu den Flächenpotenzialen in Prozent der Landesfläche für je beide Varianten des Basisszenarios und des Szenarios Windhöffigkeit. Auf die Ergebnisse wird in den folgenden beiden Abschnitten detailliert eingegangen.

Tabelle 4-1. Flächenpotenzial in Prozent der Landesfläche für je beide Varianten des Basisszenarios und des Szenarios Windhöffigkeit

	Basisszenario, Variante A	Basisszenario, Variante B	Windhöffigkeit, Variante A	Windhöffigkeit, Variante B
BB	7,0 %	9,1 %	7,0 %	9,1 %
BE	0,05 %	0,28 %	0,05 %	0,28 %
BW	4,3 %	4,5 %	2,5 %	2,7 %
BY	5,7 %	5,8 %	3,2 %	3,3 %
HB	0,32 %	0,45 %	0,32 %	0,45 %
HE	6,6 %	7,1 %	5,5 %	6,0 %
HH	0,25 %	0,29 %	0,25 %	0,29 %
MV	1,9 %	4,2 %	1,9 %	4,2 %
NI	3,8 %	5,0 %	3,8 %	5,0 %
NW	2,3 %	2,6 %	2,2 %	2,6 %
RP	4,5 %	5,0 %	3,9 %	4,3 %
SH	3,2 %	3,9 %	3,2 %	3,9 %
SL	3,2 %	3,3 %	2,9 %	3,0 %
SN	3,2 %	3,9 %	3,1 %	3,9 %
ST	3,9 %	6,6 %	3,8 %	6,5 %
TH	7,6 %	8,4 %	6,4 %	7,0 %
DEU	4,5 %	5,4 %	3,7 %	4,5 %

4.2.1 Basisszenario

Abbildung 7, Abbildung 9 und Tabelle 4-2 stellen die Ergebnisse für die Flächenpotenziale im Basisszenario je Bundesland dar. Insgesamt sind 86 % der Bundesfläche Ausschlussflächen. Das heißt, es befinden sich etwa 50.200 km² bzw. 14 % der Bundesfläche außerhalb der Ausschlussflächen und sind mit KRW 1 bis 6 bewertet. Davon werden ca. 24.500 km² bzw. 6,9 % der Bundesfläche mit KRW 1 bis 3 bewertet.

Abbildung 8 stellt die Flächenpotenziale im Basisszenario in km² je Bundesland dar. Als größtes Bundesland weist Bayern absolut betrachtet auch das größte Flächenpotenzial auf, gefolgt von Brandenburg und Niedersachsen. Nach den Stadtstaaten weisen das Saarland, Schleswig-Holstein und Sachsen die geringsten absoluten Flächenpotenziale auf.

Betrachtet man die Flächenpotenziale relativ zur jeweiligen Landesfläche, ergibt sich eine andere Verteilung. Abbildung 9 stellt das Flächenpotenzial im Basisszenario als Anteil an der Landesfläche je Bundesland dar. Brandenburg, Thüringen und Hessen weisen hier die höchsten Potenziale auf. Zudem haben Bayern und Sachsen-Anhalt ein Flächenpotenzial von über 5 % der Landesfläche, wobei die hohen Werte in Sachsen-Anhalt ausschließlich unter anteiligem Einbezug der KRW 4 und 5 zustande kommen (Variante B). Die geringsten Flächenpotenziale als Anteil an der Landesfläche haben nach den Stadtstaaten Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern und das Saarland.

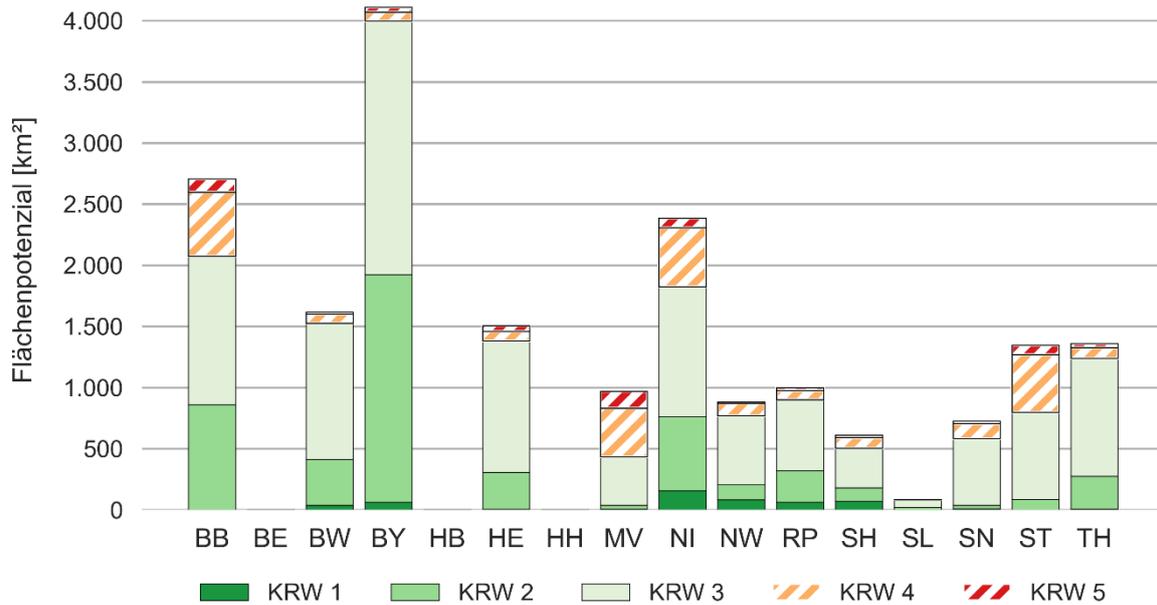


Abbildung 8. Flächenpotenzial im Basisszenario in km² je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren

Dargestellt ist das Flächenpotenzial der Variante B. Das Flächenpotenzial der Variante A (keine Berücksichtigung der Flächenpotenziale mit KRW 4 und 5) entspricht ausschließlich den grünen Säulenabschnitten.

Quelle: Fraunhofer IEE

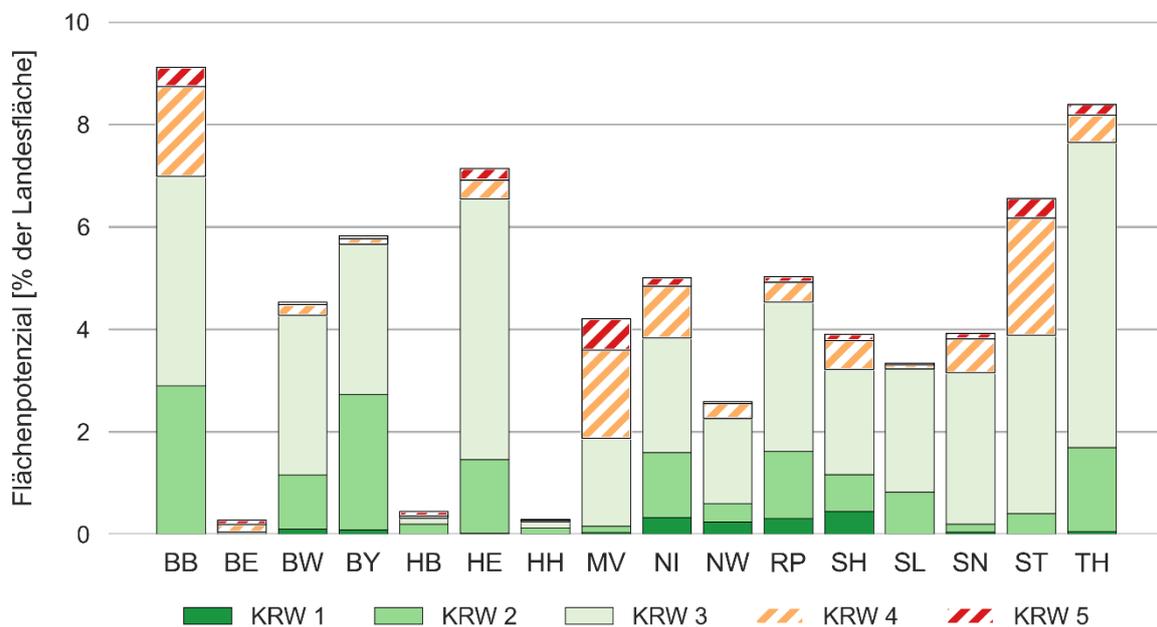


Abbildung 9. Flächenpotenzial im Basisszenario in Prozent der Landesfläche je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren

Dargestellt ist das Flächenpotenzial der Variante B. Das Flächenpotenzial der Variante A (keine Berücksichtigung der Flächenpotenziale mit KRW 4 und 5) entspricht ausschließlich den grünen Säulenabschnitten.

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle 4-2 gibt ergänzend zu den Abbildungen einen Überblick zu den konkreten Zahlenwerten. Auch hier wird nochmal deutlich, dass Flächen mit KRW 1 nur sehr wenig Flächenpotenzial bieten und der Großteil des Potenzials in Variante A auf Flächen mit KRW 2 und 3 basiert. Die flächendeckende Raumbewertung zeigt, dass die Verteilung der nicht ausgeschlossenen Flächen auf die Bundesländer deutlich von den bundesweiten Durchschnittswerten abweichen kann. Dies trifft etwa auf Mecklenburg-Vorpommern zu, welches zwar mit den geringsten Anteil an Ausschlussflächen aufweist, jedoch entfallen hier fast 90 % der nicht ausgeschlossenen Flächen auf die KRW 4 bis 6 mit hohen bis sehr hohen Konfliktrisiken. Somit ergibt sich in Variante B mit 4,2 % ein deutlich höheres Flächenpotenzial für Mecklenburg-Vorpommern als in Variante A mit nur 1,9 %.

