



# Potenzialstudie Windenergie NRW

## LANUV-Fachbericht 124



Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

der vom Menschen verursachte Klimawandel ist auch in Nordrhein-Westfalen längst zu spüren. Der Klimawandel verursacht einen Anstieg der durchschnittlichen Jahrestemperatur, aber auch eine Zunahme von Extremwetterereignissen. Die Auswirkungen solcher Ereignisse waren in Nordrhein-Westfalen in den letzten Jahren vermehrt zu beobachten: Hitzerekorde, Dürreperioden oder die verheerenden Sturzfluten in Folge des Starkregenereignisses im Juli 2021. Maßnahmen zum Schutz des Klimas sind eine globale Aufgabe von herausragender Bedeutung. Im Pariser Klimaschutzabkommen hat sich auch Deutschland dazu verpflichtet, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad zu begrenzen. Hierfür muss der Ausstoß von Treibhausgasen möglichst schnell und entschieden reduziert werden.

Der Krieg in der Ukraine führt uns zudem drastisch die negativen Folgen der bisherigen Importabhängigkeit Deutschlands bei fossilen Energieträgern vor Augen. Angesichts weitreichender internationaler Sanktionen gegen Russland und stark steigender Energiepreise rücken vermehrt Aspekte der Versorgungssicherheit in den Fokus. Die klimaverträgliche Umgestaltung der Energieversorgung ist daher aktuell wie langfristig eine der wichtigsten Aufgaben im Land. Neben dem Stromsektor wird auch in anderen Bereichen, wie dem Wärme- oder Verkehrssektor, zukünftig immer mehr fossile durch heimische erneuerbare Energie ersetzt werden müssen. Die größten Potenziale hierfür liegen in Nordrhein-Westfalen insbesondere im Ausbau der Solar- und der Windenergie.

Die Ergebnisse der Berechnungen und Flächenanalysen dieser Studie zeigen, dass in NRW durchaus ein umfangreiches Potenzial zur Windenergienutzung vorhanden ist. Sie zeigen aber auch die konkurrierenden Flächenansprüche auf, die beim Ausbau der Windenergie berücksichtigt werden müssen. So können Windenergieanlagen Konflikte mit dem Artenschutz oder dem Natur- und Landschaftsschutz verursachen. Zudem sind viele weitere Aspekte, wie Abstände zu Wohngebäuden, Radaranlagen oder Erdbebenmessstationen, beim Bau von Windrädern zu beachten. Flächen für die Windenergienutzung sind in unserem dicht besiedelten Land daher nur begrenzt verfügbar. Umso wichtiger ist es, die bestehenden Potenziale auf geeigneten Flächen auch konsequent zu nutzen.

Das LANUV hat im Jahr 2012 erstmals eine Studie zu Potenzialen der Windenergie in NRW veröffentlicht. Ziel der seitdem erschienenen Teilstudien der Reihe „Potenzialstudie Erneuerbare Energie NRW“ ist es, Informationen bereitzustellen, Potenziale zu ermitteln und damit die Akteurinnen und Akteure der Energiewende im Land zu unterstützen. Mit dem vorliegenden Fachbericht erfolgt eine grundlegende Überarbeitung der Untersuchung aus dem Jahr 2012.

Ich bedanke mich bei allen, die an der vorliegenden Studie mitgewirkt haben, und wünsche Ihnen eine informative Lektüre.

Ihr



Dr. Thomas Delschen

Präsident des Landesamtes für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen



## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Ausbaustand der Windenergie in NRW.....</b>	<b>16</b>
2.1 Entwicklung des Windenergieausbaus.....	16
2.2 Aktueller Anlagenbestand .....	18
<b>3 Methodik der Potenzialanalyse.....</b>	<b>21</b>
3.1 Identifizierung geeigneter Flächen .....	21
3.2 Mindestflächengröße .....	22
3.3 Szenarien .....	22
3.4 Zeitliche Perspektive: 2030.....	23
3.5 Referenzanlage .....	23
3.6 Anlagenstandorte und Ertragsberechnung.....	24
3.7 Repowering-Potenzial.....	26
<b>4 Flächenanalyse .....</b>	<b>27</b>
4.1 Siedlung .....	31
4.2 Infrastruktur .....	35
4.3 Gewässer .....	41
4.4 Natur und Landschaft .....	43
4.5 Wald .....	46
4.6 Fazit Flächenanalyse .....	50
4.7 Datengrundlagen .....	51
4.8 Nicht berücksichtigte Kriterien .....	52
<b>5 Schallmodellierung: Immissionsschutzrechtliche Auswirkungen .....</b>	<b>57</b>
5.1 Akustische Modellierung .....	57
5.2 Ergebnisse der akustischen Modellierung und Bewertung .....	61
5.3 Fazit der akustischen Modellierung.....	64
<b>6 Ergebnisse der Potenzialanalyse .....</b>	<b>66</b>
6.1 Landesweites Potenzial .....	66
6.2 Repowering-Potenzial.....	67
6.3 Regionale Verteilung des Potenzials .....	67
6.4 Einzelfallprüfungsflächen .....	70
6.5 Mindestabstand zu Wohngebäuden.....	73
6.6 Windkonzentrationszonen.....	73
6.7 Windenergieempfindliche Vogelarten.....	75
6.8 Wald .....	75
6.9 Windparks .....	76
<b>7 Fazit und Ausblick .....</b>	<b>77</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>80</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>82</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b>	Entwicklung des jährlichen Windenergiezubaus in NRW: Anlagenanzahl .....	16
<b>Abbildung 2:</b>	Entwicklung des jährlichen Windenergiezubaus in NRW: Installierte Leistung .....	17
<b>Abbildung 3:</b>	Aktueller Bestand an Windenergieanlagen – Anlagenanzahl in den Kreisen.....	19
<b>Abbildung 4:</b>	Aktueller Bestand an Windenergieanlagen – Anlagenanzahl in den Gemeinden .....	20
<b>Abbildung 5:</b>	Platzierung von Anlagenstandorten auf den Potenzialflächen .....	25
<b>Abbildung 6:</b>	Ausschlussflächen Kategorie Siedlung.....	35
<b>Abbildung 7:</b>	Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Infrastruktur.....	40
<b>Abbildung 8:</b>	Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Gewässer.....	42
<b>Abbildung 9:</b>	Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Natur und Landschaft .....	45
<b>Abbildung 10:</b>	Waldreiche Gemeinden (> 60 % Waldflächenanteil) in NRW nach LEP 2019 .....	48
<b>Abbildung 11:</b>	Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Wald .....	49
<b>Abbildung 12:</b>	Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen aller Kategorien.....	50
<b>Abbildung 13:</b>	Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Zug- und Brutvögel.....	55
<b>Abbildung 14:</b>	Anordnung der WEA im Musterwindpark und Lage zu den Bereichen mit möglichen Immissionsorten .....	59
<b>Abbildung 15:</b>	Isophonendarstellung der Beurteilungspegel tags für Immissionsorte in MI-Gebieten .....	61
<b>Abbildung 16:</b>	Isophonendarstellung der Beurteilungspegel tags (Sonn- und Feiertage) für Immissionsorte in WA-Gebieten.....	62
<b>Abbildung 17:</b>	Isophonendarstellung der Beurteilungspegel nachts für Immissionsorte in MI- und WA-Gebieten .....	63
<b>Abbildung 18:</b>	Räumliche Verteilung des Potenzials – Anlagenanzahl Zubau nach Gemeinden (Leitszenario) .....	68
<b>Abbildung 19:</b>	Räumliche Verteilung des Potenzials – Anlagenanzahl Zubau nach Gemeinden (Restriktionsszenario) .....	68
<b>Abbildung 20:</b>	Beispielhafte Darstellung der Überlagerung von Einzelfallprüfungsflächen .....	72

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b>	Landesweites Windenergie-Potenzial in den beiden Szenarien.....	11
<b>Tabelle 2:</b>	Windenergie in NRW – aktueller Ausbaustand (31.12.2020).....	18
<b>Tabelle 3:</b>	Jüngere und ältere Bestandsanlagen in NRW – Anzahl und Leistung .....	18
<b>Tabelle 4:</b>	Aktueller Bestand an Windenergieanlagen in den Regierungsbezirken.....	19
<b>Tabelle 5:</b>	Potenzialanalyse Windenergie - Ausschlussflächen.....	27
<b>Tabelle 6:</b>	Potenzialanalyse Windenergie – Einzelfallprüfungsflächen .....	29
<b>Tabelle 7:</b>	Klassifizierung der Wohngebäude an Hand der Nutzungsfunktion aus dem 3D-Gebäudemodell .....	31
<b>Tabelle 8:</b>	GIS-basierte Flächenanalyse - Datenquellen und Stand der Daten.....	51
<b>Tabelle 9:</b>	Immissionsrichtwerte nach TA Lärm für Mischgebiete und allgemeine Wohngebiete.....	58
<b>Tabelle 10:</b>	Landesweites Windenergie-Potenzial in den beiden Szenarien.....	66
<b>Tabelle 11:</b>	Windenergiopotenzial 2030 in den Regierungsbezirken – Leitszenario Energieversorgungsstrategie .....	69
<b>Tabelle 12:</b>	Windenergiopotenzial 2030 in den Regierungsbezirken – Restriktionsszenario .....	69
<b>Tabelle 13:</b>	Bedeutung der einzelnen Einzelfallprüfungskriterien .....	71

## Abkürzungsverzeichnis

ASB	Allgemeiner Siedlungsbereich
ASP	Artenschutzprüfung
BSN	Bereich zum Schutz der Natur
BSAB	Bereich für die Sicherung und den Abbau oberflächennaher Bodenschätz
bzw.	beziehungsweise
CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
dB(A)	A-bewertete Schalldruckpegel in Dezibel
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVOR	Doppler-UKW-Drehfunkfeuer
FFH	Fauna-Flora-Habitat
GW	Gigawatt
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr
ha	Hektar
GIB	Bereiche für gewerbliche und industrielle Nutzungen
GIS	Geoinformationssystem
HQSG	Heilquellschutzgebiet
IBN	Inbetriebnahme
IRW	Immissionsrichtwerte
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
LEP	Landesentwicklungsplan
LBE	Landschaftsbildeinheit
LoD 1	Level of Detail 1
LSG	Landschaftsschutzgebiet
m	Meter
m/s	Meter pro Sekunde
MI	Mischgebiet
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
MWh/a	Megawattstunden pro Jahr
NSG	Naturschutzgebiet
t	Tonnen
THG	Treibhausgasemissionen
u. a.	unter anderem
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
VLP	Verkehrslandeplatz
VOR	UKW-Drehfunkfeuer
VSG	Vogelschutzgebiet
WA	Allgemeines Wohngebiet
WEA	Windenergieanlage
WKZ	Windkonzentrationszone
WSG	Wasserschutzgebiet
WSZ	Wasserschutzzone
z. B.	zum Beispiel

## Zusammenfassung

Der vom Menschen verursachte Klimawandel erfordert entschiedene Maßnahmen zum Klimaschutz, was mit erheblichen Transformationsprozessen verbunden ist. Deutschland hat sich im Pariser Klimaabkommen zu dem Ziel bekannt, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst auf unter 1,5 Grad Celsius zu beschränken. Notwendig hierfür ist eine drastische Reduktion klimaschädlicher Treibhausgasemissionen. In Deutschland wie in Nordrhein-Westfalen ist die Energiewirtschaft mit weitem Abstand der Sektor, der für die größten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist. Zudem muss es angesichts des Krieges in der Ukraine und den umfangreichen Sanktionen gegen Russland das Ziel sein, die Abhängigkeit Deutschlands von fossilen Energieimporten deutlich zu reduzieren. Dem konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Die Windenergie ist hierzulande, neben der Solarenergie, ein zentraler Baustein für den Übergang in eine klimafreundliche, nachhaltige und sichere Energieversorgung.

Die nordrhein-westfälische Landesregierung hat sich 2021 mit der Neufassung des Klimaschutzgesetzes verpflichtet, bis zum Jahr 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Sie strebt in der ebenfalls 2021 veröffentlichten Energieversorgungsstrategie NRW ein starkes Wachstum der Windenergie-Leistung im Land auf 12 GW bis zum Jahr 2030 an, was etwa einer Verdopplung der aktuell installierten Leistung entspricht. Langfristig hält die Landesregierung eine installierte Leistung in Höhe von 15 GW in 2035, 17 GW im Jahr 2040 und 18 GW bis zum Jahr 2045 für möglich. Das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE) hat daher das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) damit beauftragt, eine Studie zu den Potenzialen der Windenergienutzung in Nordrhein-Westfalen zu erarbeiten. Dabei soll vor allem das landesweite Gesamtpotenzial bis zum Jahr 2030 möglichst realistisch abgeschätzt werden.

Der zentrale Arbeitsschritt dieser Potenzialabschätzung ist die Identifizierung von Flächen, die in NRW für die Windenergienutzung geeignet sind. Diese Flächenanalyse wird im Rahmen der Potenzialstudie mit Hilfe von Geoinformationssystemen durchgeführt. Grundlage hierfür ist die Bewertung verschiedener Flächenkategorien hinsichtlich ihrer Eignung für die Windenergienutzung. Alle Flächenkategorien werden in Potenzial-, Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen eingeordnet. Potenzialflächen erscheinen zunächst grundsätzlich für die Windenergienutzung geeignet, Ausschlussflächen hingegen umfassen alle Flächenkategorien, bei denen die Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) prinzipiell oder mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht möglich ist. Bei Einzelfallprüfungsflächen kann die Möglichkeit einer Windenergienutzung aus landesweiter Perspektive nicht abschließend bewertet werden. Diese ist hier in der Regel abhängig vom Einzelfall und den konkreten Gegebenheiten vor Ort. Ein Auflistung der Ausschlussflächen und der Einzelfallprüfungsflächen erfolgt in Kapitel 4.

Für die Einzelfallprüfungsflächen werden in dieser Studie zwei Szenarien gebildet, das Leitszenario Energieversorgungsstrategie und das Restriktionsszenario. Im Restriktionsszenario werden die Einzelfallprüfungsflächen alle ausgeschlossen, im Leitszenario Energieversorgungsstrategie alle als Potenzialflächen bewertet. Das Restriktionsszenario verfolgt demnach einen vorsichtigen Ansatz und umfasst nur Potenzialflächen mit einer aus Landesperspektive relativ großen Umsetzungswahrscheinlichkeit. Das Leitszenario Energieversorgungsstrategie enthält zudem auch Flächen, bei denen die Windenergienutzung zukünftig oder unter günstigen Voraussetzungen möglich sein könnte. Es zeigt eine Perspektive mit starkem Fokus auf

dem Ausbau der Windenergie auf und setzt im Vergleich zur derzeitigen Genehmigungspraxis auch teilweise Anpassungen der planerischen und rechtlichen Rahmenbedingungen voraus. So ergibt sich im Ergebnis ein Rahmen, in den das Windenergiopotenzial einzuordnen ist. Nicht berücksichtigt werden in der landesweiten Flächenanalyse Aspekte des Artenschutzes (in der Regel sehr einzelfallbezogene Fragestellungen, die von den konkreten Bedingungen vor Ort und technischen Parametern der Windenergieanlagen abhängig sind) und die außergebietliche Ausschlusswirkung kommunaler Windkonzentrationszonen.

In der Untersuchung wird das Potenzial zur Windenergienutzung mit einer Perspektive bis zum Jahr 2030 abgeschätzt. Für jüngere Bestandsanlagen (Inbetriebnahme ab 2010) wird davon ausgegangen, dass sie im Jahr 2030 noch in Betrieb sein werden, während für ältere WEA (Inbetriebnahme vor 2010) angenommen wird, dass sie zu diesem Zeitpunkt stillgelegt sein werden. Für alle potenziellen neuen Standorte wird in dieser Studie eine einheitliche Referenzanlage mit einer Nennleistung von 5,3 MW und einer Gesamthöhe von 240 m zu Grunde gelegt, was den Kenndaten der leistungsstärksten Anlage entspricht, die 2020 in NRW in Betrieb genommen wurde.

### Ergebnisse der Potenzialanalyse

Die identifizierte Potenzialfläche beträgt im Leitszenario Energieversorgungsstrategie 59.594 ha (Tabelle 1). Auf dieser Fläche können 2.406 potenzielle neue Anlagenstandorte mit einer installierbaren Leistung von 12,8 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 36,9 TWh platziert werden. Zusammen mit den 1.421 jüngeren Bestandsanlagen (aktuell installierte Leistung: 3,6 GW; Stromertrag: 8,6 TWh/a) ergibt sich für 2030 ein Gesamtpotenzial von 3.827 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 16,4 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 45,6 TWh.

Im Restriktionsszenario beträgt die Potenzialfläche 8.718 ha. Dies ermöglicht 306 potenzielle neue Anlagenstandorte (installierbare Leistung: 1,6 GW; Stromertrag: 4,7 TWh/a). Inklusive der jüngeren Bestandsanlagen ergibt sich für das Jahr 2030 ein Gesamtpotenzial von 1.727 WEA mit einer Leistung von 5,2 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 13,3 TWh.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse zeigen ein vergleichsweise geringes Repowering-Potenzial in Nordrhein-Westfalen. Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie werden 201 der insgesamt 2.406 potenziellen neuen Anlagenstandorte mit einer Leistung von 1,1 GW als Repowering-Anlagen eingestuft, da sie eine oder mehrere ältere Bestandsanlagen in ihrem nahen Umfeld ersetzen können. Im Restriktionsszenario werden 56 der insgesamt 306 potenziellen WEA-Standorte als Repowering-Anlagen identifiziert (0,3 GW potenzielle Leistung). Derzeit sind in NRW insgesamt 2.343 ältere Bestandsanlagen (Inbetriebnahme vor 2010) mit einer installierten Leistung von 2,6 GW in Betrieb, die in dieser Untersuchung nicht in das Potenzial bis 2030 mit einfließen. Sie stehen dem Repowering-Potenzial als Verlust von derzeit noch installierter Leistung gegenüber. Demnach ist das Repowering-Potenzial bis zum Jahr 2030 deutlich geringer abzuschätzen als die bis dahin zu vermutenden Einbußen durch die Stilllegung älterer Bestandsanlagen.

**Tabelle 1:** Landesweites Windenergie-Potenzial in den beiden Szenarien

	<b>Restriktionsszenario</b>	<b>Leitszenario Energieversorgungsstrategie</b>
Potenzialfläche	8.718 ha (0,3 % Fläche NRW)	59.594 ha (1,7 % Fläche NRW)
Anzahl potenzielle neue WEA (davon Repowering)	306 (56)	2.406 (201)
Leistungspotenzial neu (davon Repowering)	1,6 GW (0,3 GW)	12,8 GW (1,1 GW)
Stromertragspotenzial neu	4,7 TWh/a	36,9 TWh/a
Anzahl WEA Bestand (ab 2010)	1.421	1.421
Leistung Bestand (ab 2010)	3,6 GW	3,6 GW
Stromertrag Bestand	8,6 TWh/a	8,6 TWh/a
<b>Anzahl mögliche WEA gesamt</b>	<b>1.727</b>	<b>3.827</b>
<b>Leistungspotenzial gesamt</b>	<b>5,2 GW</b>	<b>16,4 GW</b>
<b>Stromertragspotenzial gesamt</b>	<b>13,3 TWh/a</b>	<b>45,6 TWh/a</b>

Räumlich konzentriert sich das Zubau-Potenzial der Windenergie in NRW auf die weniger dicht besiedelten Regionen des Landes. Größere Potenziale liegen im Leitszenario Energieversorgungsstrategie insbesondere im westlichen Teil des Regierungsbezirks Köln (Eifel, Rheinisches Revier), im Sauerland und im südöstlichen Teil des Regierungsbezirks Detmold (Raum Paderborn), vereinzelt auch im Münsterland. Im Restriktionsszenario zeigt sich eine größere Konzentration potenzieller Anlagen vor allem für den Bereich Paderborn.

Untersucht wird in dieser Studie auch die Überschneidung der identifizierten Potenzialflächen mit den von den Kommunen bauleitplanerisch ausgewiesenen Windkonzentrationszonen. Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie überschneiden sich 16 % der Potenzialflächen (9.591 ha) mit den kommunalen Windkonzentrationszonen. Nur 6 % aller in der Potenzialanalyse identifizierten Standorte liegen innerhalb dieser Bereiche. Demnach liegen 84 % der Potenzialfläche und 94 % der potenziellen neuen Standorte des Leitszenarios Energieversorgungsstrategie außerhalb der derzeit ausgewiesenen Windkonzentrationszonen. Im Restriktionsszenario überschneidet sich ein Drittel aller Potenzialflächen (2.846 ha, 33 %) sowie 13 % aller potenziellen neuen WEA-Standorte dieser Studie räumlich mit den derzeitigen Windkonzentrationszonen der Kommunen.

Wegen der zu Grunde gelegten Annahmen im Leitszenario Energieversorgungsstrategie befindet sich hier knapp ein Drittel der Potenzialfläche im Wald (18.215 ha, 30 % der gesamten Potenzialfläche). Dafür kommen in diesem Szenario Nadelwaldflächen in besonders waldreichen Gemeinden sowie Kalamitätsflächen in Betracht. Etwa 35 % der neuen WEA-Standorte des Leitszenarios liegen innerhalb dieser Waldflächen (848 WEA, ca. 4,5 GW installierbare Leistung). Damit ist der Anteil von potenziellen WEA-Standorten im Wald in diesem Szenario deutlich höher als bei dem aktuellen Anlagenbestand in NRW. Derzeit liegen landesweit ca. 8 % der nach 2010 in Betrieb genommenen WEA im Wald.

Das in der fortgeschriebenen Energieversorgungsstrategie 2021 formulierte Ziel der Landesregierung, in NRW eine installierte Leistung Wind onshore von 12 GW bis zum Jahr 2030 zu

erreichen, liegt im Rahmen der ermittelten Potenziale des Leitszenarios Energieversorgungsstrategie. Die Erreichung dieses Ziels erscheint nach den Ergebnissen dieser Studie also möglich. Erforderlich ist hierfür jedoch eine Verdopplung des jährlichen Windenergieausbaus in NRW: Während im Durchschnitt der letzten zehn Jahre der Nettozubau der Windenergieleistung bei etwa 0,3 GW pro Jahr lag, ist für die Erreichung des Ausbauziels von 12 GW bis 2030 ein konstanter Nettozubau von mehr als 0,6 GW pro Jahr erforderlich. Das entspricht etwa der Inbetriebnahme von 120 neuen Windenergieanlagen der 5-MW-Klasse pro Jahr. Zusätzlich müssten auch die zu erwartenden Verluste an derzeit noch installierter Leistung kompensiert werden, die durch die altersbedingten Stilllegungen von Windenergieanlagen in diesem Jahrzehnt entstehen werden. Aufgrund der Altersstruktur der Anlagen in NRW sind hierdurch bis 2030 Verluste in Höhe von etwa 2 GW bis 3 GW zu erwarten. Zum Ausgleich wäre im Mittel der nächsten Jahre die Inbetriebnahme von weiteren 40 bis 60 neuen Windenergieanlagen pro Jahr und damit in Summe ein jährlicher Zubau von etwa 160 – 180 neuen Windenergieanlagen erforderlich.

Die große Spannbreite des Potenzials zwischen den beiden Szenarien verdeutlicht, dass eine Verdopplung der installierten Leistung bis zum Jahr 2030 allerdings nur erreicht werden kann, wenn auf den zahlreichen Flächen, die in dieser Studie als Einzelfallprüfungsflächen bewerteten werden, die Windenergienutzung auch tatsächlich überwiegend möglich sein wird. Bei einigen Einzelfallprüfungsflächen des Leitszenarios erscheinen zumindest derzeit die Möglichkeiten einer großflächigen Windenergienutzung jedoch eher gering. (z. B. Abgrabungsbereiche, Anlagenschutzbereiche der Flugsicherung). Zudem muss ein Großteil der identifizierten Potenziale vor Ort auch tatsächlich ausgenutzt werden. Die Belange des Artenschutzes und die außergebietliche Ausschlusswirkung kommunaler Windkonzentrationszonen, die beide in der Praxis für die Errichtung neuer WEA von zentraler Bedeutung sind, wurden in der landesweiten Flächenanalyse nicht berücksichtigt. Das tatsächlich nutzbare Windenergiopotenzial dürfte auf Grund dieser Aspekte in der Realität also vermutlich eher geringer ausfallen; auf der anderen Seite dürfte in der Praxis durch eine detaillierte Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort und eine ertragsoptimierte Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fläche im Einzelfall eine höhere Anlagenanzahl, eine größere installierbare Leistung und ein höherer Ertrag möglich sein.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse zeigen zentrale Ansatzpunkte für den Ausbau der Windenergie in Nordrhein-Westfalen auf, um das in der Energieversorgungsstrategie definierte Ziel für den Windenergieausbau erreichbar zu machen. So beruht das Leitszenario Energieversorgungsstrategie, mit dem das Ausbauziel der Landesregierung für 2030 erreicht werden kann, auf Annahmen, die in Teilen auch Anpassungen der derzeitigen Rahmenbedingungen für die Windenergie voraussetzen. Hierzu zählt beispielsweise eine stärkere Öffnung von Waldbereichen für die Windenergienutzung, insbesondere in monostrukturierten Wirtschaftswäldern mit nicht klimawandelgerechten Nadelwaldbeständen und auf Kalamitätsflächen. Außerdem erscheint eine signifikante Veränderung der derzeitigen Flächenkulisse von Windkonzentrationszonen in den Kommunen erforderlich, sowohl was die Gesamtfläche als auch die räumliche Lage angeht. Zudem müssten bei bestehenden Konflikten zwischen der Windenergie und dem Artenschutz häufiger als bisher tragfähige Lösungen gefunden werden, die einen Ausgleich der Interessen von Windenergieausbau und Artenschutz ermöglichen.

## 1 Einleitung

Der vom Menschen verursachte Klimawandel und die mit den Bemühungen zum Klimaschutz einhergehenden tiefgreifenden Transformationsprozesse zählen zu den größten globalen Herausforderungen der Menschheit. Deutschland hat sich im Pariser Klimaabkommen zu dem Ziel bekannt, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst auf unter 1,5 Grad Celsius zu beschränken. Eine fundamentale Bedingung hierfür ist die Reduktion klimaschädlicher Treibhausgasemissionen, so dass ab etwa der Hälfte des Jahrhunderts global weitgehend treibhausgasneutral gewirtschaftet werden muss. Die Energiewirtschaft ist deutschlandweit mit 3,8 Tonnen CO<sub>2eq</sub> pro Kopf und mit 7,7 Tonnen CO<sub>2eq</sub> pro Kopf in NRW mit weitem Abstand der Sektor, der für die größten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist (LANUV 2019).

Im Bundes-Klimaschutzgesetz wurden 2019 nationale Klimaschutzziele verbindlich festgelegt, die nun unter anderem das Erreichen der Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 beinhalten. Für verschiedene Sektoren wurde ein Zeitplan zur Reduktion der Treibhausgasemissionen fixiert. Die Energiewirtschaft muss demnach ihre Emissionen im Zeitraum von 2020 bis 2030 um 60 % reduzieren. Im April 2021 hatte das Bundesverfassungsgericht in seinem Urteil die ursprünglichen Regelungen des Klimaschutzgesetzes vom 12. Dezember 2019 in Teilen für verfassungswidrig erklärt. Bemängelt wurde vom Bundesverfassungsgericht, dass über die Klimaschutzziele und zulässigen Jahresemissionsmengen bis zum Jahr 2030 hinaus hinreichende Maßgaben für die weitere Emissionsreduktion ab dem Jahr 2031 fehlten. Im Juni 2021 wurde daraufhin das Klimaschutzgesetz vom Bundestag geändert, wodurch die Klimaschutzziele verschärft und sektorübergreifende jährliche Minderungsziele für die Jahre 2031 bis 2040 festgelegt wurden. Zudem wurde auf Bundesebene 2020 mit dem Kohleausstiegsge setz der Ausstieg aus der Kohleverstromung bis zum Jahr 2038 beschlossen. Durch den Kohleausstieg und den gleichzeitigen Ausstieg aus der Atomenergie kommt dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine große Bedeutung zu.

Die Energiewende ist darüber hinaus auch für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit eine überaus bedeutsame gesamtgesellschaftliche Aufgabe für unser Land. Vor dem Hintergrund des Angriffs Russlands auf die Ukraine verdeutlichen die aktuellen Diskussionen um Wirtschaftssanktionen, Energieembargos, Gas-Lieferstopps und die steigenden Energiepreise, mit welchen erheblichen Risiken die Abhängigkeit Deutschlands von fossilen Energieimporten verbunden ist. Die Frage der Versorgungssicherheit ist von elementarer Bedeutung für die nationale Sicherheit und die Wirtschaft in unserem Land. Die erneuerbaren Energien sind als heimische, in Deutschland zur Verfügung stehende Energiequellen ein zentraler Baustein zur Reduktion der Abhängigkeit von Energieimporten.

Die Windenergie ist im Stromsektor neben der Solarenergie der erneuerbare Energieträger mit den größten Potenzialen, und somit ein zentraler Baustein für den Übergang in eine klimafreundliche, nachhaltige und sichere Energieversorgung. Dies gilt sowohl deutschlandweit als auch für Nordrhein-Westfalen. Mit dem Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) 2021 hat der Bund das Ziel formuliert, die Windenergie von einer installierten Leistung in Höhe von ca. 55 GW im Jahr 2020 auf 71 GW im Jahr 2030 auszubauen. Der Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch soll bis dahin auf 65 % ansteigen.

In Nordrhein-Westfalen hat sich die Landesregierung 2021 mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes verpflichtet, ebenfalls bis zum Jahr 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Zudem sind in dem Gesetz Zwischenziele für das Jahr 2030 (- 65 % Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990) und 2040 (- 88 % Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990) formuliert. Als Richtschnur für die großen Transformationsprozesse im Energiebereich hat das Land im Jahr 2019 die „Energieversorgungsstrategie NRW“ vorgelegt (MWIDE 2019), und diese 2021 überarbeitet. Sie soll für das Energie- und Industrieland NRW den Weg in eine energiesichere, wirtschaftlich erfolgreiche und klimaverträgliche Zukunft weisen. Vor dem Hintergrund der 2021 in den Klimaschutzgesetzen des Bundes und des Landes Nordrhein-Westfalen vorgenommenen Anhebungen der Klimaschutzziele ist ein signifikanter und beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien erforderlich, weshalb die Landesregierung in der Fortschreibung der Energieversorgungsstrategie Nordrhein-Westfalen u. a. ihre Zielsetzungen für die Windenergienutzung angehoben hat. Sie strebt demnach bei der Windenergie ein starkes Wachstum der installierten Leistung auf 12 GW bis zum Jahr 2030 an. Durch technologische Entwicklungen wird auch über das Jahr 2030 hinaus ein weiterer Zubau auf 15 GW bis 2035, 17 GW bis 2040 und 18 GW bis zum Jahr 2045 angestrebt.

Das Ziel für 2030 entspricht in etwa einer Verdopplung der Ende 2020 installierten Windenergieleistung von 6,2 GW und einem jährlich erforderlichen Nettozubau von mehr als 0,6 GW in diesem Jahrzehnt. Erforderlich hierfür wäre bei einer Anlagenleistung von 5 MW die Inbetriebnahme von etwa 120 neuen Windenergieanlagen pro Jahr. Zusätzlich müssen auch die Verluste an installierter Leistung kompensiert werden, die in den kommenden Jahren durch die altersbedingte Stilllegung von Windenergieanlagen entstehen. Aufgrund der Altersstruktur der Bestandsanlagen in NRW (Kapitel 2.2) kann abgeschätzt werden, dass bis 2030 Leistungsverluste durch Stilllegungen in Höhe von etwa 2 GW bis 3 GW zu erwarten sind. Zur Kompensation wäre im Mittel der nächsten Jahre also ein weiterer Zubau von etwa 40 bis 60 Windenergieanlagen der 5-MW-Klasse pro Jahr erforderlich. In der Summe müssten bis 2030 also konstant etwa 160 – 180 neue Windenergieanlagen pro Jahr in NRW in Betrieb genommen werden. Um diese Ziele zu erreichen, will die Landesregierung den regulatorischen Rahmen anpassen und insbesondere die Möglichkeiten der Windenergienutzung in Wäldern erleichtern (MWIDE 2021). Vor dem Hintergrund der langen Planungszeiträume beim Bau von Windenergieanlagen gilt es zudem, auch bereits jetzt den Zeitraum nach 2030 verstärkt in den Blick zu nehmen.

