

**Ulrich Riedl, Boris Stemmer, Sven Philipper,  
Wolfgang Peters, Sven Schicketanz, Miron Thylmann,  
Carsten Pape, Philip Gauglitz, Jochen Mülder,  
Christian Westarp und Nicola Moczek**

## **Szenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien aus Naturschutzsicht**



# **Szenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien aus Naturschutzsicht**

**Ergebnisse des F+E-Vorhabens  
(FKZ: 3515 82 2900)**

**Ulrich Riedl  
Boris Stemmer  
Sven Philipper  
Wolfgang Peters  
Sven Schicketanz  
Miron Thylmann  
Carsten Pape  
Philip Gauglitz  
Jochen Mülder  
Christian Westarp  
Nicola Moczek**

**Titelbild:** Visulisierung von Windenergieanlagen im Sauerland (J. Mülder).

**Adressen der Autorinnen und der Autoren:**

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe:

Prof. Dr. Ulrich Riedl                   An der Wilhelmshöhe 44, 37671 Höxter  
Prof. Dr. Boris Stemmer               E-Mail: ulrich.riedl@th-owl.de  
Sven Philipper                           boris.stemmer@th-owl.de  
Franziska Bernstein

Bosch Partner GmbH:

Dr. Wolfgang Peters                   Kantstraße 63a, 10627 Berlin  
Sven Schickedanz                   E-Mail: w.peters@boschpartner.de  
Miron Thylmann                       s.schicketanz@boschpartner.de  
  m.thylmann@boschpartner.de

Fraunhofer IEE:

Dr. Carsten Pape                       Königstor 59, 34119 Kassel  
Philip Gauglitz                       E-Mail: carsten.pape@iee.fraunhofer.de  
  philip.gauglitz@iee.fraunhofer.de

Christian Westarp

Weserstraße 3, 37671 Höxter  
E-Mail: christian.westarp@gmx.de

Lenné3D GmbH:

Jochen Mülder                       Schuckertstr. 15a, 33613 Bielefeld  
E-Mail: muelder@lenne3d.com

PSY:PLAN Institut für Architektur- und Umweltpsychologie:

Dr. Nicola Moczek                   Libauer Straße 14, 10245 Berlin  
E-Mail: moczek@psyplan.de

**Fachbetreuung im BfN:**

Kathrin Ammermann                   Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und erneuerbare Energien“  
Claudia Hildebrandt

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (FKZ: 3515 82 2900).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).

BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter [http:// www.bfn.de/skripten.html](http://www.bfn.de/skripten.html) heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber:    Bundesamt für Naturschutz  
  Konstantinstr. 110  
  53179 Bonn  
  URL: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU).

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-331-7

DOI 10.19217/skr570

Bonn - Bad Godesberg 2020

# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>10</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>14</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>15</b>
I            Hintergrund und Forschungsgegenstand .....	15
II            Erzielte Ergebnisse .....	16
II.I          Methodik .....	16
II.II        Ausbauszenarien Windenergie .....	18
II.III       Pilotstudie zur Wahrnehmung und Bewertung von Windenergieanlagen in „Stellvertreter-Landschaften“ und Antizipativ-iteratives Geo-Indikatoren- Landschaftspräferenzmodells (AIGILaP).....	25
II.IV        Bewertung der Ausbauszenarien / Konkrete Ergebnisse in Bezug auf den untersuchten Fall Windenergie an Land.....	28
III          Empfehlungen.....	32
<b>Langfassung</b> .....	<b>38</b>
<b>1            Fragestellung und Herangehensweise</b> .....	<b>38</b>
1.1          Phase I .....	40
1.2          Phase II .....	42
<b>2            Potenziale und Konfliktrichtigkeit verschiedener erneuerbarer               Energieträger in Bezug auf den Natur- und Landschaftsschutz</b> .....	<b>44</b>
2.1          Windenergie.....	50
2.2          Photovoltaik .....	53
2.3          Biomasse .....	56
2.4          Wasserkraft.....	62
2.5          Zusammenfassende Einschätzung der Konfliktrichtigkeit der erneuerbaren Energien .....	64
<b>3            Entwicklung von Ausbauszenarien</b> .....	<b>66</b>
3.1          Einordnung in den Projektkontext .....	66
3.2          Grundlagen der Szenarientwicklung.....	67
3.3          Ermittlung der Ausbautzahlen für Windenergie in den Bundesländern .....	68
3.3.1        Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung.....	70
3.3.2        Anlagentechnik .....	90
3.3.3        Algorithmus zur Standortidentifikation .....	92
3.4          Festlegung der Bewertungsgrößen .....	94
3.4.1        Windhöffigkeit .....	94
3.4.2        Lastnähe .....	94
3.4.3        Natur- und Landschaftsschutz.....	97
3.4.4        Kombination der Bewertungsgrößen und Einordnung in den Projektkontext .....	98