Tabelle 4-2. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten in Prozent der Landesfläche - Basisszenario

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %			
Variante B		100 %	80 %	60 %	20 %	5 %	0 %			
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A	Potenzial Variante B
BB	73,2	0,0	3,6	6,8	8,8	7,3	0,3	26,8	7,0	9,1
BE	97,5	0,0	0,0	0,1	0,7	1,7	0,0	2,5	0,0	0,3
BW	91,3	0,1	1,3	5,2	1,1	0,9	0,0	8,7	4,3	4,5
BY	90,1	0,1	3,3	4,9	0,5	1,1	0,0	9,9	5,7	5,8
HB	97,3	0,0	0,3	0,2	0,2	1,7	0,3	2,7	0,3	0,4
HE	82,7	0,0	1,8	8,5	1,8	4,5	0,6	17,3	6,6	7,1
HH	99,3	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,7	0,2	0,3
MV	75,9	0,0	0,2	2,9	8,6	12,1	0,3	24,1	1,9	4,2
NI	85,9	0,3	1,6	3,7	5,1	3,3	0,1	14,1	3,8	5,0
NW	94,4	0,2	0,4	2,8	1,5	0,6	0,0	5,6	2,3	2,6
RP	89,0	0,3	1,6	4,9	1,9	2,3	0,0	11,0	4,5	5,0
SH	89,9	0,5	0,9	3,4	2,8	2,4	0,0	10,1	3,2	3,9
SL	94,0	0,0	1,0	4,0	0,4	0,5	0,0	6,0	3,2	3,3
SN	89,2	0,0	0,2	4,9	3,3	2,2	0,1	10,8	3,2	3,9
ST	74,6	0,0	0,5	5,8	11,4	7,5	0,1	25,4	3,9	6,6
TH	81,0	0,0	2,1	9,9	2,7	4,2	0,1	19,0	7,6	8,4
DEU	86,0	0,1	1,7	5,0	3,6	3,5	0,1	14,0	4,5	5,4

4.2.2 Szenario Windhöffigkeit

Das Szenario Windhöffigkeit in Variante B weist gegenüber dem Basisszenario in Variante A für Deutschland insgesamt ein vergleichbares Flächenpotenzial von 4,5 % auf (siehe auch Tabelle 4-1). Im Vergleich zum Basisszenario ergeben sich jedoch Unterschiede in der Verteilung des Potenzials zwischen den Bundesländern.

Es gibt Gemeinsamkeiten mit dem Basisszenario. So weisen auch hier Brandenburg, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Hessen die höchsten Potenziale als Anteile an den Landesflächen auf und Nordrhein-Westfalen und das Saarland haben auch hier niedrige Potenziale (Abbildung 11). Die Verteilung der Potenziale unterscheidet sich, vor allem für die übrigen Bundesländer, aber deutlich.

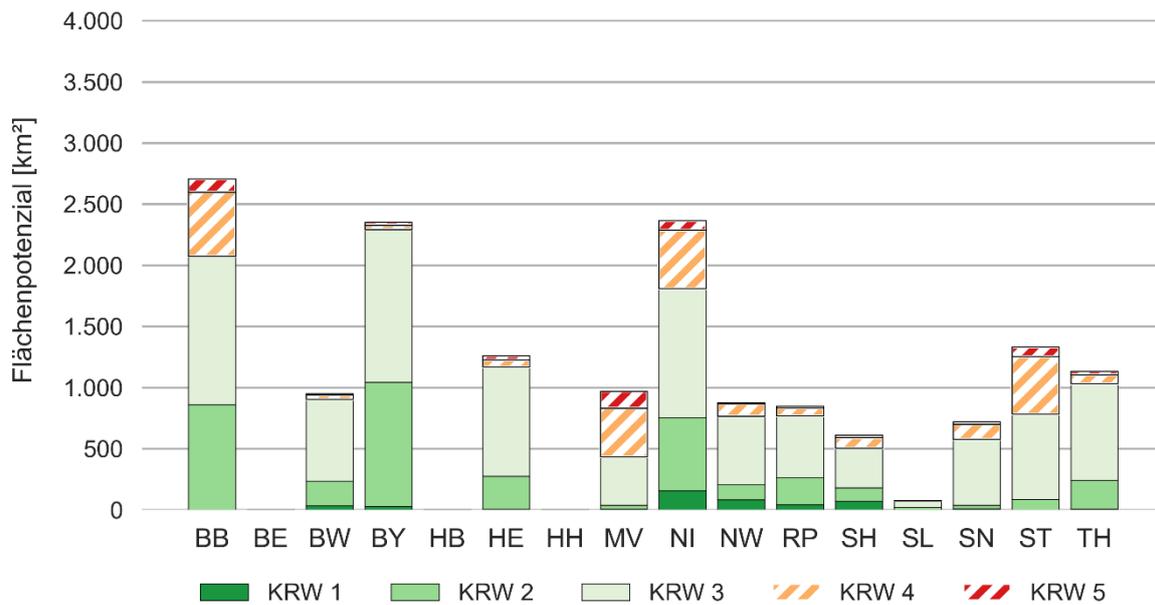


Abbildung 10. Flächenpotenzial im Szenario Windhöffigkeit in km² je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren

Dargestellt ist das Flächenpotenzial der Variante B. Das Flächenpotenzial der Variante A (keine Berücksichtigung der Flächenpotenziale mit KRW 4 und 5) entspricht ausschließlich den grünen Säulenabschnitten.

Quelle: Fraunhofer IEE

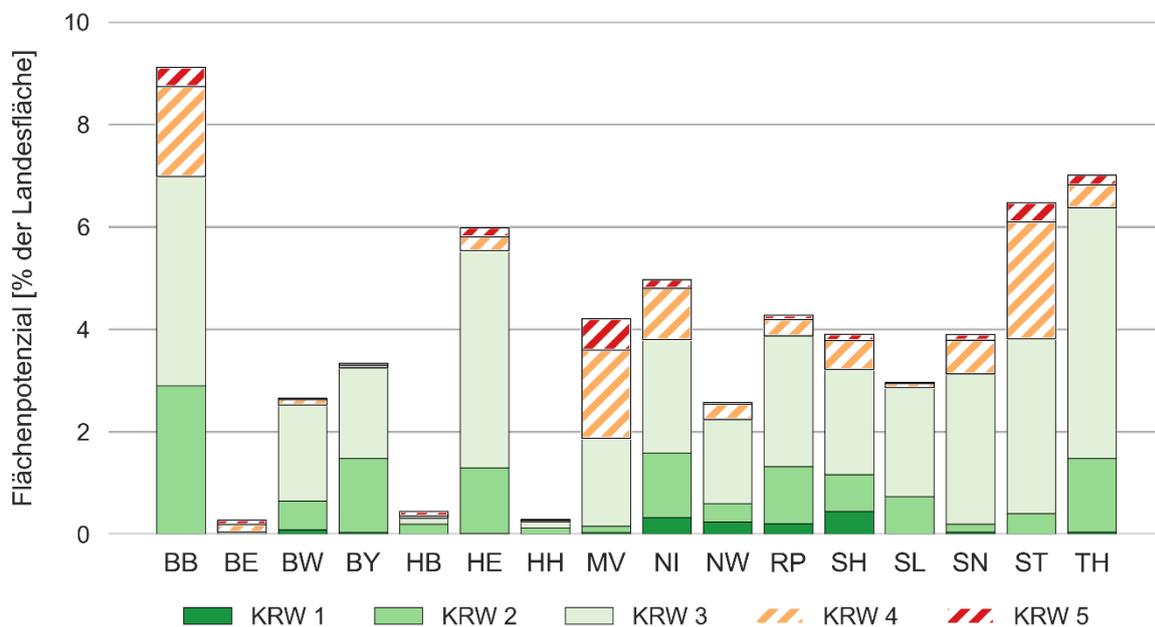


Abbildung 11. Flächenpotenzial im Szenario Windhöffigkeit in Prozent der Landesfläche je Bundesland nach Anwendung der Konfliktrisikowert-Faktoren

Dargestellt ist das Flächenpotenzial der Variante B. Das Flächenpotenzial der Variante A (keine Berücksichtigung der Flächenpotenziale mit KRW 4 und 5) entspricht ausschließlich den grünen Säulenabschnitten.

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle 4-3. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten in Prozent der Landesfläche - Szenario Windhöflichkeit

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %			
Variante B		100 %	80 %	60 %	20 %	5 %	0 %			
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A	Potenzial Variante B
BB	73,2	0,0	3,6	6,8	8,8	7,3	0,3	26,8	7,0	9,1
BE	97,5	0,0	0,0	0,1	0,7	1,7	0,0	2,5	0,0	0,3
BW	95,0	0,1	0,7	3,1	0,5	0,6	0,0	5,0	2,5	2,7
BY	94,2	0,0	1,8	2,9	0,3	0,7	0,0	5,8	3,2	3,3
HB	97,3	0,0	0,3	0,2	0,2	1,7	0,3	2,7	0,3	0,4
HE	85,9	0,0	1,6	7,1	1,3	3,6	0,5	14,1	5,5	6,0
HH	99,3	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,7	0,2	0,3
MV	75,9	0,0	0,2	2,9	8,6	12,1	0,3	24,1	1,9	4,2
NI	86,0	0,3	1,6	3,7	5,0	3,3	0,1	14,0	3,8	5,0
NW	94,4	0,2	0,4	2,7	1,5	0,6	0,0	5,6	2,2	2,6
RP	90,8	0,2	1,4	4,3	1,6	1,7	0,0	9,2	3,9	4,3
SH	89,9	0,5	0,9	3,4	2,8	2,4	0,0	10,1	3,2	3,9
SL	94,6	0,0	0,9	3,5	0,4	0,5	0,0	5,4	2,9	3,0
SN	89,2	0,0	0,2	4,9	3,3	2,2	0,1	10,8	3,1	3,9
ST	74,7	0,0	0,5	5,7	11,4	7,5	0,1	25,3	3,8	6,5
TH	83,8	0,0	1,8	8,2	2,2	3,8	0,1	16,2	6,4	7,0
DEU	87,6	0,1	1,3	4,2	3,4	3,2	0,1	12,4	3,7	4,5

4.3 Vergleich der ausgewählten Szenarien

Die folgende Abbildung zeigt das Flächenpotenzial als Anteil der Landesfläche je Bundesland für die zwei ausgewählten Szenarien. Dargestellt ist für das Basisszenario die Variante A und für das Szenario Windhöflichkeit die Variante B, da hier die größten Unterschiede in der Verteilung vorliegen.