Beim Ausbau der Windenergie bestehen aktuell jedoch vielschichtige Hemmnisse. Die Errichtung von Windenergieanlagen erzeugt größere Konflikte auf verschiedenen Ebenen, weshalb die Steuerung des Ausbaus der Windenergie im Land auch in Zukunft ein bedeutendes Handlungsfeld bleiben wird. Das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE) hat daher das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) damit beauftragt, eine Studie zu den Potenzialen der Windenergienutzung in Nordrhein-Westfalen zu erstellen. Zentrales Ziel ist die Abschätzung des landesweiten Gesamtpotenzials zur Windenergienutzung bis zum Jahr 2030. Ein Fokus liegt dabei auch auf der Frage, ob das in der Energieversorgungsstrategie definierte Ausbauziel für die Windenergie in NRW auch unter Berücksichtigung eines Mindestabstandes von 1.000 m zu den meisten Wohngebäuden erreicht werden kann. Auch die Möglichkeiten des Repowering, also des Ersatzes älterer Windenergieanlagen durch leistungsstarke aktuelle Anlagentypen, soll untersucht werden.

Das LANUV hat zur Unterstützung der Energiewende im Rahmen der Reihe „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW“ seit 2012 Potenzialstudien zu verschiedenen klimafreundlichen Energiequellen veröffentlicht (Windenergie, Solarenergie, Biomasse, Wasserkraft, Geothermie). Die vorliegende Studie ist die grundlegende Überarbeitung der Potenzialstudie Windenergie aus dem Jahr 2012 und berücksichtigt u. a. veränderte planungs- und genehmigungsrechtliche Rahmenbedingungen sowie die technologische Weiterentwicklung der Anlagen. Sie soll relevante Informationen zum Ausbau der Windenergie in NRW generieren, zusammenführen und einordnen und kann darüber hinaus kommunalen und regionalen Akteuren oder potentiellen Investoren als Informationsquelle und unverbindliche Planungsgrundlage dienen.

Aus der landesweiten Perspektive der Studie ergibt sich maßstabsbedingt naturgemäß ein gewisser Abstraktionsgrad, die Potenzialstudie Windenergie hat daher nicht den Charakter eines detaillierten Standortgutachtens. Die Potenzialanalyse hat einen räumlichen Bezug, nimmt aber keine konkreten Einzelfälle in den Blick, sondern versucht wesentliche Fragestellungen für den Ausbau der Windenergie in NRW landesweit generalisiert zu behandeln. Sie ersetzt keinesfalls konkrete Planungs- oder Genehmigungsprozesse.

In Kapitel 2 dieser Studie wird zunächst der aktuelle Ausbaustand der Windenergie in Nordrhein-Westfalen abgebildet, indem die bisherige Entwicklung und der derzeitige Anlagenbestand dargestellt werden. In Kapitel 3 wird das methodische Vorgehen der Potenzialanalyse erläutert. Anschließend werden in Kapitel 4 die Ergebnisse der Flächenanalyse präsentiert. Dabei wird die Bewertung der verschiedenen Flächenkategorien hinsichtlich der Möglichkeit zur Windenergienutzung unter Verweis auf die wesentlichen rechtlichen und planerischen Grundlagen erläutert. Die Auswirkungen immissionsschutzrechtlicher Anforderungen auf die Höhe des landesweiten Potenzials werden in Kapitel 5 mit Hilfe einer Schallmodellierung für einen Musterwindpark untersucht. In Kapitel 6 werden dann die Ergebnisse der landesweiten Potenzialanalyse präsentiert und ausgewertet, bevor diese in einem abschließenden Fazit zusammengefasst und eingeordnet werden.

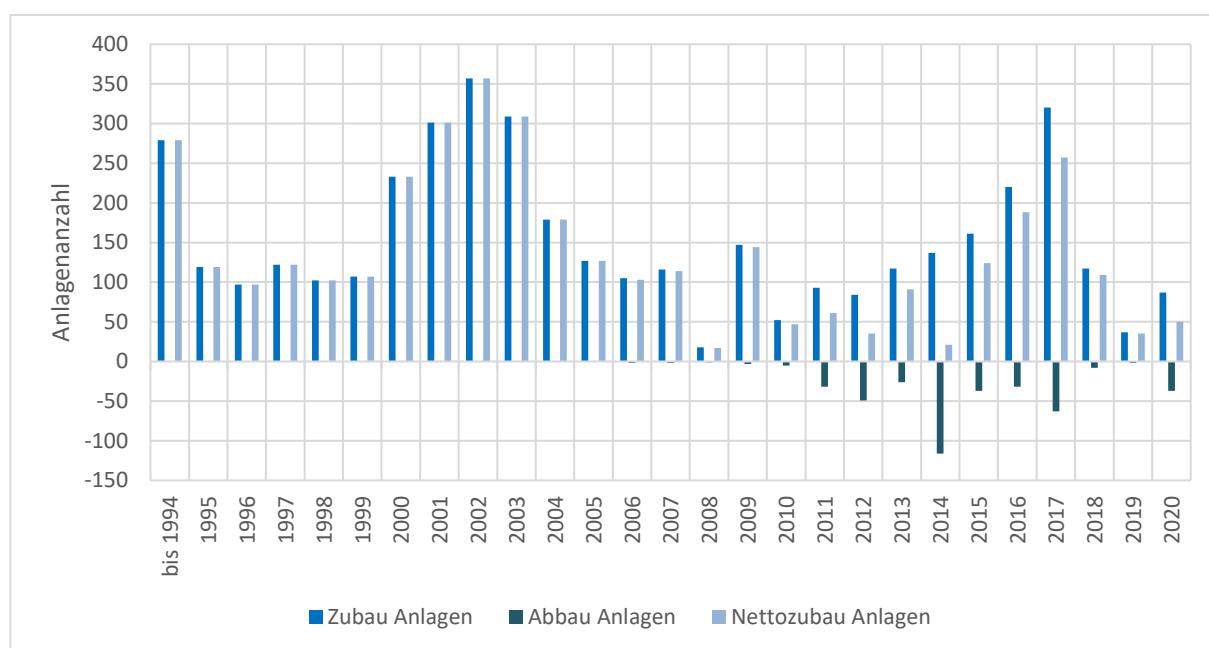
Nicht geleistet werden können im Rahmen dieser Studie detaillierte und abschließende Be trachtungen aller planungs- und genehmigungsrechtlich relevanten Aspekte beim Ausbau der Windenergie, die über den in Kapitel 4 gegebenen Überblick hinausgehen. Auch weitere Gesichtspunkte wie die Entwicklung der Anlagentechnik, die Gestaltung von Planungs- und Genehmigungsprozessen, Fragen des Netzanschlusses oder der Vergütung im Rahmen des EEG werden in dieser Studie nicht oder nur am Rande thematisiert.

## 2 Ausbaustand der Windenergie in NRW

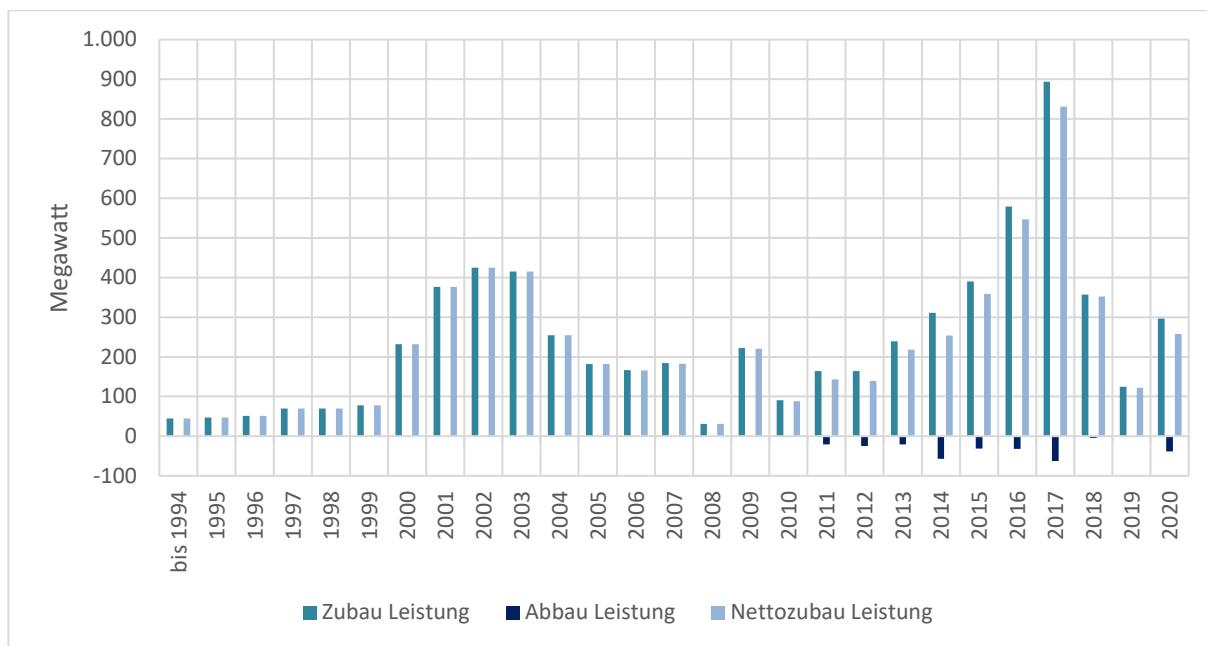
In diesem Kapitel wird der aktuelle Anlagenbestand in Nordrhein-Westfalen beschrieben, sowohl in Bezug auf die historische Entwicklung als auch auf die regionale Verteilung. Die Daten sind größtenteils auch im Energieatlas NRW ([www.energieatlas.nrw.de](http://www.energieatlas.nrw.de)) dargestellt.

### 2.1 Entwicklung des Windenergieausbaus

Der Ausbau der Windenergie in Nordrhein-Westfalen war im Verlauf der letzten drei Jahrzehnte von größeren Schwankungen geprägt (Abbildung 1 und Abbildung 2). Einen ersten Höhepunkt erreichte der Ausbau in den Jahren von 2001 bis 2003, bevor in den folgenden Jahren die Entwicklung des Nettozubaus sowohl hinsichtlich der Anlagenanzahl als auch in Bezug auf die neu installierte Leistung rückläufig war. 2003 ist bis heute das Jahr, in dem in NRW mit 357 die meisten neuen WEA in Betrieb genommen wurden. Zu Beginn des letzten Jahrzehnts stieg der Nettozubau erneut an, bis im Jahr 2017 mit 831 MW bislang der Höchstwert an neu installierter Leistung pro Jahr erreicht wurde. Anschließend verlangsamte sich der Ausbau der Windenergie wieder deutlich. Seit 2018 schwankt der jährliche Nettozubau in einem Bereich zwischen etwa 100 und 350 MW. Im Durchschnitt der letzten 10 Jahre konnte in NRW ein Nettozubau der Windenergieleistung von etwa 0,3 GW pro Jahr erreicht werden.



**Abbildung 1:** Entwicklung des jährlichen Windenergiezubaus in NRW: Anlagenanzahl



**Abbildung 2:** Entwicklung des jährlichen Windenergiezubaus in NRW: Installierte Leistung

Für die Höhe des Nettozubaus spielt in den letzten Jahren vermehrt auch der Rückbau von älteren Windenergieanlagen eine Rolle. Dies wird angesichts der Altersstruktur des aktuellen Anlagenbestandes, wodurch immer mehr ältere WEA das Ende ihrer 20-jährigen EEG-Förderdauer erreichen, auch in den nächsten Jahren einen vermehrten Einfluss auf den Nettozubau in Nordrhein-Westfalen haben. So existieren derzeit in NRW 164 Anlagen mit einer Inbetriebnahme (IBN) im Jahr 2000 (157 MW installierte Leistung), 255 WEA (326 MW) aus dem Jahr 2001 und 326 WEA (397 MW) aus dem Jahr 2002. Zudem sind derzeit noch 610 WEA (263 MW) in Betrieb, die vor dem Jahr 2000 errichtet wurden (Stand: 31.12.2020). Für viele dieser Windenergieanlagen ist in den nächsten Jahren damit zu rechnen, dass ihr Betrieb u. a. auf Grund des Auslaufens der 20-jährigen EEG-Förderung unwirtschaftlich wird und die Anlagen stillgelegt werden. Darüber hinaus werden Windenergieanlagen teilweise auch dann schon stillgelegt, wenn sie noch einen Anspruch auf die EEG-Vergütung haben. Das von der Bundesnetzagentur geführte Marktstammdatenregister führt zwischen 2014 und 2018 bundesweit rund 1.100 stillgelegte WEA, die bei ihrer Stilllegung im Schnitt 17 Jahre in Betrieb gewesen waren (FA WIND 2018).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dabei sind Sondereffekte einschränkend zu berücksichtigen, da bis 2014 das Repowering finanziell angereizt wurde, was eine vorzeitige Stilllegung alter WEA finanziell attraktiv machen konnte. Zudem könnte das ab dem Jahr 2017 geltende Ausschreibungsregime Betreiber ggf. dazu bewogen haben, geplante Repowering-Vorhaben vorzuziehen.

## 2.2 Aktueller Anlagenbestand

Derzeit sind in Nordrhein-Westfalen 3.764 Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 6.187 MW in Betrieb (Stand: 31.12.2020, Tabelle 2). Diese Anlagen erzeugen insgesamt etwa 12.300 GWh Strom im Jahr<sup>2</sup>. Der Anteil der Windenergie an der Bruttostromerzeugung in NRW beträgt 8,2 %. In Bezug auf den landesweiten Bruttostromverbrauch des Jahres 2018 ergibt sich für die Windenergie ein Anteil von 8,5 %<sup>3</sup>.

**Tabelle 2:** Windenergie in NRW – aktueller Ausbaustand (31.12.2020)

Anlagenanzahl	Installierte Leistung (MW)	Ertrag (GWh/a)
3.764	6.187	12.301

In der Potenzialanalyse dieser Studie wird zwischen „älteren Bestandsanlagen“ (Inbetriebnahme vor dem 01.01.2010) und „jüngeren Bestandsanlagen“ unterschieden. Diese Differenzierung ist notwendig bei der Abschätzung des Potenzials für das Zieljahr 2030 und der dafür notwendigen Berücksichtigung des derzeitigen Anlagenbestandes (Kapitel 3.4). Von den derzeit 3.764 WEA in Nordrhein-Westfalen wurden 2.343 Anlagen vor dem 1. Januar 2010 in Betrieb genommen („ältere Bestandsanlagen“), während es ab dem 01.01.2010 insgesamt 1.421 Anlagen waren („jüngere Bestandsanlagen“). Trotz ihrer geringeren Anzahl liegt die installierte Leistung der „jüngeren Bestandsanlagen“ mit 3.607 MW deutlich höher als die Leistung der älteren Anlagen mit 2.580 MW (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Jüngere und ältere Bestandsanlagen in NRW – Anzahl und Leistung

Inbetriebnahme	Anlagenanzahl	Installierte Leistung (MW)
vor 01.01.2010 („ältere Bestandsanlagen“)	2.343	2.580
ab 01.01. 2010 („jüngere Bestandsanlagen“)	1.421	3.607

Die räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Nordrhein-Westfalen weist deutliche Schwerpunktbereiche auf (Tabelle 4). Auf der regionalen Ebene liegen die Regierungsbezirke Münster (1.050 Anlagen, 1.800 MW installierte Leistung) und Detmold (1.013 Anlagen, 1.620 MW) deutlich vor Arnsberg (627 Anlagen, 828 MW) und Köln (668 Anlagen, 1.267 MW). Im Regierungsbezirk Düsseldorf sind derzeit 406 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 672 MW in Betrieb.

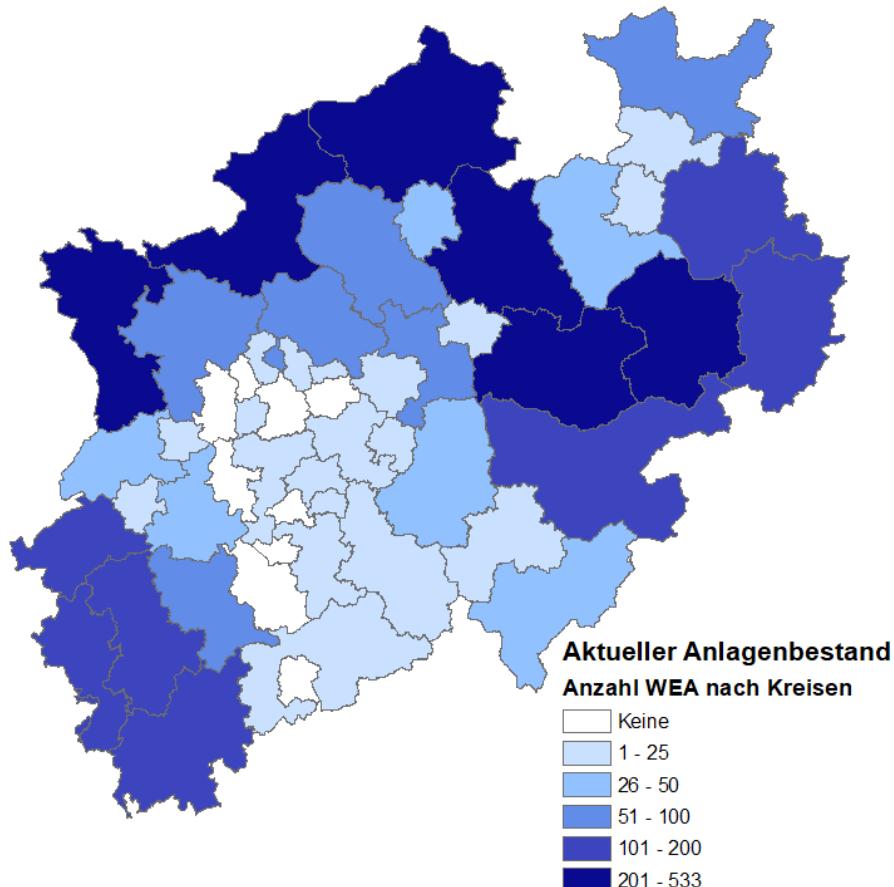
<sup>2</sup> Der Datensatz zum Bestand der Windenergieanlagen in NRW wird vom LANUV aus einer Vielzahl von Datenquellen recherchiert (u. a. Bundesnetzagentur - Anlagenregister zu den Erneuerbaren Energien, ISA - Informationssystem Stoffe und Anlagen, Luftbilder, Angaben des Landesverbandes Erneuerbare Energien NRW e.V. (LEE) und der Übertragungsnetzbetreiber Amprion GmbH und TenneT B V) und regelmäßig aktualisiert. Die durchschnittlichen Erträge der Windenergieanlagen sind keine real gemessenen Erträge, sondern werden anhand der Windverhältnisse am Standort und der Leistungskennlinien der jeweiligen Anlagen berechnet.

<sup>3</sup> Zum Stromverbrauch liegen derzeit keine aktuelleren Daten vor, weswegen hier unterschiedliche Zeiträume zueinander in Bezug gesetzt werden müssen. Dieses Vorgehen erscheint jedoch vertretbar, da die Entwicklung des landesweiten Stromverbrauchs in den letzten Jahren relativ konstant verlief.

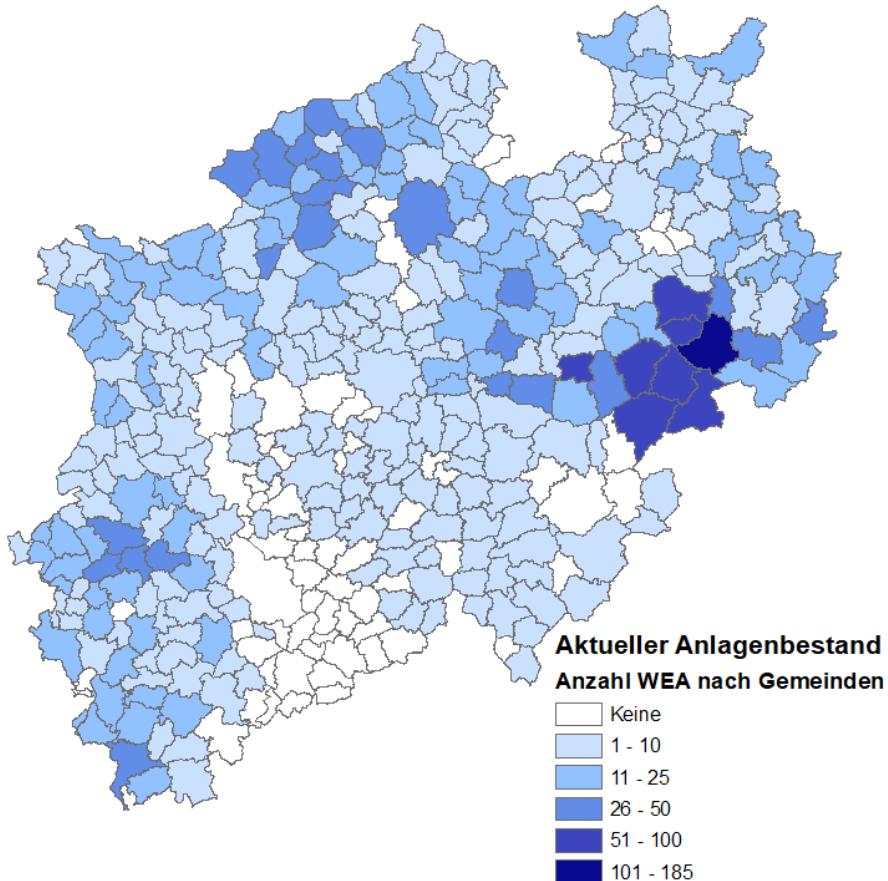
**Tabelle 4:** Aktueller Bestand an Windenergieanlagen in den Regierungsbezirken

Regierungsbezirk	Anzahl WEA	Installierte Leistung (MW)	Stromertrag (GWh/a)
Arnsberg	627	828	1.563
Detmold	1.013	1.620	3.355
Düsseldorf	406	672	1.204
Münster	1.050	1.800	3.609
Köln	668	1.267	2.570

Auf der Ebene der Kreise liegt Paderborn mit 533 WEA und einer installierten Leistung von gut 1.000 MW landesweit deutlich an der Spitze, der Kreis trägt allein zu mehr als der Hälfte aller Anlagen im Regierungsbezirk Detmold bei. Die beiden Kreise Borken (318 WEA, 559 MW) und Steinfurt (310 WEA, 554 MW) folgen mit bereits deutlicherem Abstand (Abbildung 3). Im Bereich der stark verdichteten Siedlungsschwerpunkte im Ruhrgebiet und an der Rheinschiene befinden sich erwartungsgemäß deutlich weniger Windenergieanlagen. In neun Kreisen, unter anderem in den kreisfreien Großstädten Essen, Bochum, Duisburg, Düsseldorf oder Köln, wird mit Stand Ende 2020 gar keine Anlage betrieben.

**Abbildung 3:** Aktueller Bestand an Windenergieanlagen – Anlagenanzahl in den Kreisen

Auf der Ebene der Gemeinden sind in Lichtenau mit 185 Anlagen (335 MW installierte Leistung) derzeit mit Abstand die meisten WEA in Betrieb. Mit Bad Wünnenberg (98 WEA, 228 MW) und Paderborn (77 WEA, 156 MW) folgen zwei direkt angrenzende Gemeinden. Insgesamt erreichen sechs Gemeinden aktuell eine installierte Leistung von mehr als 100 MW, alle liegen im Kreis Paderborn oder im angrenzenden Hochsauerlandkreis. Gemeinden ohne eine einzige Windenergieanlage konzentrieren sich insbesondere im Ruhrgebiet und an der Rhinebene, liegen vereinzelt jedoch auch in den dünn besiedelten Landesteilen.



**Abbildung 4:** Aktueller Bestand an Windenergieanlagen – Anlagenanzahl in den Gemeinden

### 3 Methodik der Potenzialanalyse

In diesem Kapitel werden die Methodik und das Vorgehen bei der Potenzialabschätzung im Rahmen dieser Studie beschrieben.

#### 3.1 Identifizierung geeigneter Flächen

Der wesentliche Arbeitsschritt der Potenzialstudie Windenergie ist die Identifizierung von Flächen im Land, die für die Windenergienutzung geeignet sind. Diese Flächenanalyse wird GIS-gestützt landesweit durchgeführt. Ausgangspunkt hierfür ist die Bewertung der verschiedenen Flächenkategorien hinsichtlich ihrer Eignung für die Windenergienutzung. Dabei werden alle Flächen drei Kategorien zugeordnet: Potenzial-, Ausschluss- oder Einzelfallprüfungsflächen.

Grundlage für diese Bewertung sind die verschiedenen fachrechtlichen Vorschriften für die Windenergienutzung, sowie der „Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung“ (Windenergie-Erlass, WEE) vom 08.05.2018 (MWIDE, MULNV, MHBKG 2018). Der Windenergie-Erlass bündelt die verschiedenen fachrechtlichen Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in NRW mit dem Ziel, die planerischen Möglichkeiten zur Gestaltung des Windenergieausbaus aufzuzeigen und Hilfestellung zur rechtmäßigen Einzelfallprüfung zu leisten. Für alle nachgeordneten Behörden besitzt der Erlass verwaltungsinterne Verbindlichkeit, für die Gemeinden als Trägerinnen der Planungshoheit ist er Empfehlung und Hilfe zur Abwägung. Darüber hinaus gab es im Rahmen der Potenzialstudie Windenergie einen interdisziplinären Austausch in einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe sowie verschiedene Diskussionen unter Beteiligung von Verbänden, beispielsweise in der Arbeitsgruppe erneuerbare Energien und Umwelt des MWIDE und des Ministeriums für Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MULNV).

Als potenziell geeignet gelten in dieser Studie alle Flächen, die nicht mit Flächenkategorien belegt sind, welche sich restriktiv auf die Windenergienutzung auswirken. Ausschlussflächen umfassen alle Flächenkategorien, bei denen die Errichtung von Windenergieanlagen prinzipiell oder mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht möglich ist. Einzelfallprüfungsflächen beinhalten die Flächenkategorien, bei denen die Möglichkeit einer Windenergienutzung aus landesweiter Perspektive nicht abschließend bewertet werden kann. In diesen Fällen ist die Windenergienutzung in der Regel abhängig vom Einzelfall und den konkreten Gegebenheiten vor Ort. Für die Einzelfallprüfungsflächen werden zwei Szenarien betrachtet (Kapitel 3.3). So ergibt sich im Ergebnis ein Rahmen, in den das landesweite Gesamtpotenzial einzuordnen ist. Die Begriffe „Einzelfallprüfungsflächen“ und „Ausschlussflächen“ dienen vor diesem Hintergrund vor allem dazu, die verschiedenen Flächenkategorien im Rahmen dieser Studie zu bewerten und so ein Potenzial zur Windenergienutzung aus landesweiter Perspektive, also ohne konkrete Betrachtung von Einzelfällen, abschätzen zu können. Dieser Ansatz weicht in Teilen von der Systematik harter und weicher Tabuzonen ab, die insbesondere bei Steuerung der Windenergienutzung auf kommunaler Ebene bedeutend ist.

In Kapitel 4 werden die einzelnen Flächenkategorien und ihre Bewertung in der Potenzialanalyse detaillierter beschrieben und die Ergebnisse der Flächenanalyse vorgestellt. Die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgeführt.

## 3.2 Mindestflächengröße

In vielen Fällen kommt es in Bezug auf die Zulässigkeit von WEA nicht nur auf den Standort des Mastfußes an, sondern auch darauf, dass durch den Rotor keine Flächen überstrichen werden, die nicht für die Windenergienutzung geeignet sind. Die Größe der kreisförmigen Fläche, die von den je nach Windrichtung nachgeführten Rotorblättern der Referenzanlage überstrichen werden kann, beträgt 1,96 ha. Die Potenzialflächen als Ergebnis der Flächenanalyse sind in der Regel jedoch nicht kreisförmig. Die Mindestgröße für Potenzialflächen wird in dieser Untersuchung daher pauschal auf 5 ha festgelegt.

Im Anschluss an die Flächenanalyse werden demnach alle Potenzialflächen nicht weiter betrachtet, die kleiner als 5 ha sind. Dadurch wird auch verhindert, dass im Ergebnis viele einzelne Anlagenstandorte auf sehr kleinen, aber in der Praxis weniger geeigneten Splitterflächen mit in das Gesamtpotenzial einfließen. Die vereinfachende Annahme einer pauschalen Mindestflächengröße ist vor dem Hintergrund des generellen Abstraktionsgrades der landesweiten Potenzialanalyse vertretbar.

## 3.3 Szenarien

Bei der landesweiten Potenzialanalyse kann für viele Flächenkategorien auch maßstabsbedingt nicht abschließend bestimmt werden, ob eine Windenergienutzung möglich oder ausgeschlossen ist. Dies ist hier in der Regel abhängig vom Einzelfall und den konkreten Gegebenheiten vor Ort. Die aus der landesweiten Perspektive und mit landesweit verfügbaren Daten nicht abschließend zu beurteilenden Einzelfallprüfungsflächen werden daher in der Potenzialberechnung für zwei Szenarien differenziert betrachtet. Im „Restriktionsszenario“ werden sie als Ausschluss-, im „Leitszenario Energieversorgungsstrategie“ als Potenzialflächen bewertet. Hieraus ergibt sich im Ergebnis ein Rahmen, in den das tatsächliche landesweite Gesamtpotenzial einzuordnen ist.

Das Restriktionsszenario verfolgt insgesamt einen vorsichtigen Ansatz und umfasst nur Potenzialflächen, die aus landesweiter Sicht mit einer relativ großen Wahrscheinlichkeit umsetzbar sind. Das Leitszenario Energieversorgungsstrategie umfasst zudem Flächen, bei denen die Windenergienutzung zukünftig unter günstigen Voraussetzungen möglich sein könnte. Es zeigt eine mögliche zukünftige Perspektive mit starkem Fokus auf dem Ausbau der Windenergie auf und beschreibt, welche flächenbezogenen Rahmenbedingungen für die Windenergie im Vergleich zur derzeitigen Genehmigungspraxis mittelfristig ggf. angepasst werden müssten, damit die z. B. Ziele der Energieversorgungsstrategie erreichbar werden.

Die Szenarien umfassen demnach nicht nur Flächen, die zum aktuellen Zeitpunkt für die Windenergie ohne Einschränkungen zur Verfügung stehen. Dies ergibt sich bereits aus der zeitlichen Perspektive bis zum Jahr 2030 und der Annahme, dass Bestandsanlagen bis dahin zum Teil stillgelegt sein werden. Für keine der aufgeführten Einzelfallprüfungsflächen ist die Windenergienutzung generell ausgeschlossen, häufig ist jedoch eine Beteiligung oder Ausnahmegenehmigung der fachlich betroffenen Stellen erforderlich.

### 3.4 Zeitliche Perspektive: 2030

In der Potenzialanalyse wird ein realistisches landesweites Potenzial zum Ausbau der Windenergie bis zum Jahr 2030 abgeschätzt. Für jüngere Bestandsanlagen wird dabei pauschal davon ausgegangen, dass sie im Jahr 2030 noch in Betrieb sein werden, während für ältere Bestandsanlagen vereinfachend angenommen wird, sie seien zu diesem Zeitpunkt bereits stillgelegt. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht davon auszugehen, dass ein größerer Teil der älteren Bestandsanlagen im Jahr 2030 noch in Betrieb sein wird, weswegen diese Anlagen auch nicht mit in das Potenzial einfließen. Stattdessen wird in der Potenzialanalyse geprüft, ob ältere Bestandsanlagen im nahen Umfeld durch neue Windenergieanlagen ersetzt werden können.

Das Potenzial setzt sich daher aus drei Bausteinen zusammen:

- Aktueller Anlagenbestand (Inbetriebnahme ab dem 01.01.2010),
- Repowering-Potenzial (potenzielle neue Standorte im direkten Umfeld älterer Bestandsanlagen mit Inbetriebnahme vor dem 01.01.2010), und
- darüber hinaus noch mögliches Zubau-Potenzial für neue Anlagen.

### 3.5 Referenzanlage

In der Potenzialanalyse wird für alle potenziellen Standorte eine einheitliche Referenzanlage mit einer Nennleistung von 5,3 MW zu Grunde gelegt, bei einer Gesamthöhe von 240 m, einer Nabenhöhe von 161 m und einem Rotordurchmesser von 158 m. Dies entspricht den Kenndaten der leistungsstärksten Anlage, die mit Stand Ende 2020 in NRW in Betrieb ist (General Electric 5.3-158). Durch die Parameter dieser Anlage ergeben sich auch notwendige Mindestabstände zur Wohnbebauung (3-fache Anlagenhöhe: 720 m) oder zu anderen WEA (5-facher Rotordurchmesser in Hauptwindrichtung, 3-facher Rotordurchmesser quer zur Hauptwindrichtung).