3.5	Entwicklung von Windenergieausbauszenarien.....	98
3.5.1	Energiewirtschaftliche Ausbauszenarien .....	99
3.5.2	Natur- und Landschaftsschutzoptimierte Ausbauszenarien .....	101
<b>4</b>	<b>Entwicklung einer Herangehensweise zur Bewertung von Ausbauszenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes .....</b>	<b>102</b>
4.1	Einordnung in den Projektkontext.....	102
4.2	Vorgehensweise.....	102
4.3	Ermittlung von Konflikten.....	103
4.3.1	Konflikte mit abiotischen und biotischen Schutzgütern .....	104
4.3.2	Konflikte mit dem Schutzgut Landschaft.....	106
4.4	Auswahl von Flächenkategorien zur Abbildung der Konflikte.....	106
4.4.1	Abiotische und biotische Schutzgüter .....	106
4.4.2	Schutzgut Landschaft.....	123
4.5	Einschätzung der Konfliktrisiken der Flächenkategorien.....	152
4.6	GIS-gestützte Analyse der räumlichen Verteilung natur- und landschaftsschutzbezogener Konfliktrisiken .....	174
<b>5</b>	<b>Pilotstudie zur Wahrnehmung und Bewertung von Windenergieanlagen in „Stellvertreter-Landschaften“ .....</b>	<b>177</b>
5.1	Einordnung in den Projektkontext.....	177
5.2	Vorbereitung der Pilotstudien .....	178
5.3	Online-Studie .....	185
5.3.1	Herangehensweise .....	185
5.3.2	Ergebnisse .....	198
5.4	Eye-Tracking-Studie.....	206
5.4.1	Herangehensweise .....	206
5.4.2	Ergebnisse .....	212
5.5	Überprüfung der natur- und landschaftsbezogenen Bewertung durch die Studien zur Wahrnehmung und Bewertung von Windenergieanlagen in „Stellvertreter-Landschaften“ .....	217
5.5.1	Überprüfung der GIS-gestützten Bewertung des Schutzguts Landschaft .....	217
5.5.2	Überprüfung der Annahmen zur Empfindlichkeit der Landschaft .....	225
5.6	Diskussion.....	226
5.7	Fazit.....	231
<b>6</b>	<b>Bewertung der Ausbauszenarien.....</b>	<b>233</b>
6.1	Szenario A „Effizienz“ .....	233
6.2	Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ .....	234
6.3	Szenario A* „Naturschutz / Effizienz“ .....	235
6.4	Szenario B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe .....	237
6.5	Vergleich der Szenarien .....	238
6.5.1	Einfluss der Bewertungsgrößen Windhöflichkeit und Lastnähe .....	238
6.5.2	Einfluss der Bewertungsgröße Naturschutz.....	242
6.5.3	Zusammenfassung zum Einfluss der Bewertungsgrößen.....	247

<b>7</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>249</b>
7.1	Anwendung und Einsatzfelder.....	249
7.2	Methodenkritik .....	249
7.2.1	Datenverfügbarkeit.....	249
7.2.2	Expertenbewertung.....	250
7.2.3	Gewichtung der Bewertungsgrößen für die Regionalisierung des Zubaus .....	251
7.3	Einordnung der Szenarien anhand einer Verbrauchsprognose .....	251
<b>8</b>	<b>Empfehlung und Fazit.....</b>	<b>254</b>
<b>9</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>258</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>267</b>
10.1	Glossar .....	267
10.2	Onlinestudie.....	269
10.3	Qualitative Befragung .....	282