Grundsätzlich ist zwischen den zwei Szenarien eine Süd-Nord-Verschiebung der Flächenpotenziale zu beobachten. Der zusätzliche Ausschluss von Flächen mit weniger guten Windbedingungen zwischen 6,5 und unter 7 m/s in 150 m Höhe im Szenario Windhöflichkeit reduziert die Flächenpotenziale in Bayern und Baden-Württemberg stark sowie geringfügig in Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Nordrhein-Westfalen und dem Saarland. Die zusätzliche Berücksichtigung der Flächen mit KRW 4 und 5 zu 20 % bzw. 5 % in der Variante B führt zudem zu einer Erhöhung des ermittelten Flächenpotenzials insbesondere in den Ländern mit hohen Konfliktrisiken im Bereich des Artenschutzes sowie des Natur- und Landschaftsschutzes. Hierzu zählen insbesondere Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt sowie weniger stark Brandenburg, Niedersachsen, Sachsen und Schleswig-Holstein.

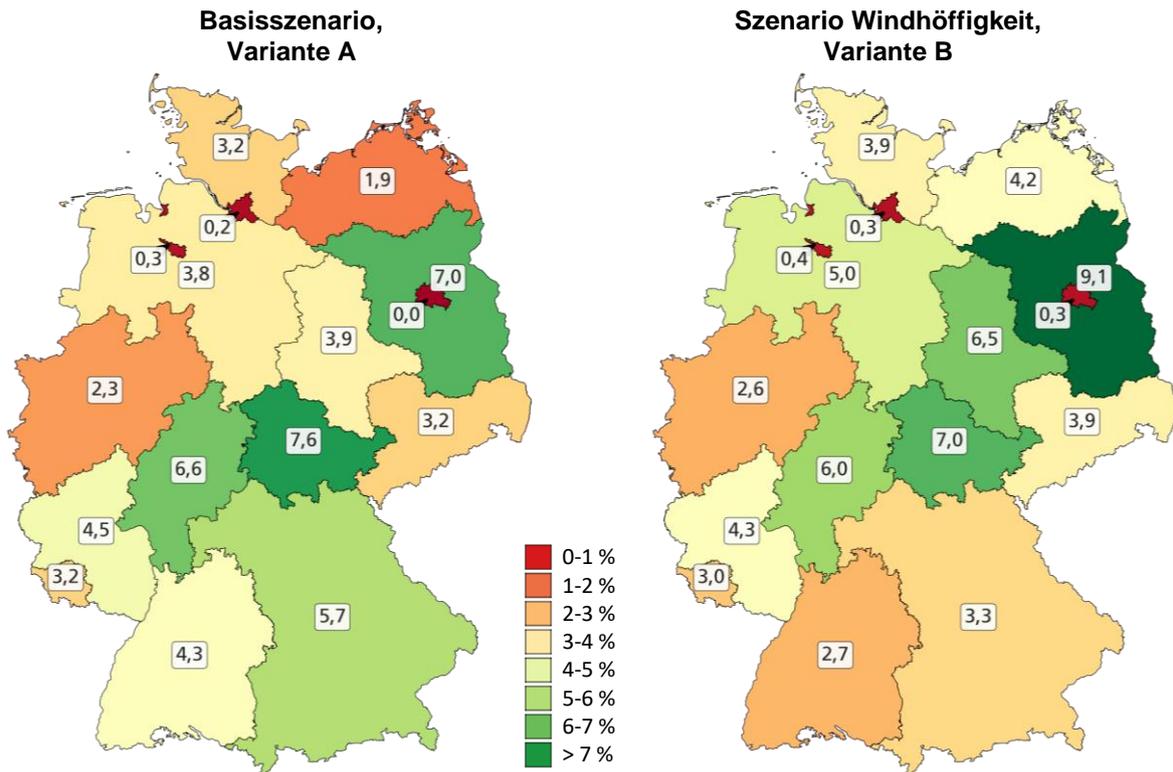


Abbildung 12. Kartografische Gegenüberstellung der Flächenpotenziale der Bundesländer in Prozent der Landesfläche im Basisszenario, Variante A und im Szenario Windhöflichkeit, Variante B

Konfliktrisikowert-Faktoren in Variante A: KRW 1 = 100 %, KRW 2 = 80 %, KRW 3 = 60 %

Konfliktrisikowert-Faktoren in Variante B: zusätzlich KRW 4 = 20 %, KRW 5 = 5 %

Quelle: Fraunhofer IEE

© GeoBasis-DE / BKG (2021)

Die Untersuchung zeigt, dass die Bundesländer unterschiedliche Voraussetzungen für den Ausbau der Windenergie an Land haben. Diese können und sollten in einem gewissen Maße bei der Festlegung individueller Flächenziele für die Bundesländer zur Erreichung des 2-%-Ziels in 2032 bzw. des 1,4-%-Ziels in 2026 auf Bundesebene berücksichtigt werden. Die Ergebnisse zeigen, wie wichtig es ist, bei der Ermittlung des Flächenpotenzials neben Ausschlusskriterien auch die Restriktionen durch Konfliktrisiken zu berücksichtigen, da diese das verfügbare Flächenpotenzial stark einschränken. Zudem sind die Konfliktrisiken in den Bundesländern unterschiedlich stark ausgeprägt.

5. Mögliche Verteilungsschlüssel für die Flächenziele

Für das Basisszenario, Variante A (Basisszenario-A) und das Szenario Windhöflichkeit, Variante B (Windhöflichkeit-B) wird untersucht, wie eine ausgewogene Verteilung des 2%-Ziels auf die Bundesländer aussehen könnte. Ebenfalls ermittelt werden mögliche Verteilungsschlüssel für das 1,4%-Zwischenziel in 2026.

Eine rein potenzialbasierte Verteilung, d. h. eine Bestimmung der Flächenziele der Bundesländer proportional zum Flächenpotenzial, würde zu großen Unterschieden der Flächenziele führen. Länder mit hohen Potenzialen müssten bei einer rein potenzialbasierten Verteilung des 2%-Ziels mehr als 3 oder 4 % der Landesfläche für die Windenergie an Land ausweisen. Länder mit vergleichsweise geringen Potenzialen müssten hingegen nur deutlich unter 2 % der Landesfläche bereitstellen, auch wenn ausreichend Potenziale für höhere Beiträge vorhanden sind. Die Festlegung und Umsetzung einer solchen Verteilung wird als politisch schwer durchsetzbar eingeschätzt, da eine Vielzahl der Beteiligten diese sehr wahrscheinlich als nicht gerecht einstufen würde. Daher wird zur Ermittlung eines potenzialbasierten Verteilungsschlüssels in Abstimmung mit dem BMWK eine Ober- und Untergrenze eingezo-

gen. Betrachtet werden für das 2%-Ziel und das 1,4%-Zwischenziel jeweils zwei verschiedene Grenzen, einerseits eher enge Grenzwerte und andererseits eher weite Grenzwerte. Für das 2%-Ziel werden konkret Grenzen von 1,6 bis 2,4 % (weite Grenzen) sowie von 1,8 bis 2,2 % (enge Grenzen) betrachtet. Für das 1,4%-Zwischenziel werden Grenzen von 1,0 bis 2,0 % (weite Grenzen) sowie von 1,1 bis 1,8 % (enge Grenzen) betrachtet. Die Spanne der Grenzen wurde in Abstimmung mit dem BMWK für das Zwischenziel größer angelegt, da einzelne Bundesländer bereits Flächenausweisungen bis 1,8 % vorweisen können.

Lediglich die Stadtstaaten werden nicht auf die Untergrenze angehoben, da diese die verfügbaren Potenziale deutlich übersteigt. Der Beitrag der Stadtstaaten ist somit durch das Flächenpotenzial limitiert. Da das absolute Flächenpotenzial der Stadtstaaten gering und damit die Unsicherheiten in der Bewertung groß sind – die Nicht-Verfügbarkeit einzelner Flächen in der Praxis kann das Potenzial stark beeinflussen – wird ein möglicher Beitrag der Stadtstaaten auf einen Anteil des Flächenpotenzials begrenzt. Gewählt wird der Ansatz der rein potenzialbasierten Verteilung, sodass die Stadtstaaten für das 2%-Ziel im Basisszenario-A ein Flächenziel von 0,02 bis 0,14 % der Landesfläche und im Szenario Windhöflichkeit-B ein Flächenziel von 0,12 bis 0,2 % der Landesfläche (entsprechend ca. 44 % ihres Flächenpotenzials) erhalten.

Grundsätzlich ist der Einfluss der Stadtstaaten auf die Zielerreichung und den zugrunde gelegten Verteilungsschlüssel jedoch sehr gering. Aufgrund der geringen Landesfläche (< 1 % der Bundesfläche) und den verhältnismäßig geringen Potenzialen können die Stadtstaaten nur einen geringen Beitrag leisten. Die Ziele der Stadtstaaten haben keinen nennenswerten Einfluss auf die notwendigen Zielmengen der Flächenländer.

5.1 Verteilungsschlüssel für das 2%-Ziel

Die folgende Tabelle zeigt mögliche Verteilungsschlüssel für das 2%-Ziel in 2032 für die zwei betrachteten Szenarien jeweils für die eher weiten Grenzen (1,6 bis 2,4 %) und die eher engen Grenzen (1,8 bis 2,2 %). Die Flächenziele werden auf eine Nachkommastelle, für die Stadtstaaten auf zwei Nachkommastellen, gerundet.