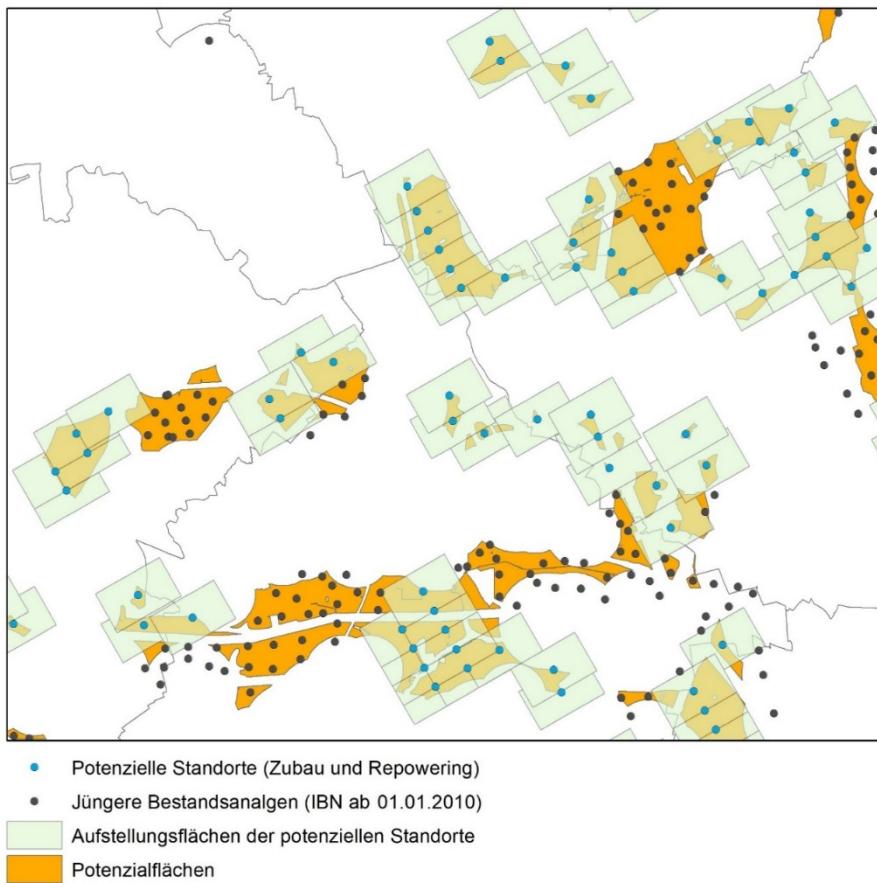
Auch in Zukunft werden in NRW zum Teil noch kleinere Anlagen errichtet werden. Die Potenzialanalyse bezieht sich allerdings auf das Jahr 2030. Es ist davon auszugehen, dass bis dahin auf der anderen Seite auch Anlagen errichtet werden, die größer und leistungsstärker als die gewählte Referenzanlage sind, so dass diese den Durchschnitt des Anlagenbestandes im Jahr 2030 näherungsweise abbilden dürfte. Deutlich kleinere Anlagen (z. B. Gesamthöhe unter 100 m) werden derzeit in NRW nur noch in wenigen Ausnahmefällen errichtetet, sie haben aus wirtschaftlichen Gründen (z. B. Wettbewerb im Rahmen der bundesweiten EEG-Ausschreibungen) geringere Umsetzungswahrscheinlichkeiten.

### 3.6 Anlagenstandorte und Ertragsberechnung

Windenergieanlagen müssen nicht nur Abstände zur Wohnbebauung einhalten, sondern unter anderem aus Gründen der Ertragsoptimierung auch zu weiteren WEA. In der Praxis haben sich in NRW unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten Mindestabstände von 5 Rotordurchmessern in Hauptwindrichtung und 3 Rotordurchmessern quer zur Hauptwindrichtung herausgebildet. Entsprechend dieser Faustformel und der Daten der Referenzanlage der Studie wird ein Aufstellungsraster für potenzielle Anlagenstandorte von 790 x 474 Metern zugrunde gelegt, welches unter Berücksichtigung einer Hauptwindrichtung von 240 Grad relativ Nord (rechtsweisend) automatisiert über ganz NRW aufgespannt wird. Anschließend wird das Raster mit den in der Flächenanalyse identifizierten Potenzialflächen der beiden Szenarien verschnitten. Sofern potenzielle Anlagenstandorte (Punkte des Aufstellungsrasters) außerhalb der Potenzialflächen liegen, werden diese gelöscht und nicht weiter betrachtet. Alle Punkte des Aufstellungsrasters, die innerhalb von Potenzialflächen liegen, werden als potenzielle Anlagenstandorte in der Potenzialanalyse weiter betrachtet. Durch das Aufstellungsraster ergeben sich Aufstellungsflächen für jeden potenziellen Anlagenstandort von 1.580 m x 948 m, innerhalb derer sich keine weiteren Anlagen befinden.

Es kommt bei der Platzierung potenzieller Anlagenstandorte in den Potenzialflächen jedoch häufiger zu der Situation, dass Bereiche der Potenzialflächen, auf denen die Platzierung einer Referenzanlage möglich wäre, (zufällig) nicht von den Punkten des starren Aufstellungsrasters getroffen werden. Dies betrifft sowohl einzelne kleinere Potenzialflächen, als auch zahlreiche Splitter- bzw. Randbereiche von nicht vollständig belegten größeren Potenzialflächen. Daher erfolgt abschließend in mehreren Schritten eine Optimierung für eine möglichst effiziente Platzierung potenzieller Anlagenstandorte auf den Potenzialflächen. Für diese Fälle wurde ein halbautomatisiertes GIS-gestütztes Verfahren mit mehreren aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten entwickelt, welches auch eine händische Bearbeitung von Anlagenstandorten erforderlich macht. Mit Hilfe verschiedener GIS-Prozesse werden dabei die (kleineren) Potenzialflächen identifiziert, die zunächst gar nicht vom Aufstellungsraster getroffen wurden, und in ihrem räumlichen Schwerpunkt automatisiert mit einem Standort der Referenzanlage belegt. Abschließend werden durch eine Verschneidung mit den Aufstellungsflächen freie Randbereiche in noch nicht vollständig belegten Potenzialflächen identifiziert und dort händisch potenzielle Anlagenstandorte platziert.

Es handelt sich bei dem beschriebenen Vorgehen dennoch weiterhin um ein vereinfachendes, halbautomatisiertes Verfahren, mit dem die gesamte Landesfläche abdeckt wird. Durch eine ertragsoptimierte Detailplanung lässt sich im konkreten Einzelfall vor Ort häufig eine effizientere Flächenausnutzung erreichen. Abbildung 5 veranschaulicht das Ergebnis der Standortplatzierung für einen Beispieldurchmesser.



**Abbildung 5:** Platzierung von Anlagenstandorten auf den Potenzialflächen

Für die ermittelten potenziellen Standorte werden abschließend jeweils individuell potenzielle jährliche Erträge am Standort berechnet. Hierzu wird der Ertragsrechner des Energieatlas NRW verwendet, der eine Berechnung der durchschnittlichen Erträge für konkrete Windenergieanlage an einem bestimmten Standort erlaubt. Das Modell zur Ertragsberechnung berücksichtigt den Anlagentyp mit seiner spezifischen Leistungskennlinie (in diesem Fall die Referenzanlage der Studie, Kapitel 3.5) und unter Beachtung der Lage eines Standortes sowie der Nabenhöhe der Windenergieanlage die vorherrschenden Windverhältnisse. Eine gegebenenfalls erforderliche schallreduzierte Betriebsweise wird in der Ertragsberechnung nicht modelliert (Kapitel 5).

### 3.7 Repowering-Potenzial

Das Repowering bezeichnet den Ersatz älterer Windenergieanlagen durch moderne, leistungsstärkere Anlagen. Häufig kann dabei die Gesamtzahl der Anlagen am Standort reduziert werden. Eine formale Konkretisierung des Begriffs Repowering erfolgte 2021 in § 16b Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmschG). Repowering wird hier verstanden als Modernisierung mit vollständigem oder teilweisem Austausch von Anlagen oder Betriebssystemen und -geräten, wobei konkrete Bedingungen erfüllt sein müssen. Hier nennt § 16b BlmschG grundlegend einen Austausch von Kapazität oder die Steigerung der Effizienz oder der Kapazität, weiterhin den räumlichen Bezug zwischen Altanlage und neuer Repowering-Anlage, sowie die zeitliche Umsetzung. Es ist zu erwarten, dass sich hieraus zukünftig Erleichterungen bei der Genehmigung von Repowering-Anlagen ergeben, diese sind jedoch stark von individuellen Faktoren in der Genehmigung des Einzelfalls abhängig. Die konkreten Auswirkungen und die Umsetzung dieser Regelung in der genehmigungsrechtlichen Praxis kann hier zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht bewertet werden. In der Potenzialanalyse wurde § 16b BlmschG bei der Einschätzung des Repowering-Potenzials nicht berücksichtigt.

Über diese Regelung hinaus müssen aber auch Repowering-Anlagen das reguläre Genehmigungsverfahren durchlaufen und alle relevanten Vorschriften einhalten (artenschutzrechtliche Prüfung, Berücksichtigung weiterer öffentlich-rechtlicher Vorschriften insbesondere des Raumordnungs-, Bauplanungs- und Bauordnungsrechts). Ebenso wie Anlagen an gänzlich neuen Standorten muss auch für Repowering-Anlagen an den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur für die EEG-Zulage teilgenommen werden.

Zur Abschätzung des Repowering-Potenzials werden in dieser Untersuchung zunächst alle älteren Bestandsanlagen identifiziert, die vor dem 1.1.2010 in Betrieb genommen wurden. Für diese Anlagen wird angenommen, dass sie zum Zeitpunkt 2030 nicht mehr in Betrieb sein werden und geprüft, ob im nahen räumlichen Umfeld dieser Standorte ein Repowering mit der Referenzanlage möglich ist. Für die Untersuchung des Repowering-Potenzials wird die Potenzialflächenkulisse im Vergleich zur „regulären“ Flächenkulisse für den Zubau neuer Anlagen leicht modifiziert, da in FFH- und Vogelschutzgebiete das Repowering von bestehenden WEA im Gegensatz zum Bau neuer Anlagen nicht gänzlich ausgeschlossen ist.

Alle Gitterpunkte des über NRW aufgespannten starren Aufstellungsrasters der Referenzanlage, die sich in räumlicher Nähe zu mindestens einer älteren Bestandsanlage befinden (Inbetriebnahme vor dem 1.1.2010) und die innerhalb der Potenzialflächen liegen, werden als Repowering-Anlagen betrachtet. Räumliche Nähe bedeutet, dass sich eine oder mehrere ältere Bestandsanlagen innerhalb der Rasterzelle eines Gitterpunktes des Aufstellungsrasters von 790 m x 474 m befinden. Eine Repowering-Anlage kann sich also auf mehrere ältere Bestandsanlagen in ihrem Umfeld beziehen. Anschließend werden auch kleinere Repowering-Potenzialflächen, die nicht von einem Gitterpunkt des starren Aufstellungsrasters „getroffen“ wurden, händisch mit einer Repowering-Anlage belegt, sofern sich eine zu repowernde ältere Bestandsanlage in maximal 300 m Entfernung zu dieser Fläche befindet. Dabei wird sichergestellt, dass alle potenziellen Repowering-Anlagen den notwendigen Mindestabstand untereinander und zu jüngeren Bestandsanlagen aufweisen.

## 4 Flächenanalyse

Die gesetzlichen Vorschriften und Rahmenbedingungen, die allgemein oder speziell die Windenergie betreffen, sind in der Vergangenheit sehr umfangreich geworden. Die Genehmigung von Windenergieanlagen erfolgt nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und schließt bestimmte Erlaubnisse und Genehmigungen nach weiteren öffentlich-rechtlichen Vorschriften wie dem Bauplanungsrecht (BauGB), dem Bauordnungsrecht der jeweiligen Bundesländer, dem Naturschutzrecht (BNatSchG, LNatSchG NRW), dem Luftverkehrsrecht (LuftVG), dem Straßenrecht (FStrG) oder dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) mit ein (BMWI 2021).

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Flächenkategorien hinsichtlich der Möglichkeit zur Windenergienutzung bewertet und die wesentlichen Vorschriften und Rahmenbedingungen für die Errichtung von Windenergieanlagen knapp beschrieben. Für die inhaltliche Vertiefung zu einzelnen Aspekten wird auf das mittlerweile sehr breite Angebot einschlägiger Literatur verwiesen. Die Bewertung der einzelnen Flächenkategorien stellt die Grundlage der Flächenanalyse und damit der gesamten Potenzialabschätzung dar. Zudem werden in Kapitel 4 die Ergebnisse der Flächenanalyse für die fünf Oberkategorien Siedlung, Infrastruktur, Gewässer, Natur- und Landschaft sowie Wald beschrieben.

Zur Übersicht werden zunächst alle in der Flächenanalyse berücksichtigten Flächenkategorien dargestellt. In Tabelle 5 sind alle Flächen aufgelistet, die im Rahmen der Flächenanalyse generell ausgeschlossen werden. Tabelle 6 umfasst alle Flächenkategorien, bei denen die Möglichkeit einer Windenergienutzung in der Regel abhängig vom Einzelfall und den konkreten Gegebenheiten vor Ort ist. Diese Einzelfallprüfungsflächen können aus landesweiter Perspektive nicht abschließend bewertet werden und werden daher in zwei Szenarien differenziert berücksichtigt (Kapitel 3.3).

**Tabelle 5:** Potenzialanalyse Windenergie - Ausschlussflächen

Kategorie	Parameter
Siedlung	Wohngebäude inkl. Puffer (Mindestabstand) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mind. 720 m Puffer um alle Wohngebäude (3-fache Höhe der Referenzanlage, optisch bedrängende Wirkung)</li> <li>▪ Innenbereich: 1.000 m Puffer um alle Wohngebäude innerhalb des ATKIS-Datensatzes „Ortslagen“ (mit Ausnahme von Wohngebäuden innerhalb des ATKIS-Datensatzes „Industrie- und Gewerbefläche“)</li> <li>▪ Außenbereich: 1.000 m Puffer um Bereiche mit mindestens 20 Wohngebäuden bei maximal 50 m Abstand untereinander</li> </ul>
Siedlung	Allgemeine Siedlungsbereiche (ASB)
Siedlung	Bereiche für gewerbliche und industrielle Nutzungen (GIB)
Infrastruktur	Bundesautobahnen inkl. Puffer von 120 m (Anbauverbotszone 40 m + Rotorradius 80 m)
Infrastruktur	Bundesstraßen inkl. Puffer von 100 m (Anbauverbotszone 20 m + Rotorradius 80 m)
Infrastruktur	Elektrifizierte Bahnstrecken inkl. Puffer von 180 m (Schutzstreifen 100 m + Rotorradius 80 m)
Infrastruktur	Freileitungen inkl. Puffer von 180 m (Schutzstreifen 100 m + Rotorradius 80 m)

Kategorie	Parameter
Infrastruktur	Braunkohletagebau im Rheinischen Revier: Geplante Restseen, Flächen vorlaufend zum Braunkohletagebau und Flächen, auf denen aktuell Braunkohletagebau stattfindet
Infrastruktur	Flughäfen, Flugplätze (bauliche Anlagen)
Infrastruktur	Bauschutzbereiche um Flughäfen / Hindernisfreiflächen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verkehrsflughäfen (+ VLP Mönchengladbach und Essen/Mülheim) inkl. Puffer von 4 km</li> <li>▪ Militärflugplätze (Geilenkirchen, Nörvenich) inkl. Puffer von 4 km</li> <li>▪ Verkehrslandeplätze inkl. Puffer von 1,5 km</li> </ul>
Infrastruktur	Anlagenschutzbereiche Flugsicherung inkl. Puffer von 3 km
Infrastruktur	Seismologische Stationen inkl. Puffer von 2 km
Gewässer	Stehende Gewässer
Gewässer	Fließende Gewässer
Gewässer	Wasserschutzgebiete und Heilquellschutzgebiete der Schutzzonen I und II (festgesetzt oder vorläufig gesichert)
Natur & Landschaft	Gesetzlich geschützte Biotope
Natur & Landschaft	Naturschutzgebiete (festgesetzt, ausgewiesen oder einstweilig sichergestellt) inkl. Puffer von 80 m (Rotorradius)
Natur & Landschaft	FFH-Gebiete inkl. Puffer von 80 m (Rotorradius) (Ausnahme: Repowering)
Natur & Landschaft	Vogelschutzgebiete inkl. Puffer von 80 m (Rotorradius) (Ausnahme: Repowering)
Natur & Landschaft	Nationalparke
Natur & Landschaft	Bereiche für den Schutz der Natur (BSN)
Natur & Landschaft	Landschaftsschutzgebiete: Landschaftsbildeinheiten mit Wertstufe 1 („sehr hoch“)
Wald	Laubwälder (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen)
Wald	Mischwälder (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen)
Wald	Nadelwälder (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen und Nadelwald in waldreichen Gemeinden (Waldanteil < 60 % an Gemeindefläche))
Wald	Naturwaldzellen (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen)
Wald	Saatgutbestände (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen)
Wald	Versuchsflächen (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen)
Wald	Wildnisentwicklungsgebiete (mit Ausnahme von Kalamitätsflächen)
	Kleine Potenzialflächen < 5 ha
	Flächen mit einer Neigung > 35 %

**Tabelle 6:** Potenzialanalyse Windenergie – Einzelfallprüfungsflächen

Kategorie	Parameter
Siedlung	Wohngebäude inkl. Puffer (Mindestabstand) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Außenbereich: 1.000 m Puffer um Bereiche mit 5 – 19 Wohngebäuden bei maximal 50 m Abstand untereinander</li> </ul>
Infrastruktur	Bundesautobahnen: Puffer zwischen 120 m - 180 m (Anbaubeschränkungszone 40-100 m + Rotorradius 80 m)
Infrastruktur	Bundesstraßen: Puffer zwischen 100 m - 120 m (Anbaubeschränkungszone 20-40 m + Rotorradius 80 m)
Infrastruktur	Landes- und Kreisstraßen außerhalb von Ortsdurchfahrten: 120 m Puffer (Anbaubeschränkungszone 40 m + Rotorradius 80 m)
Infrastruktur	Abgrabungsbereiche (BSAB)
Infrastruktur	Aufschüttungen und Ablagerungen (z. B. Halden und Deponien)
Infrastruktur	Bauschutzbereiche um Flughäfen / Hindernisfreiflächen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verkehrsflughäfen (+ VLP Mönchengladbach und Essen/Mülheim) inkl. Puffer von 15 km</li> <li>▪ Militärflugplätze (Geilenkirchen, Nörvenich) inkl. Puffer von 15 km</li> <li>▪ Verkehrslandeplätze inkl. Puffer von 4 km</li> <li>▪ Sonderlandeplätze inkl. Puffer von 2,5 km</li> <li>▪ UL-Sonderlandeplätze inkl. Puffer von 1,5 km</li> <li>▪ Segelfluggelände inkl. Puffer von 2 km</li> <li>▪ Pflichtmeldepunkte (festgelegte Sichtflugverfahren) inkl. Puffer von 2 km</li> </ul>
Infrastruktur	Anlagenschutzbereiche Flugsicherung (Drehfunkfeuer: DVOR / VOR, Radar): Puffer zwischen 3 - 10 km
Infrastruktur	Seismologische Stationen: Puffer zwischen 2 km und 5 km bzw. zwischen 2 km und 10 km (differenziert für jede Station, entsprechend Windenergie-Erlass NRW sowie Erlass vom 17.3.2016)
Gewässer	50 m-Puffer an stehenden Gewässern > 5 ha und an fließenden Gewässern I. Ordnung
Natur & Landschaft	300 m-Puffer um Naturschutzgebiete
Natur & Landschaft	300 m-Puffer um FFH-Gebiete
Natur & Landschaft	300 m-Puffer um Vogelschutzgebiete
Natur & Landschaft	Landschaftsschutzgebiete: Landschaftsbildeinheiten (LBE) 2 und 3
Wald	Kalamitätsflächen
Wald	Nadelwälder in waldreichen Gemeinden (Gemeinden mit > 60 % Waldanteil an Gemeindefläche)

Im Februar 2021 wurde durch das LANUV der Zwischenbericht der Potenzialstudie Windenergie veröffentlicht. Durch die sich daran anschließenden Diskussionen mit verschiedenen Akteuren wurden die Rahmenbedingungen und das methodische Vorgehen der Potenzialanalyse nochmals überprüft und im Detail weiterentwickelt. Abweichend vom Zwischenbericht wird nun auch die Hangneigung von Flächen berücksichtigt (Ausschluss bei Neigung > 35 %). Zudem wurden einzelne Parameter der Untersuchung angepasst, so bei der erforderlichen Mindestgröße von Potenzialflächen (Anhebung von 2 ha auf 5 ha), bei der Berücksichtigung von seismologischen Stationen (Erweiterung des Ausschlussbereichs auf einen Umkreis von 2 km, stationsspezifische Einzelfallprüfungsbereiche) oder den Abständen zu Verkehrswegen, Freileitungen oder FFH- und Naturschutzgebieten (Puffer von 80 m zur Berücksichtigung des Rotorblattes). Zudem werden nun auch Kalamitätsflächen im Wald als Einzelfallprüfungsflächen in der Potenzialanalyse bewertet.

Im Vergleich der vorliegenden Studie mit der alten Potenzialstudie Windenergie des LANUV (LANUV 2012) ergeben sich bei der Potenzialanalyse wesentliche Änderungen. Dies liegt unter anderem an den veränderten planungs- und genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen für die Windenergie, z. B. in Bezug auf Mindestabstände zu Wohngebäuden oder die Errichtung von Windenergieanlagen im Wald. Auch die differenzierte Berücksichtigung von Einzelfallprüfungsflächen in zwei Szenarien stellt eine Weiterentwicklung des Ansatzes aus dem Jahr 2012 dar. Zudem konnte seitens der Hersteller auch die Anlagentechnik in den letzten zehn Jahren verbessert werden. So verfügt die aktuelle Referenzanlage über eine deutlich größere Nennleistung (5,3 MW im Vergleich zu 3 MW im Jahr 2012), erfordert aber durch ihre größere Gesamthöhe auch größere Abstände zu anderen WEA sowie zu Wohngebäuden. Durch die größere Referenzanlage ergeben sich daher insgesamt weniger potenzielle Standorte. Auch werden im Vergleich zur Studie aus dem Jahr 2012 nun Flächenkategorien bei der Potenzialanalyse mit einbezogen, die 2012 noch unberücksichtigt blieben, wie zum Beispiel Anlagenschutzbereiche der Flugsicherung oder seismologische Stationen, so dass die aktuell vorliegende Studie das tatsächliche Potenzial im Land realistischer einschätzen dürfte.

Im Folgenden wird näher auf die einzelnen Flächenkategorien eingegangen und deren Bewertung im Rahmen der Flächenanalyse vor dem Hintergrund wesentlicher planungs- und genehmigungsrechtlicher Grundlagen beschrieben. Nicht aufgeführte Flächenkategorien werden in der landesweiten Flächenanalyse dieser Studie als nicht restriktiv für die Windenergienutzung gewertet, was jedoch im Einzelfall gegebenenfalls näher untersucht werden muss.

## 4.1 Siedlung

### Wohngebäude inkl. Mindestabstände:

Der für die Untersuchung verwendete Datensatz der Wohngebäude in NRW basiert auf dem flächendeckenden 3D-Gebäudemodell-Datensatz der Landesvermessung NRW in der Detailierungsstufe LoD1 (Stand: 31.12.2019). In diesem Datensatz werden sämtliche knapp zehn Millionen Gebäude und Bauwerke in NRW georeferenziert dargestellt und u. a. auch hinsichtlich ihrer Nutzungsfunktionen klassifiziert. Im Rahmen der Potenzialstudie Windenergie werden 22 dieser insgesamt 281 Nutzungsfunktionen der Wohnnutzung zugeordnet (Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Klassifizierung der Wohngebäude an Hand der Nutzungsfunktion aus dem 3D-Gebäudemodell

Funktionsnummer	Bezeichnung
31001_1000	Wohngebäude
31001_1010	Wohnhaus
31001_1020	Wohnheim
31001_1021	Kinderheim
31001_1022	Seniorenheim
31001_1023	Schwesternwohnheim
31001_1024	Studenten-, Schülerwohnheim
31001_1100	Gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen
31001_1110	Wohngebäude mit Gemeinbedarf
31001_1120	Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen
31001_1121	Wohn- und Verwaltungsgebäude
31001_1122	Wohn- und Bürogebäude
31001_1123	Wohn- und Geschäftsgebäude
31001_1130	Wohngebäude mit Gewerbe und Industrie
31001_1131	Wohn- und Betriebsgebäude
31001_1210	Land- und forstwirtschaftliches Wohngebäude
31001_1220	Land- und forstwirtschaftliches Wohn- und Betriebsgebäude
31001_1221	Bauernhaus
31001_1222	Wohn- und Wirtschaftsgebäude
31001_2310	Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen
31001_3064	Obdachlosenheim
31001_3066	Asylbewerberheim

Alle Wohngebäude werden in der Flächenanalyse ausgeschlossen. Zusätzlich werden um alle Wohngebäude Puffer gelegt, die Ausschlussbereiche auf Grund erforderlicher Mindestabstände zwischen Wohngebäuden und Windenergieanlagen darstellen. Bei den erforderlichen Mindestabständen zwischen Wohngebäuden und WEA-Standorten sind zwei unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen das planungsrechtliche Gebot der Rücksichtnahme, zum anderen ein pauschaler Mindestabstand nach dem Gesetz zur Ausführung des Baugesetzbuches in Nordrhein-Westfalen (BauGB-AG NRW).

Das Gebot der Rücksichtnahme ergibt sich in beplanten Gebieten aus § 15 BauNVO, im unbeplanten Innenbereich aus dem Erfordernis des Einfügens nach § 34 BauGB und im Außenbereich aus § 35 Abs. 3 Satz 1 Nr. 3 BauGB. Demnach können einem Vorhaben im Außenbereich öffentliche Belange entgegenstehen, wenn es schädliche Umwelteinwirkungen hervorruft. In Bezug auf Windenergieanlagen betrifft dies die „optisch bedrängende Wirkung“, die eine WEA u. a. auf Grund ihrer Größe verursachen kann, wenn sie zu nah an der Wohnbebauung errichtet wird. Grundsätzlich geht die Rechtsprechung davon aus, dass eine optisch bedrängende Wirkung dann nicht mehr gegeben ist, wenn zwischen Wohngebäude und Windenergieanlage ein Abstand eingehalten wird, der das Dreifache der Gesamthöhe der Windenergieanlage beträgt (OVG NRW, Urteil vom 09.08.2006 - 8 A 3726/05, bestätigt durch den Beschluss des BVG vom 23.12.2010 - 4 B 36/10). Daher wird in der Flächenanalyse dieser Studie zu allen Wohngebäuden in NRW generell ein Mindestabstand von 720 m angesetzt, was der dreifachen Anlagenhöhe der Referenzanlage entspricht. Alle Bereiche im Umkreis von 720 m um Wohngebäude werden generell als Ausschlussflächen in der Potenzialanalyse nicht weiter betrachtet.

Nach dem Gesetz zur Ausführung des Baugesetzbuches in Nordrhein-Westfalen (BauGB-AG NRW), in Kraft getreten am 15.07.2021, entfällt die Privilegierung von Windenergieanlagen im Außenbereich innerhalb eines Abstandes von 1.000 m zu Wohngebäuden in Gebieten mit Bebauungsplänen (§ 30 BauGB) und zu Wohngebäuden innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile (§ 34 BauGB), sofern dort Wohngebäude nicht nur ausnahmsweise zulässig sind. Außerdem entfällt die Privilegierung von WEA innerhalb eines Mindestabstandes von ebenfalls 1.000 m zu Wohngebäuden im Geltungsbereich von Außenbereichssatzungen nach § 35 Absatz 6 BauGB. Diese Mindestabstände finden jedoch keine Anwendung für Vorhaben innerhalb von Windkonzentrationszonen, die vor dem 15. Juli 2021 in einem Flächennutzungsplan dargestellt wurden. Kommunen können den Mindestabstand durch eine gezielte Bauleitplanung auch unterschreiten, wodurch sich weitere Potenziale für die Windenergienutzung ergeben können. Das Land NRW hat mit der Abstandsregelung von einer Möglichkeit Gebrauch gemacht, die der Bund im Jahr 2020 durch Änderung des BauGB in § 249 Absatz 3 geschaffen hatte.

In der Flächenanalyse wird daher ein erweiterter Mindestabstand von 1.000 m zu Wohngebäuden in den aufgeführten Gebieten angesetzt. Bereiche im Umkreis von 1.000 m um diese Wohngebäude werden als Ausschlussflächen bewertet. Auf Landesebene liegen jedoch keine Geodatensätze zu den im BauGB-AG NRW benannten Gebieten der kommunalen Bauleitplanung vor: Gebiete im Geltungsbereich von Bebauungsplänen nach § 30 BauGB, im Zusammenhang bebaute Ortsteile nach § 34 BauGB und Gebiete mit Außenbereichssatzungen nach § 35 Absatz 6 BauGB müssen in der Flächenanalyse also behelfsweise mit landesweit vorliegenden, einheitlichen Geodatensätzen möglichst adäquat nachgebildet werden.

In Ermangelung landesweiter Geodaten wird in der Flächenanalyse der Geodatensatz „AX\_Ortslage“ des ATKIS Basis DLM (Digitales Landschaftsmodell, ADV 2018) zur Abbildung von Gebieten nach § 30 BauGB (Geltungsbereich von Bebauungsplänen) und § 34 (im Zusammenhang bebaute Ortsteile) genutzt. Zu allen Wohngebäuden innerhalb des ATKIS-Datensatzes „AX\_Ortslage“ wird ein Mindestabstand von 1.000 m angesetzt. Ausgenommen werden hiervon Wohngebäude, die zwar innerhalb des Datensatzes „AX\_Ortslage“ liegen, sich zugleich aber auch innerhalb des ATKIS-Datensatzes „AX\_IndustrieUndGewerbeflaeche“ befinden. In Industrie- und Gewerbegebieten sind Wohngebäude in der Regel nur ausnahmsweise zulässig und daher nicht vom Mindestabstand von 1.000 m nach § 2 Absatz 1 BauGB-AG NRW erfasst.

Die Grundlage für die Abgrenzung der Objektart „AX\_Ortslage“ im ATKIS Basis DLM sind insbesondere Luftbilder, aber auch verschiedene weitere Informationsquellen und Kartierungen durch Vermessungstechniker vor Ort. Flächen ab einer Größe von 10 ha werden zu den Ortslagen gezählt, des Weiteren auch mindestens 10 „miteinander zusammenhängende Anwesen“. Insgesamt bildet dieser Datensatz relativ gut eine Abgrenzung zum Außenbereich ab.

Darüber hinaus wird zur Abbildung eines Mindestabstandes zu Wohnhäusern innerhalb von Außenbereichssatzungen auch ein Abstand von 1.000 m zu Wohngebäuden außerhalb des Datensatzes „AX\_Ortslage“ angesetzt, wenn diese Wohngebäude Bereiche mit einer Mindestanzahl an Gebäuden und einem Abstand untereinander von maximal 50 m bilden. Nach § 5 Absatz 6 BauGB müssen für die Festsetzung von Außenbereichssatzungen einige Anforderungen erfüllt sein, unter anderem muss „Wohnbebauung von einem Gewicht“ vorhanden sein. Die Rechtsprechung geht davon aus, dass dies ab fünf Wohngebäuden in aller Regel der Fall ist. Die Mindestanzahl nah beieinanderliegender Wohngebäude zur Abbildung von Außenbereichssatzungen wird daher in der Potenzialanalyse auf fünf festgesetzt, ein Puffer von 1.000 m um diese Wohnhäuser als Einzelfallprüfungsfläche bewertet und daher im Restriktionsszenario ausgeschlossen. Dieser Ansatz bildet somit grob alle Bereiche in NRW ab, für die theoretisch Außenbereichssatzungen vorliegen oder künftig festgesetzt werden könnten. Dadurch werden allerdings deutlich mehr Siedlungsbereiche berücksichtigt, als von den Kommunen in der Realität tatsächlich mit Außenbereichssatzungen erfasst werden. Das zeigte eine im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführte stichprobenartige Abfrage von insgesamt 62 Städten und Gemeinden in NRW. Die im Jahr 2021 durchgeführte Befragung ergab, dass derzeit in diesen 62 Kommunen insgesamt 131 Außenbereichssatzungen bestehen, im Schnitt also etwa zwei Außenbereichssatzung je Gemeinde. Durch den Ansatz des Restriktionsszenarios wird hingegen in den befragten 62 Gemeinden ein Mindestabstand von 1.000 m zu insgesamt 1.315 Gebieten im Außenbereich angesetzt. Nur für etwa 10 % dieser Bereiche bestehen bislang also tatsächlich Außenbereichssatzungen. Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie wird daher die erforderliche Mindestanzahl an Wohngebäuden auf 20 erhöht (bei weiterhin maximal 50 m Abstand untereinander). Dadurch ergeben sich in ganz NRW rund 800 abgegrenzte Bereiche im Außenbereich (im Schnitt also etwa zwei Bereiche je Gemeinde), bei denen anschließend ein Abstand von 1.000 m zu allen Wohngebäuden als Ausschlussfläche angesetzt wird. Auch wenn letztlich keine landesweiten Informationen darüber vorliegen, wo vor Ort tatsächlich Außenbereichssatzungen bestehen, dürfte dieser Ansatz die Auswirkungen der Mindestabstandsregelung im Außenbereich für ganz NRW relativ gut abbilden.