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Entwicklung der Stromerzeugung bzw. des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien in Deutschland (UBA 2018, S. 7) .....	19
Abb. 2:	Schematische Darstellung der Ausschlussflächenkulisse.....	21
Abb. 3:	Anlagentypen in Deutschland.....	22
Abb. 4:	Schematische Darstellung der Herangehensweise zur Bewertung der Szenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und des Sonderfalls „Schutzgut Landschaft“ .....	26
Abb. 5:	Sinnbild (Heatmap): Blickmuster von je 45 Teilnehmenden auf den gleichen Stimulus - links der Stimulus im Bestand, rechts mit visualisierten Windenergieanlagen .....	27
Abb. 6:	Konfliktrisikobewertung mit dem Schutzgut Landschaft (AIGILaP) .....	28
Abb. 7:	Vergleich der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen in den Szenarien, farblich hervorgehoben: Grün = aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes günstigste Werte; Rot = aus Sicht des Natur und Landschaftsschutz ungünstigste Werte. ....	30
Abb. 8:	Gesamt-Konfliktrisiko und durchschnittliches Konfliktrisiko der Szenarien.	31
Abb. 9:	Übersicht der Herangehensweisen im Vorhaben.....	40
Abb. 10:	Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland 2017 in TWh (BMW i 2018).....	44
Abb. 11:	Entwicklung der durchschnittlichen Rotordurchmesser und Nabenhöhen der zugebauten Windenergieanlagen von 1998 bis 2018 (Fraunhofer IEE 2018).....	50
Abb. 12:	Entwicklung der installierten Leistung von Onshore-Windenergieanlagen nach Leistungsklassen von 1998 bis 2018 (Fraunhofer IEE 2018). ....	51
Abb. 13:	Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland, Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981-2010 (Quelle: Deutscher Wetterdienst).....	54
Abb. 14:	Entwicklung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (Die Werte für 2016 sind vorläufig, die Werte für 2017 geschätzt) (FNR 2018).	60
Abb. 15:	Einordnung der Szenarientwicklung in den Projektkontext .....	66
Abb. 16:	Schema des GIS-Modells zur Erstellung der Flächenkulisse mit Ausschlusswirkung.....	71
Abb. 17:	Schema der Flächenkulisse .....	72
Abb. 18:	Anlagentypen in Deutschland.....	91
Abb. 19:	Schematische Darstellung der Standortidentifikation (blauer Pfeil: Hauptwindrichtung, grün: Flächen ohne Ausschlusswirkung) .....	93
Abb. 20:	Beispiel für die Standortidentifikation mit im Projekt genutzten Potenzialflächen.....	93
Abb. 21:	Vorgehensweise bei der Berücksichtigung der Bewertungsgröße Lastnähe bei der Standortauswahl .....	95
Abb. 22:	Veränderung des Abwertungsfaktors in Abhängigkeit von der Lastdeckung.....	96

Abb. 23:	Einordnung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung in den Projektkontext .....	102
Abb. 24:	Gefüge von Ursache-Wirkung-Betroffenheit-Auswirkung .....	103
Abb. 25:	Schema der verwendeten bundesweiten Rasterzellen .....	123
Abb. 26:	Schematische Darstellung der Herangehensweise zur Bewertung der Szenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und des Sonderfalls „Schutzgut Landschaft“ .....	125
Abb. 27:	Schematische Darstellung der Herangehensweise bei der Bewertung des Schutzguts Landschaft zur Ableitung von Flächenkategorien .....	125
Abb. 28:	Formel zur Berechnung der Nutzungszahl .....	133
Abb. 29:	Verteilung der Werte für die Nutzungsvielfalt .....	133
Abb. 30:	Verteilung der Werte für die Reliefvielfalt .....	134
Abb. 31:	Formel zur Berechnung der mittleren Abweichung zwischen der Nutzungsverteilung der Rasterzelle und der Nutzungsverteilung des Kulturlandschaftstyps .....	136
Abb. 32:	Verteilung der Werte für die Nutzungsverteilung .....	136
Abb. 33:	Schematische Darstellung und Beispiel der Neuberechnung der Werte für die Rasterzellen unter Einbeziehung der Wirkradien .....	147
Abb. 34:	Konfliktrisikobewertung AIGILaP .....	152
Abb. 35:	Schema zur Aggregation einzelner Flächenkategorien zu einer aggregierten Konfliktrisikobewertung .....	175
Abb. 36:	Schema zur schutzgutbezogenen Konfliktrisikobewertung für weitere Analysen .....	176
Abb. 37:	Sozial-Konstruktivistische-Landschaftstheorie .....	177
Abb. 38:	Einordnung der wahrnehmungspsychologischen Studien in den Projektkontext .....	178
Abb. 39:	Übersicht der sechs ausgewählten Stellvertreter-Landschaften sowie der zugehörigen Kulturlandschaftstypen (Schmidt et al. 2014) .....	181
Abb. 40:	Foto aus dem Erzgebirge (links) und die dazugehörigen und erhobenen Daten (rechts) .....	183
Abb. 41:	Inhaltliche Struktur der Online-Befragung .....	187
Abb. 42:	Auszug zur Bewertung des ästhetischen Gesamtwerts aus der Online-Befragung .....	188
Abb. 43:	Perceived Restorativeness Scale nach Hartig et al. (1997) und Hug et al. (2008) .....	189
Abb. 44:	Vergleich der prozentualen Altersverteilungen der Bundesrepublik Deutschland (destatis 2016) mit der Stichprobe (N=215) .....	190
Abb. 45:	Herkunft der befragten Personen und Lage der Stellvertreter-Landschaften .....	192
Abb. 46:	Prozentuale Verteilung des Bestandes von Windenergieanlagen in der Nähe der Wohnungen der befragten Personen, N = 215 .....	193