Tabelle 5-1. Mögliche Verteilungsschlüssel für das Zieljahr 2032 (2%-Ziel)

	Basisszenario-A: Weite Grenzen 2032 1,6 bis 2,4 %	Basisszenario-A: Enge Grenzen 2032 1,8 bis 2,2 %	Windhöffigkeit-B: Weite Grenzen 2032 1,6 bis 2,4 %	Windhöffigkeit-B: Enge Grenzen 2032 1,8 bis 2,2 %
BB	2,4 %	2,2 %	2,4 %	2,2 %
BE	0,02 %	0,02 %	0,12 %	0,12 %
BW	2,0 %	2,1 %	1,6 %	1,8 %
BY	2,4 %	2,2 %	1,7 %	1,8 %
HB	0,14 %	0,14 %	0,20 %	0,20 %
HE	2,4 %	2,2 %	2,4 %	2,2 %
HH	0,11 %	0,11 %	0,13 %	0,13 %
MV	1,6 %	1,8 %	2,1 %	2,1 %
NI	1,8 %	1,8 %	2,4 %	2,2 %
NW	1,6 %	1,8 %	1,6 %	1,8 %
RP	2,1 %	2,2 %	2,1 %	2,2 %
SH	1,6 %	1,8 %	1,9 %	2,0 %
SL	1,6 %	1,8 %	1,6 %	1,8 %
SN	1,6 %	1,8 %	1,9 %	2,0 %
ST	1,8 %	1,8 %	2,4 %	2,2 %
TH	2,4 %	2,2 %	2,4 %	2,2 %
DEU	2,005 %	1,996 %	2,003 %	2,003 %

Aufgrund der sehr hohen Potenziale in allen Szenarien greift für Thüringen, Hessen und Brandenburg immer die Obergrenze. Nordrhein-Westfalen und das Saarland liegen aufgrund der geringen Potenziale an der Untergrenze.

Starke Auswirkungen zwischen den Szenarien und dabei der Variante A und B zeigen sich bei Bayern und Baden-Württemberg. Liegt Bayern im Basisszenario-A an der Obergrenze und Baden-Württemberg leicht über 2 %, sinkt das Flächenziel im Szenario Windhöffigkeit-B bei beiden Bundesländern auf oder nahe an die Untergrenze. Demgegenüber zeigen sich stärkere Auswirkungen in die andere Richtung bei Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Sachsen, welche im Szenario Windhöffigkeit-B den deutlich geringeren Beitrag der großen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg maßgeblich auffangen. Starken Einfluss hat hierbei der anteilige Einbezug der nicht kategorisch ausgeschlossenen Flächen mit KRK 4 und 5. Dadurch steigen die Flächenziele für Sachsen-Anhalt und Niedersachsen von ca. 1,8 % im Basisszenario-A an die Obergrenze auf 2,2 bzw. 2,4 %. Das Flächenziel für Mecklenburg-Vorpommern steigt von der Untergrenze auf 2,1 %.

Aufgrund der Rundung der Flächenziele summieren sich die Flächenziele der Bundesländer nicht auf exakt 2 % der Bundesfläche auf. Die Abweichungen liegen hierbei jedoch im einstelligen Promille-Bereich, wie Tabelle 5-1 zeigt.

5.2 Verteilungsschlüssel für das 1,4-%-Zwischenziel 2026

Tabelle 5-2 zeigt mögliche Verteilungsschlüssel für das 1,4-%-Zwischenziel in 2026 für die zwei betrachteten Szenarien jeweils für die eher weiten Grenzen (1,0 bis 2,0 %) sowie die eher engen Grenzen (1,1 bis 1,8 %). Auch hier werden die Flächenziele auf eine Nachkommastelle, für die Stadtstaaten auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 5-2. Mögliche Verteilungsschlüssel für das Zieljahr 2026 (1,4-%-Zwischenziel)

	Basisszenario-A: Weite Grenzen 2026 1,0 bis 2,0 %	Basisszenario-A: Enge Grenzen 2026 1,1 bis 1,8 %	Windhöflichkeit-B: Weite Grenzen 2026 1,0 bis 2,0 %	Windhöflichkeit-B: Enge Grenzen 2026 1,1 bis 1,8 %
BB	2,0 %	1,8 %	2,0 %	1,8 %
BE	0,01 %	0,01 %	0,09 %	0,09 %
BW	1,3 %	1,3 %	1,0 %	1,1 %
BY	1,7 %	1,7 %	1,1 %	1,1 %
HB	0,10 %	0,10 %	0,14 %	0,14 %
HE	2,0 %	1,8 %	1,9 %	1,8 %
HH	0,08 %	0,08 %	0,09 %	0,09 %
MV	1,0 %	1,1 %	1,4 %	1,4 %
NI	1,2 %	1,2 %	1,6 %	1,7 %
NW	1,0 %	1,1 %	1,0 %	1,1 %
RP	1,4 %	1,4 %	1,4 %	1,4 %
SH	1,0 %	1,1 %	1,3 %	1,3 %
SL	1,0 %	1,1 %	1,0 %	1,1 %
SN	1,0 %	1,1 %	1,3 %	1,3 %
ST	1,2 %	1,2 %	2,0 %	1,8 %
TH	2,0 %	1,8 %	2,0 %	1,8 %
DEU	1,411 %	1,400 %	1,411 %	1,401 %

Aufgrund der sehr hohen Potenziale in allen Szenarien greift auch bei den ermittelten möglichen Verteilungsschlüsseln für das 1,4-%-Zwischenziel trotz weiter gefasster Grenzen für Thüringen, Hessen und Brandenburg nahezu immer die Obergrenze. Nordrhein-Westfalen und das Saarland liegen analog zu den Verteilungsschlüsseln für das 2-%-Ziel aufgrund der geringen Potenziale an der Untergrenze.

Starke Auswirkungen zwischen den Szenarien und dabei der Variante A und B zeigen sich erneut bei Bayern, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen. Liegt Bayern im Basisszenario-A nahe an der Obergrenze, sinkt das Flächenziel im Szenario Windhöflichkeit-B auf oder nahe an die Untergrenze. Demgegenüber zeigen sich erneut stärkere Auswirkungen in die andere Richtung bei Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern, welche im Szenario Windhöflichkeit-B den deutlich geringeren Beitrag des größten Bundeslands Bayern maßgeblich auffangen.

Die hier betrachteten Obergrenzen in Höhe von 2,0 % bzw. 1,8 % liegen 0,6 bzw. 0,4 Prozentpunkte über dem Zwischenziel des Bundes von 1,4 %. Damit liegen sie verhältnismäßig deutlich höher über dem Zielwert des Bundes als die betrachteten Obergrenzen von 2,4 %

bzw. 2,2 % für das 2-%-Ziel. Somit leisten Thüringen, Hessen und Brandenburg, welche jeweils an der Obergrenze der Verteilungsschlüssel liegen, einen verhältnismäßig noch höheren Beitrag für das 1,4-%-Ziel als für das 2-%-Ziel. Dadurch müssen die anderen Bundesländer weniger hohe Beiträge leisten. Konkret reduzieren sich die Beitragswerte der anderen Bundesländer mit Ausnahme von Bayern bereits im Basisszenario-A zumeist auf die 1,4 % oder liegen darunter. Daher wirkt sich die Wahl des Szenarios für das 1,4-%-Zwischenziel weniger stark auf Baden-Württemberg (liegt bereits im Basisszenario-A unterhalb von 1,4 %) sowie Schleswig-Holstein und Sachsen (liegen auch im Szenario Windhöffigkeit-B bei unter 1,4 %) aus als beim 2-%-Ziel.

5.3 Anteilige Nutzung der ermittelten Potenziale

Aufgrund der festgelegten Ober- und Untergrenzen unterscheidet sich der Anteil des Flächenpotenzials der zur Zielerreichung für die Windenergie an Land durch ein Bundesland bereitgestellt werden muss. Länder, deren Ziele gegenüber einer rein proportionalen Verteilung auf Basis der Flächenpotenziale auf die Untergrenze angehoben wird, müssen einen höheren Anteil ihrer Flächenpotenziale bereitstellen. Bundesländer deren Ziele auf die Obergrenze abgesenkt werden, müssen zwar die höchsten Flächenziele gemessen am Anteil an der Landesfläche erreichen, sie müssen hierzu aber nur einen geringeren Anteil an den Flächenpotenzialen nutzen.

Tabelle 5-3 zeigt je Bundesland die anteilige Nutzung der ermittelten Flächenpotenziale zur Erreichung des Flächenziels. Es zeigen sich starke Abweichungen zwischen den Bundesländern und den Szenarien.

Tabelle 5-3. Maximale anteilige Nutzung der ermittelten Potenziale je Bundesland in Prozent der Landesfläche

	Basisszenario-A: Weite Grenze 2032 1,6 bis 2,4 %	Basisszenario-A: Enge Grenze 2032 1,8 bis 2,2 %	Windhöffigkeit-B: Weite Grenze 2032 1,6 bis 2,4 %	Windhöffigkeit-B: Enge Grenze 2032 1,8 bis 2,2 %
BB	34 %	31 %	26 %	24 %
BE	44 %	44 %	44 %	44 %
BW	46 %	50 %	60 %	68 %
BY	42 %	39 %	50 %	54 %
HB	44 %	44 %	44 %	44 %
HE	37 %	34 %	40 %	37 %
HH	44 %	44 %	44 %	44 %
MV	85 %	96 %	50 %	50 %
NI	46 %	47 %	48 %	44 %
NW	71 %	80 %	62 %	70 %
RP	46 %	49 %	50 %	50 %
SH	50 %	56 %	50 %	50 %
SL	50 %	56 %	54 %	61 %
SN	51 %	57 %	50 %	50 %
ST	46 %	46 %	37 %	34 %
TH	31 %	29 %	34 %	31 %
DEU	44 %	44 %	44 %	44 %

Werte unterhalb des durchschnittlichen, d. h. bundesweiten Anteils des Flächenziels am Flächenpotenzial sind grün dargestellt, Werte oberhalb rot.

Der geringste Wert wird mit 24 % in Brandenburg im Szenario Windhöflichkeit-B mit engen Grenzen erreicht. Brandenburg liegt in diesem Szenario wie in den anderen auch an der Obergrenze, aber das ermittelte Flächenpotenzial ist aufgrund der Hinzunahme von geringen Anteilen der Flächen mit KRW 4 und 5 höher als im Basisszenario-A und die Obergrenze für das Flächenziel mit 2,2 % niedriger als die Obergrenze von 2,4 % bei der Betrachtung eher weiter Grenzen.

Der höchste Wert wird demgegenüber mit 96 % in Mecklenburg-Vorpommern im Basisszenario-A mit engen Grenzen erreicht. Das Flächenpotenzial in Mecklenburg-Vorpommern ist im Basisszenario-A ohne Berücksichtigung von Flächenanteilen mit KRW 4 und 5 deutlich eingeschränkt. Im Szenario Windhöflichkeit-B liegt aufgrund des höher eingeschätzten Flächenpotenzials der Anteil des Flächenziels für Mecklenburg-Vorpommern bei nur 50 %, obwohl das Flächenziel im Vergleich zum Basisszenario-A höher liegt.