#### Allgemeine Siedlungsbereiche:

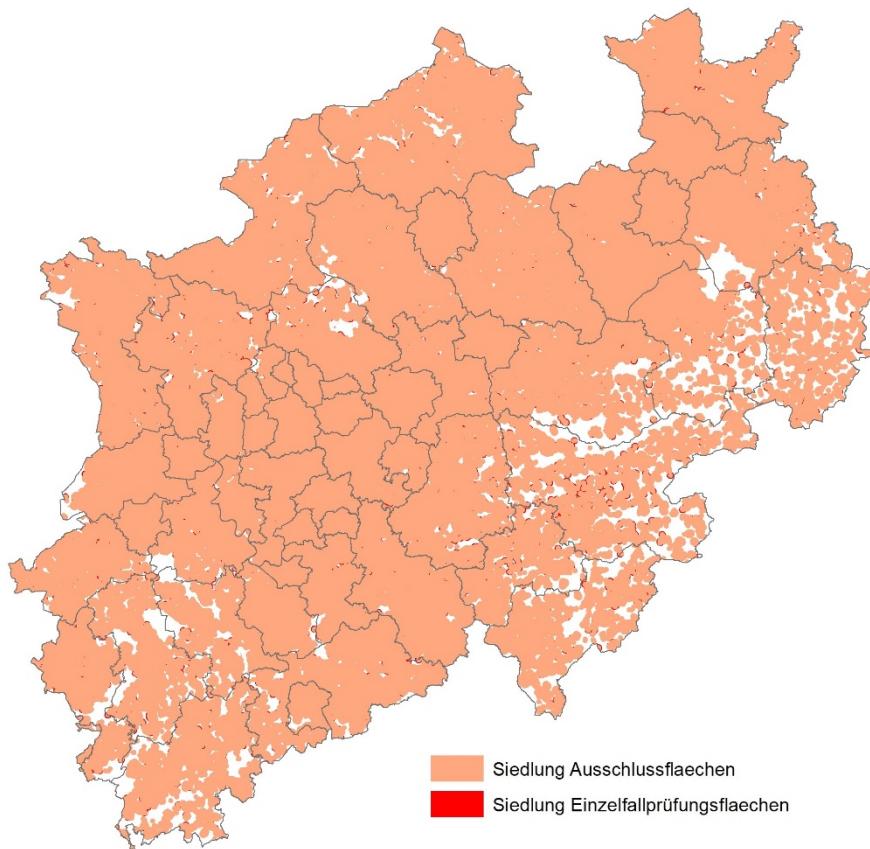
Allgemeine Siedlungsbereiche (ASB) sind eine Flächenkategorie der Regionalplanung. Nach Verordnung zur Durchführung des Landesplanungsgesetzes (LPIG DVO) sind dies Vorranggebiete für Wohnen, wohnverträgliches Gewerbe, Wohnfolgeeinrichtungen, öffentliche und private Dienstleistungen, siedlungszugehörige Grün-, Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen oder andere, konkret zu benennende baulich geprägte Nutzungen. Ausweisungen von Gebieten für die Windenergienutzung (Konzentrationszonen) sind in ASB nach Windenergie-Erlass Nummer 3.2.4.1 nicht zulässig. Allgemeine Siedlungsbereiche werden in der Flächenanalyse als Ausschlussflächen bewertet.

#### Bereiche für gewerbliche und industrielle Nutzungen:

Auch die Bereiche für gewerbliche und industrielle Nutzungen (GIB) sind eine Flächenkategorie der Regionalplanung. Die LPIG DVO definiert GIB als Vorranggebiete insbesondere für emittierende Industrie- und Gewerbebetriebe, emittierende öffentliche Betriebe sowie jeweils zuzuordnende Anlagen (Flächen für Versorgungs- und Serviceeinrichtungen, Grün- und Erholungsflächen, Abstandsflächen). Die Ausweisung von Flächen für die Windenergienutzung als Außenbereichsplanung kommt in GIB als Innenbereichskategorie in aller Regel nicht in Betracht, auch wenn GIB im Einzelfall für die Errichtung von Windenergieanlagen genutzt werden können (WEE NRW, 3.2.4.1). Da in GIB nur begrenztes Potenzial gesehen werden kann, werden diese Flächen als Restriktion betrachtet und somit im Weiteren in der Flächenanalyse ausgeschlossen.

#### Kategorie Siedlung gesamt

Insgesamt beträgt die Flächengröße aller Ausschlussflächen aus der Oberkategorie Siedlung 3.093.528 ha. Das entspricht 90,7 % der gesamten Landesfläche Nordrhein-Westfalens von 34.112 km<sup>2</sup> (IT.NRW 2022). Die summierte Flächengröße von Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen beträgt insgesamt 3.112.122 ha, was 91,2 % der Fläche NRWs entspricht. Die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen der Kategorie Siedlung sind in Abbildung 6 kartographisch dargestellt.



**Abbildung 6:** Ausschlussflächen Kategorie Siedlung

## 4.2 Infrastruktur

Auf Grund der bestehenden Vorbelastung können sich Bereiche entlang von Infrastrukturachsen gut als Standorte für die Windenergienutzung eignen. Dabei sind jedoch verschiedene rechtliche Einschränkungen zu beachten.

### Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landes- und Kreisstraßen:

Die Zulässigkeit von Windenergieanlagen entlang von Bundesautobahnen, Bundesstraßen sowie Landes- und Kreisstraßen wird im Windenergie-Erlass unter Nummer 8.2.5 thematisiert. Gemäß § 9 Absatz 1 Bundesfernstraßengesetz dürfen WEA längs von Bundesfernstraßen in einer Entfernung bis zu 40 m bei Bundesautobahnen und bis zu 20 m bei Bundesstraßen nicht errichtet werden (Anbauverbot). Darüber hinaus ist für die Errichtung von Windenergieanlagen längs von Bundesautobahnen in einer Entfernung bis zu 100 m und längs der Bundesstraßen in einer Entfernung von bis zu 40 m gemäß § 9 Absatz 2 Bundesfernstraßengesetz die Zustimmung der obersten Landesstraßenbaubehörde erforderlich (Anbaubeschränkung). Gemäß § 25 Absatz 1 Straßen- und Wegegesetz des Landes Nordrhein-Westfalen bedürfen WEA die Zustimmung der Straßenbaubehörde, wenn sie längs von Landes- und Kreisstraßen in einer Entfernung bis zu 40 m errichtet werden. Da die genannten Entfernungen nicht vom Mastfuß einer Windenergieanlage zu messen sind, sondern von der Rotorblätter zum äußeren

Rand der befestigten Fahrbahn, werden in dieser Studie auf die oben genannten Abstände jeweils 80 Meter (Länge des Rotorblattes der Referenzanlage) aufgeschlagen.

Bundesautobahnen und Bundesstraßen sowie die dazugehörigen Anbauverbotszonen von 40 m bzw. 20 m plus ein weiterer Puffer von 80 m (Rotorlänge) zu beiden Seiten werden bei der Flächenanalyse ausgeschlossen. In den Anbaubeschränkungszonen stellt die erforderliche Zustimmung der obersten Landesstraßenbaubehörde kein absolutes rechtliches Hindernis dar, weswegen diese Bereiche ebenso wie Bereiche in einem Abstand von maximal 40 m zu Landes- und Kreisstraßen als Einzelfallprüfungsflächen bewertet werden (plus jeweils eines Puffers von 80 m für die Rotorblätter).

#### Elektrifizierte Bahnstrecken:

Analog zu Bundesautobahnen und Bundesfernstraßen werden in der Flächenanalyse auch elektrifizierte Bahnstrecken inklusive eines beidseitigen Puffers von 180 m ausgeschlossen. Der Abstand von 180 m setzt sich zusammen aus einem Schutzstreifen von 100 m und der Länge des Rotorblattes der Referenzanlage von 80 m, damit auch bei ungünstiger Stellung des Rotors die Blattspitze potenzieller Anlagen nicht in den Schutzstreifen von Oberleitungen ragt.

#### Freileitungen:

Bei der Planfeststellung von Stromleitungen mit einer Nennspannung von 110 kV oder mehr nach §§ 43 ff. Energiewirtschaftsgesetz wird anhand technischer Regelwerke und auf der Grundlage der Antragsunterlagen ein Schutzstreifen festgelegt. Dieser ist grundsätzlich von anderer Bebauung freizuhalten. Nach Windenergie-Erlass NRW (Nummer 8.2.10) kann die Zustimmung zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen innerhalb dieses Schutzstreifens in der Regel nicht erteilt werden. Zudem ist sicherzustellen, dass die Blattspitze des Rotors zu keiner Zeit in den Schutzstreifen von Freileitungen hineinragen darf. In der Flächenanalyse dieser Studie wird pauschal ein Schutzstreifen auf beiden Seiten von Freileitungen vom 100 m angenommen und um die Rotorlänge von 80 m erweitert. Diese Bereiche werden ausgeschlossen.

Über die Freihaltung des Schutzstreifens hinaus weist der Windenergie-Erlass zusätzlich auf die Frage des Abstandes von Windenergieanlagen zu Freileitungen selbst hin und empfiehlt, dafür den neuen technischen Standard in DIN EN 50341-2-4 (VDE 0210-2) heranzuziehen.

#### Abgrabungsbereiche

Bereiche für die Sicherung und den Abbau oberflächennaher Bodenschätze (BSAB, Abgrabungsbereiche) sind regionalplanerische Vorranggebiete, die Flächen für den oberirdischen Abbau von Rohstoffvorkommen sichern. Die Ausweisung von Flächen für die Windenergienutzung kommt in Abgrabungsbereichen regelmäßig nicht in Betracht (Windenergie-Erlass NRW, Abschnitt 3.2.4.1). Im Einzelfall ist für die Windenergienutzung jedoch eine vorübergehende Inanspruchnahme von langfristig gesicherten Flächen oder eine Nachfolgenutzung von nicht mehr genutzten Abgrabungsbereichen möglich (WEE NRW, Abschnitt 3.2.4.2). Daher werden

BSAB in der Flächenanalyse dieser Studie nicht generell ausgeschlossen, sondern als Einzelfallprüfungskriterien bewertet.

### Aufschüttungen und Ablagerungen

Bereiche für Aufschüttungen und Ablagerungen sind regionalplanerische Vorranggebiete zur Ablagerung von Abfällen oder zur Lagerung bzw. Ablagerung von Bodenschätzen, Nebengestein oder sonstigen Massen (z. B. Halden und Deponien). Als Nachfolgenutzung kommen diese Bereiche grundsätzlich auch für die Windenergienutzung in Betracht, wobei die Frage der Standfestigkeit genau geprüft werden muss (WEE NRW, Abschnitt 3.2.4.2). In der Flächenanalyse werden Aufschüttungen und Ablagerungen als Einzelfallprüfungsflächen bewertet.

### Braunkohletagebau:

Ausgeschlossen werden in der Flächenanalyse Bereiche, auf denen aktuell Braunkohletagebau stattfindet, Flächen vorlaufend zum Braunkohletagebau sowie die geplanten Restseen. Für all diese Flächen ist bis zum Jahr 2030 realistischer Weise nicht mit einer Windenergienutzung zu rechnen. Nicht ausgeschlossen werden Flächen des Rheinischen Reviers, auf denen kein Braunkohletagebau mehr stattfindet und die nicht in den Bereichen der geplanten Restseen liegen. Grundlage für die Abgrenzungen ist die Tagebauplanung der RWE Power AG von Februar 2020.

### Flughäfen und Flugplätze mit Bauschutzbereichen:

Mit dem Luftverkehrsrecht und den Auswirkungen auf die Windenergienutzung befasst sich der Windenergie-Erlass NRW in Punkt 8.2.6. Dies betrifft unter anderem die Bauschutzbereiche (§§ 12 – 18 Luftverkehrsgesetz (LuftVG)), die der Hindernisüberwachung für Flughäfen und Flugplätze dienen. Diese Vorschriften betreffen die Frage, ob Bauwerke wie z. B. Windenergieanlagen als physische Luftfahrthindernisse ein Kollisionsrisiko und somit eine Gefahr für den Flugbetrieb darstellen. In Bauschutzbereichen steht die Errichtung von Bauwerken unter einem luftrechtlichen Genehmigungs- bzw. Zustimmungsvorbehalt, es handelt sich jedoch nicht um ein generelles Bauverbot.

Grundsätzlich benötigen alle Bauwerke, die eine Höhe von 100 m über Grund überschreiten, auch außerhalb von Bauschutzbereichen im Genehmigungsverfahren die Zustimmung der Luftfahrtbehörde. Bei den aktuell üblichen Anlagenhöhen ist also in der Regel von einer potentiellen Betroffenheit des Luftverkehrs auszugehen. Außerhalb der Flugplatzbereiche ist nach Windenergie-Erlass NRW aber meist eine Vereinbarkeit mit den Vorschriften der §§ 12 – 18 Luftverkehrsgesetz zu erreichen (u. a. durch Kennzeichnung der WEA als Luftfahrthindernisse). In der Regel befindet sich eine WEA außerhalb der Flugplatzbereiche, wenn ein Abstand von 15 km zu Flughäfen und 4 km zu sonstigen Flugplätzen eingehalten wird.

Die baulichen Anlagen von Flughäfen und Flugplätzen werden in der Flächenanalyse ausgeschlossen. Die Bauschutzbereiche werden nach Rücksprache mit der Bezirksregierung Düsseldorf, Dezernat Luftsicherheit, in der Flächenanalyse dieser Studie differenziert bewertet.

Generell ausgeschlossen werden alle Flächen im Umkreis von 4 km um Verkehrsflughäfen, um die Verkehrslandeplätze Mönchengladbach und Essen/Mülheim sowie die Militärflugplätze Geilenkirchen und Nörvenich, sowie Bereiche im Umkreis von 1,5 km um sonstige Verkehrslandeplätze. Bereiche um sonstige Flugplätze werden nicht generell ausgeschlossen.

Zudem werden Bereiche im Umkreis von 15 km um Verkehrsflughäfen, um die Verkehrslandeplätze Mönchengladbach und Essen/Mülheim sowie die Militärflugplätze Geilenkirchen und Nörvenich als Einzelfallprüfungsflächen bewertet. Das gleiche gilt für Bereiche im Umkreis von 4 km um sonstige Verkehrslandeplätze, einen Umkreis von 2,5 km um Sonderlandeplätze, einen Umkreis von 2 km um Segelfluggelände und Pflichtmeldepunkte (festgelegte Sichtflugverfahren) sowie einen Umkreis von 1,5 km um UL-Sonderlandeplätze. Die angesetzten Radien basieren zum einen auf den gesetzlichen Vorschriften in §§ 12 und 17 LuftVG, zum anderen auf internationalen bzw. nationalen technischen Regelwerken.

#### Anlagenschutzbereiche der Flugsicherung:

Nach § 18a Luftverkehrsgesetz dürfen WEA nicht errichtet werden, wenn davon mögliche Störwirkungen auf Navigations- und Radaranlagen der Flugsicherungsorganisationen ausgehen. Diese Flugsicherungseinrichtungen wie z. B. UKW-Drehfunkfeuer (VOR = Very High Frequency Omnidirectional Radio Range bzw. DVOR = Doppler-VOR) sind ein Bestandteil der Luftfahrt-Navigationsinfrastruktur und dienen dem sicheren und effizienten Betrieb von Luftfahrzeugen. Bauwerke und insbesondere Windenergieanlagen können einen Einfluss auf die Ausbreitung der elektromagnetischen Funkwellen der Anlagen und die Genauigkeit der Positionsbestimmung der Luftraumnutzer haben. Ob durch Windenergieanlagen eine unzulässige Störung vorliegt, entscheidet das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) im Einzelfall aufgrund einer gutachterlichen Stellungnahme der Deutschen Flugsicherung (DFS), die im Auftrag des Bundes Flugsicherungsaufgaben wahrnimmt.

Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) hat im Jahr 2015 den europaweiten Umgang mit Anlagenschutzbereichen definiert und grundsätzlich eine Reduzierung dieses Bereiches auf 10 km für DVOR ermöglicht. In Deutschland gilt hingegen grundsätzlich ein Schutzbereich von 15 km, in dem im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens eine Überprüfung des Störpotenzials (Einzelfallanalyse) durch die DFS im Auftrag des BAF erfolgen muss. Begründet wird dies mit einer besonders hohen Dichte an Windenergieanlagen in Deutschland. In der Vergangenheit führte dies in der Regel zu einer Ablehnung der Genehmigung von WEA innerhalb dieses Schutzabstandes. Unter anderem eine Studie des Instituts für Elektromagnetische Verträglichkeit an der TU Braunschweig hat diese Begutachtungsmethodik kritisiert (GEISE 2019).

Im Jahr 2018 wurde von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) das Projekt „WERAN plus“ gestartet. Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer verbesserten Prognosemethode zur Einschätzung der Störwirkung von WEA. Die Ergebnisse des Projektes „WERAN plus“ liegen seit November 2019 vor und führen zu Anpassungen der Prognosemethode, deren neue Fassung seit dem 1. Juni 2020 Anwendung findet. Die Anwendung dieser neuen Berechnungsmethode führt dazu, dass auch im Radius von 15 Kilometern um DVOR WEA häufiger genehmigungsfähig sind. Da zudem im Rahmen der weltweiten Umstellung der Instrumentenflugverfahren auf reine Flächennavigation konventionelle Navigationsanlagen

und insbesondere VOR/DVOR zunehmend an Bedeutung verlieren, wird in der Flächenanalyse dieser Potenzialuntersuchung eine für die Windenergienutzung günstige Bewertung getroffen: Bereiche um Flugsicherungseinrichtungen werden im Umkreis von 3 km generell ausgeschlossen, und darüber hinaus bis zu einem Umkreis von 10 km als Einzelfallprüfungsflächen bewertet.

#### Seismologische Stationen:

Windenergieanlagen können auch Konflikte mit seismologischen Messstationen auslösen. Der Windenergie-Erlass befasst sich mit diesem Thema im Abschnitt 8.2.12. Zuständig für die Erdbebenüberwachung und die Bewertung der Erdbebengefährdung in NRW ist der Geologische Dienst des Landes Nordrhein-Westfalen. Zudem besteht auch eine wissenschaftliche Erdbebenfassung durch Stationen von Hochschulen, insbesondere der Universitäten Köln und Bochum und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, Hannover).

Der Geologische Dienst und die Hochschulen sind als Stationsbetreiber in Planungs- und Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen in einem Umkreis um ihre Messstationen, in dem Beeinträchtigungen möglich sind, zwingend zu beteiligen. Diese Beteiligungsradien sind für die jeweiligen seismologischen Stationen differenziert zu betrachten, da sich die Stationen z. B. in ihrer Funktionsfähigkeit, der Lage auf Fest- oder Lockergestein sowie ihrer genauen Aufgabe unterscheiden. Im gemeinsamen Erlass des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk und des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz vom 17.03.2016 werden daher spezifische Beteiligungsradien von 2 km, 5 km oder 10 km stationsgenau festgelegt.

Die Stellungnahmen der Stationsbetreiber sind in den Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen zu berücksichtigen. Dabei ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Störung der Funktionsfähigkeit einer seismologischen Station durch den Betrieb einer Windenergieanlage zu erwarten ist, und ob diese gegebenenfalls ein Gewicht erreicht, dass sie der Genehmigung einer im Außenbereich grundsätzlich privilegierten Windenergieanlage entgegensteht. Nicht jede Beeinträchtigung führt automatisch zu einem Entgegenstehen, erforderlich sind hierfür Auswirkungen auf die Aufgabenerfüllung der Stationsbetreiber in rechtserheblichem Maß.

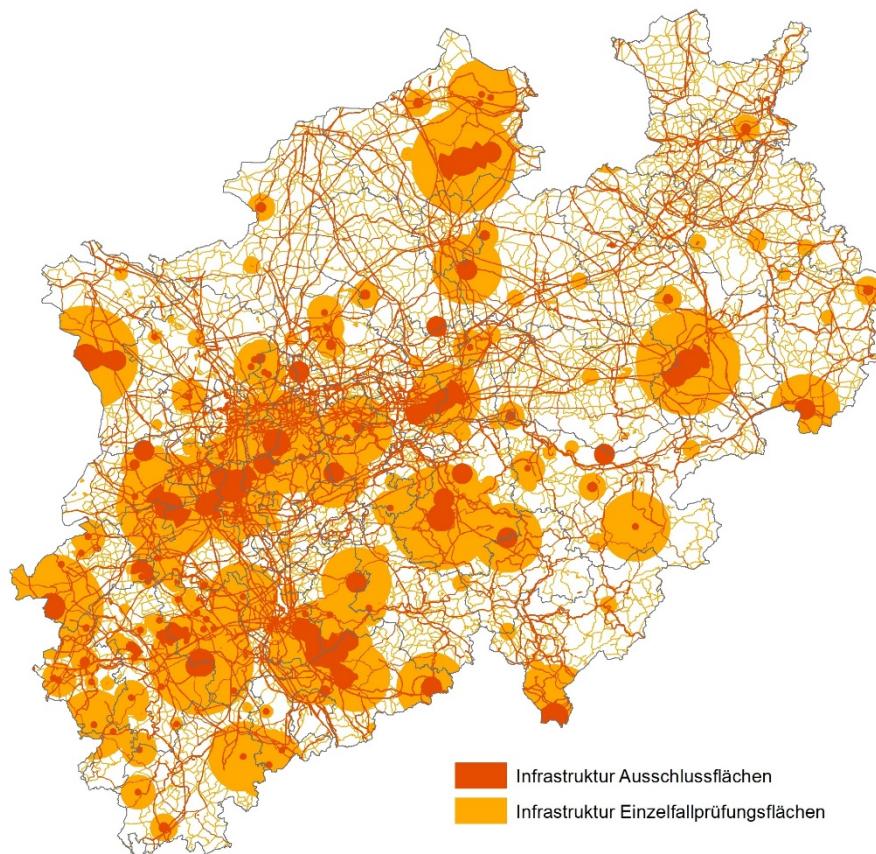
Um in diesem Feld weitere Erkenntnisse zu gewinnen, beauftragte das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW (MWIDE) Prof. Dr. Ritter vom Geophysikalischen Institut des Karlsruher Instituts für Technologie mit der Erarbeitung eines Prognosetools für seismische Immissionen an Erdbeben-Messstationen in Nordrhein-Westfalen (RITTER 2021). In der Studie wird ein neues Konzept der seismischen Immissionsabschätzung entwickelt, dass auf den gemessenen Emissionen von Windenergieanlagen mit einer Leistung von 2 MW und 3 MW beruht. Emissionen von größeren Anlagen können auf Grund fehlender Messdaten bislang nur abgeschätzt werden. In dem Bericht werden die Rauschverhältnisse an den seismologischen Messstationen in NRW in den Jahren 2018 und 2019 beschrieben und als Ergebnis der Berechnungen mit dem Prognosetool minimale Schutzradien für seismologische Messstationen vorgeschlagen. Diese werden differenziert für verschiedene Untergrundverhältnisse und die jeweilige Bedeutung der seismologischen Messstationen und betragen für einzelne WEA mit einer Leistung von 3 MW zwischen 1 km und 2,2 km. Bei Windparks mit mehreren Anlagen können demnach größere Radien erforderlich sein. Für Windenergieanlagen mit einer Leistung von 5 MW und mehr, die der Referenzanlage dieser Studie

entsprechen würden, kann die Studie mangels Messdaten jedoch nur grobe Abschätzungen leisten.

Auch auf Grundlage dieser Untersuchung wird bei der Flächenanalyse der Potenzialstudie Windenergie der Bereich im Umkreis von 2 km um seismologischen Messstationen als Ausschlussfläche bewertet. Die entsprechend des gemeinsamen Erlasses zu seismologischen Stationen und Windenergieanlagen vom 17.03.2016 festgelegten stationsspezifischen Beteiligungsradien von 2 km, 5 km oder 10 km werden in der Flächenanalyse zudem als Einzelfallprüfungsflächen bewertet.

#### Kategorie Infrastruktur gesamt

Die Flächengröße aller Ausschlussflächen aus der Oberkategorie Infrastruktur beträgt 691.755 ha. Das entspricht 20,3 % der gesamten Landesfläche Nordrhein-Westfalens. Betrachtet man die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen gemeinsam, beträgt die Flächengröße insgesamt 1.887.830 ha, was 55,3 % der Fläche NRWs entspricht. Die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen der Kategorie Infrastruktur sind in Abbildung 7 dargestellt.



**Abbildung 7:** Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Infrastruktur

## 4.3 Gewässer

### Stehende und fließende Gewässer:

Stehende Gewässer, fließende Gewässer und Hafenbecken werden in der Flächenanalyse generell ausgeschlossen. Zudem werden Bereiche im Umkreis von 50 m um fließende Gewässer erster Ordnung und stehende Gewässer, die größer als 5 ha sind, als Einzelfallprüfungsflächen bewertet. In diesen Uferzonen dürfen nach § 61 Absatz Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) zwar grundsätzlich keine baulichen Anlagen errichtet werden, es sind jedoch im Einzelfall Ausnahmegenehmigungen von diesem Bauverbot möglich. Die Entfernung ist hierbei in der Regel vom Mastfuß aus zu messen, nicht von der Rotorblattspitze (Windenergie-Erlass NRW 8.2.2.6).

### Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete:

Rechtliche Vorgaben für Wasserschutzgebiete (WSG) sind in § 51 und § 52 Wasserhaushaltsgesetz, dem § 35 Landeswassergesetz (LWG) in Verbindung mit der jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnung oder Anordnungen nach § 52 Absatz 2 Wasserhaushaltsgesetz festgelegt. Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete sind in den Arbeitsblättern W 101 (A) (Grundwasser) und W 102 (A) (Talsperren) des Deutschen Vereines des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) beschrieben, die zuletzt im März 2021 aktualisiert wurden. Der Windenergie-Erlass NRW thematisiert Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete in Abschnitt 8.2.3.2.

Bei Windenergieanlagen stellt vor allem das Fundament einen Eingriff in die Schutzfunktion der Deckschichten dar, der die Grundwassererneuerung dauerhaft beeinflussen kann. Auch die Errichtung, der Betrieb und der Rückbau haben Auswirkungen, z. B. durch direkte Einträge von wassergefährdenden Stoffen oder durch die Schädigung oder Verdichtung des Bodens.

Wasserschutzgebiete werden allgemein unterschieden in Talsperrenschutzgebiete und Grundwasserschutzgebiete. In der die WSG begründenden gebietsspezifischen Verordnung werden sie in der Regel in drei Wasserschutzzonen (WSZ) eingeteilt. Sofern bei Heilquellschutzgebieten (HQSG) qualitative Schutzzonen festgesetzt worden sind, sind diese mit den Schutzzonen in Wasserschutzgebieten vergleichbar. Die WSZ I eines Grundwasser- oder Talsperrenschutzgebietes hat den Schutz der Wassergewinnungsanlage bzw. des Speicherbeckens mit Stausee und der unmittelbaren Umgebung vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen zu gewährleisten. Dort sind jegliche Baumaßnahmen sowie das Betreten verboten. Die WSZ II hat den Schutz vor Verunreinigungen durch den Eintrag von Krankheitserregern und vor nachteiligen Beeinträchtigungen sicherzustellen. Schon das Errichten und Erweitern von baulichen Anlagen stellt in WSZ II für Grundwasser- und Talsperrenschutzgebiete nach den aktuell geltenden rechtlichen Vorgaben in der Regel ein nicht tolerierbares Gefährdungspotenzial für das Trinkwasser dar. Für bestehende Ausnahmeregelungen zur Befreiung von Verbots in den Wasserschutzzonen I und II ist im Regelfall davon auszugehen, dass diese für das Errichten und Betreiben von WEA nicht erteilt werden können. Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete der Wasserschutzzonen I und II werden in der Flächenanalyse dieser Studie daher generell ausgeschlossen.

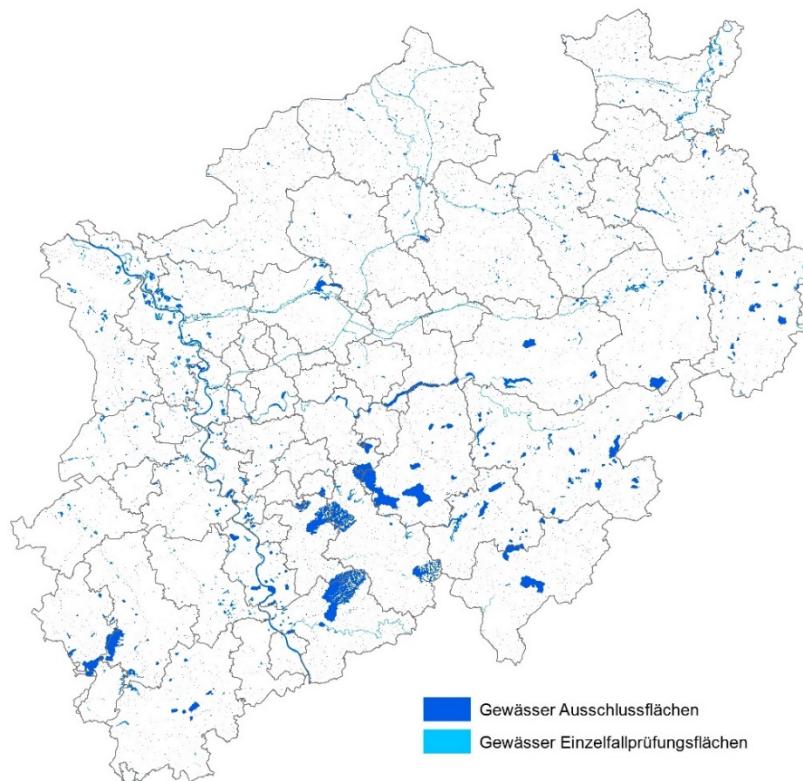
Die Wasserschutzone III bietet Schutz vor nicht oder nur schwer abbaubaren Verunreinigungen im großräumigen Umfeld der Wassergewinnungsanlage bzw. Talsperre und soll in etwa das unterirdische bzw. oberirdische Einzugsgebiet erfassen. Bei der Genehmigung baulicher

Anlagen in WSZ III sind mögliche Gefährdungen der Wassergewinnung während Errichtung, Betrieb oder Rückbau durch geeignete Nebenbestimmungen zu minimieren. Für die Schutzzonen III der Wasserschutzgebiete und Heilquellschutzgebiete wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass hier (abhängig von den jeweiligen Schutzgebietsbestimmungen) ein Potenzial für die Errichtung von Windenergieanlagen besteht. Die Flächen werden daher in der Flächenanalyse dieser Untersuchung nicht restriktiv gewertet. Diese pauschale Bewertung ist im Einzelfall bei der konkreten Standortplanung vor Ort zu überprüfen. Wasserversorgungsanlagen, für die keine Schutzgebiete ausgewiesen sind, werden in der landesweiten Flächenanalyse nicht berücksichtigt. Auch hier sind ggf. notwendige Abstände im Einzelfall zu prüfen, damit die Wassergewinnung nicht negativ beeinflusst wird.

Mittelfristig ist in Nordrhein-Westfalen die Erarbeitung einer landesweiten Wasserschutzgebietsverordnung (neben der bereits erlassenen landesweiten Wasserschutzgebietsverordnung oberirdische Bodenschatzgewinnung (LwWSGVO-OB)) geplant, welche an die Stelle der gebietsspezifischen WSG-Verordnungen treten soll. Hierdurch würde sich auch der oben knapp skizzierte regulatorische Rahmen für die Windenergienutzung im Zusammenhang mit Wasserschutzgebieten verändern.

#### Kategorie Gewässer gesamt

Die Flächengröße aller Ausschlussflächen aus der Oberkategorie Gewässer beträgt 128.855 ha. Das entspricht 3,8 % der gesamten Landesfläche Nordrhein-Westfalens. Bei gemeinsamer Betrachtung von Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen beträgt die Flächengröße insgesamt 150.890 ha, was 4,4 % der Fläche NRWs entspricht. Die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen der Kategorie Gewässer sind in Abbildung 8 kartographisch dargestellt.