Abb. 47:	Prozentuale Verteilung der Antworten zur Sichtung von Windenergieanlagen in den vergangenen vier Wochen, N = 215 .....	193
Abb. 48:	Prozentuale Verteilung der empfundenen Störung durch Windenergieanlagen in unmittelbarer Wohnungsnähe der befragten Personen, Einstufung auf einer Skala von 1 („stört mich überhaupt nicht“) bis 101 („stört mich sehr“), Angaben in Prozent; N = 198 .....	194
Abb. 49:	Prozentuale Verteilung der Zustimmungen zu Aussagen zur Windenergie, N=215 .....	196
Abb. 50:	Einstellung zur Natur, N=215, davon 114 Expertinnen und Experten, 101 Laiinnen und Laien.....	197
Abb. 51:	Skalenmittelwerte ästhetischer Gesamtwert und Erholungswert (Skalen reichen von 1 = sehr niedrig bis 10 = sehr hoch), N = 215.....	202
Abb. 52:	Vergleich der Mittelwerte des ästhetischen Gesamtwerts der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215 .....	204
Abb. 53:	Vergleich der Mittelwerte der Eigenart der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215.....	204
Abb. 54:	Vergleich der Mittelwerte der Naturnähe der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215.....	205
Abb. 55:	Vergleich der Mittelwerte für Schönheit der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215 .....	205
Abb. 56:	Vergleich der Mittelwerte der Vielfalt der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215.....	206
Abb. 57:	Areas of Interest (AOI) im Foto L2-20, Darß; links die Landschaft mit visualisierten Windenergieanlagen, rechts die Landschaft im Bestand....	207
Abb. 58:	Darstellung des Monitors mit Infrarotkamera (Interactive Minds GmbH, Dresden) .....	209
Abb. 59:	Versuchsaufbau im mobilen Labor .....	209
Abb. 60:	Standort des mobilen Labors auf dem Königsplatz, Kassel .....	210
Abb. 61:	„Scanpath“: Blickmuster von sechs verschiedenen Teilnehmenden auf das gleiche Stimulus - in der oberen Reihe ist das Foto im Bestand, in der unteren Reihe das Foto mit visualisierten Windenergieanlagen. ....	212
Abb. 62:	Sinnbild (oder Heatmap): Blickmuster von je 45 Teilnehmenden auf den gleichen Stimulus - links der Stimulus im Bestand, rechts mit visualisierten Windenergieanlagen .....	213
Abb. 63:	Durchschnittliche Fixationsdauer in Sekunden im Vergleich zwischen jeweils zwei Fotos einer Landschaft im Bestand und in manipulierter Version, N=90 .....	214
Abb. 64:	Durchschnittliche Fixationsdauer in Sekunden im Vergleich zwischen Bestand und in manipulierter Version, N=90 .....	215
Abb. 65:	Durchschnittliche Anzahl der Fixationen im Vergleich zwischen jeweils zwei Fotos einer Landschaft im Bestand und in manipulierter Version, N=90 .....	215
Abb. 66:	Vergleich von zwei Ergebnissen der qualitativen Befragung (blaue Bereiche „gefallen“, rote Bereiche „gefallen nicht“, N=40) .....	216