Festzuhalten bleibt abschließend, dass das angelegte Flächenpotenzial auf Basis der Vorgehensweise in der Untersuchung variiert. In der Realität bestehen ungeachtet dessen dieselben Konfliktrisiken auf den Flächen. Die Analyse zeigt jedoch auf, inwieweit sich die Wahl des Szenarios und der Grenzen für die Ermittlung eines Verteilungsschlüssels auf die Nutzung der Potenziale auswirkt. Im Vergleich der Werte für die verschiedenen Szenarien und Verteilungsschlüssel zeigt sich, bei welchen Bundesländern tendenziell mehr und bei welchen weniger Spielraum nach oben bei der Festlegung der Flächenziele besteht.

6. Schlussfolgerungen

Die Analyse der Flächenpotenziale der Bundesländer auf Basis bundesweit einheitlich festgelegter Kriterien zeigt, dass ein 2-%-Flächenziel durch die Ausweisung von ausreichend geeigneten Flächen erreicht werden kann, wenn die Politik die auch hier bestehenden Konfliktrisiken, wie sie insbesondere in den verschiedenen Konfliktrisikowerten zum Ausdruck kommen, für den Windenergieausbau hinzunehmen bereit ist. **Die höchsten Potenziale zum Ausbau der Windenergie liegen dabei nicht zwingend in den Regionen, in denen der Ausbau der Windenergie an Land bisher vornehmlich erfolgt ist.** Zwar haben Brandenburg und Niedersachsen sehr hohe Flächenpotenziale, jedoch liegen in absoluten Zahlen die höchsten Potenziale in Bayern sowie weitere hohe Potenziale in Baden-Württemberg, Thüringen und Hessen. Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen, Bundesländer mit historisch starkem Zubau, weisen hingegen vergleichsweise weniger hohe Potenziale auf. In Relation zur Landesfläche liegen die höchsten Potenziale in Thüringen, Brandenburg und Hessen.

Da sich die Flächenpotenziale zwischen den Bundesländern zum Teil deutlich unterscheiden, wird empfohlen, das 2-%-Flächenziel nicht gleichermaßen auf alle Länder herunterzubrechen sondern einen an den einzelnen Flächenpotenzialen orientierten Verteilungsschlüssel zu entwickeln. Bei der Ableitung entsprechender Verteilungsschlüssel wurde eine Ober- und Untergrenze festgelegt, um extreme Unterschiede der Flächenziele zu vermeiden. Die Bundesländer mit hohen Potenzialen tragen somit bezogen auf die Landesflächen zwar stärker zum 2-%-Flächenziel auf Bundesebene bei, allerdings wird ihr Beitrag gedeckelt. **Im Ergebnis müssen die Bundesländer mit hohen Potenzialen somit einen geringeren Anteil ihrer Flächenpotenziale für die Windenergie an Land ausweisen als andere Bundesländer.**

Bei der Bestimmung möglicher Verteilungsschlüssel wurde nicht berücksichtigt, wie viel Leistung bisher in den Bundesländern installiert wurde. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde, welchen Umfang die aktuell ausgewiesene Flächenkulisse bereits hat. Somit kann sich der Umfang der zukünftig notwendigen Flächenausweisungen zur Erreichung der individuellen Flächenziele zwischen den Bundesländern stark unterscheiden, wenn auf die hier ermittelten Verteilungsschlüssel abgestellt wird. **Für das kurzfristige Flächenziel 2026 könnte zur Erhöhung der Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung eine Berücksichtigung der bisherigen Ausweisungen und eine Anpassung der Zwischenziele in Abstimmung zwischen Bund und Ländern jedoch zielführend sein.**

Die ermittelten Flächenpotenziale sind stark abhängig von der Festlegung, welche Konfliktrisiken für den Ausbau der Windenergienutzung in Kauf genommen werden sollen, zu welchen Anteilen also Flächen der einzelnen Konfliktrisikowerte einbezogen werden sollen (KRW-Faktoren). Die flächendeckende Raumbewertung zeigt, dass in Bundesländern mit verhältnismäßig geringem Anteil an Ausschlussflächen hohe Konfliktrisiken auf den nicht ausgeschlossenen Flächen vorliegen können, die einer umfassenden Nutzung der Flächen durch die Windenergie entgegenstehen. Dies trifft insbesondere auf Mecklenburg-Vorpommern zu, welches zwar mit den geringsten Anteil an Ausschlussflächen aufweist, jedoch entfallen hier fast 90 % der nicht ausgeschlossenen Flächen auf die KRW 4 bis 6 mit hohen bis höchsten Konfliktrisiken. **Ein potenzialbasierter Verteilungsschlüssel für das Flächenziel sollte daher nicht rein auf Basis einer Betrachtung der Ausschlussflächen erfolgen, sondern die unterschiedlichen Konfliktrisiken nicht ausgeschlossener Flächen berücksichtigen.**

Die höchsten Anteile an der nicht ausgeschlossenen Fläche haben die KRW 2 mit 15 %, KRW 3 mit 41 %, KRW 4 mit 21 % und KRW 5 mit 18 %. Innerhalb der Bundesländer können die Verhältnisse jedoch stark variieren. Die vorgenommene Festlegung der KRW-

Faktoren für die Untersuchung orientiert sich an der Verteilung der Bestandsanlagen auf den nicht ausgeschlossenen Flächen. **Welche Flächenanteile von den nicht ausgeschlossenen Flächen je Konfliktrisikowert tatsächlich ausgewiesen werden können und sollen, ist durch die weitere Planung in den Ländern zu bestimmen und wird wahrscheinlich von den festgelegten KRW-Faktoren abweichen und je Bundesland stark variieren.**

Die ermittelten Flächenpotenziale sind weiterhin abhängig von dem gewählten Szenario und damit der Festlegung der Ausschluss- und Restriktionskriterien für die Untersuchung. Die Szenarien zeigen, dass sowohl bei einem Ausschluss aller Waldflächen als auch bei der Festlegung sehr hoher Siedlungsabstände das verbleibende Flächenpotenzial nicht zur Erreichung des 2-%-Ziels ausreichen würde. Auch ein Ausschluss aller Landschaftsschutzgebiete würde das Potenzial stark einschränken. Weiterhin zeigen die Szenarien, dass die **Festlegung einer Mindestwindgeschwindigkeit als Indikator für die Eignung der Flächen in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit einen hohen Einfluss auf die Verteilung der Flächenpotenziale und damit einen abgeleiteten Verteilungsschlüssel für das Flächenziel hat.** In den südlichen Bundesländern weist ein hoher Anteil der Landesflächen weniger, aber voraussichtlich oftmals dennoch ausreichend gute Windbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen auf. Sollten diese Flächen für die Festlegung eines Verteilungsschlüssels nicht berücksichtigt werden, reduziert sich der Beitrag der südlichen Bundesländer teils stark.

Welche konkreten Flächen auf Ebene der Regional- und Bauleitplanung ausgewiesen werden, kann und soll mit einer bundesweiten Betrachtung jedoch nicht bestimmt werden. Hierzu ist eine detailliertere, regionale Raumbewertung erforderlich, die die individuellen Restriktionen bestmöglich auch unter Verwendung regional erhobener Daten berücksichtigt. Mit der Festlegung eines Verteilungsschlüssels wird jedoch bereits dahingehend Einfluss genommen, welche Konfliktrisiken der Windenergie verstärkt auf den ausgewiesenen Flächen entgegenstehen. Ob hierbei z. B. eher windschwächere Standorte oder Flächen mit höherem Konfliktpotenzial im Artenschutz zur Zielerreichung ausgewiesen werden müssen, ist primär eine politische Frage.

Anhang A. Ergebnisse der weiteren Szenarien

A.1 Szenario höhere Siedlungsabstände 1a

Abbildung 13 und Tabelle A-1 zeigen die Ergebnisse der Flächenpotenzialanalyse für das Szenario höhere Siedlungsabstände 1a. Das Szenario hat im Vergleich zu dem Basisszenario keinen starken Effekt auf die Verteilung zwischen den Bundesländern.

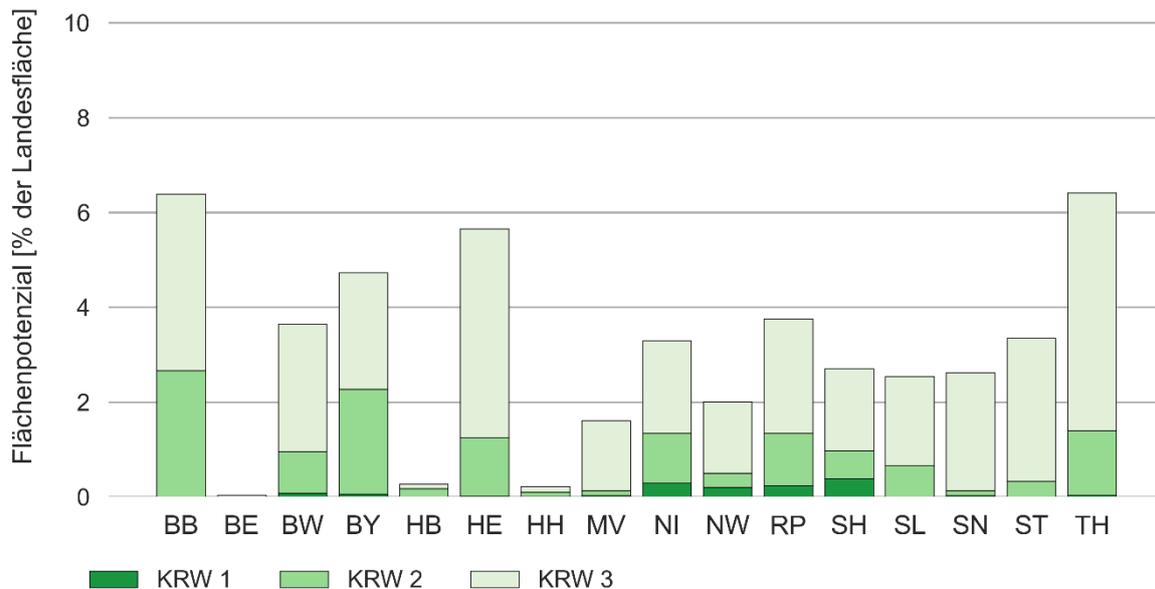


Abbildung 13. Szenario Höhere Siedlungsabstände 1a

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle A-1. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten - Szenario höhere Siedlungsabstände 1a