**Abbildung 8:** Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Gewässer

## 4.4 Natur und Landschaft

Die Auswirkungen naturschutzrechtlich bedeutsamer Gebiete (ohne Landschaftsschutzgebiete) für die Windenergienutzung werden im Windenergie-Erlass NRW in Abschnitt 8.2.2.2 thematisiert. Bezuglich der im Folgenden aufgeführten Gesetzlich geschützten Biotope, Nationalparke, Naturschutzgebiete und NATURA 2000-Gebiete ergibt sich die Wertung als Ausschlussbereiche in der Flächenanalyse bereits aus den allgemeinen gesetzlichen Zerstörungs-, Beschädigungs-, Beeinträchtigungs-, Veränderungs- oder Verschlechterungsverboten.

### Gesetzlich geschützte Biotope:

Gesetzlich geschützte Biotope kommen gemäß § 30 Bundesnaturschutzgesetz sowie § 42 Landesnaturschutzgesetz NRW nicht als Standorte für Windenergieanlagen in Betracht. Sie werden daher in der Flächenanalyse als Ausschlussflächen gewertet.

### Naturschutzgebiete:

Festgesetzte, ausgewiesene oder einstweilig sichergestellte Naturschutzgebiete (NSG) kommen nicht als Standorte für Windenergieanlagen in Betracht und werden daher in der Flächenanalyse generell ausgeschlossen. Darüber hinaus wird ein Puffer von 80 m um Naturschutzgebiete ebenfalls ausgeschlossen. Dieser Abstand entspricht der Länge des Rotorblattes der Referenzanlage und stellt sicher, dass auch bei ungünstiger Stellung des Rotors die Blattspitze einer potenziellen Anlage nicht in Naturschutzgebiete hineinragt. Zudem werden alle Bereiche in einem Abstand von 300 m um Naturschutzgebiete als Einzelfallprüfungsflächen gewertet.

### NATURA 2000-Gebiete (FFH- und Vogelschutzgebiete)

Auch NATURA 2000-Gebiete (Fauna-Flora-Habitat-Gebiete (FFH-Gebiete) und europäische Vogelschutzgebiete (VSG)) kommen nicht als Standorte für WEA in Betracht. Sie werden daher in der Flächenanalyse ausgeschlossen. Darüber hinaus wird auch bei FFH-Gebieten und Vogelschutzgebieten ein Pufferbereich von 80 m um diese Gebiete ausgeschlossen, um das Hineinragen bzw. Überstreichen dieser Schutzgebiete durch die Rotorblätter von potenziellen Anlagen zu verhindern. Zudem werden alle Bereiche in einem Abstand von 300 m um NATURA 2000-Gebiete als Einzelfallprüfungsflächen gewertet. Die ausschließende Wirkung der NATURA 2000-Gebiete gilt in der Potenzialanalyse jedoch nicht für das Repowering dort schon bestehender Anlagen. Nach Windenergie-Erlass NRW und unter Hinweis auf die Rechtsprechung ist das Repowering von Altanlagen innerhalb der Natura 2000-Gebiete möglich, wenn die Errichtung und der Betrieb nicht zu erheblichen Beeinträchtigungen des Gebietes in seinen für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteile führt.

### Nationalparke:

Nationalparke kommen nach Windenergie-Erlass nicht als Standorte für Windenergieanlagen in Betracht. In NRW betrifft dies den Nationalpark Eifel. Dieser Bereich wird daher in der Flächenanalyse ausgeschlossen.

### Bereiche für den Schutz der Natur:

Bereiche für den Schutz der Natur (BSN) sind eine Flächenkategorie der Regionalplanung. Nach der Verordnung zur Durchführung des Landesplanungsgesetzes (LPIG DVO) sind dies Vorranggebiete, in denen die natürlichen Gegebenheiten durch besondere Maßnahmen gesichert oder entwickelt werden sollen. Die Ausweisung von Flächen für die Windenergienutzung kommt in Bereichen für den Schutz der Natur daher nicht in Betracht (WEE NRW, Abschnitt 3.2.4.1). BSN werden in der Flächenanalyse als Ausschlussflächen gewertet.

### Landschaftsschutzgebiete

Mit über 45 % wird ein sehr großer Teil der Fläche des Landes Nordrhein-Westfalen von Landschaftsschutzgebieten (LSG) abgedeckt. Mancherorts umfassen LSG fast den gesamten Außenbereich, in dem der Gesetzgeber jedoch auch die Errichtung von Windenergieanlagen privilegiert hat. Die Errichtung von Windenergieanlagen stellt häufig eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes dar. Die Vereinbarkeit der Windenergienutzung, die in der Regel nur im Außenbereich stattfinden kann, mit dem Landschaftsschutz ist daher für den Windenergieausbau in NRW von besonders großer Bedeutung. Der Windenergie-Erlass NRW thematisiert die Windenergienutzung in Landschaftsschutzgebieten in Abschnitt 8.2.2.5.

In Landschaftsschutzgebieten besteht in der Regel nach § 26 Bundesnaturschutzgesetz ein Bauverbot, welches in den jeweiligen Landschaftsschutzgebietsverordnungen beziehungsweise dem Landschaftsplan konkretisiert wird. Der Bau von WEA ist in Landschaftsschutzgebieten dennoch möglich, wenn die Befreiungsvoraussetzungen nach § 67 BNatSchG vorliegen. Zu diesen Voraussetzungen zählt die Abwägung des öffentlichen Interesses an den Belangen von Naturschutz, Landschaftspflege und Artenschutz mit dem öffentlichen Interesse an (z. B.) der Windenergienutzung. Welches öffentliche Interesse letztlich überwiegt, hängt u. a. von der Schutzwürdigkeit der Landschaft am jeweiligen Standort ab.

Das LANUV hat das Landschaftsbild flächendeckend für Nordrhein-Westfalen im Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege bewertet, der nach § 8 Landesnaturschutzgesetz NRW (LNatSchG) erstellt wird. Diese Landschaftsbildbewertung hat zum Ziel, wertvolle und weniger wertvolle Bereiche zu identifizieren, und berücksichtigt mit einer standardisierten Methode verschiedene Kriterien wie „Eigenart“, „Vielfalt“ und „Schönheit“. Im Ergebnis werden vier Wertstufen der Landschaftsbildeinheiten (LBE) differenziert: „sehr hoch“ (herausragende Bedeutung, LBE 1), „hoch“ (besondere Bedeutung, LBE 2), „mittel“ (LBE 3) und „sehr gering/gering“ (LBE 4). Für Teilbereiche von Landschaftsschutzgebieten, die vom LANUV als Bereiche mit „herausragender Bedeutung“ für das Landschaftsbild (LBE 1) bewertet werden, lässt sich nach Windenergie-Erlass NRW ein überwiegendes Interesse des Naturschutzes und der Landschaftspflege gegenüber dem Interesse des Windenergieausbaus begründen.

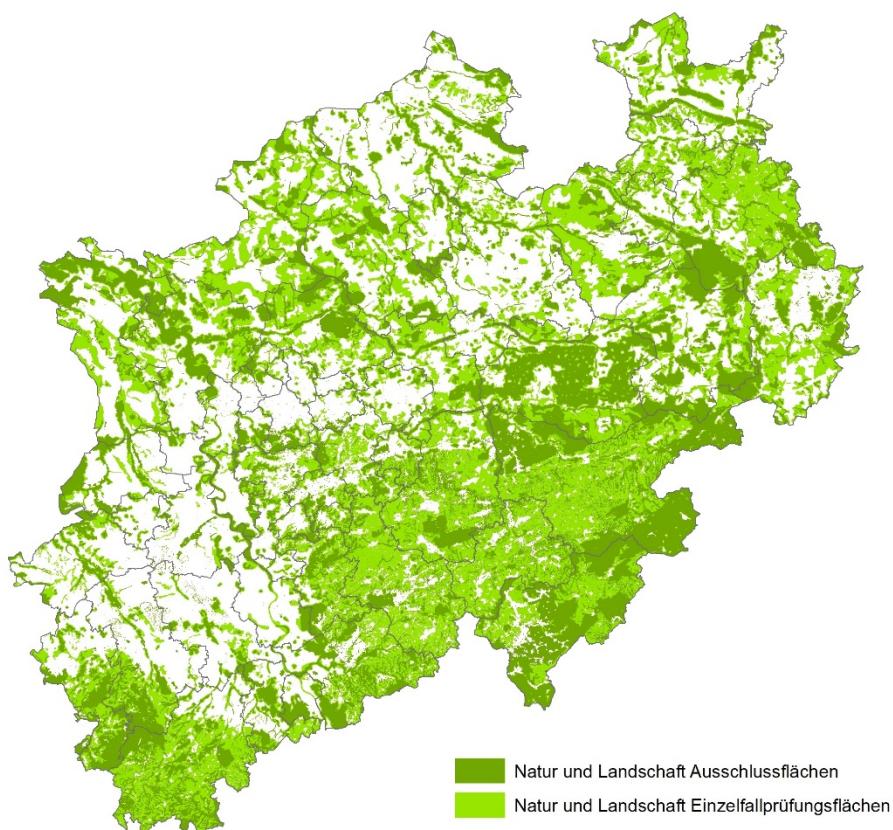
Landschaftsschutzgebiete werden in der Flächenanalyse dieser Studie daher differenziert auf Basis der Bewertung der Landschaftsbildeinheiten behandelt. LSG mit der Landschaftsbildbewertung „sehr hoch“ (LBE 1) werden generell ausgeschlossen, LSG mit der Bewertung „sehr gering / gering“ (LBE 4) werden nicht als restriktiv für die Windenergienutzung bewertet und zählen somit zu den Potenzialflächen. Die beiden mittleren Bewertungsklassen (LBE 2 und LBE 3) werden zu den Einzelfallprüfungsflächen gezählt.

### Weitere naturschutzrechtlich bedeutsame Bereiche

Andere naturschutzrechtlich relevante Bereiche, die im Windenergie-Erlass in Abschnitt 8.2.2.2. aufgeführt werden, sind Naturdenkmale oder gesetzlich geschützte Landschaftsbestandteile. Hierbei handelt es sich häufig um sehr kleinteilige Bereiche. Die Windenergienutzung kommt auch hier regelmäßig nicht in Betracht. Im Einzelfall ist jedoch eine Genehmigung möglich, z. B. wenn sich nur der Rotor einer WEA über einer Hecke als geschütztem Landschaftsbestandteil dreht, aber keine direkte Flächeninanspruchnahme durch Fundamente, Zugewegungen oder Kranstellflächen erfolgt. Ein Ausschluss dieser kleinteiligen Bereiche erfolgt im Rahmen der landesweiten Flächenanalyse dieser Studie nicht. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind diese Aspekte im Einzelfall zu berücksichtigen.

### Kategorie Natur und Landschaft gesamt

Die Flächengröße aller Ausschlussflächen aus der Oberkategorie Natur und Landschaft beträgt 963.795 ha. Das entspricht 28,3 % der gesamten Landesfläche Nordrhein-Westfalens. Betrachtet man die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen gemeinsam, beträgt die Flächengröße insgesamt 2.052.329 ha, was 60,2 % der Fläche NRWs entspricht. Die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen der Kategorie Natur und Landschaft sind in Abbildung 9 kartographisch dargestellt.



**Abbildung 9:** Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Natur und Landschaft

## 4.5 Wald

Der Bau von Windenergieanlagen auf Waldfächern erfordert in der Regel neben den übrigen Zulassungsvoraussetzungen eine forstbehördliche Genehmigung nach § 9 Absatz 1 Bundeswaldgesetz in Verbindung mit § 39 Landesforstgesetz. Der Grundsatz der Walderhaltung wird durch Spezialgesetze des Forstrechts, aber auch durch Raumordnungs- und Baurecht gewährleistet (WEE, Abschnitt 8.2.2.4). Die Abschätzung von Potenzialen zur Windenergienutzung im Wald berücksichtigt u. a. Ziel 7.3-1 des Landesentwicklungsplans NRW (LEP), wonach Waldbereiche vor nachteiligen Entwicklungen zu bewahren sind und nur ausnahmsweise für entgegenstehende Planungen und Maßnahmen wie die Windenergienutzung in Anspruch genommen werden dürfen.

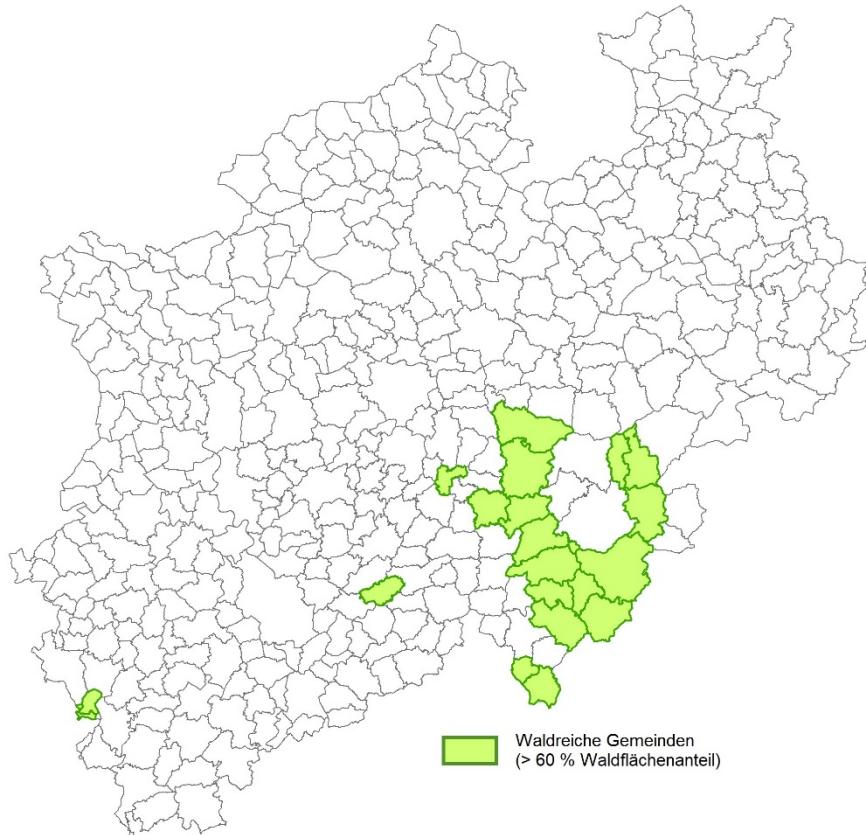
Es muss aber im Gegenzug auch dem Umstand Rechnung getragen werden, dass Windenergieanlagen im Wald auf Grund der Privilegierung der Windenergie im Außenbereich nach § 35 Abs. 1 Satz 5 BauGB nicht generell ausgeschlossen werden können. Gemeinden, die der Windenergie außerhalb des Waldes nicht substanzial Raum schaffen können, müssen hierfür ggf. auch (möglichst weniger werthaltige) Waldfächen in Betracht ziehen. So sieht auch Ziel 7.3-1 des LEP ausnahmsweise die Möglichkeit zur Errichtung von WEA im Wald vor, wenn hierfür ein Bedarf nachgewiesen ist, und dieser nicht außerhalb der Waldbereiche realisiert werden kann. Die Errichtung von Windenergieanlagen innerhalb von Waldbereichen ist demnach möglich, aber an Voraussetzungen geknüpft. Im Rahmen der geforderten Beschränkung auf das unbedingt erforderliche Maß der Waldinanspruchnahme sollen insbesondere solche Flächen in Betracht kommen, die neben ihrer wirtschaftlichen Ertragsfunktion möglichst wenig andere Waldfunktionen erfüllen. Welche Gemeinden in der Praxis Waldfächen in Betracht ziehen müssen, um der Windenergie substanzial Raum zu gewähren, kann aus landesweiter Perspektive nicht abschließend beurteilt werden. Es ist davon auszugehen, dass dies vor allem besonders waldreiche Gemeinden betrifft. Als waldreich werden im LEP Gemeinden definiert, die einen Waldanteil von mindestens 60 % der Gemeindefläche aufweisen (siehe LEP NRW Abb. 5, S. 82). In der Potenzialanalyse wird auf diese bereits bestehende Definition zurückgegriffen. Zudem werden ausschließlich Nadelwaldflächen berücksichtigt, da diese neben der wirtschaftlichen Ertragsfunktion häufig weniger Waldfunktionen erfüllen als Laub- und Mischwälder.

In den letzten Jahren sind in den Wäldern Nordrhein-Westfalens große Schäden durch Dürre, Sturm oder Schädlingsbefall entstanden. Diese sogenannten Kalamitätsflächen sind Waldfächen, die bisher insbesondere mit Nadelbäumen bestockt waren, die derzeit aber stark von Ausfällen betroffen oder vorübergehend ohne Bestockung sind. Kalamitätsflächen verbleiben zwar bislang Waldfächen im Sinne der forstrechtlichen Bestimmungen, zu denen u. a. auch die Pflicht der Wiederaufforstung zählt. In der Fortschreibung der Energieversorgungsstrategie nimmt die Landesregierung diese Bereiche jedoch für eine zukünftige Windenergienutzung in den Blick. Unter Beteiligung der Forst- und Naturschutzbehörden sowie der Landesplanung sollen Änderungen des Landesentwicklungsplans und des Windenergieerlasses durchgeführt und entsprechende Handlungsleitlinien entwickelt werden. Es ist u. a. vorgesehen, auf Kalamitätsflächen für die Windenergie eine befristete Nutzung von bis zu 30 Jahren bei anschließender Renaturierung zu ermöglichen (MWIDE 2021).

Grundlage für die Abgrenzung von Waldflächen im Rahmen der Flächenanalyse sind sowohl die regionalplanerisch festgelegten Waldbereiche, als auch das ATKIS-Basis-DLM (Objektart „AX\_Wald“). Für regionalplanerische Waldbereiche, die sich nicht mit Waldflächen aus ATKIS überschneiden (und denen daher entsprechende Attribute fehlen), wird zur Unterscheidung zwischen Nadel-, Laub- und Mischwäldern auf Luftbildauswertungen zurückgegriffen. Grundlage für die Berücksichtigung der Kalamitätsflächen ist ein Geodatensatz des Landesbetriebes Wald und Holz NRW zu Vitalitätsverlusten (Stand: September 2021). Dieser Datensatz umfasst insgesamt 112.610 Hektar Kalamitätsfläche, die als „geräumte Kahlflächen“ oder „stehendes Totholz“ eingestuft werden. Grundlage für den Datensatz der Kalamitätsflächen sind Satellitendatenauswertung für den Zeitraum von 2018 bis 2020. Führen die in der Energieversorgungsstrategie angekündigten Anpassungen der derzeit geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen dazu, dass Windenergieanlagen auf Kalamitätsflächen zukünftig in aller Regel errichtet werden können, wären diese Flächen grundsätzlich als geeignet für die Windenergienutzung zu bewerten. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass Kalamitätsflächen häufig von anderen Schutzgebietskategorien überlagert sind (z. B. Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, FFH- und Vogelschutzgebiete), die einer Windenergienutzung häufig im Wege stehen können.

Sofern es sich nicht um Kalamitätsflächen handelt, werden Laub- und Mischwaldflächen in der Potenzialanalyse generell als höherwertige Waldflächen von der Potenzialermittlung ausgeschlossen. Naturwaldzellen, Saatgutbestände, Versuchsfächer und Wildnisentwicklungsgebiete werden in der Flächenanalyse ebenfalls als Ausschlussflächen bewertet. Nadelwaldflächen werden zwar in der Regel ebenfalls ausgeschlossen, allerdings mit der Ausnahme von Bereichen in besonders waldreichen Gemeinden. Zu diesen landesweit insgesamt 19 Kommunen zählen folgende Städte und Gemeinden: Engelskirchen und Roetgen im Regierungsbezirk Köln sowie die Gemeinden Altena, Arnsberg, Bad Laasphe, Bad Berleburg, Bestwig, Burbach, Erndtebrück, Finnentrop, Hilchenbach, Kirchhundem, Lennestadt, Netphen, Neunkirchen, Olsberg, Plettenberg, Sundern und Winterberg im Regierungsbezirk Arnsberg (Abbildung 10). Die Nadelwaldflächen in diesen waldreichen Gemeinden werden im Rahmen der landesweiten Potenzialabschätzung als Einzelfallprüfungsflächen bewertet. Zudem werden alle Kalamitätsflächen ebenfalls als Einzelfallprüfungsflächen eingestuft.

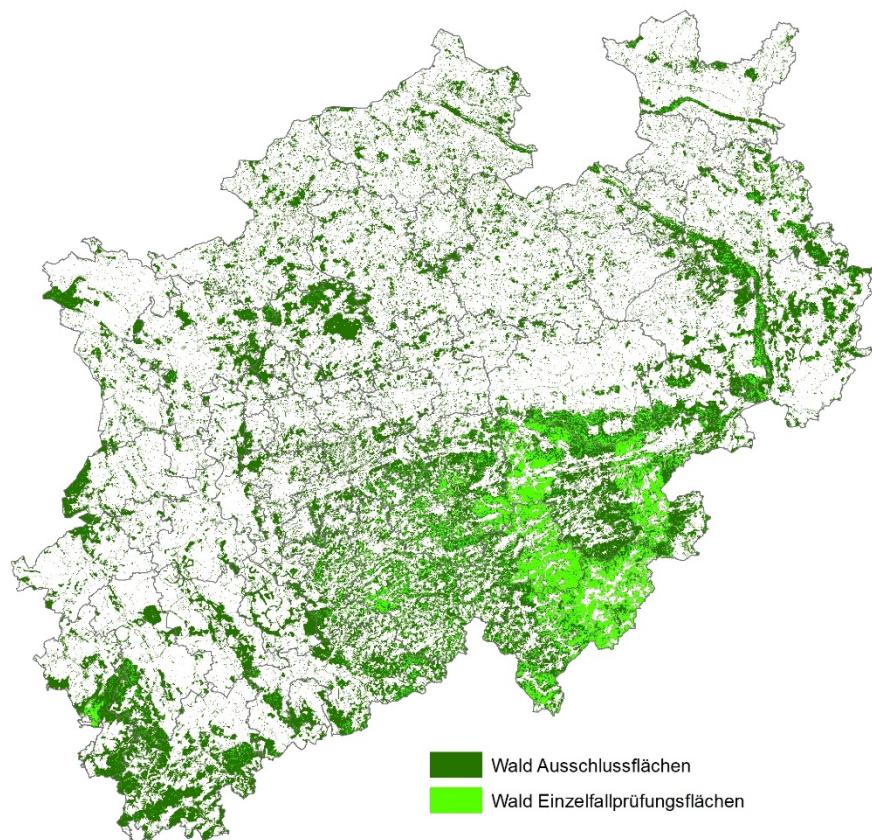
Der beschriebene Ansatz führt dazu, dass im Leitszenario Energieversorgungsstrategie das Windenergiopotenzial im Wald in den waldreichen Gemeinden z. T. deutlich überschätzt wird. In diesem Szenario gelten dort alle Nadelwaldflächen als Potenzialflächen, sofern überlagernd keine weiteren Restriktionen wie z. B. Naturschutzgebiete vorliegen. Das Potenzial im Nadelwald außerhalb von waldreichen Gemeinden wird im Gegenzug tendenziell eher unterschätzt. Während sich mit diesem Ansatz für das landesweite Potenzial ein sehr ambitionierter, aber dennoch nicht unplausibler Anteil von potenziellen WEA-Standorten im Wald ergibt, sind auf Gemeindeebene die Potenziale in den 19 waldreichen Gemeinden entsprechend vorsichtig zu interpretieren.



**Abbildung 10:** Waldreiche Gemeinden (> 60 % Waldflächenanteil) in NRW nach LEP 2019

### Kategorie Wald gesamt

Die Flächengröße aller Ausschlussflächen aus der Oberkategorie Wald beträgt 868.857 ha. Das entspricht 25,5 % der gesamten Landesfläche Nordrhein-Westfalens. Betrachtet man die Ausschlussflächen und die Einzelfallprüfungsflächen (Kalamitätsflächen und Nadelwald in waldreichen Gemeinden) gemeinsam, beträgt die Flächengröße insgesamt 1.064.626 ha, was 31,2 % der Fläche NRWs entspricht. In Abbildung 11 sind die Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen der Kategorie Wald kartographisch dargestellt.



**Abbildung 11:** Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen Kategorie Wald

## 4.6 Fazit Flächenanalyse

Die gesamte Flächengröße aller Ausschlussflächen beträgt 3.344.458 ha. Das entspricht 98,0 % der Landesfläche Nordrhein-Westfalens. Bei gemeinsamer Betrachtung der Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen beträgt die Flächengröße insgesamt 3.400.497 ha, was 99,7 % der Fläche NRWs entspricht. Die aggregierten Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen aller Kategorien sind in Abbildung 12 kartographisch dargestellt. Nach Anwendung der Ausschluss- und Einzelfallprüfungskriterien werden im Rahmen der GIS-gestützten Flächenanalyse anschließend noch besonders kleine Potenzialflächen ausgeschlossen (Kapitel 3.2). Dies erklärt die Differenz hinsichtlich der potenziell geeigneten Fläche in NRW zwischen diesen Zwischenergebnissen und den Endergebnissen in Kapitel 6.1.

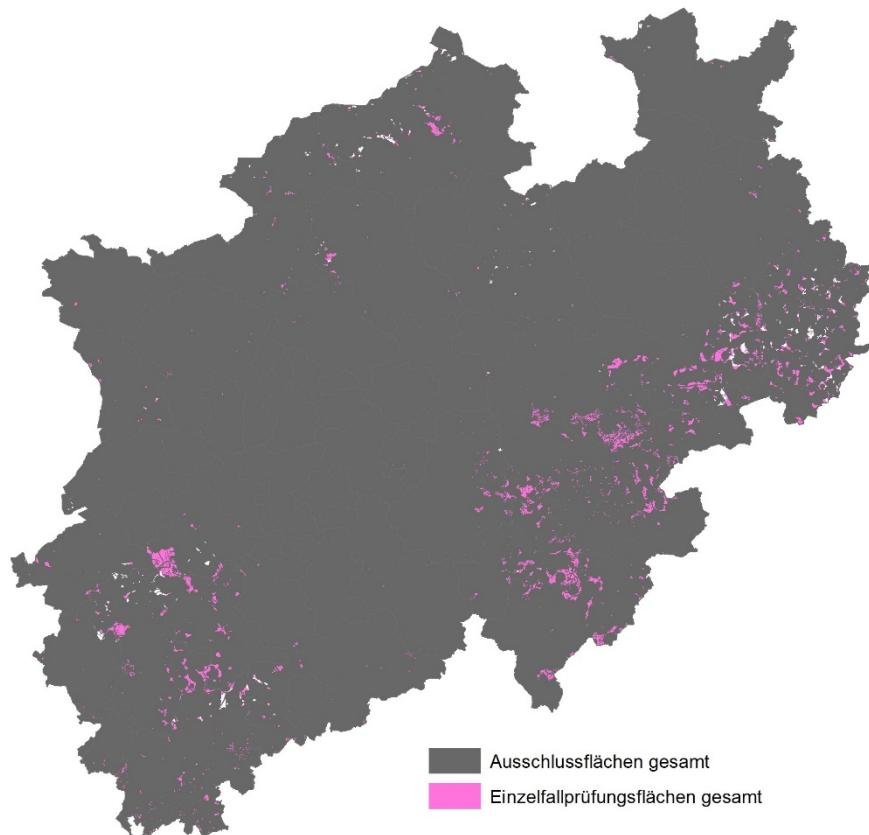


Abbildung 12: Ausschluss- und Einzelfallprüfungsflächen aller Kategorien

## 4.7 Datengrundlagen

In Tabelle 8 sind die in der Flächenanalyse verwendeten Geodatensätze aufgeführt. Dabei werden die jeweiligen Datenquellen sowie der Stand der Daten dargestellt.

**Tabelle 8:** GIS-basierte Flächenanalyse - Datenquellen und Stand der Daten

Kategorie	Flächenkategorie / Parameter	Datenquelle	Stand der Daten
Siedlung	Wohngebäude Datensatz AX_Ortslage Datensatz AX_IndustrieUndGewerbeflaeche	LANUV / ATKIS	Gebäudedaten erhalten am 22.06.2020 Auswahl Ortslage, Industrie und Gewerbefläche 30.03.2021
Siedlung	Allgemeine Siedlungsbereiche (ASB)	Regionalpläne	Geoportal 30.06.2021 Städteverbund 15.12.2020
Siedlung	Bereiche für gewerbliche und industrielle Nutzungen (GIB)	Regionalpläne	Geoportal 30.06.2021 Städteverbund 15.12.2020
Infrastruktur	BAB	ATKIS	30.03.2021
Infrastruktur	Bundesstraßen	ATKIS	30.03.2021
Infrastruktur	Landes- und Kreisstraßen	ATKIS	30.03.2021
Infrastruktur	Elektrifizierte Bahnstrecken	ATKIS	30.03.2021
Infrastruktur	Freileitungen	ATKIS	30.03.2021
Infrastruktur	Abgrabungsbereiche inkl. Nachnutzung (BSAB)	Regionalpläne	Geoportal 30.06.2021
Infrastruktur	Aufschüttungen und Ablagerungen	Regionalpläne	Geoportal 30.06.2021 im Städteverbund nicht vorhanden
Infrastruktur	Braunkohletagebau: Geplante Restseen, Flächen vorlaufend zum Braunkohletagebau, Flächen, auf denen aktuell Braunkohletagebau stattfindet	RWE Power AG	26.02.2020
Infrastruktur	Flughäfen, Flugplätze	ATKIS	30.03.2021
Infrastruktur	Bauschutzbereiche um Flughäfen	BZR Düsseldorf	26.06.2019
Infrastruktur	Anlagenschutzbereiche Flugsicherung	Website Bundesaufsicht für Flugsicherung	28.05.2019
Infrastruktur	Seismologische Stationen	GD, Universitäten	01.03.2020
Gewässer	Stehende Gewässer + Hafenbecken	ATKIS	30.03.2021
Gewässer	Fließende Gewässer	ATKIS	30.03.2021
Gewässer	WSZ und HQSG	LANUV	01.07.2021
Natur & Landschaft	Gesetzlich geschützte Biotope gem. § 30 BNatSchG / § 42 LG	LANUV	15.04.2021
Natur & Landschaft	Bereiche für den Schutz der Natur (BSN)	Regionalpläne	30.06.2021
Natur & Landschaft	Nationalparke	LANUV	15.04.2021

Kategorie	Flächenkategorie / Parameter	Datenquelle	Stand der Daten
Natur & Landschaft	Naturschutzgebiete (festgesetzt, ausgewiesen oder einstweilig sichergestellt)	LANUV	15.04.2021
Natur & Landschaft	FFH-Gebiete	LANUV	15.04.2021
Natur & Landschaft	Vogelschutzgebiete (VSG)	LANUV	15.04.2021
Natur & Landschaft	Landschaftsschutzgebiete (LSG)	LANUV	15.04.2021
Natur & Landschaft	Landschaftsbildeinheiten (LBE)	LANUV	05.10.2018
Natur & Landschaft	Schwerpunktvorkommen windenergieempfindlicher und europarechtlich relevanter Vogelarten	LANUV	01.06.2019
Natur & Landschaft	Geländeneigung	Wald und Holz NRW	Juli 2021
Wald	Laubwälder	ATKIS und Regionalpläne	ATKIS: 30.03.2021 Geoportal: 30.06.2021
Wald	Mischwälder	ATKIS und Regionalpläne	ATKIS: 30.03.2021 Geoportal: 30.06.2021
Wald	Nadelwälder	ATKIS und Regionalpläne	ATKIS: 30.03.2021 Geoportal: 30.06.2021
Wald	Naturwaldzellen	Wald und Holz NRW	01.04.2021
Wald	Saatgutbestände	Wald und Holz NRW	01.04.2021
Wald	Versuchsflächen	Wald und Holz NRW	01.04.2021
Wald	Wildnisentwicklungsgebiete	LANUV	15.04.2021
Wald	Kalamitätsflächen	Wald und Holz NRW	30.06.2021

## 4.8 Nicht berücksichtigte Kriterien

### Winddargebot:

Auf Grund der vergleichsweise großen Höhe der Referenzanlage wird davon ausgegangen, dass das Winddargebot in NRW in der Regel für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen ausreichend ist. Auf eine Modellierung des Winddargebots im Rahmen der Potenzialanalyse wird daher im Gegensatz zur Potenzialstudie aus dem Jahr 2012 verzichtet. Die Berechnung der Windfelder im Rahmen der damaligen Potenzialanalyse zeigte, dass bereits ab einer Höhe von 125 m über Grund die weit überwiegenden Flächenanteile in Nordrhein-Westfalen Windgeschwindigkeiten von mehr als 6,0 m/s aufweisen und damit auch wirtschaftlich gute Voraussetzungen für die Windenergienutzung mit modernen Windenergieanlagen bieten. Lediglich kleine Niederungsbereiche, tiefe Einschnitte in den Mittelgebirgen oder Flächen direkt im Lee von Hindernissen zeigen niedrigere Windgeschwindigkeiten. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass die Windverhältnisse mit zunehmender Höhe über Grund nur sehr selten einen limitierenden Faktor für den Ausbau der Windenergie in Nordrhein-Westfalen darstellen. Die verein-

fachende Annahme eines ausreichenden Winddargebots in entsprechenden Höhen (Nabenhöhe der Referenzanlagen: 161 m) ist daher vor dem Hintergrund des generellen Abstraktionsgrades der landesweiten Potenzialanalyse vertretbar.