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %		
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A
BB	75,8	0,0	3,3	6,2	7,8	6,6	0,2	24,2	6,4
BE	97,9	0,0	0,0	0,1	0,6	1,5	0,0	2,1	0,0
BW	92,5	0,1	1,1	4,5	0,9	0,9	0,0	7,5	3,6
BY	91,6	0,1	2,8	4,1	0,4	1,0	0,0	8,4	4,7
HB	97,6	0,0	0,2	0,2	0,2	1,5	0,3	2,4	0,3
HE	84,9	0,0	1,5	7,4	1,5	4,1	0,5	15,1	5,7
HH	99,4	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,6	0,2
MV	78,5	0,0	0,1	2,5	7,6	11,1	0,3	21,5	1,6
NI	87,4	0,3	1,3	3,2	4,7	3,0	0,1	12,6	3,3
NW	94,9	0,2	0,4	2,5	1,3	0,6	0,0	5,1	2,0
RP	90,7	0,2	1,4	4,0	1,6	2,0	0,0	9,3	3,8
SH	91,4	0,4	0,7	2,9	2,5	2,2	0,0	8,6	2,7

SL	95,3	0,0	0,8	3,1	0,3	0,4	0,0	4,7	2,5
SN	91,0	0,0	0,1	4,2	2,7	1,9	0,1	9,0	2,6
ST	77,4	0,0	0,4	5,0	10,2	6,8	0,1	22,6	3,3
TH	83,7	0,0	1,7	8,4	2,4	3,8	0,1	16,3	6,4
DEU	87,7	0,1	1,5	4,3	3,2	3,1	0,1	12,3	3,9

A.2 Szenario höhere Siedlungsabstände 1b

Abbildung 14 und Tabelle A-2 zeigen die Ergebnisse der Flächenpotenzialanalyse für das Szenario höhere Siedlungsabstände 1b. Auch dieses Szenario hat im Vergleich zu dem Basiszenario keinen starken Effekt auf die Verteilung zwischen den Bundesländern.

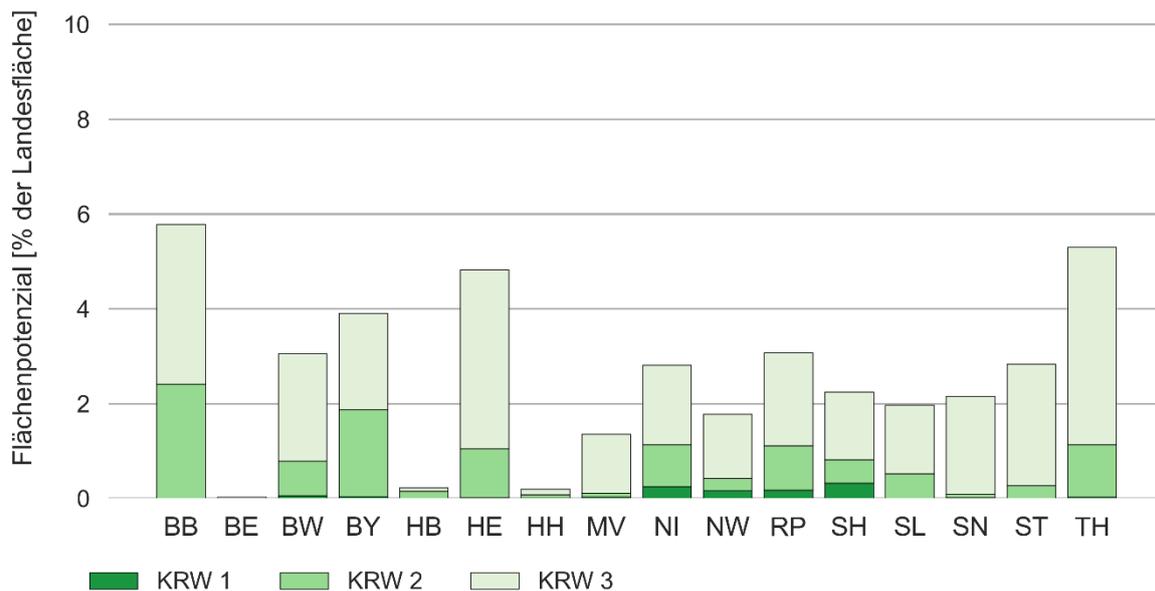


Abbildung 14. Szenario Höhere Siedlungsabstände 1b

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle A-2. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten - Szenario höhere Siedlungsabstände 1b

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %		
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A
BB	78,5	0,0	3,0	5,6	6,9	5,9	0,2	21,5	5,8
BE	98,2	0,0	0,0	0,0	0,4	1,3	0,0	1,8	0,0
BW	93,6	0,1	0,9	3,8	0,8	0,8	0,0	6,4	3,1
BY	93,0	0,0	2,3	3,4	0,3	0,9	0,0	7,0	3,9
HB	97,9	0,0	0,2	0,1	0,2	1,3	0,3	2,1	0,2
HE	87,0	0,0	1,3	6,3	1,3	3,6	0,5	13,0	4,8
HH	99,6	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2
MV	81,0	0,0	0,1	2,1	6,6	10,0	0,2	19,0	1,4

NI	88,8	0,2	1,1	2,8	4,3	2,7	0,1	11,2	2,8
NW	95,5	0,2	0,3	2,3	1,2	0,5	0,0	4,5	1,8
RP	92,2	0,2	1,2	3,3	1,4	1,8	0,0	7,8	3,1
SH	92,7	0,3	0,6	2,4	2,1	1,9	0,0	7,3	2,2
SL	96,4	0,0	0,6	2,4	0,2	0,3	0,0	3,6	2,0
SN	92,5	0,0	0,1	3,5	2,1	1,7	0,1	7,5	2,2
ST	80,2	0,0	0,3	4,3	9,0	6,1	0,1	19,8	2,8
TH	86,2	0,0	1,4	6,9	2,1	3,3	0,1	13,8	5,3
DEU	89,3	0,1	1,2	3,6	2,8	2,8	0,1	10,7	3,3

A.3 Szenario geringere Siedlungsabstände

Abbildung 15 und Tabelle A-3 zeigen die Ergebnisse der Flächenpotenzialanalyse für das Szenario geringere Siedlungsabstände. Das Szenario führt zu hohen Potenzialen, scheint mit Blick auf aktuelle und zukünftige Anlagengenerationen sowie in Hinblick auf die Akzeptanz nicht realistisch.

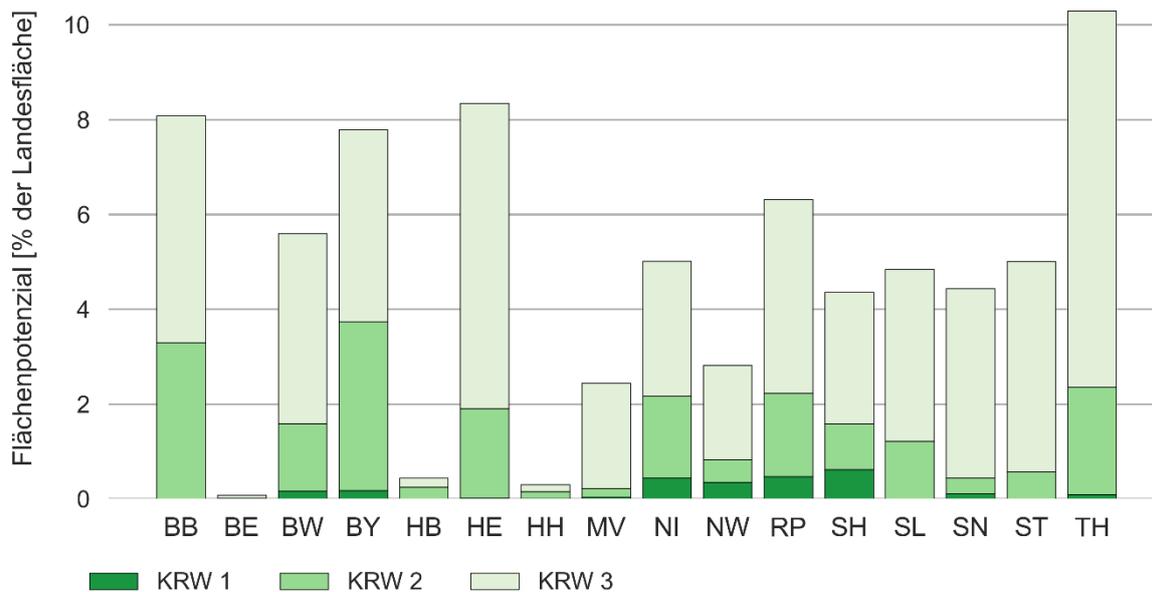


Abbildung 15. Szenario geringere Siedlungsabstände

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle A-3. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten – Szenario geringere Siedlungsabstände

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %		
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A
BB	68,0	0,0	4,1	8,0	10,8	8,8	0,3	32,0	8,1
BE	96,6	0,0	0,0	0,1	1,1	2,2	0,0	3,4	0,1
BW	88,9	0,2	1,8	6,7	1,3	1,1	0,0	11,1	5,6

BY	86,5	0,2	4,4	6,8	0,7	1,3	0,0	13,5	7,8
HB	96,7	0,0	0,3	0,3	0,3	2,0	0,4	3,3	0,4
HE	78,4	0,0	2,4	10,7	2,4	5,4	0,7	21,6	8,3
HH	98,9	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,0	1,1	0,3
MV	70,8	0,0	0,2	3,7	10,7	14,2	0,3	29,2	2,4
NI	82,9	0,4	2,2	4,8	5,8	3,9	0,1	17,1	5,0
NW	93,1	0,3	0,6	3,3	1,8	0,8	0,0	6,9	2,8
RP	85,1	0,5	2,2	6,8	2,6	2,8	0,0	14,9	6,3
SH	86,9	0,6	1,2	4,6	3,7	2,9	0,0	13,1	4,4
SL	91,0	0,0	1,5	6,0	0,7	0,7	0,0	9,0	4,8
SN	85,1	0,1	0,4	6,7	4,7	2,9	0,1	14,9	4,4
ST	69,1	0,0	0,7	7,4	13,8	8,9	0,2	30,9	5,0
TH	75,4	0,1	2,8	13,2	3,3	5,0	0,1	24,6	10,3
DEU	82,3	0,2	2,3	6,5	4,4	4,1	0,1	17,7	5,9

A.4 Szenario Wald 100% Nutzung

Abbildung 16 und Tabelle A-4 zeigen die Ergebnisse der Flächenpotenzialanalyse für das Szenario Wald 100% Nutzung. Das Szenario führt zu teilweise sehr großen Potenzialen, die hundertprozentige Nutzung der Wälder erscheint allerdings nicht realistisch oder politisch umsetzbar.

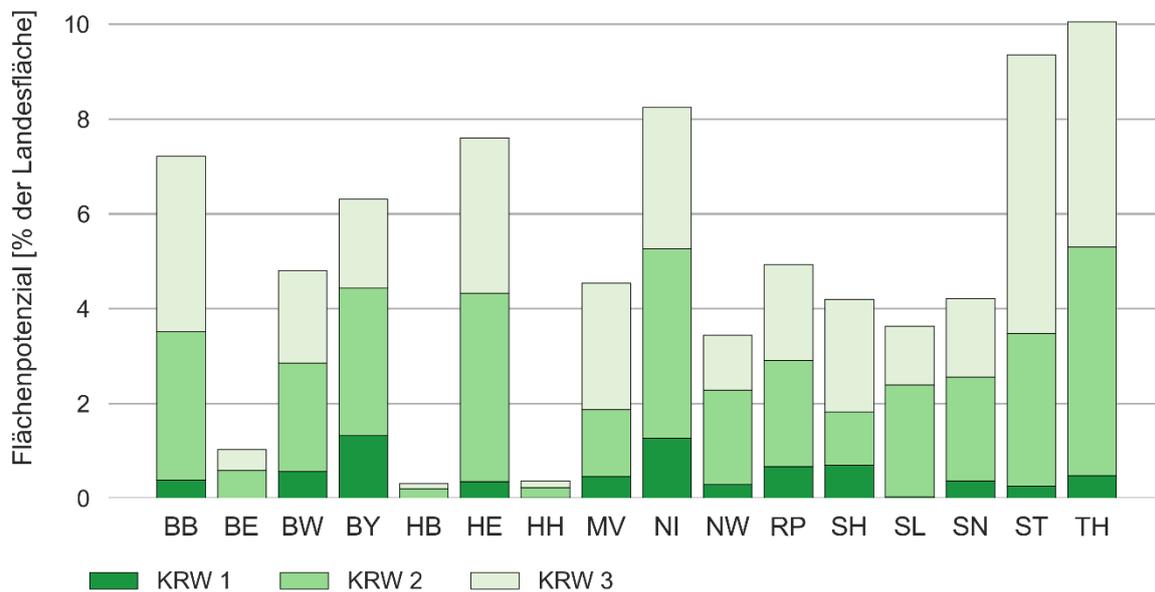


Abbildung 16. Szenario Wald 100% Nutzung

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle A-4. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten – Szenario Wald 100%-Nutzung

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %		
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A
BB	73,2	0,4	3,9	6,2	8,8	7,3	0,3	26,8	7,2
BE	97,5	0,0	0,7	0,7	0,1	1,0	0,0	2,5	1,0
BW	91,3	0,6	2,9	3,2	1,0	0,9	0,0	8,7	4,8
BY	90,1	1,3	3,9	3,1	0,5	1,1	0,0	9,9	6,3
HB	97,3	0,0	0,3	0,2	0,2	1,7	0,3	2,7	0,3
HE	82,7	0,4	5,0	5,5	1,4	4,5	0,6	17,3	7,6
HH	99,3	0,0	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,7	0,4
MV	75,9	0,5	1,8	4,4	8,3	8,9	0,2	24,1	4,5
NI	85,9	1,3	5,0	5,0	1,5	1,3	0,0	14,1	8,3
NW	94,4	0,3	2,5	1,9	0,4	0,5	0,0	5,6	3,4
RP	89,0	0,7	2,8	3,4	1,9	2,3	0,0	11,0	4,9
SH	89,9	0,7	1,4	4,0	2,8	1,2	0,0	10,1	4,2
SL	94,0	0,0	3,0	2,1	0,4	0,5	0,0	6,0	3,6
SN	89,2	0,4	2,7	2,8	2,6	2,2	0,1	10,8	4,2
ST	74,6	0,3	4,0	9,8	6,4	4,9	0,1	25,4	9,4
TH	81,0	0,5	6,0	7,9	0,3	4,2	0,1	19,0	10,1
DEU	86,0	0,7	3,6	4,4	2,5	2,8	0,1	14,0	6,2

A.5 Szenario LSG-Ausschluss

Abbildung 17 und Tabelle A-5 zeigen die Ergebnisse der Flächenpotenzialanalyse für das Szenario LSG-Ausschluss. Ein solches Szenario ist aufgrund der stark unterschiedlichen Herangehensweisen der Bundesländer zur Festlegung von Landschaftsschutzgebieten nicht zu rechtfertigen.

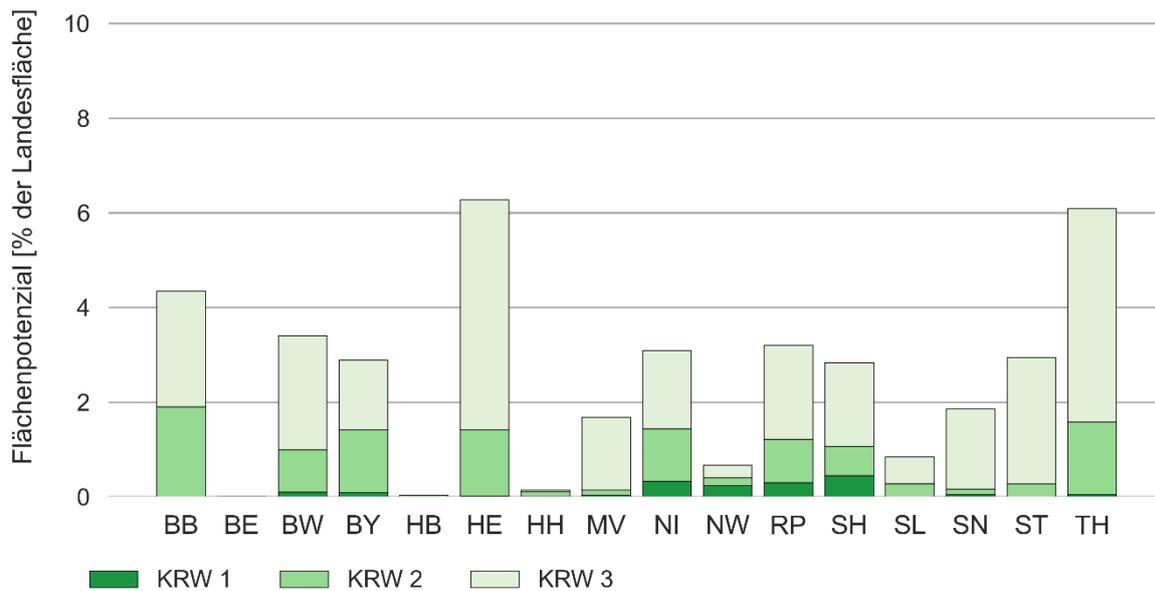


Abbildung 17. Szenario LSG-Ausschluss

Quelle: Fraunhofer IEE

Tabelle A-5. Ausschlussfläche und Flächenpotenzial nach Konfliktrisikowerten – Szenario LSG-Ausschluss

Variante A		100 %	80 %	60 %	0 %	0 %	0 %		
Bundesland	Ausschluss	KRW 1	KRW 2	KRW 3	KRW 4	KRW 5	KRW 6	Potenzial	Potenzial Variante A
BB	84,4	0,0	2,4	4,1	6,0	3,0	0,1	15,6	4,3
BE	99,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,9	0,0
BW	93,5	0,1	1,1	4,0	0,7	0,6	0,0	6,5	3,4
BY	95,1	0,1	1,7	2,5	0,3	0,4	0,0	4,9	2,9
HB	99,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0
HE	83,6	0,0	1,7	8,1	1,8	4,2	0,6	16,4	6,3
HH	99,6	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,4	0,1
MV	82,9	0,0	0,1	2,6	6,9	7,3	0,2	17,1	1,7
NI	91,8	0,3	1,4	2,8	2,6	1,1	0,0	8,2	3,1
NW	98,7	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,0	1,3	0,7
RP	92,9	0,3	1,1	3,3	1,3	1,1	0,0	7,1	3,2
SH	91,3	0,4	0,8	2,9	2,5	2,0	0,0	8,7	2,8
SL	98,5	0,0	0,3	0,9	0,2	0,1	0,0	1,5	0,8
SN	93,7	0,0	0,2	2,8	2,0	1,2	0,1	6,3	1,9
ST	84,6	0,0	0,3	4,4	6,9	3,7	0,0	15,4	2,9
TH	86,6	0,0	1,9	7,5	1,7	2,1	0,1	13,4	6,1
DEU	91,2	0,1	1,2	3,3	2,3	1,8	0,1	8,8	3,1

Anhang B. Tabellarische Übersicht der genutzten Daten

Tabelle B-6. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Siedlungsgebiete

Kriterium	Quelle
Siedlungsabstände zu Wohngebäuden im Innenbereich	Siedlungsflächen: BDLM: sie_02_f objart = '41001' und objart = '41006' Ortslagen: sie_01_f objart = '52001'
Siedlungsabstände zu einzelnen Wohngebäuden im Außenbereich	(1) Ortslagen: sie_01_f objart = '52001' (2) Wohngebäude (inkl. Funktion): LoD1 (3) Sachsen: Siedlungsflächen: BDLM: sie_02_f objart = '41001' und objart = '41006'
Industrie- und Gewerbegebiete	BDLM: sie_02_f objart = '41002'
Sport und Freizeit (inkl. Camping)	BDLM: sie_02_f objart = '41008'
(1) Kur- und (2) Klinikgebiete	(1) BDLM: sie_02_f "fkt" = '1150' (2) BDLM: sie_05_f "gfk" = '3051', '3240'