#### Windkonzentrationszonen / Windenergiebereiche:

Windenergieanlagen sind nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB im Außenbereich privilegiert. Dies hat zur Folge, dass WEA dort zulässig sind, sofern ihnen kein öffentlicher Belang entgegensteht, und sie nicht gegen andere gesetzliche Vorschriften (z. B. artenschutzrechtliches Tötungs- und Störungsverbot, Vorschriften zur Sicherheit des Luftverkehrs) verstößen. Die Steuerung der Windenergienutzung im Außenbereich ist den Kommunen durch die Ausweisung von Windkonzentrationszonen (WKZ) nach § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB möglich. Diese stellen einen öffentlichen Belang dar, der der Windenergienutzung an anderer Stelle des Gemeindegebiets entgegensteht. Das bedeutet, dass bei erfolgter Konzentrationszonenplanung die Errichtung von Windenergieanlagen grundsätzlich nur noch innerhalb dieser Zonen zulässig ist, die WKZ also eine außergebietliche Ausschlusswirkung für das restliche Gemeindegebiet bewirkt (FA WIND 2020).

Hiermit steht den kommunalen Planungsträgern ein Instrument zur Verfügung, um eine Übernutzung des Außenbereichs zu verhindern und Anlagen an weniger konfliktträchtigen Standorten zu bündeln. Dabei muss jedoch der Privilegierung der Windenergie im Außenbereich Rechnung getragen werden und sichergestellt sein, dass der Windenergie substanziell Raum verschafft wird. Die Frage, was substanziell Raum konkret bedeutet, lässt sich pauschal nicht beantworten und ist stets im Einzelfall zu prüfen (FA WIND 2020).

Die von den Kommunen bauleitplanerisch festgelegten Windkonzentrationszonen sind für den Ausbau der Windenergie daher von zentraler Bedeutung. Dennoch handelt es sich hierbei um lokale, veränderbare politische Entscheidungen, bei denen zukünftig den Windenergieausbau fördernde Änderungen zu erwarten sind. Es kann daher bei der Abschätzung eines landesweiten Potenzials bis zum Jahr 2030 nicht davon ausgegangen werden, dass die derzeitigen Windkonzentrationszonen als limitierender Faktor für den Windenergieausbau auch im Jahr 2030 unverändert in dieser Form in Kraft sein werden. Da die Frage planungsrechtlich verfügbarer Flächen für den Ausbau der Windenergie in der Praxis jedoch von großer Bedeutung ist, erfolgt in Kapitel 6.5 eine Auswertung der Überschneidung von den identifizierten Potenzialflächen und den derzeit von den Kommunen planerisch gesicherten Windkonzentrationszonen in NRW. Die Daten der kommunalen Windkonzentrationszonen werden dem LANUV von den Bezirksregierungen sowie dem RVR zur Verfügung gestellt. Der Datensatz wurde zuletzt im Rahmen der Erarbeitung dieser Studie im Juni 2021 für alle Planungsregionen Nordrhein-Westfalens aktualisiert.

Zudem kann in Nordrhein-Westfalen der Windenergieausbau auch auf Ebene der Regionalplanung durch die Festlegung von Windenergiebereichen als Ziele der Raumordnung (Vorranggebiete ohne die außergebietliche Ausschlusswirkung) gesteuert werden. Hierbei handelt es sich nach LPIG DVO um Gebiete, die für die Nutzung der Windenergie vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Nutzungen in dem Gebiet ausschließen, soweit diese mit der Windenergienutzung nicht vereinbar sind. Möglich ist auch die Darstellung von Windenergievorbehaltsbereichen als Grundsätze der Raumordnung. Bislang wurde von der Ausweisung von Windenergiebereichen in NRW nur in den Regionalplänen Münsterland und Düsseldorf Gebrauch gemacht. Sie werden daher in dieser landesweiten Potenzialanalyse nicht näher betrachtet.

Artenschutz:

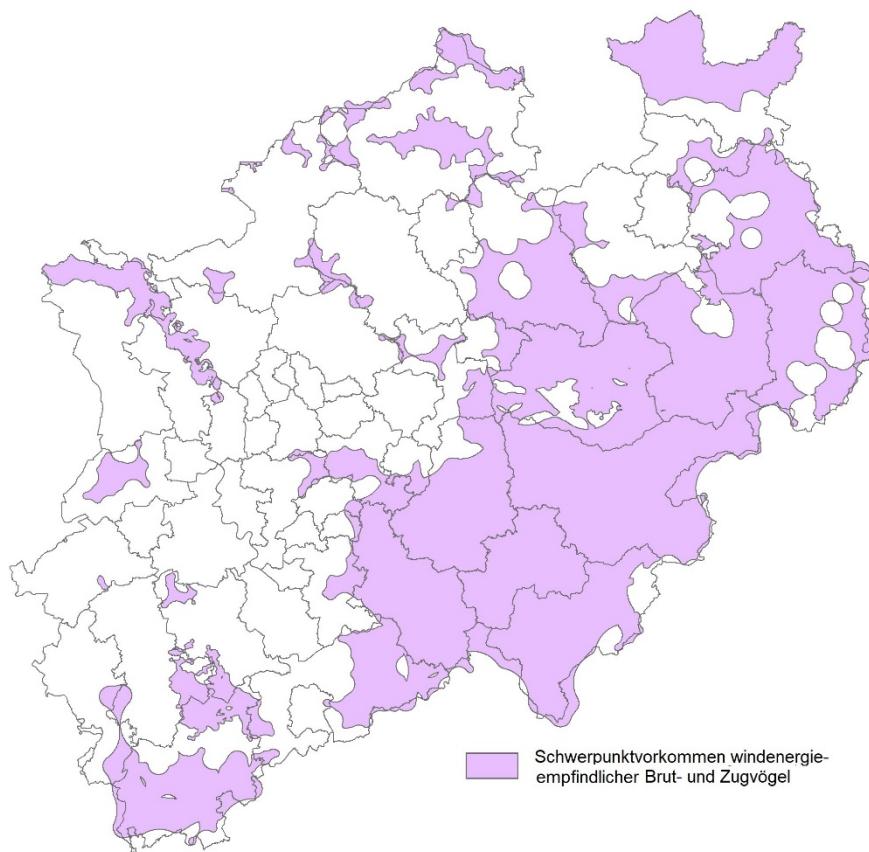
Aus §§ 44 ff Bundesnaturschutzgesetz ergeben sich die Tötungs- und Störungsverbote besonders oder streng geschützter Tierarten sowie die Beschädigungs- und Zerstörungsverbote ihrer Lebensstätten und von Pflanzen und ihrer Standorte sowie mögliche Ausnahmen. Im Rahmen der Planungen und Genehmigung von WEA sind die Regelungen des besonderen Artenschutzes zu berücksichtigen, das zentrale Instrument hierbei ist die Artenschutzprüfung (ASP). Dies betrifft insbesondere die Auswirkungen auf windenergieempfindliche Vogel- und Fledermausarten. Der Windenergie-Erlass NRW befasst sich im Abschnitt 8.2.2.3 mit dem Artenschutz.

Eine Genehmigung kann Windenergieanlagen nach dem Erlass „Artenschutz im immissionsrechtlichen Genehmigungsverfahren“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW (MKULNV) nur erteilt werden, wenn anlagenbezogene artenschutzrechtliche Vorschriften der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen. Weitere konkrete Anforderungen für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen ergeben sich aus dem Leitfaden „Umsetzung des Arten- und Habitatschutzes bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Nordrhein-Westfalen“ des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) vom 10.11.2017.

Zudem hat das LANUV einen Datensatz zu Schwerpunktvorkommen von windenergieempfindlichen Vogelarten abgegrenzt und kartographisch dargestellt. Abbildung 13 zeigt die Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Brutvögel (Brachvogel, Grauammer, Rohrweihe, Rotmilan, Schwarzstorch, Wachtelkönig, Weißstorch und Wiesenweihe) und windenergieempfindlicher Zugvögel (Kranich, Mornellregenpfeifer, Sing- und Zwergschwan sowie nordische Gänse), wie sie auch im Energieatlas NRW dargestellt werden. Für diese Arten stellt das LANUV Flächenmodelle für die Bestimmung der lokalen Populationen landesweit dar. Identifiziert werden die Räume, die von den jeweiligen Arten mit hoher Wahrscheinlichkeit regelmäßig genutzt werden, z. B. als Jagd- und Streifgebiete der Brutvögel oder als regelmäßige Aufenthaltsräume von Rastvögeln. Datengrundlage hierfür sind die Angaben aus dem Fundortkataster NRW aus den Jahren 2015 – 2019.

Die Schwerpunkt vorkommen dienen als Hilfestellungen für artenschutzrechtliche Fragestellungen bei Planung und Bau von WEA, sie sind jedoch keine Tabuzonen für die Windenergienutzung. Auf Grund der überdurchschnittlich hohen Nachweisdichte ist dort aber mit artenschutzrechtlichen Konflikten zu rechnen. Aus Sicht des LANUV ist hier stets eine vertiefende Einzelfallprüfung (ASP, Stufe II) erforderlich. Über die windenergieempfindlichen Vogelarten hinaus sind im Rahmen der WEA-Zulassung weitere Arten- bzw. Artengruppen zu berücksichtigen.

In ihrem Koalitionsvertrag hat die aktuelle Bundesregierung jüngst angekündigt, bei der Schutzwägung in Planungs- und Genehmigungsverfahren einen zeitlich bis zum Erreichen der Klimaneutralität befristeten Vorrang für erneuerbare Energien einräumen zu wollen (BUNDESREGIERUNG 2021). Es bleibt abzuwarten, in wie fern sich der regulatorische Rahmen hier konkret ändern wird, und welche Auswirkungen sich für den Windenergieausbau im Spannungsfeld von Klimaschutz und Artenschutz ergeben werden.



**Abbildung 13:** Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Zug- und Brutvögel

In der Flächenanalyse dieser Studie werden die Aspekte des Artenschutzes zunächst nicht näher berücksichtigt. Zum einen können im Rahmen dieser landesweiten Untersuchung artenschutzrechtliche Fragestellungen, die in der Regel einzelfallbezogen von den konkreten Rahmenbedingungen vor Ort sowie von technischen Parametern der Windenergieanlagen abhängen, maßstabsbedingt nicht adäquat beantwortet werden. Zum anderen erstrecken sich die vorliegenden Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Vogelarten relativ flächen-deckend über große Teile der nordrhein-westfälischen Landesfläche, insbesondere im westfälischen Landesteil und in der Eifel. Eine Berücksichtigung dieser generalisierten Bereiche in der Flächenanalyse würde letztlich sehr große Teile der identifizierten Potenzialflächen generell ausschließen, obwohl die Möglichkeit zur Genehmigung von WEA auch dort stets von den konkreten Bedingungen vor Ort abhängt. Da artenschutzrechtliche Aspekte für den Ausbau der Windenergie in der Praxis jedoch von großer Bedeutung sind, erfolgt in Kapitel 6.7 eine Auswertung der Überschneidung von den identifizierten Potenzialflächen und den Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Vogelarten.

#### Weitere nicht berücksichtigte Kriterien

Auch die folgenden Kriterien werden in der Potenzialanalyse nicht berücksichtigt, in der Regel, weil hierzu keine landesweiten, frei verfügbaren Geodatensätze vorliegen:

- Militärische Flächen
- Sendeanlagen
- Wetterradar
- Rohrfernleitungen
- Baudenkmale, Bodendenkmale
- Reservegebiete für den oberirdischen Abbau nichtenergetischer Bodenschätze
- Prozessschutzflächen
- Zuwegungen
- Netzanbindung
- Laufende Flurbereinigungsverfahren

Grundsätzlich müssen auch diese Kriterien bei Planungen von Flächen oder der Genehmigung von Anlagen auf lokaler Ebene berücksichtigt werden. Im Einzelfall können sie der Windenergienutzung an einem konkreten Standort entgegenstehen.

## 5 Schallmodellierung: Immissionsschutzrechtliche Auswirkungen

Durch das BImSchG und die konkretisierende Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) ergeben sich für Windenergieanlagen Schutzanforderungen bezüglich der Geräuscheinwirkungen auf schutzbedürftige Wohnbebauung, die der Aufstellung von WEA in der Nähe entgegenstehen oder zumindest deren Betrieb einschränken können. Im Rahmen der Potenzialanalyse wird daher auch untersucht, ob für die ermittelten Potenzialflächen und potentiellen WEA-Standorte Einschränkungen durch den Geräuschimmissionsschutz zu erwarten sind. So können die Anforderungen des Lärmschutzes z. B. Begrenzungen der Schallemission erforderlich machen, die sich letztlich auf den energetischen Ertrag der WEA reduzierend auswirken.

Die Potenzialstudie identifiziert Potenzialflächen und betrachtet exemplarisch eine modelhafte, überwiegend raster-basierte Anordnung der Windenergieanlagen (Kapitel 3.6). Es ist nicht sinnvoll, für die so gefundenen potentiellen Einzelstandorte dezidierte akustische Berechnungen durchzuführen, zumal sich die tatsächliche Situation vor Ort in der Praxis durch die Weiterentwicklung der Anlagentechnik, die individuellen Vorstellungen von Betreibern und Grundbesitzern, die konkrete Genehmigungssituation sowie auf Landesebene nicht zu erfassender weiterer Aspekte anders darstellen kann. Die immissionsschutzrechtlichen Auswirkungen der potentiellen Anlagenstandorte werden daher in dieser Betrachtung anhand eines beispielhaften Aufstellungsrasters bewertet und die so gewonnenen Erkenntnisse verallgemeinert.

### 5.1 Akustische Modellierung

#### Beurteilung gemäß TA Lärm

Die Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen unterliegen als gewerbliche Anlagen den schalltechnischen Anforderungen der TA Lärm. Diese sieht die Einhaltung von Immissionsrichtwerten (IRW) entsprechend der Art der Gebietsnutzung und gestaffelt nach Tag- und Nachtzeit vor. Relevant für die hier zu betrachtende Fragestellung sind die Gebietsausweisungen für Mischgebiete (MI) sowie allgemeine Wohngebiete (WA), da diese Gebietsarten am Ortsrand an den Außenbereich angrenzen können, in dem WEA üblicherweise errichtet werden. Daneben sind auch Einzelgebäude im Außenbereich zu betrachten, für diese gilt jedoch ebenfalls der Schutzanspruch eines Mischgebietes. Die TA Lärm betrachtet darüber hinaus auch Gebietsausweisungen für Industrie- und Gewerbegebiete, die jedoch auf Grund der dort zulässigen höheren Immissionsrichtwerte weniger Einschränkungen verursachen und hier daher keiner Betrachtung bedürfen.

Einen stärkeren Schutz als die oben genannten MI- und WA-Gebiete erfahren in der TA Lärm einerseits Krankenhäuser und Pflegeanstalten, die aber eher selten im Randbereich zum Außenbereich angesiedelt sind, sowie die reinen Wohngebiete (WR). Sofern reine Wohngebiete unmittelbar an den Außenbereich angrenzen, wird ihr Schutzanspruch gegenüber den im Außenbereich privilegierten und dort betriebenen Anlagen, wie z. B. WEA, eingeschränkt und üblicherweise im Rahmen der gegenseitigen Pflicht zur Rücksichtnahme zumindest für die ersten Bebauungsreihen auf das Niveau der allgemeinen Wohngebiete herabgesetzt (siehe hierzu: VG Arnsberg, Az. 7 K 218/11 vom 06.12.2012 oder vorausgehend BVerwG, Az. 7 C 77/87 vom 19.01.1989). Für die vorliegende Fragestellung ist daher die Berücksichtigung

der Immissionsrichtwerte für allgemeine Wohngebiete ausreichend. Die maßgeblichen Immissionsrichtwerte in den hier zu betrachtenden Mischgebieten sowie allgemeinen Wohngebieten gemäß TA Lärm sind in Tabelle 9 dargestellt.

**Tabelle 9:** Immissionsrichtwerte nach TA Lärm für Mischgebiete und allgemeine Wohngebiete

Gebietsart	Immissionsrichtwerte tags	Immissionsrichtwerte nachts
Mischgebiet (MI)	60 dB(A)	45 dB(A)
allgemeines Wohngebiet (WA)	55 dB(A)	40 dB(A)

Diese Immissionsrichtwerte sind durch die Summe der Einwirkungen aller der TA Lärm unterliegenden Anlagen einzuhalten. Der IRW für die Tageszeit bezieht sich auf die energetisch gemittelten Geräuschimmissionen über die Zeit von 6:00 bis 22:00 Uhr, während der Immissionsrichtwert nachts als Mittelwert in jeder vollen Nachtstunde zwischen 22:00 und 6:00 Uhr einzuhalten ist. Bei der Beurteilung in Wohngebieten wird in der Beurteilungszeit Tags zum Schutz der Tagesrandzeiten für die in diesen Zeiten einwirkenden Geräuschimmissionen ein Zuschlag von 6 dB(A) vergeben. Die umfänglichste Berücksichtigung erfährt dieser Zuschlag an Sonn- und Feiertagen, hier gelten die Zeiten von 6:00 bis 9:00 Uhr, von 13:00 bis 15:00 Uhr und von 20:00 bis 22:00 Uhr als Ruhezeiten. Durch diesen Zuschlag ist der Betrieb an Sonn- und Feiertagen bezüglich der Wohngebiete in der Beurteilung am kritischsten.

Im Sinne einer pessimalen Abschätzung wird bei den weiteren Berechnungen davon ausgegangen, dass die WEA während der gesamten Beurteilungszeit bei Nennlast betrieben werden und die zugehörige Geräuschemission durchgängig abstrahlen. Bezogen auf die allgemeinen Wohngebiete erfolgt die Berechnung zur Tageszeit unter Berücksichtigung der vorgenannten größtmöglichen Ruhezeitenzuschläge für Sonn- und Feiertage.

### Beispielhafter Musterwindpark

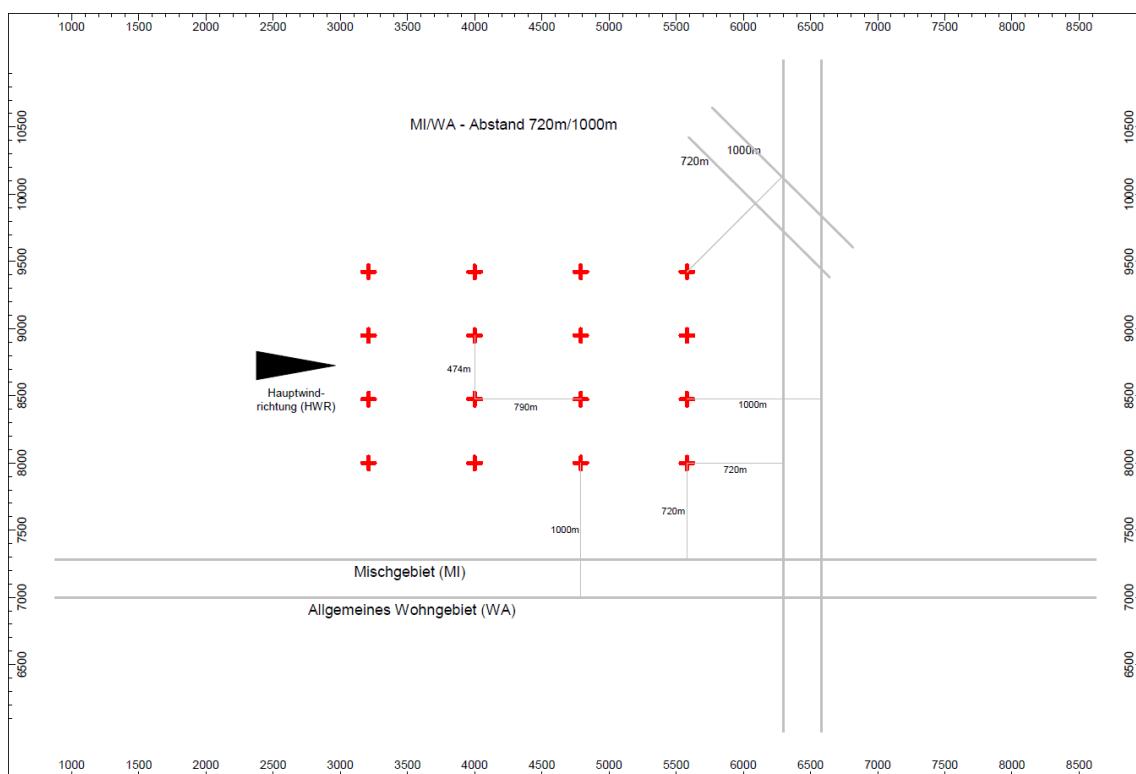
Das Aufstellungsraster für potenzielle WEA dieser Studie (Kapitel 0) berücksichtigt notwendige Mindestabstände, die die WEA untereinander einhalten müssen (790 m / 5-facher Rotordurchmesser in Hauptwindrichtung, 474 m / 3-facher Rotordurchmesser orthogonal zur Hauptwindrichtung). Ferner werden Mindestabstände zu Siedlungsbereichen angenommen (Kapitel 4.1), die insbesondere auf Grund der optisch bedrängenden Wirkung von WEA in dieser Studie grundsätzlich 720 m (3-fache Höhe der Referenzanlage) zu allen Wohngebäuden betragen. Darüber hinaus wird entsprechend des Gesetzes zur Ausführung des Baugesetzbuches in NRW ein erweiterter Mindestabstand von 1.000 m zu Wohngebäuden im Innenbereich sowie innerhalb von Außenbereichssatzungen berücksichtigt. Auf Basis dieser Parameter wird eine beispielhafte Anlagensituation gewählt, die zu einer Anordnung von möglichst vielen Anlagen im Nahbereich von Wohngebäuden führt, und sich dadurch aus Sicht des Geräuschimmissionsschutzes potenziell als besonders kritisch darstellt.

Die Geräuschemission eines Windparks nimmt mit der Anzahl der Anlagen im Park zu. Die Geräuschimmission an einem Immissionsort am Rande dieses Windparks wird jedoch überwiegend durch die nächstgelegenen Anlagen bestimmt. Mit dem Abstand vom Immissionsort

nimmt der Geräuschanteil der einzelnen Anlage ab, so dass Anlagen in den vom Immissionsort weiter weg liegenden hinteren Reihen einen geringeren Einfluss aufweisen.

Für die weitere Betrachtung wird ein Musterwindpark mit einer Anordnung von 16 WEA (Referenzanlage) in einem kompakten 4 x 4-Block im dichtest möglichen Raster des Aufstellungs- rasters gewählt, so dass möglichst viele Anlagen im Nahbereich der Immissionsorte liegen (Abbildung 14). Windparks mit noch mehr Anlagen in dieser engen Anordnung sind in der Realität selten zu erwarten und finden hier daher keine Berücksichtigung. Alternative Situationen mit weniger Anlagen stellen sich aus Sicht des Geräuschimmissionsschutzes weniger kritisch dar.

Angenommen wird im pessimalen Sinne eine Aufstellung in ebener Landschaft, so dass die Schallausbreitung nicht durch die Topografie gemindert wird. Zudem wird angenommen, dass der Windpark auf einer freien Fläche entsteht. Gegebenenfalls bestehende Vorbelastungen durch andere TA Lärm-Anlagen werden nicht berücksichtigt.



**Abbildung 14:** Anordnung der WEA im Musterwindpark und Lage zu den Bereichen mit möglichen Immissionsorten

In Abbildung 14 ist der gewählte Musterwindpark mit 16 WEA in einer 4 x 4 Anordnung dargestellt. Immissionsorte mit dem Schutzanspruch für Mischgebiete (MI) können sich entsprechend der Methodik der Potenzialanalyse in einem Abstand von 720 m, für allgemeine Wohngebiete (WA) in einem Abstand von 1.000 m zum Anlagenfeld befinden. In der Abbildung werden diese Abstände durch graue Linien unterhalb und rechts vom Anlagenfeld sowie in der rechten oberen Ecke skizziert. Mögliche Immissionsorte, bei denen der Mindestabstand von 720 m eingehalten wird, könnten sich also beispielsweise unterhalb der unteren 720 m-Linie

befinden oder rechts neben der rechten Linie. Die folgenden Abbildungen verwenden die gleiche Darstellungsform. Das Betriebsszenario für diesen Musterwindpark berücksichtigt für alle Anlagen den akustisch ungünstigsten Maximalzustand. Es wird davon ausgegangen, dass während der jeweils betrachteten Beurteilungszeit durchgängig alle 16 WEA bei Nennlast betrieben werden und die zugehörige Schallleistung abstrahlen. Ein solcher Betriebszustand ist in der Realität auf Grund der Windsituation nicht dauerhaft zu erwarten. Das Auftreten dieses maximalen Szenarios wird als pessimale Annahme auch bei der Beurteilung in Genehmigungsverfahren berücksichtigt.

Für jede der 16 Windenergieanlagen des Musterwindparks wird im akustischen Modell eine Ersatzschallquelle angenommen. Dabei werden WEA ersatzweise als Punktschallquelle ohne Richtcharakteristik berechnet. Gemäß LAI-Hinweisen (LAI 2016) wird der Ort der Ersatzschallquelle im Rotormittelpunkt der WEA angesetzt. Dies entspricht der Nabenhöhe der WEA, im vorliegenden Fall also 161 m. Die Ausbreitungsberechnung erfolgt mit dem Programm CadnaA der Firma DataKustik GmbH unter Berücksichtigung der DIN ISO 9613-2 "Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien" sowie den LAI-Hinweisen zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (LAI 2016) unter Verwendung des darin geforderten "Interimsverfahrens" (NALS 2015) zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen. Entsprechend berücksichtigt wird auch die darin vorgegebene obere Vertrauensbereichsgrenze von 90 %. Hierfür werden in diesem Fall 2,1 dB angesetzt, damit ergibt sich für die Rechnung ein  $L_{WA} = 108,1 \text{ dB(A)}$ .

## 5.2 Ergebnisse der akustischen Modellierung und Bewertung

In Abbildung 15 wird die räumliche Verteilung der durch den Anlagenbetrieb verursachten Geräuschimmissionen durch farbige Isophonenlinien dargestellt. Ausgehend von den Anlagen ergibt sich als erstes eine gelbe Linie, die einen Beurteilungspegel von 50 dB(A) repräsentiert. Die weiteren Linien entfernen sich von den Anlagen und beschreiben daher niedrigere Schallpegel. Sie folgen jeweils im Abstand von einem dB, wobei die 5 dB-Stufen stärker hervorgehoben und mit Werten beschriftet sind.

### MI-Immissionsorte in 720 m Abstand zur Tageszeit

Immissionsorte mit einem Schutzanspruch für Mischgebiete (MI) sind im Rahmen des Referenzszenarios der Potenzialstudie zum Teil auch schon in einem Abstand von 720 m zum Anlagenfeld zu erwarten.

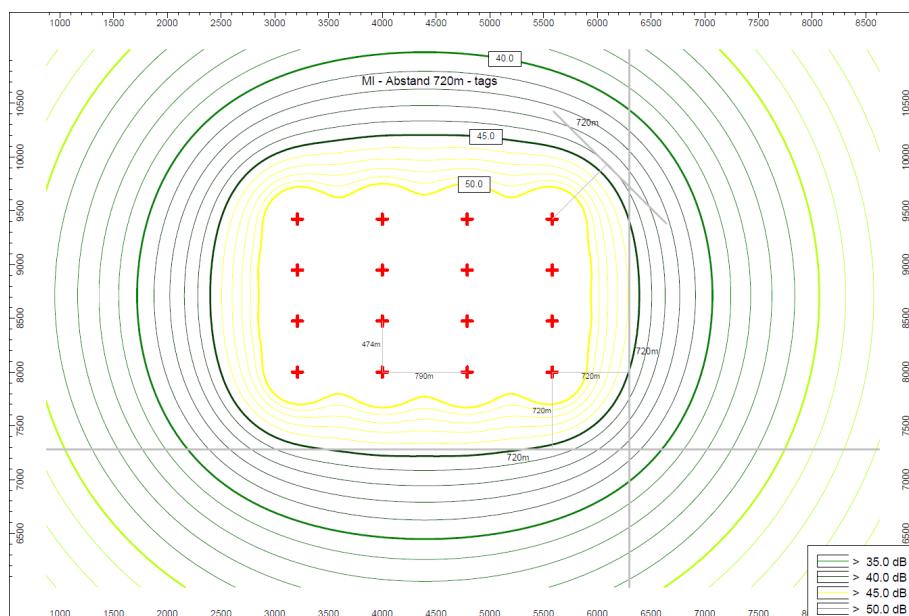
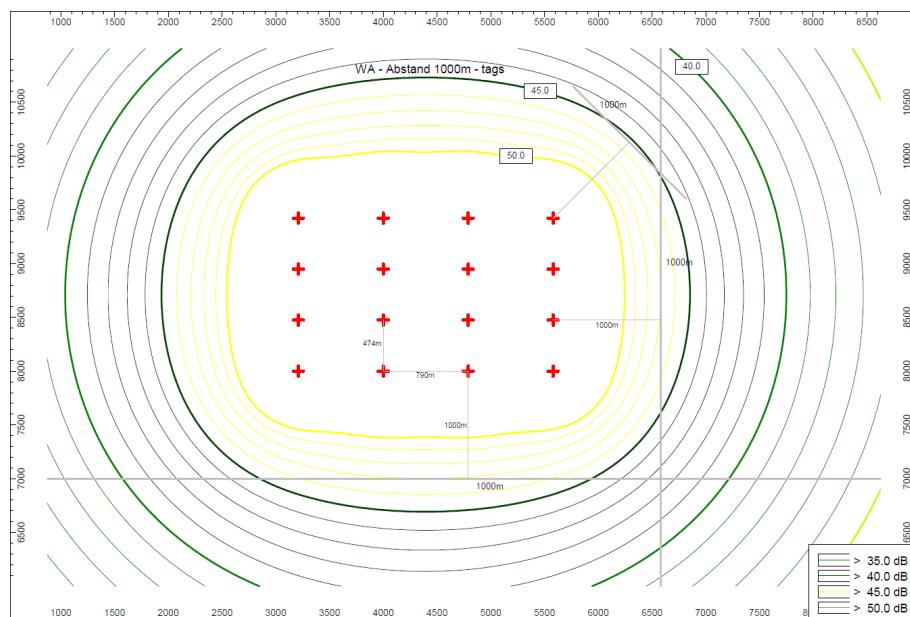


Abbildung 15: Isophonendarstellung der Beurteilungspegel Tags für Immissionsorte in MI-Gebieten

Der maßgebliche Beurteilungspegel für Immissionsorte in MI-Gebieten beträgt nach der TA Lärm zur Tageszeit 60 dB(A). Schon die 46 dB(A) Isophone schneidet an keiner Stelle die 720 m-Linien, ein höherer Beurteilungspegel wird in dieser Betrachtung für entsprechende Siedlungsbereichen nicht erreicht. Der zulässige Immissionsrichtwert von 60 dB(A) tags für Immissionsorte in Mischgebieten wird daher durch den Betrieb des Musterwindparks unter den Rahmenbedingungen dieser Studie sicher unterschritten.

### WA-Immissionsorte in 1.000 m Abstand zur Tageszeit (Sonn- und Feiertage)

Immissionsorte mit einem Schutzanspruch für allgemeine Wohngebiete (WA) sind entsprechend den Rahmenbedingungen der Potenzialanalyse erst in einem Abstand von mindestens 1.000 m zum Anlagenfeld zu erwarten. Dieser Abstand wird in Abbildung 16 durch die grauen Linien unterhalb und rechts vom Anlagenfeld repräsentiert.



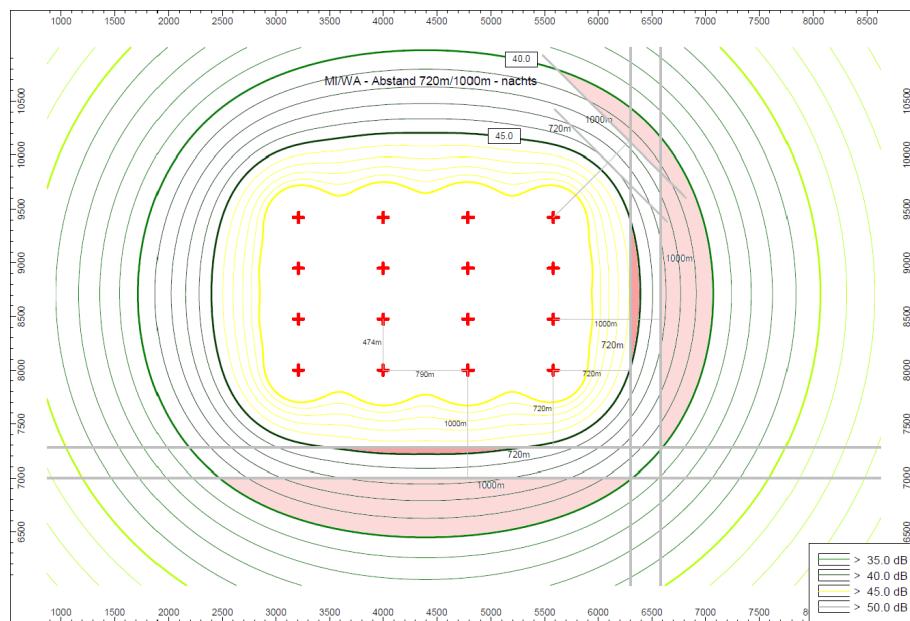
**Abbildung 16:** Isophonendarstellung der Beurteilungspegel Tags (Sonn- und Feiertage) für Immissionsorte in WA-Gebieten

Im Vergleich mit Abbildung 15 ist erkennbar, dass die Lage der Isophonen nach außen gerückt ist. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass hier direkt der Beurteilungspegel gemäß TA Lärm für die jeweilige Gebietsart dargestellt wird. Die Isophonendarstellung beinhaltet bereits den für WA-Gebiete vorgesehenen Ruhezeitenzuschlag. Dieser hier im pessimalen Sinne ange setzte Zuschlag für den Sonntag führt im Vergleich zur zuschlagsfreien Berechnung für das MI-Gebiet zu einer Erhöhung des Beurteilungspegels um 3,6 dB.

Der maßgebliche Beurteilungspegel für Immissionsorte in WA-Gebieten beträgt nach der TA Lärm zur Tageszeit 55 dB(A). Diese Isophone liegen näher an den Anlagen, als die dargestellten Isophonen (ab 50 dB(A)). Im Rahmen der Gültigkeitsgrenzen der akustischen Modellbildung kann der Verlauf der 55 dB(A)-Isophone hier nicht angegeben werden. Die Abbildung zeigt, dass selbst die 48 dB(A) Isophone an keiner Stelle die 1000 m-Linien schneidet, ein höherer Beurteilungspegel wird also nicht erreicht. Der zulässige Immissionsrichtwert von 55 dB(A) tags für Immissionsorte in allgemeinen Wohngebieten wird daher durch den Betrieb des Musterwindparks unter den Rahmenbedingungen dieser Studie sicher unterschritten.

### Situation zur Nachtzeit

Die Berechnungen zur Nachtzeit unterscheiden sich für MI- und WA-Gebiete nicht, da hier keine abweichenden Beurteilungszuschläge zu beachten sind. Die Isophonenlinien des Beurteilungspegels nachts sind für Mischgebiete und allgemeine Wohngebiete identisch und können beide anhand von Abbildung 17 diskutiert werden. Hier sind sowohl die Linien für 720 m Abstand (MI) als auch die für 1.000 m Abstand (WA) dargestellt.



**Abbildung 17:** Isophonendarstellung der Beurteilungspegel nachts für Immissionsorte in MI- und WA-Gebieten

### MI-Immissionsorte in 720 m Abstand zur Nachtzeit

Der maßgebliche Beurteilungspegel für Immissionsorte in MI-Gebieten beträgt nach TA Lärm zur Nachtzeit 45 dB(A). Die dunkelgrüne 45 dB(A)-Isophone schneidet den Bereich mit möglichen Immissionsorten in den mindestens 720 Meter entfernt liegenden MI-Gebieten in einem kleinen Bereich (dunkelrosa markiert). Außerhalb dieses Bereichs wird der zulässige Immissionsrichtwert für Immissionsorte in Mischgebieten durch den Betrieb des Musterwindparks mit den gemäß den Rahmenbedingungen der Potenzialstudie angeordneten WEA sicher unterschritten.

Sofern sich in dem dunkelrosa markierten Bereich Immissionsorte mit dem Schutzanspruch für MI-Gebiete befinden, ist zur Einhaltung der Immissionsrichtwerte eine Absenkung der von den Windenergieanlagen abgestrahlten Schallleistung um rund 1 dB erforderlich. Dies kann bei Windenergieanlagen durch schallreduzierte Betriebsmodi sichergestellt werden und ist erst bei entsprechend hohen Windgeschwindigkeiten erforderlich.

### WA-Immissionsorte in 1.000 m Abstand zur Nachtzeit

Der maßgebliche Beurteilungspegel für Immissionsorte in allgemeinen Wohngebieten beträgt nach TA Lärm zur Nachtzeit 40 dB(A). Die grüne 40 dB(A)-Isophone schneidet den Bereich mit möglichen Immissionsorten in den mindestens 1.000 m entfernt liegenden WA-Gebieten in dem hellrosa markierten Bereich. Außerhalb dieses Bereichs wird der zulässige Immissionsrichtwert durch den Betrieb des Musterwindparks mit den gemäß den Rahmenbedingungen dieser Potenzialstudie angeordneten WEA sicher unterschritten.

Sofern sich in dem hellrosa markierten Bereich Immissionsorte mit dem Schutzanspruch für allgemeine Wohngebiete befinden, wird zur Einhaltung der Immissionsrichtwerte eine Absenkung der von den WEA abgestrahlten Schalleistung um rund 3 dB erforderlich. Dies kann bei Windenergieanlagen durch schallreduzierte Betriebsmodi sichergestellt werden und ist erst bei entsprechend hohen Windgeschwindigkeiten erforderlich.

### Situationen zur Nachtzeit mit Vorbelastung durch andere Anlagen

Wie oben gezeigt, leistet der Musterwindpark zur Nachtzeit sowohl in MI- als auch in WA-Gebieten einen relevanten Beitrag zum Beurteilungspegel. Sofern dort bereits Geräuschvorbelastungen durch andere Anlagen bestehen, sind die Auswirkungen auf den Betrieb der WEA von der jeweiligen Höhe der Richtwertausschöpfung der bereits vorhandenen Anlagen abhängig und können im Einzelfall von geringen Auswirkungen über einen schallreduzierten Betrieb bis hin zum Verzicht auf einen Nachtbetrieb der WEA oder gar die Versagung der Genehmigung reichen. In der hier vorgenommenen pauschalen Bewertung kann dies jedoch nicht adäquat berücksichtigt werden.

## **5.3 Fazit der akustischen Modellierung**

Die Ergebnisse der Schallmodellierung zeigen, dass der Betrieb Musterwindparks mit 16 Windenergieanlagen unter den in dieser Studie angesetzten Rahmenbedingungen die jeweiligen Immissionsrichtwerte der TA Lärm zur Tageszeit sicher einhält. Zur Nachtzeit können sich bei Volllastbetrieb für den Musterwindpark moderate Überschreitungen der zulässigen Immissionsrichtwerte um bis zu 3 dB(A) ergeben. Dies betrifft jedoch lediglich Zeiten mit entsprechend hohen Windgeschwindigkeiten. Durch eine schallreduzierte nächtliche Betriebsweise, wie sie heute in der Praxis üblich ist, können die Werte der TA Lärm auch für die Nacht eingehalten werden. Diese Ergebnisse lassen sich im Wesentlichen auch auf größere Windparks mit mehr als 16 WEA übertragen. Der Schallschutz kann demnach zwar zusätzliche Auswirkungen auf den potenziellen (nächtlichen) Stromertrag haben, die Anzahl möglicher WEA und die potenziell installierbare Leistung im Rahmen der Potenzialanalyse wird jedoch nicht weiter beeinflusst. Da die schallreduzierte Betriebsweise nur im obersten Betriebsbereich und für Nachtzeiträume mit hohen Windgeschwindigkeiten erforderlich ist, wird sie in der Ertragsberechnung für die potenziellen Standorte (Kapitel 0) nicht berücksichtigt.

Gegenüber der Potenzialstudie des LANUV aus dem Jahr 2012 haben sich die akustischen Rahmenbedingungen für den Betrieb von WEA verbessert. Die Ursache hierfür liegt zum einen in den relativ großen Mindestabständen, die sich in dieser Studie zwischen potenziellen WEA-

Standorten und Wohngebäuden ergeben. Zum anderen konnten die Hersteller in der Vergangenheit akustische Verbesserungen erreichen, die dazu führen, dass die Referenzanlage der aktuellen Studie trotz deutlich gesteigerter Leistung gegenüber der früheren Studie keine höhere Geräuschemission verursacht. Mit der Leistungssteigerung geht eine notwendige Vergrößerung der Rotorfläche einher, die zur optimalen energetischen Nutzung des Windfeldes gegenüber früheren Betrachtungen auch größere Abstände der Anlagen untereinander erfordert. Damit stehen die Anlagen ab der zweiten Reihe in größeren Windparks auch zwangsläufig in größerem Abstand zu den Wohngebäuden, wodurch sich deren akustischer Beitrag verringert.

Auf Grund der Ergebnisse der akustischen Berechnungen werden die Geräuscheinwirkungen potentieller Windenergiestandorte in der landesweiten Potenzialanalyse nicht als restriktives Kriterium behandelt. In der Praxis sind die Anforderungen des Geräuschimmissionsschutzes im Rahmen der Immissionsschutzrechtlichen Genehmigung immer konkret zu ermitteln und die entsprechenden Immissionsrichtwerte einzuhalten. Dabei können unter Umständen auch Vorbelastungen durch Geräuschimmissionen von bereits in Betrieb befindlichen Windenergieanlagen oder von anderen gewerblichen oder industriellen Anlagen bestehen. Die Berücksichtigung der Gesamtbelaustung kann eine Immissionsminderung durch größere Abstände oder einen schallreduzierten Betrieb erfordern, was jedoch im Einzelfall geprüft werden muss.

## 6 Ergebnisse der Potenzialanalyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Potenzialanalyse vorgestellt. Dabei wird neben dem landesweiten Gesamtpotenzial auch ein Fokus auf das Repowering-Potenzial (Kapitel 6.2) und die regionale Verteilung der Potenziale im Land gelegt (Kapitel 6.3). Außerdem wird der Einfluss der verschiedenen Einzelfallprüfungsaspekte auf das Potenzial untersucht (Kapitel 6.4) sowie die Auswirkungen eines Mindestabstandes von 1.000 m zu Wohngebäuden auf die landesweite Potenzialfläche dargestellt (Kapitel 6.5). Abschließend erfolgt eine Auswertung der Potenzialflächen in Bezug auf Windkonzentrationszonen der Städte und Gemeinden (Kapitel 6.6), windenergieempfindliche Vogelarten (Kapitel 6.7), Windenergiopotenziale im Wald (Kapitel 6.8) sowie Windparks mit mindestens drei Anlagen (Kapitel 6.9).

### 6.1 Landesweites Potenzial

Die landesweite Potenzialfläche beträgt im Leitszenario Energieversorgungsstrategie 59.594 ha (Tabelle 10), was etwa 1,7 % der Landesfläche Nordrhein-Westfalens entspricht (34.112 km<sup>2</sup>). Auf dieser Fläche können 2.406 potenzielle neue Anlagenstandorte mit einer installierbaren Leistung von 12,8 GW und einem jährlichen Stromertrag von 36,9 TWh platziert werden. Hinzu kommen 1.421 jüngere Bestandsanlagen mit einer aktuell installierten Leistung von 3,6 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 8,6 TWh. So ergibt sich ein Gesamtpotenzial im Leitszenario Energieversorgungsstrategie von 3.827 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 16,4 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 45,6 TWh.

Im Restriktionsszenario weist die landesweite Potenzialfläche eine Größe von 8.718 ha auf. Auf dieser Fläche können 306 potenzielle neue Anlagenstandorte mit einer installierbaren Leistung von 1,6 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 4,7 TWh platziert werden. Hinzu kommen auch in diesem Szenario 1.421 jüngere Bestandsanlagen mit einer derzeit installierten Leistung von 3,6 GW und einem jährlichen Stromertrag in Höhe von 8,6 TWh. Im Restriktionsszenario ergibt sich somit ein Gesamtpotenzial von 1.727 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 5,2 GW und einem jährlichen Stromertrag von 13,3 TWh.

**Tabelle 10:** Landesweites Windenergie-Potenzial in den beiden Szenarien

	Restriktionsszenario	Leitszenario Energieversorgungsstrategie
Potenzialfläche	8.718 ha (0,3 % Fläche NRW)	59.594 ha (1,7 % Fläche NRW)
Anzahl potenzielle neue WEA (davon Repowering)	306 (56)	2.406 (201)
Leistungspotenzial neu (davon Repowering)	1,6 GW (0,3 GW)	12,8 GW (1,1 GW)
Stromertragspotenzial neu	4,7 TWh/a	36,9 TWh/a
Anzahl WEA Bestand (ab 2010)	1.421	1.421
Leistung Bestand (ab 2010)	3,6 GW	3,6 GW
Stromertrag Bestand	8,6 TWh/a	8,6 TWh/a
<b>Anzahl mögliche WEA gesamt</b>	<b>1.727</b>	<b>3.827</b>
<b>Leistungspotenzial gesamt</b>	<b>5,2 GW</b>	<b>16,4 GW</b>
<b>Stromertragspotenzial gesamt</b>	<b>13,3 TWh/a</b>	<b>45,6 TWh/a</b>

## 6.2 Repowering-Potenzial

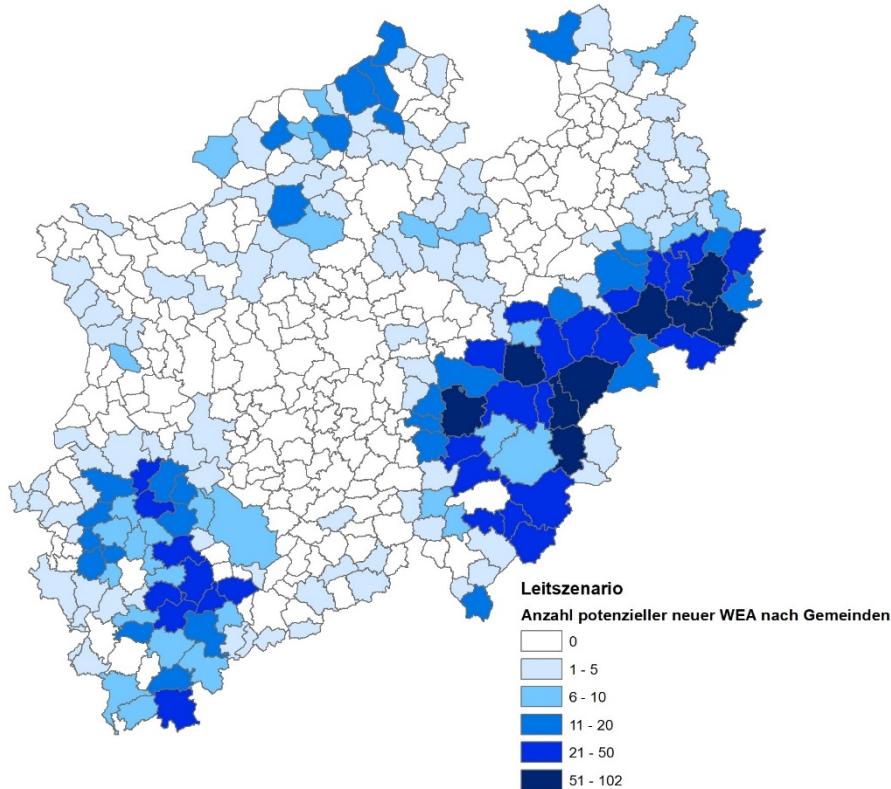
Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie werden 201 der insgesamt 2.406 potenziellen neuen Anlagenstandorte als Repowering-Anlagen eingestuft, da sie eine oder mehrere ältere Bestandsanlagen in ihrem nahen Umfeld ersetzen (Kapitel 3.7). Diese Anlagen weisen zusammen eine installierbare Leistung von 1,1 GW auf. Im Restriktionsszenario gelten 56 der insgesamt 306 potenziellen neuen WEA-Standorte als Repowering-Anlagen (0,3 GW).

Die Ergebnisse zeigen ein vergleichsweise geringes Repowering-Potenzial in Nordrhein-Westfalen. Derzeit sind in NRW insgesamt 2.343 ältere WEA (Inbetriebnahme vor 2010) mit einer tatsächlich installierten Leistung von 2,6 GW in Betrieb (Stand: 31.12.2020). Diese Anlagen fließen nicht in das Potenzial mit Perspektive 2030 ein und stehen dem identifizierten Repowering-Potenzial demnach als Nettoverlust von derzeit noch installierter Leistung gegenüber. Es muss also festgehalten werden, dass das Potenzial für das Repowering älterer Bestandsanlagen bis 2030 geringer ist, als die bis dahin zu erwartenden Einbußen durch Stillstellungen. Eine Ursache für das geringe Repowering-Potenzial ist, dass die älteren Bestandsanlagen, die in der Analyse auf die Möglichkeit zum Repowering hin untersucht wurden, häufig außerhalb der Potenzialflächen liegen (z. B auf Grund eines zu geringen Abstandes zu Wohngebäuden).

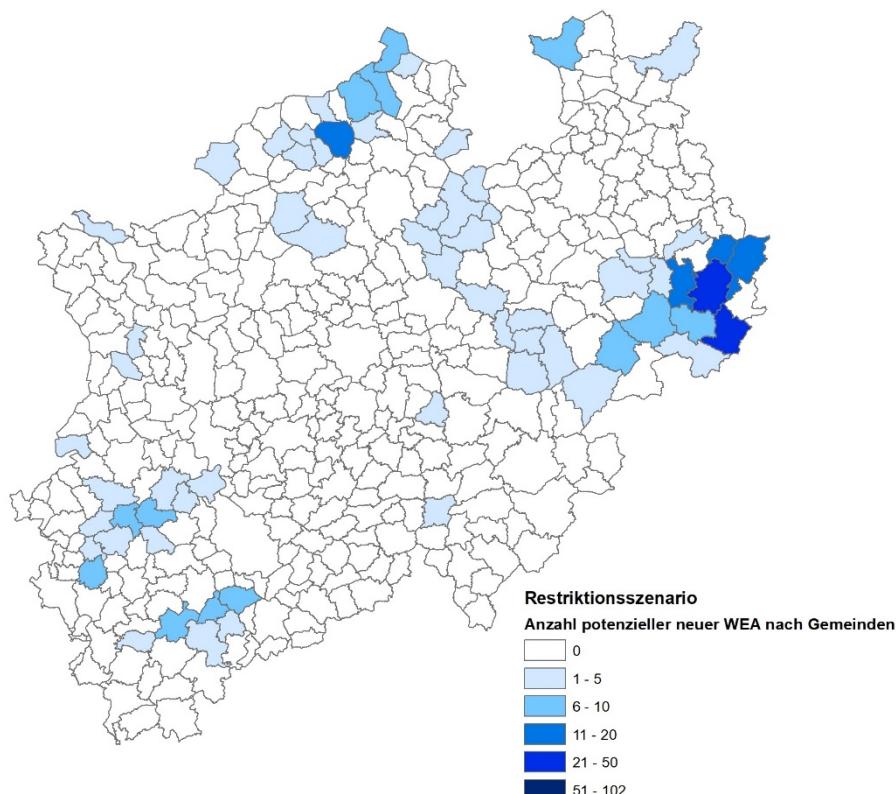
Viele Bestandsanlagen befinden sich innerhalb von bestehenden Windkonzentrationszonen. Für diese gilt nach BauGB-AG NRW eine Ausnahme vom 1.000 m-Mindestabstand zu Wohngebäuden, der jedoch in der Potenzialanalyse nicht berücksichtigt wird (Kapitel 4.8). Das Repowering-Potenzial wird daher durch den Ansatz dieser Untersuchung tendenziell eher unterschätzt.

## 6.3 Regionale Verteilung des Potenzials

Das Zubau-Potenzial der Windenergie (neue Anlagenstandorte und Repowering) konzentriert sich in NRW auf die weniger dicht besiedelten Regionen des Landes. Größere Potenziale befinden sich im Leitszenario Energieversorgungsstrategie insbesondere im Sauerland und im südlichen Bereich des Regierungsbezirks Detmold (Kreise Paderborn und Höxter), im westlichen Teil des Regierungsbezirks Köln (Eifel und Rheinisches Revier) sowie vereinzelt auch im Münsterland (Abbildung 18). Für das Restriktionsszenario zeigt sich eine größere Konzentration potenzieller Anlagen insbesondere für den Bereich Paderborn, sowie für Teile des Münsterlandes, der Eifel und des Rheinischen Reviers (Abbildung 19).



**Abbildung 18:** Räumliche Verteilung des Potenzials – Anlagenanzahl Zubau nach Gemeinden (Leitszenario)



**Abbildung 19:** Räumliche Verteilung des Potenzials – Anlagenanzahl Zubau nach Gemeinden (Restriktions-szenario)

Bei Betrachtung der Regierungsbezirke des Landes zeigt sich, dass die größten Gesamtpotenziale (Zubaupotenzial und jüngere Bestandsanlagen) des Leitszenarios Energieversorgungsstrategie in den Regierungsbezirken Arnsberg (1.063 WEA, 5,2 GW installierbare Leistung) und Detmold (1.054 WEA, 4,4 GW) liegen, gefolgt vom Regierungsbezirk Köln (842 WEA, 3,7 GW) (Tabelle 11). Geringer sind die Gesamtpotenziale in den Regierungsbezirken Münster (594 WEA, 2,2 GW) und Düsseldorf (274 WEA, 1,0 GW). Vergleicht man nur das Zubau-Potenzial, also potenzielle neue WEA-Standorte inkl. Repowering, verzeichnet in diesem Szenario der Regierungsbezirk Arnsberg mit Abstand die meisten neuen Anlagen (914, 4,8 GW), gefolgt von Detmold (627 WEA, 3,3 GW) und Köln (548 WEA, 2,9 GW).

**Tabelle 11:** Windenergiepotenzial 2030 in den Regierungsbezirken – Leitszenario Energieversorgungsstrategie

Regierungs-bezirk	Anzahl neue WEA	Installierbare Leis-tung neue WEA (MW)	Ertrag neue WEA (GWh/a)	Anzahl WEA gesamt	Installierbare Leis-tung gesamt (MW)	Ertrag gesamt (GWh/a)
Arnsberg	914	4.844	13.843	1.063	5.199	14.753
Detmold	627	3.323	9.611	1.054	4.371	12.151
Düsseldorf	107	567	1.623	274	957	2.431
Köln	548	2.904	8.786	842	3.677	10.646
Münster	210	1.113	3.081	594	2.155	5.605

Im Restriktionsszenario befinden sich die größten Gesamtpotenziale in den Regierungsbezirken Detmold (557 WEA, 1,7 GW installierbare Leistung), Münster (458 WEA, 1,4 GW) und Köln (371 WEA, 1,2 GW). Deutlich geringer sind die Gesamtpotenziale in den Regierungsbezirken Düsseldorf (180 WEA, 0,5 GW) und Arnsberg (161 WEA, 0,4 GW) (Tabelle 12). Insbesondere im Regierungsbezirk Arnsberg fällt im Vergleich zum Leitszenario Energieversorgungsstrategie das deutlich geringere Potenzial auf, was vor allem auf den Ausschluss aller Waldflächen im Restriktionsszenario zurückzuführen ist. Beim Vergleich des Zubau-Potenzials (neue WEA und Repowering-Anlagen) verzeichnet der Regierungsbezirk Detmold die meisten potenziellen Anlagen (130 WEA, 0,7 GW), gefolgt von Köln (77 WEA, 0,4 GW) und Münster (74 WEA, 0,4 GW).

**Tabelle 12:** Windenergiepotenzial 2030 in den Regierungsbezirken – Restriktionsszenario

Regierungs-bezirk	Anzahl neue WEA	Installierbare Leis-tung neue WEA (MW)	Ertrag neue WEA (GWh/a)	Anzahl WEA gesamt	Installierbare Leis-tung gesamt (MW)	Ertrag gesamt (GWh/a)
Arnsberg	12	64	186	161	418	1.095
Detmold	130	689	1.964	557	1.737	4.504
Düsseldorf	13	69	197	180	459	1.006
Köln	77	408	1.244	371	1.181	3.105
Münster	74	392	1.094	458	1.434	3.618

Für 204 der 396 Gemeinden NRWs ergibt sich im Leitszenario Energieversorgungsstrategie kein Zubau-Potenzial. 124 Gemeinden verfügen über ein Zubau-Potenzial zwischen 1 und 10 neuen WEA. In 68 Gemeinden zeigt sich ein Zubau-Potenzial von mehr als 10 WEA. Die Hälfte aller potenziellen neuen WEA-Standorte im Leitszenario Energieversorgungsstrategie befindet sich in den 25 Gemeinden mit dem größten Potenzial. Im Restriktionsszenario zeigt sich für 329 der 396 Gemeinden NRWs kein Zubau-Potenzial. 61 Gemeinden verfügen über ein Zubau-Potenzial zwischen 1 und 10 neuen Anlagen. In sechs Gemeinden wird ein Zubau-Potenzial von mehr als 10 WEA identifiziert. Die Hälfte aller potenziellen WEA-Standorte des Restriktionsszenarios entfällt auf die zwölf Gemeinden mit dem größten Potenzial.

Im Anhang werden in den Tabellen A 1 und A 2 die identifizierten Windenergiopotenziale des Leitszenarios Energieversorgungsstrategie und des Restriktionsszenarios für alle Kreise und kreisfreien Städte in Nordrhein-Westfalen dargestellt.

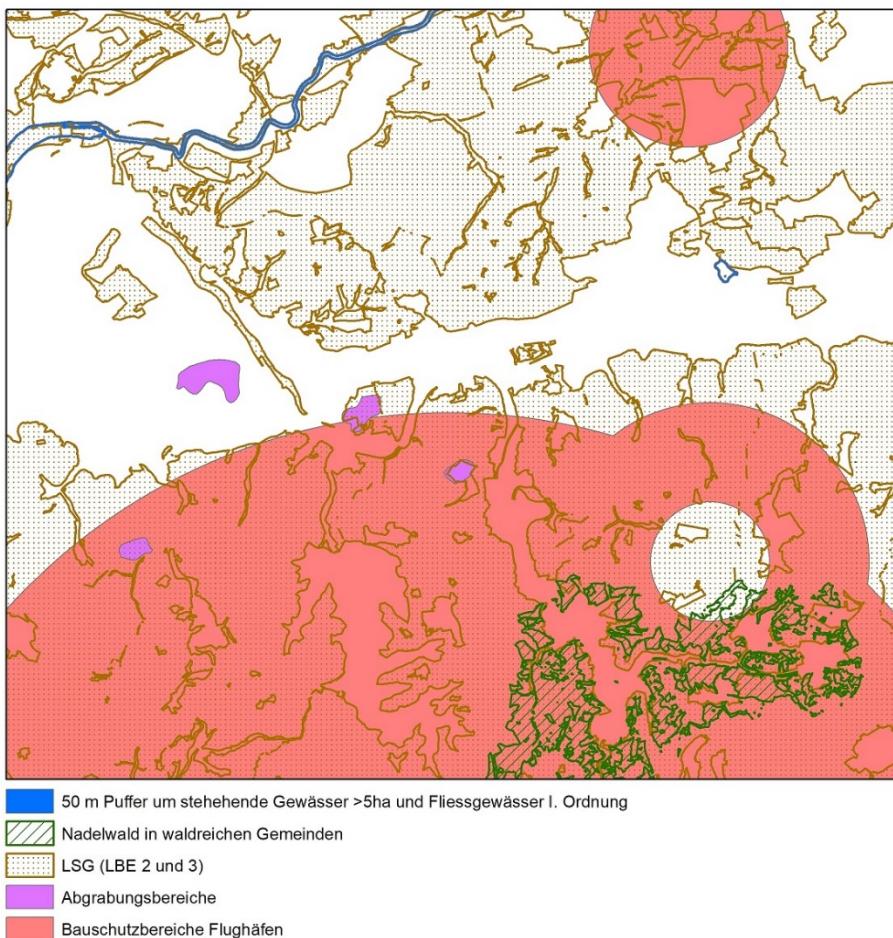
## 6.4 Einzelfallprüfungsflächen

Auf Grund der großen Differenz zwischen dem Potenzial im Leitszenario Energieversorgungsstrategie und im Restriktionsszenario stellt sich die Frage, welche der verschiedenen Einzelfallprüfungsflächen besonders zu diesem Unterschied beitragen. Die Bewertung der Einzelfallprüfungsflächen (Ausschluss- oder Potenzialfläche) ist der einzige Unterschied zwischen beiden Szenarien. Für die Steuerung des Windenergieausbaus in NRW kann es daher hilfreich sein, die Auswirkungen von möglichen Anpassungen des regulatorischen Rahmens auf das landesweite Windenergiopotenzial für einzelne Flächenkategorien abschätzen zu können.

Hierzu werden die Ergebnisse der Potenzialanalyse in einer GIS-gestützten Untersuchung ausgewertet und geprüft, welche Einzelfallprüfungsflächen auch allein, also ohne Überlagerung weiterer Einzelfallprüfungsflächen, einen besonders großen Einfluss auf das landesweite Potenzial haben. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 13 dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die einzelnen Flächenkategorien überlagern können (Abbildung 20), so dass die Summe des Anteils aller Flächen an der Landesfläche beispielsweise über 100 % liegt. Als gesamte Einzelfallprüfungsfläche gilt in dieser Auswertung die Summe aller Einzelfallprüfungsflächen, die nicht zugleich auch von Ausschlussflächen überlagert werden. Zudem sind hier auch Einzelfallprüfungsflächen enthalten, die kleiner sind als die Mindestfläche für Potenzialflächen von 5 Hektar.

**Tabelle 13:** Bedeutung der einzelnen Einzelfallprüfungskriterien

<b>Flächenkategorien</b>	<b>Gesamtfläche</b>		<b>Einzelfallprüfungsflächen</b>		<b>Einzelfallprüfungsflächen ohne Überlagerung weiterer Flächenkategorien</b>	
	in ha	Anteil an Landesfläche in %	in ha	Anteil an ges. Einzelfallprüfungsfläche in %	in ha	Anteil an ges. Einzelfallprüfungsfläche in %
Mindestabstand Außenbereichssatzungen: 1.000 m zu Bereichen mit mind. 5 Wohngebäuden und max. 50 m Abstand	18.594	0,6	4.010	7,2 %	807	1,4 %
Puffer um BAB, Bundesstraßen und Landes- und Kreisstraßen	603.752	17,7 %	4.391	7,8 %	1.029	1,8 %
Abgrabungsbereiche (BSAB)	50.330	1,5 %	7.148	12,8 %	5.194	9,3 %
Aufschüttungen und Ablagerungen	4.474	0,1 %	238	0,4 %	6	0 %
Anlagenschutzbereiche Flugsicherung: Umkreis von 3 – 10 km	357.269	10,5 %	8.427	15,0 %	834	1,5 %
Bauschutzbereiche um Flughäfen	712.811	20,9 %	13.244	23,7 %	3.880	6,9 %
Seismologische Stationen: Umkreis zwischen 2 und 5 / 10 km	317.250	9,3 %	3.444	6,2 %	641	1,1 %
50 m Puffer an stehenden Gewässern > 5 ha und fließenden Gewässern I. Ordnung	24.133	0,7 %	93	0,2 %	2	0 %
Puffer 80 m - 300 m um NSG, FFH und VSG	398.832	11,7 %	11.007	19,7 %	1.112	2,0 %
Landschaftsschutzgebiete (LBE 2 und 3)	1.229.875	36,1 %	33.894	60,5 %	6.211	11,1 %
Nadelwald in waldreichen Gemeinden + Kalamitätsflächen	195.769	5,7 %	22.125	39,5 %	470	0,8 %



**Abbildung 20:** Beispielhafte Darstellung der Überlagerung von Einzelfallprüfungsflächen

Landesweit sind 2.472.955 ha Fläche von Flächenkategorien überlagert, die in dieser Studie als Einzelfallprüfungsflächen eingestuft werden (Tabelle 6). Das entspricht etwa 72 % der Fläche Nordrhein-Westfalens. In Bezug auf ihre Gesamtfläche sind die Landschaftsschutzgebiete (LBE 2 und 3: Landschaftsbildbewertung „hoch“ und „mittel“) mit über 1.229.875 ha (36,1 % der Landesfläche), die Bauschutzbereiche um Flughäfen mit 712.811 ha (20,9 % der Landesfläche) sowie die jeweiligen Puffer um Bundesfernstraßen, Landes- und Kreisstraßen mit 603.752 ha (17,7 % der Landesfläche) am größten.