Tabelle B-7. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Natur- und Landschaftsschutz

Kriterium	Quelle
Wald differenziert nach Waldtyp (Nadel-, Misch- und Laubwald) und Flächenanteilen in den Bundesländern; Puffer für den "Waldsaum"	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2018): ATKIS-Basis-DLM Polygon: veg02_f "objart"='43002'
Naturwaldreservate	Erhalt von den länderspezifischen Umweltämtern: 1. Brandenburg (2009 - 2022) - Grenzen_Naturwaelder, einzelne Shapes für jedes Naturwaldreservat 2. Baden-Württemberg (2020) - Waldschutzgebiet_polygon.shp 3. Bayern (2016) - Naturwaldreservate.shp 4. Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein (2018) - Naturwaldnetz_NWFAVA_Stand2018.shp 5. Mecklenburg-Vorpommern (2016) - dl_nat_wald16.shp 6. Nordrhein-Westfalen (2020) - nrw tk25.shp

	<p>7. Rheinland-Pfalz - Naturwaldreservate2020.shp</p> <p>8. Saarland (2022) - Schutzgebiete_INS_Naturwaldzellen.shp</p> <p>9. Sachsen (2017) - sn_schutzgebiete_flaeche.shp</p> <p>10. Thüringen (2020) - NATURWALDPARZELLE.shp</p>
Wildnisgebiete	Bundesamt für Naturschutz (2016): Suchkulisse_Wildnisgebiete_2016
Wildnisentwicklungsgebiete	Bundesamt für Naturschutz (2016): Suchkulisse_Wildnisgebiete_2016
(1) Binnenseen und (2) Meer	<p>BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM</p> <p>(1) Polygon: gew_01_f objart ='44006'</p> <p>(2) Polygon: gew_01_f objart = '44007'</p>
Biosphärenreservate Zone I und II (Kern- und Pflegezone)	Bundesamt für Naturschutz (2021)
Biosphärenreservat Entwicklungszone	Bundesamt für Naturschutz (2021)
Feuchtgebiete	<p>BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM</p> <p>Polygon: veg_03_f "objart" ='43005', '43006'</p>
Fließgewässer aller Ordnungen	<p>BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM</p> <p>Polygon: gew_01_f, objart ='44001'</p> <p>Line: gew_01_l: brg ='12'</p> <p>Bäche: Line: gew_01_l, brg ='6'</p>
Landschaftsschutzgebiete	Bundesamt für Naturschutz (2019)
Nationalpark	Bundesamt für Naturschutz (2021)
Naturschutzgebiet	Bundesamt für Naturschutz (2019)
Nationale Naturmonumente	Bundesamt für Naturschutz (2020)
Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellschutzgebiete Zone I und II	<p>Bundesanstalt für Gewässerkunde (2019): PAREA_D_DE_polygon.shp, mit Ausnahme von:</p> <p>(1) Rheinland-Pfalz - Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (2015): PAREA_D_DE_polygon.shp;</p> <p>(2) Thüringen - Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung (2010): wasser __und_heilquellschutzgebiete.shp;</p> <p>(3) Baden-Württemberg - LUBW (2016): Wasserschutzgebietszonen_polygon.shp</p>
Wasserschutzgebiete Zone III	<p>Bundesanstalt für Gewässerkunde (2019): PAREA_D_DE_polygon.shp, mit Ausnahme von:</p> <p>(1) Rheinland-Pfalz - Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (2015): PAREA_D_DE_polygon.shp;</p> <p>(2) Thüringen - Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und</p>

	Landschaftsentwicklung (2010): wasser__und_heilquellenschutzgebiete.shp; (3) Baden-Württemberg - LUBW (2016): Wasserschutzgebietszonen_polygon.shp
Naturparke	Bundesamt für Naturschutz (2019)
Schwerpunktbereiche des Biotopverbundsystems gem. § 21 BNatSchG	Bundesamt für Naturschutz (2010-2012) Flächen für den Biotopverbund der Feucht- und Trockenlebensräume, FBV_Feucht_Trocken_2012; Funktionsräume der Feuchtlebensräume (FEU) der Stufe auf Basis der Distanzklasse bis 500 m, FEU_FR_0500_2012; Funktionsräume der Trockenlebensräume (TRO) der Stufe auf Basis der Distanzklassen bis 1500 m, TRO_FR_1500_2012.shp; Funktionsräume der Waldlebensräume, naturschutzfachlich besonders wertvolle (WA) der Stufe auf Basis der Distanzklasse bis 500 m, WA_FR_0500_2012; Flächen für den Biotopverbund der Waldlebensräume, FBV_Wald_2010
Flächen des Grünen Bands Deutschland	Bundesamt für Naturschutz (2013)
Ackerland	BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM Polygon: veg01_f "objart"='43001' ("VEG"='1010')
Grünland	BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM Polygon: veg01_f "objart"='43001' ("VEG"='1020')
Offenland außerhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen	BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM Polygon: veg03_f "objart"='43007' ("FKT"='1000', '1100', '1200', '1300')
Flussauen	Bundesamt für Naturschutz (2009): Datensatz Zustand der rezenten Auen (Bew_rez_auen)

Tabelle B-8. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Artenschutz

Kriterium	Quelle
FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten (Indikator für Artenschutzkonflikte, nicht Gebietsschutz)	Bundesamt für Naturschutz (2019)
FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Fledermausarten	Bundesamt für Naturschutz (2019)
EU-Vogelschutzgebiet /SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	Bundesamt für Naturschutz (2019)
EU-Vogelschutzgebiet /SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Fledermausarten (Indikator für Artenschutzkonflikte, nicht Gebietsschutz)	Bundesamt für Naturschutz (2019)
EU-Vogelschutzgebiet /SPA ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten	Bundesamt für Naturschutz (2019)

FFH-Gebiete ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten	Bundesamt für Naturschutz (2019)
Important Bird Area (IBA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA	NABU (2005)
Ramsar-Gebiete	Bundesamt für Naturschutz (2021)
Hauptachsen des überregionalen Vogelzugs (250 m Korridor an übergeordneten Gewässerachsen)	BKG (2018): ATKIS-Basis-DLM Polygon: gew01_f "objart"= '43007', '44004'
Habitats ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten (gem. UMK-Papier), abhängig von Mortalitätsindex und Vorkommen	(1) Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012): CORINE Land Cover 10 ha (CLC10), (2) Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) (2016): Zuweisung von CORINE Landnutzungs-klassen zum Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) der Vogelarten nach BERNOTAT & Dierschke 2016, (3) Dachverband Deutscher Avifaunisten (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten (ADEBAR)

Tabelle B-9. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Infrastruktur

Kriterium	Quelle
Windprofiler-Radarsysteme	Deutscher Wetterdienst (2013): Informationen zur Errichtung von Windenergieanlagen im Nahbereich der Messsysteme des Deutschen Wetterdienstes
Angrenzende Bereiche zu Wetterradaren des DWD	Deutscher Wetterdienst (2018): Metadaten zu den Radaren des Radarverbands des DWD
Freileitungen (Strom)	BDLM: Sie_03_I bwf='1110'
Seismologische Messstationen	Durch die Bundes-anstalt für Geo-wissenschaften und Rohstoffe bereit-gestellter Datensatz inkl. Unterstützung für die Klassifikation nach Funktion / Bedeutung

Tabelle B-10. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Verkehr

Kriterium	Quelle
Gleisanlagen und Schienenwege	BDLM: ver_03_I "bkt" = '1100', '1101', '1102', '1104', '1200', '1100#1104', '1100#1200', '1400'
Seilbahnen	BDLM: ver_03_I, bkt='1300', '1301', '1302'
Drehfunkfeuer	Durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung bereitgestellter Datensatz sowie Online-Daten der FA-Wind Berücksichtigung von Um- und Rückbauten nach Informationen des BMWK
Radaranlagen	Durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung bereitgestellter Datensatz

(1) Flughäfen und (2) Flugplätze	(1) BDLM: ver_04_f art = '5510', '5511', '5512' (2) ver_04_f art '5520', '5540', '5550'
Alle den Verkehrsflächen der Straße, Schiene und Seilbahnen zugeordneten Flächen	BDLM: ver_03_f fkt = '2312', '2322'
Bundesautobahnen	BDLM: ver_01_l wdm= '1301'
Sonstige Straßen	BDLM: ver_01_l wdm = '1303', '1305', '1306', '9997'

Tabelle B-11. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Militärische Belange

Kriterium	Quelle
Liegenschaftsflächen der Truppenübungsplätze inkl. der Gaststreitkräfte	Durch das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr bereitgestellter Datensatz
Landesverteidigung-Radaranlagen	Durch das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr bereitgestellter Datensatz
Bauschutzbereiche der Flugplätze	Durch das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr bereitgestellter Datensatz
Weitere militärische Flächen	(1) BDLM: geb_03_f objart = "71011" or adf = "4720" (2) OSM: Tag:'military'; value: 'bunker', 'airfield', 'barracs', 'checkpoint', 'range', 'office', 'yes', 'danger_area', 'trainig_area', 'shelter', 'obstacle_course'

Tabelle B-12. Kriterienkatalog des Basisszenarios – Themenfeld Sonstige

Kriterium	Quelle
Windhöufigkeit (< 6,5 m/s in 150 m Höhe)	Global Wind Atlas
Bodenbewegungsgebiete	BDLM: sie_02_fobjart" = '41003', '41004', '41005'
Bruchfelder	BDLM: geb_03_f; adf='4302'
Deiche	BDLM: geb_03_l; adf = '5700', '5710', '5720'
Fläche besonders starker Neigung (> 30 %)	Eigene Berechnung auf Basis von: http://viewfinderpanoramas.org/
Hafenbecken	BDLM: geb_03_f adf = '9450'
Rieselfelder	BDLM: geb_03_f4 adf = '5400'
Flächen mit besonderer Prägung	BDLM: sie_02_f, objart = '41007'
Bundesgrenze	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: Verwaltungsgebiete 1:250000, Gemeinden Nach Landflächen gefiltert (gf = 4) und aufgelöst