Bei Betrachtung des Einflusses der einzelnen Flächenkategorien auf die gesamte Einzelfallprüfungsfläche (56.038 ha, nach Abzug der Ausschlussflächen), ist mehr als 60 % dieser Fläche mit Landschaftsschutzgebieten (LBE 2 und 3) belegt (33.894 ha). Auch Kalamitätsflächen und Nadelwälder in waldreichen Gemeinden (22.125 ha) sowie Bauschutzbereiche um Flughäfen (13.244 ha) haben größere Anteile an der gesamten Einzelfallprüfungsfläche. Im Gegensatz dazu spielen die Puffer um stehende Gewässer > 5 ha und fließende Gewässer I. Ordnung mit 93 ha ebenso nur eine untergeordnete Rolle wie Aufschüttungen und Ablagerungen mit 238 ha.

Berücksichtigt man nur den Anteil der jeweiligen Flächenkategorien an der gesamten Einzelfallprüfungsfläche, der nicht zugleich auch von anderen Flächenkategorien überlagert ist, haben die Landschaftsschutzgebiete (LBE 2 und 3) den größten alleinigen Einfluss. Mit 6.211 ha

sind LSG mit der Landschaftsbildbewertung „hoch“ und „mittel“ für 11,1 % der gesamten Einzelfallprüfungsfläche allein verantwortlich. Die Einzelfallprüfungsflächen im Wald (Nadelwald in waldreichen Gemeinden und Kalamitätsflächen), die immerhin 39,5 % aller Einzelfallprüfungsflächen abdecken, spielen hierbei nur eine untergeordnete Rolle, da diese Flächen häufig auch von anderen Flächenkategorien, insbesondere Landschaftsschutzgebieten, überlagert sind.

## 6.5 Mindestabstand zu Wohngebäuden

Die Einführung eines pauschalen Mindestabstandes von 1.000 m zu Wohngebäuden, geregelt im Gesetz zur Ausführung des Baugesetzbuches in Nordrhein-Westfalen (BauGB-AG NRW), hat das Ziel, die Akzeptanz für den Ausbau der Windenergie im Land zu steigern. In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen dieser Regelung auf die Ergebnisse der Potenzialanalyse beschrieben.

Bliebe der Mindestabstand von 1.000 m generell unberücksichtigt, und würde lediglich ein Abstand von 720 m zu jedem Wohngebäude in NRW angesetzt werden (entspricht der dreifachen Höhe der Referenzanlage), so würde sich die Potenzialfläche im Leitszenario Energieversorgungsstrategie um 24.962 ha (bzw. 42 % der Potenzialfläche von 59.594 ha) auf insgesamt 84.556 ha erhöhen. Im Restriktionsszenario würde sich die Potenzialfläche um 5.170 ha (bzw. 59 % der Potenzialfläche von 8.718 ha) auf insgesamt 13.888 ha erhöhen.

Zur Abbildung des Mindestabstandes zu Wohngebäuden innerhalb von Außenbereichssatzungen (§ 2 Absatz 2 BauGB-AG NRW) wird im Leitszenario zu Bereichen mit mindestens 20 Wohngebäuden und maximal 50 m Entfernung untereinander ein Mindestabstand von 1.000 m angesetzt, im Restriktionsszenario zu Bereichen mit mindestens 5 Wohngebäuden und höchstens 50 m Entfernung. Würde dieser Mindestabstand zu Wohngebäuden im Außenbereich unberücksichtigt bleiben und hier lediglich ein Abstand von 720 m angesetzt werden, während der Mindestabstand von 1.000 m zu Wohngebäuden im Innenbereich bestehen bliebe, so würde sich die Potenzialfläche im Leitszenario um 1.019 ha (bzw. 1,7 % der Potenzialfläche von 59.594 ha) auf insgesamt 60.613 ha erhöhen. Im Restriktionsszenario würde sich die Potenzialfläche um 645 ha (bzw. 7 % der Potenzialfläche von 8.718 ha) auf insgesamt 9.363 ha erhöhen. Das Flächenpotenzial reduziert sich durch den in der Studie gewählten Ansatz zur Abbildung der Abstandsregelung im Außenbereich also im Leitszenario Energieversorgungsstrategie um 1.019 ha, im Restriktionsszenario um 645 ha.

## 6.6 Windkonzentrationszonen

Die Gesamtfläche aller Windkonzentrationszonen in NRW beträgt ca. 41.000 ha (Stand: Mai 2021). Das entspricht 1,2 % der Landesfläche Nordrhein-Westfalens. Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie überschneiden sich 16 % der Potenzialflächen (9.591 ha) mit den kommunalen Windkonzentrationszonen. Innerhalb der WKZ befinden sich 149 der 2.406 potenziellen neuen WEA-Standorte (6 %), was etwa 0,8 GW potenziell installierbarer Leistung entspricht. 77 dieser 136 Standorte sind Repowering-Anlagen. Demnach liegen 84 % der Potenzialfläche und 94 % der potenziellen neuen WEA-Standorte des Leitszenarios Energieversor-

gungsstrategie außerhalb der von den Kommunen derzeit ausgewiesenen Windkonzentrationszonen. Der Grund für die geringe Überschneidung der Potenzialflächen dieser Untersuchung mit den Windkonzentrationszonen der Kommunen ist insbesondere, dass ein großer Teil der tatsächlichen Konzentrationszonen-Fläche sich mit den Ausschlussflächen der Kategorie Siedlung überschneidet. Dies gilt im Leitszenario Energieversorgungsstrategie für über 70 % bzw. etwa 28.500 ha der insgesamt ca. 41.000 ha an WKZ-Fläche in NRW. Bei etwa 26.500 ha und damit knapp zwei Dritteln der Fläche aller Windkonzentrationszonen in NRW beträgt der Abstand zu einem Wohngebäude weniger als 720 Meter.

Im Restriktionsszenario liegt etwa ein Drittel der Potenzialflächen (2.846 ha, 33 %) innerhalb von Windkonzentrationszonen. Dies entspricht 41 der 306 potenziellen neuen WEA-Standorte (13 %) mit 0,2 GW potenziell installierbarer Leistung. 29 dieser 41 Standorte sind Repowering-Anlagen. Demnach befinden sich im Restriktionsszenario 67 % der Potenzialfläche und 87 % der potenziellen neuen WEA-Standorte außerhalb der kommunalen Windkonzentrationszonen. Derzeit befinden sich 1.102 (bzw. 78 %) der 1.421 jüngeren Bestandsanlagen in NRW (IBN ab 2010) innerhalb bestehender Windkonzentrationszonen. Im Vergleich dazu ist in beiden Szenarien dieser Studie der Anteil von potenziellen neuen WEA-Standorten innerhalb der von den Kommunen ausgewiesenen Windkonzentrationszonen nur sehr gering.

Diese Auswertung basiert auf den Ergebnissen der Flächenanalyse dieser Studie, in der Windkonzentrationszonen generell nicht berücksichtigt werden. Deshalb wird auch die in § 2 Absatz 3 BauGB-AG festgelegte Ausnahme des 1.000 m-Abstandes zu Wohngebäuden für Standorte innerhalb bestehender Windkonzentrationszonen (Kapitel 4.8) dabei nicht abgebildet. Legt man zur Berücksichtigung dieser Regelung und abweichend vom Vorgehen der Potenzialanalyse zu allen Wohngebäuden generell nur einen Mindestabstand von 720 m an (Abbildung der Ausnahme vom 1.000 m-Abstand in bestehenden WKZ), beträgt die Überschneidung der potenziell geeigneten Flächen mit den Windkonzentrationszonen im Leitszenario Energieversorgungsstrategie 11.112 ha. Demnach wären unter Berücksichtigung dieser Ausnahme 27 % der Fläche der aktuellen Windkonzentrationszonen in NRW auch Potenzialflächen nach Ansatz des Leitszenarios dieser Studie. Im Restriktionsszenario beträgt die so ermittelte Überschneidung der potenziell geeigneten Flächen mit den Windkonzentrationszonen 3.588 ha. Unter Berücksichtigung der Ausnahme vom 1.000 m-Mindestabstand wären 8,7 % der Flächen aller Windkonzentrationszonen in NRW Potenzialflächen dieses Szenarios.

Landesweit haben 75 der insgesamt 396 Städte und Gemeinden keine Windkonzentrationszonen ausgewiesen und verzichten damit auf eine räumliche Steuerung, wodurch Windenergieanlagen dort im gesamten Außenbereich grundsätzlich privilegiert sind. In diesen 75 Kommunen sind derzeit nur 116 Windenergieanlagen in Betrieb, was mit 1,5 WEA pro Kommune ein stark unterdurchschnittlicher Wert ist. Der landesweite Durchschnitt in NRW liegt bei 9,5 Windenergieanlagen pro Kommune (Stand: 31.12.2020). In mehr als der Hälfte aller Kommunen ohne ausgewiesene Windkonzentrationszonen ist derzeit gar keine WEA in Betrieb. Es ist demnach nicht davon auszugehen, dass in Kommunen ohne WKZ größere ungenutzte Potenziale für die Windenergienutzung vorhanden sind. Die Aussagekraft der geschilderten Auswertung, die die Potenzialflächen dieser Studie und ihre Überschneidung mit den vorhandenen Windkonzentrationszonen betrachtet, wird also durch die 75 Städte und Gemeinden ohne WKZ nur geringfügig beeinflusst.

## 6.7 Windenergieempfindliche Vogelarten

Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie liegen mehr als zwei Drittel der Potenzialflächen (40.834 ha, 69 %) innerhalb der Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Vogelarten (Brutvögel und Zugvögel). In diesen Bereichen befinden sich 1.651 der 2.406 potenziellen neuen WEA-Standorte (69 %) mit ca. 8,8 GW potenziell installierbarer Leistung. Im Restriktionsszenario befinden sich 5.249 ha (bzw. 60 %) der Potenzialflächen innerhalb der Schwerpunkt vorkommen. Hier befinden sich 181 der 306 potenziellen neuen WEA-Standorte (59 %), was ca. 1 GW installierbarer Leistung entspricht.

Derzeit liegt mit 715 WEA etwa die Hälfte aller 1.421 Bestandsanlagen, die ab 2010 in NRW in Betrieb genommen wurden, innerhalb von Schwerpunkt vorkommen windenergieempfindlicher Brut- und Zugvögel. In beiden Szenarien der Potenzialanalyse ist der Anteil von Standorten innerhalb dieser Bereiche also größer, als der Anteil an Bestandsanlagen, die im letzten Jahrzehnt tatsächlich innerhalb der Schwerpunkt vorkommen in Betrieb genommen wurde.

## 6.8 Wald

Im Restriktionsszenario werden alle Waldflächen in NRW in der Flächenanalyse ausgeschlossen, daher bestehen in diesem Szenario keine Potenziale im Wald. Sofern die in der Energieversorgungsstrategie NRW (MWIDE 2021) beschriebenen Anpassungen zur Öffnung der Kalamitätsflächen umgesetzt werden, und eine Nutzung dieser Bereiche dann in der Regel ermöglichen, wären diese Potenziale entsprechend auch im Restriktionsszenario zu berücksichtigen.

Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie liegen 18.215 ha der geeigneten Flächen im Wald, was einem Anteil von etwa 30 % der gesamten Potenzialfläche in diesem Szenario entspricht. Auf diesen Waldflächen befinden sich 848 der insgesamt 2.406 potenziellen neuen WEA-Standorte (35 %) mit einer installierbaren Leistung von 4,5 GW.

Das Potenzial auf Waldflächen setzt sich im Leitszenario Energieversorgungsstrategie aus zwei Bausteinen zusammen: Nadelwaldflächen in waldreichen Gemeinden und Kalamitätsflächen. Nach Berücksichtigung aller Ausschlusskriterien verbleiben auf den Nadelwaldflächen in waldreichen Gemeinden 12.754 ha potenziell geeignete Fläche, auf denen sich 529 Anlagenstandorte des Leitszenarios befinden (2,6 GW). Zudem werden im Leitszenario 8.755 ha Kalamitätsflächen als Potenzialflächen berücksichtigt, auf denen 488 Anlagenstandorte platziert werden können. Beide Aspekte können sich räumlich überlagern.

Im Vergleich dazu liegen derzeit nur 109 Windenergieanlagen (bzw. 8 %) der insgesamt 1.421 Anlagen, die nach 2010 in Betrieb genommen wurden, innerhalb von Waldflächen. Der Anteil von neuen Windenergieanlagen, die im Wald errichtet werden, muss sich also zukünftig im Vergleich zum letzten Jahrzehnt deutlich erhöhen, um einen Ausbau entsprechend der Ergebnisse des Leitszenarios Energieversorgungsstrategie bis 2030 realisieren zu können.

## 6.9 Windparks

Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie bilden 1.835 der insgesamt 2.406 potenziellen neuen WEA-Standorte (76 %) Windparks mit mindestens 3 Anlagen, die maximal 1.000 m voneinander entfernt stehen. Das entspricht einer potenziell installierbaren Leistung von 9,7 GW. Außerhalb der so definierten Windparks befinden sich 571 potenzielle WEA-Standorte (24 %, 3,0 GW), 253 Standorte davon sind Einzelanlage ohne weitere potenzielle WEA-Standorte im Umkreis von 1.000 m.

Im Restriktionsszenario liegen 125 der insgesamt 306 potenziellen neuen WEA-Standorte (41 %) innerhalb von Windparks. Das entspricht einer potenziell installierbaren Leistung von 0,7 GW. 181 potenzielle WEA-Standorte (bzw. 59 %; ca. 1 GW) befinden sich im Restriktionsszenario außerhalb von Windparks, 111 Standorte davon sind Einzelanlagen ohne weitere potenzielle Windenergieanlagen in einem Umkreis von 1.000 m.

## 7 Fazit und Ausblick

Die Flächenanalyse dieser Untersuchung verdeutlicht, dass die Verfügbarkeit geeigneter Flächen für den Ausbau der Windenergie in Nordrhein-Westfalen ein kritischer Faktor ist. Je nach Bewertung der Einzelfallprüfungsflächen ergibt sich in den Szenarien eine potenziell geeignete Fläche zwischen 8.718 ha und 59.594 ha, was 0,3 % - 1,7 % der Landesfläche NRWs entspricht. Einen großen Einfluss hat hierbei die in Teilen stark verdichtete Siedlungsstruktur des Landes. Doch auch im Außenbereich und abseits der Ballungszentren sind große Teile der Landesfläche von Gebietsausweisungen oder konkurrierenden Nutzungsansprüchen geprägt, die sich restriktiv auf die Möglichkeiten zur Windenergienutzung auswirken können (z. B. Landschaftsschutzgebiete, erforderliche Abstände zu seismologischen Stationen, etc.).

Die durchgeführte Schallmodellierung zeigt, dass die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen der TA Lärm unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen dieser Studie (Referenzanlage, Mindestabstände) in aller Regel keine Einschränkungen für die Ausnutzung des Windenergiopotenzials bedeuten. Nur im obersten Betriebsbereich und für Nachtzeiträume mit hohen Windgeschwindigkeiten wäre demnach eine schallreduzierte Betriebsweise erforderlich. Somit könnten sich zwar geringfügige Auswirkungen auf den potenziellen Stromertrag ergeben, die potenzielle Anlagenanzahl sowie die installierbare Leistung werden jedoch nicht weiter beeinflusst.

Ein weiteres Ergebnis der Potenzialanalyse ist, dass die Möglichkeiten zum Repowering von älteren Bestandsanlagen in NRW begrenzt sind. Das Repowering-Potenzial bis zum Jahr 2030 ist in den Szenarien dieser Studie sogar geringer, als die bis dahin zu erwartenden Einbußen durch die Stilllegung älterer Bestandsanlagen. Die Ursache hierfür ist, dass die älteren Bestandsanlagen häufig außerhalb der in dieser Studie identifizierten Potenzialflächen stehen. Unter anderem aufgrund einer geringeren Höhe wurden viele der älteren Windenergieanlagen vergleichsweise nah an Wohngebäuden errichtet.

Das in der Fortschreibung der Energieversorgungsstrategie 2021 formulierte Ziel der Landesregierung, in Nordrhein-Westfalen eine installierte Leistung Wind onshore von 12 GW bis zum Jahr 2030 zu erreichen, liegt im Rahmen des ermittelten Potenzials des Leitszenarios Energieversorgungsstrategie in Höhe von 16,4 GW. Die Erreichung dieses Ziels erscheint nach den Ergebnissen dieser Studie also grundsätzlich möglich. Erforderlich ist hierfür eine Verdopplung des jährlichen Windenergieausbaus in NRW: Während im Durchschnitt der letzten 10 Jahre ein Nettozubau der Windenergieleistung von etwa 0,3 GW pro Jahr erreicht wurde, ist für das Ausbauziel von 12 GW bis 2030 ein jährlicher Nettozubau von 0,6 GW erforderlich. Unter Berücksichtigung von altersbedingten Stilllegungen müssen hierfür bis 2030 konstant etwa 160 – 180 neue Windenergieanlagen der 5-MW-Klasse pro Jahr in Betrieb genommen werden.

Um dieses Ziel zu erreichen ist es erforderlich, dass auf den zahlreichen in der Potenzialanalyse als Einzelfallprüfungsflächen bewerteten Bereichen eine Windenergienutzung überwiegend möglich sein wird. Bei einigen Einzelfallprüfungsflächen des Leitszenarios erscheinen zumindest derzeit die Möglichkeiten einer großflächigen Windenergienutzung eher gering. Dies gilt beispielsweise für Abgrabungsbereiche (BSAB) oder Anlagenschutzbereiche der Flugsicherung. Zudem muss ein überwiegender Teil der identifizierten Potenziale auch tatsächlich vor Ort ausgenutzt werden, um das Ausbauziel von 12 GW bis zum Jahr 2030 zu erreichen. Dies wäre voraussichtlich verbunden mit einer erhöhten regionalen Konzentration

des Windenergieausbaus. Die Belange des Artenschutzes und die außergebietliche Ausschlusswirkung kommunaler Windenergiekonzentrationszonen, die beide in der Praxis für die Errichtung neuer WEA von zentraler Bedeutung sind, wurden in der landesweiten Potenzialanalyse nicht berücksichtigt. Alle genannten Aspekte führen dazu, dass die Ergebnisse der Potenzialanalyse das tatsächlich nutzbare Potenzial bis zum Jahr 2030 tendenziell überschätzen.

Auf der anderen Seite liefert der Ansatz dieser Studie zur Belegung von Potenzialflächen mit möglichen Anlagenstandorten keine ertragsoptimierten Ergebnisse. Tatsächlich dürfte in der Praxis durch eine detaillierte Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort und eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Flächen bei der Planung von Windparks oft eine höhere Anlagenanzahl, eine größere Leistung und ein höherer Ertrag realisierbar sein. Hierdurch wird das Leistungs- und Ertragspotenzial auf den identifizierten Potenzialflächen in der Potenzialanalyse tendenziell unterschätzt.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse zentrale Ansatzpunkte für den Ausbau der Windenergie in Nordrhein-Westfalen auf, um das in der Energieversorgungsstrategie definierte Ziel für den Windenergieausbau erreichbar zu machen. So beruht das Leitszenario Energieversorgungsstrategie, bei dem im Ergebnis das Leistungspotenzial über dem Ausbauziel für das Jahr 2030 liegt, auf Annahmen, die in Teilen auch Anpassungen der derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen für die Windenergie voraussetzen. Dies betrifft insbesondere:

- die stärkere Öffnung von Waldbereichen für die Windenergienutzung, z. B. in monosstrukturierten Wirtschaftswäldern mit nicht klimawandelgerechten Nadelwaldbeständen und auf Kalamitätsflächen. Im Leitszenario Energieversorgungsstrategie ist der Anteil potenzieller WEA-Standorte im Wald etwa viermal höher als bei den Anlagen, die in den letzten 10 Jahren in NRW tatsächlich errichtet wurden (35 % im Szenario vs. 8 % in der Praxis). Dies verdeutlicht, dass die angestrebten Ziele beim Ausbau der Windenergie (unter ansonsten gleichbleibenden Rahmenbedingungen) ohne eine verstärkte Einbeziehung von Waldflächen kaum zu erreichen sein werden. In der Fortschreibung der Energieversorgungsstrategie Nordrhein-Westfalen erklärt die Landesregierung daher, hierfür den regulatorischen Rahmen anpassen zu wollen, u. a. durch Änderung des Landesentwicklungsplans und Fortschreibung des Windenergieerlasses.
- eine signifikante Veränderung der derzeitigen Flächenkulisse von Windkonzentrationszonen in den Kommunen, sowohl was die Gesamtfläche als auch die räumliche Lage der Windkonzentrationszonen angeht. Zudem ist grundsätzlich zu konstatieren, dass das Steuerungsinstrument der Windkonzentrationszonen aus verschiedenen Gründen problematisch wirkt. Hier sind insbesondere der hohe Planungsaufwand der Kommunen bei vergleichsweise geringer Planungssicherheit (hohe Komplexität und Fehleranfälligkeit), sowie ein zu geringer Beitrag zum Erreichen der Ausbauziele (fehlende Mengensteuerung) zu nennen. Es erscheint daher aus hiesiger Perspektive sinnvoll, auf Bundesebene alternative Instrumente und Steuerungsansätze zu prüfen und zu implementieren (siehe hierzu beispielsweise KMENT 2020, WEGNER 2021, VON SEHT 2021).

- bestehende Konflikte zwischen der Windenergienutzung und dem Artenschutz, die in den Berechnungen dieser Studie mit landesweiter Perspektive nicht abgebildet werden konnten. Hier müssen häufiger als bisher tragfähige Lösungen gefunden werden. Dabei kann der Einsatz innovativer Technologien helfen, einen Ausgleich der legitimen Interessen von Windenergieausbau (Klimaschutz, Energieversorgungssicherheit) und Artenschutz (Erhalt der Biodiversität) zu erreichen.

Die dieser Studie zu Grunde liegenden Datensätze, Flächenkategorien und Ergebnisse werden vom LANUV auch im Energieatlas NRW ([www.energieatlas.nrw.de](http://www.energieatlas.nrw.de)) digital und in Kartenform veröffentlicht und somit Kommunen, Planern, Investoren oder der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

## Literatur

- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND [ADV] 2018: ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM. Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens. Version 7.1 rc.1. Stand: 31.07.2018
- BUNDESREGIERUNG (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP).
- BMWI (2021): Windenergie an Land. Online verfügbar unter: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/windenergie-an-land.html?cms\\_docId=72880](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/windenergie-an-land.html?cms_docId=72880) (zuletzt abgerufen am 01.10.2021).
- DIN ISO 9613-2 (1999): Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren", Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN 45645-1 (1996): Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 61400-11 (2003): Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmessverfahren, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- FACHAGENTUR WINDENERGIE AN LAND E. V. [FA WIND] (2020): Gesetzgeberische Möglichkeiten für eine rechtssichere Konzentrationszonenplanung. Berlin.
- FACHAGENTUR WINDENERGIE AN LAND E. V. [FA WIND] (2018): Was tun nach 20 Jahren? – Repowering, Weiterbetrieb oder Stilllegung von Windenergieanlagen nach Förderende. Berlin.
- GEISE, R. (2019): Analyse und Bewertung der DFS-Methodik zur Prognose möglicher Störungen von Drehfunkfeuern durch Windenergieanlagen. Im Auftrag der ENERCON Windpark GmbH. Braunschweig.
- IT.NRW (2022): Gebiet und Bevölkerung. Online verfügbar unter: <https://www.it.nrw/statistik/gesellschaft-und-staat/gebiet-und-bevoelkerung> (zuletzt abgerufen am 01.02.2022).
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2019): Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2017; LANUV-Fachbericht 95. Recklinghausen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN [LANUV] (2012): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW. Teil 1 – Windenergie. LANUV-Fachbericht 40. Aktualisierte Fassung Jan. 2013. Recklinghausen.
- LAI - BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT IMMISSIONSSCHUTZ (2016): Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA).
- KMENT, M. (2020): Sachdienliche Änderungen des Baugesetzbuchs zur Förderung von Flächenausweisungen für Windenergieanlagen. Rechtswissenschaftliches Gutachten im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität. Augsburg.

- MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INNOVATION, DIGITALISIERUNG UND ENERGIE DES LANDES  
NORDRHEIN-WESTFALEN [MWIDE] (2021): Fortschreibung der Energieversorgungsstrategie Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf
- MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INNOVATION, DIGITALISIERUNG UND ENERGIE DES LANDES  
NORDRHEIN-WESTFALEN [MWIDE] (2019): Energieversorgungsstrategie Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf
- MWIDE, MULNV, MHKBG (2018): Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergianlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass). Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie, des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen vom 8. Mai 2018
- NORMENAUSSCHUSS AKUSTIK, LÄRMMINDERUNG UND SCHWINGUNGSTECHNIK [NALS] (2015): Dokumentation zur Schallausbreitung: Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- RITTER, J. (2021): Bericht zur Erarbeitung eines Prognosetools für seismische Immissionen an Erdbeben-Messstationen in Nordrhein-Westfalen (NRW) für das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW. Düsseldorf.
- TA LÄRM (1998): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm), GMBI 1998 Nr. 26, S. 503, zul. geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).
- VON SEHT, H. (2021): Ausreichend Raum für die Windenergienutzung an Land. Ein Vorschlag für neue regulative Rahmenbedingungen. Raumforschung und Raumordnung, 2021 79/6: 606 – 619. Online verfügbar unter: <https://rur.oekom.de/index.php/rur/article/view/128/342>
- WEGNER, N. (2021): Ansätze zur Begrenzung der Fehleranfälligkeit und des Aufwands von Konzentrationszonenplanungen. Würzburger Studien zum Umweltenergierecht Nr. 22 vom 04.08.2021.

## Anhang

**Tabelle A 1:** Windenergiopotenzial 2030 in den Kreisen – Leitszenario Energieversorgungsstrategie  
(Werte gerundet)

Kreis	Anzahl neue WEA	Installier- bare Leis- tung neue WEA (MW)	Ertrag neue WEA (GWh/a)	Anzahl WEA gesamt	Installier- bare Leis- tung ge- samt (MW)	Ertrag gesamt (GWh/a)
Bielefeld	0	0	0	4	10	16
Bochum	0	0	0	0	0	0
Bonn	0	0	0	0	0	0
Borken	35	186	520	166	537	1.378
Bottrop	0	0	0	6	13	30
Coesfeld	30	159	447	60	249	678
Dortmund	0	0	0	0	0	0
Duisburg	0	0	0	0	0	0
Düren	155	822	2.497	251	1.071	3.100
Düsseldorf	1	5	15	1	5	15
Ennepe-Ruhr-Kreis	0	0	0	2	0	0
Essen	0	0	0	0	0	0
Euskirchen	135	716	2.182	192	856	2.525
Gelsenkirchen	0	0	0	3	5	8
Gütersloh	0	0	0	19	52	115
Hagen	0	0	0	1	3	6
Hamm	0	0	0	4	5	11
Heinsberg	29	154	457	72	270	743
Herford	0	0	0	1	0	0
Herne	0	0	0	1	0	0
Hochsauerlandkreis	339	1.797	5.112	399	1.985	5.646
Höxter	375	1.988	5.610	415	2.082	5.808
Kleve	19	101	281	109	320	729
Köln	7	37	105	7	37	105
Krefeld	0	0	0	0	0	0
Leverkusen	0	0	0	0	0	0
Lippe	34	180	520	64	245	671
Märkischer Kreis	45	239	674	51	248	694
Mettmann	0	0	0	3	5	5
Minden-Lübbecke	26	138	388	42	171	445
Mönchengladbach	1	5	15	3	8	19
Mülheim a. d. Ruhr	0	0	0	1	2	4
Münster	0	0	0	12	34	76
Oberbergischer Kreis	4	21	62	9	26	70
Oberhausen	0	0	0	0	0	0
Olpe	192	1.018	2.902	194	1.022	2.916
Paderborn	192	1.018	3.095	509	1.811	5.097
Recklinghausen	9	48	132	42	143	367
Remscheid	0	0	0	1	0	0
Rhein-Erft-Kreis	135	716	2.154	177	841	2.472
Rheinisch-Bergischer Kreis	0	0	0	0	0	0
Rhein-Kreis Neuss	79	419	1.206	99	470	1.310
Rhein-Sieg-Kreis	55	292	848	59	295	851

Kreis	Anzahl neue WEA	Installier- bare Leis- tung neue WEA (MW)	Ertrag neue WEA (GWh/a)	Anzahl WEA gesamt	Installier- bare Leis- tung ge- samt (MW)	Ertrag gesamt (GWh/a)
Siegen-Wittgenstein	153	811	2.293	170	857	2.408
Soest	183	970	2.834	232	1.055	3.014
Solingen	0	0	0	0	0	0
Städteregion Aachen	28	148	481	75	282	780
Steinfurt	106	562	1.557	212	871	2.351
Unna	2	11	29	9	24	58
Viersen	4	21	63	20	46	117
Warendorf	30	159	425	93	305	718
Wesel	3	16	42	37	100	232
Wuppertal	0	0	0	0	0	0

**Tabelle A 2:** Windenergiopotenzial 2030 in den Kreisen – Restriktionsszenario (Werte gerundet)

Kreis	Anzahl neue WEA	Installier- bare Leis- tung neue WEA (MW)	Ertrag neue WEA (GWh/a)	Anzahl WEA gesamt	Installier- bare Leis- tung ge- samt (MW)	Ertrag gesamt (GWh/a)
Bielefeld	0	0	0	4	10	16
Bochum	0	0	0	0	0	0
Bonn	0	0	0	0	0	0
Borken	5	27	76	136	378	933
Bottrop	0	0	0	6	13	30
Coesfeld	6	32	90	36	121	321
Dortmund	0	0	0	0	0	0
Duisburg	0	0	0	0	0	0
Düren	19	101	319	115	350	922
Düsseldorf	0	0	0	0	0	0
Ennepe-Ruhr-Kreis	0	0	0	2	0	0
Essen	0	0	0	0	0	0
Euskirchen	21	111	324	78	251	667
Gelsenkirchen	0	0	0	3	5	8
Gütersloh	0	0	0	19	52	115
Hagen	0	0	0	1	3	6
Hamm	0	0	0	4	5	11
Heinsberg	5	27	83	48	143	369
Herford	0	0	0	1	0	0
Herne	0	0	0	1	0	0
Hochsauerlandkreis	1	5	16	61	194	550
Höxter	102	541	1.521	142	635	1.719
Kleve	3	16	45	93	235	493
Köln	0	0	0	0	0	0
Krefeld	0	0	0	0	0	0

Kreis	Anzahl neue WEA	Installier- bare Leis- tung neue WEA (MW)	Ertrag neue WEA (GWh/a)	Anzahl WEA gesamt	Installier- bare Leis- tung ge- samt (MW)	Ertrag gesamt (GWh/a)
Leverkusen	0	0	0	0	0	0
Lippe	0	0	0	30	65	151
Märkischer Kreis	1	5	15	7	15	35
Mettmann	0	0	0	3	5	5
Minden-Lübbecke	9	48	134	25	81	191
Mönchengladbach	0	0	0	2	2	4
Mülheim a. d. Ruhr	0	0	0	1	2	4
Münster	0	0	0	12	34	76
Oberbergischer Kreis	0	0	0	5	5	8
Oberhausen	0	0	0	0	0	0
Olpe	1	5	15	3	10	28
Paderborn	19	101	309	336	894	2.311
Recklinghausen	0	0	0	33	95	235
Remscheid	0	0	0	1	0	0
Rhein-Erft-Kreis	12	64	197	54	189	516
Rheinisch-Bergischer Kreis	0	0	0	0	0	0
Rhein-Kreis Neuss	7	37	105	27	89	209
Rhein-Sieg-Kreis	13	69	203	17	72	205
Siegen-Wittgenstein	0	0	0	17	46	115
Soest	9	48	140	58	133	321
Solingen	0	0	0	0	0	0
Städteregion Aachen	7	37	119	54	171	418
Steinfurt	48	254	716	154	564	1.509
Unna	0	0	0	7	13	29
Viersen	3	16	47	19	41	101
Warendorf	15	80	213	78	225	506
Wesel	0	0	0	34	85	190
Wuppertal	0	0	0	0	0	0

# IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Niklas Raffalski, Andrea Bahrs, Dr. Katja Essen, Ellen Grothues, Markus Heek, Fabian Kehnen (alle LANUV)
Titelbild	AdobeStock AA+W (Titel)
Stand	April 2022
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachbericht
Informationsdienste schutz unter	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucher- • <a href="http://www.lanuv.nrw.de">www.lanuv.nrw.de</a> Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

---

Landesamt für Natur, Umwelt und  
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10  
45659 Recklinghausen  
Telefon 02361 305-0  
poststelle@lanuv.nrw.de

[www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)