Abb. 67:	Darstellung der Sichtfeldanalyse am Beispiel eines Fotos aus dem Sauerland .....	218
Abb. 68:	Formel zur Berechnung der Summe der Abweichungen zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung .....	219
Abb. 69:	Differenzen zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung in den Stellvertreter-Landschaften für Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Erholungswert und Naturnähe.....	221
Abb. 70:	Schematische Darstellung der Unterschiede zwischen den Sichtfeldanalysen mit einem DGM und einem DOM.....	224
Abb. 71:	Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario A „Effizienz“	234
Abb. 72:	Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“.....	235
Abb. 73:	Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario A* „Naturschutz / Effizienz“ .....	236
Abb. 74:	Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ .....	237
Abb. 75:	Vergleich der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen in den Szenarien, farblich hervorgehoben: Grün = aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes günstigste Werte; Rot = aus Sicht des Natur und Landschaftsschutz ungünstigste Werte.....	240
Abb. 76:	Gesamt-Konfliktrisiko und durchschnittliches Konfliktrisiko der Szenarien	244
Abb. 77:	Gesamt-Konfliktrisiko und Anlagenzahl der Szenarien .....	244
Abb. 78:	Verteilung der in den Szenarien platzierten Windenergieanlagen auf die Konfliktrisikoklassen.....	245
Abb. 79:	Gesamt-Konfliktrisiko der Windenergieanlagen-Typen der Szenarien.....	246
Abb. 80:	Entwicklung der Stromerzeugung bzw. des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien in Deutschland (UBA 2018) .....	251
Abb. 81:	Rücklaufstatistik der Online-Studie .....	281

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht der Bewertungsgrößen in den Szenarien .....	22
Tab. 2:	Legendarstellung zur Einschätzung von Wirkbeziehungen und Konflikten von Vorhabentypen erneuerbarer Energien mit den Schutzgütern.....	45
Tab. 3:	Einschätzung von Wirkbeziehung und Konflikte von Vorhabentypen erneuerbarer Energien mit den Schutzgütern.....	46
Tab. 4:	Entwicklung der Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe in Deutschland nach Verwendung von 2011 bis 2017 (FNR 2018). .....	57
Tab. 5:	Entwicklung der Anbaufläche (in ha) nachwachsender Rohstoffe in Deutschland für die Biomassenutzung von 2011 bis 2017 (FNR 2018). ....	59
Tab. 6:	Vergleich der Erträge verschiedener Fruchtarten zur Biomassenutzung (Dieterich et al. 2017) (FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse) .....	61
Tab. 7:	Leistungen nach Bundesländern .....	70
Tab. 8:	Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung für die Windenergienutzung – Beschreibung, Begründung und Datengrundlagen .....	73
Tab. 9:	Anlagentypen .....	91
Tab. 10:	Durchschnittliche Neubauanlagen in Deutschland (D), Schleswig-Holstein (SH) und Bayern (BY) (Deutsche WindGuard 2013, 2016).....	92
Tab. 11:	Durchschnittliche Neubauanlagen in Deutschland (Deutsche WindGuard 2013, 2016).....	92
Tab. 12:	Faktor der Konfliktrisikoklassen 1 bis 6 .....	97
Tab. 13:	Übersicht der Bewertungsgrößen in den Szenarien .....	98
Tab. 14:	Konflikte der Windenergienutzung mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes im Bereich abiotischer und biotischer Schutzgüter	105
Tab. 15:	Konflikte der Windenergienutzung mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes im Bereich des Schutzguts Landschaft.....	106
Tab. 16:	Flächenkategorien zur Abbildung der abiotischen und biotischen Schutzgüter .....	108
Tab. 17:	Bewertungsmodell für die exponierten Lagen.....	126

Tab. 18:	Auswahl von Bewertungsmethoden sowie die Erfüllung der Auswahlparameter .....	127
Tab. 19:	Übersicht über die Indikatoren, unter- und übergeordnete Kriterien .....	130
Tab. 20:	Auflistung und Zuweisung der groben und feinen Nutzungstypen .....	132
Tab. 21:	Bewertungsmodell für die Vielfalt .....	135
Tab. 22:	Bewertungsmodell für die Eigenart .....	137
Tab. 23:	Bewertungsmodell für die Schönheit .....	138
Tab. 24:	Bewertungsmodell für den Erholungswert .....	140
Tab. 25:	Zuweisung von Naturnähestufen zu den feinen Nutzungstypen .....	143
Tab. 26:	Wirkradien von optischen Störungen .....	144
Tab. 27:	Wirkradien von akustischen Störungen .....	144
Tab. 28:	Bewertungsmodell für die Naturnähe .....	145
Tab. 29:	Wirkradien, angenommene Wirkintensitäten und Gewichtungsfaktoren für die Berechnung der Attribute .....	147
Tab. 30:	Auflistung der Flächenkategorien zum Schutzgut Landschaft .....	148
Tab. 31:	Definition der Parameter Treffsicherheit, Empfindlichkeit und Bedeutung und Hinweise zur Expertenbewertung .....	154
Tab. 32:	Flächenkategorien mit Indikatorfunktion für Konfliktrisiken unterschiedlicher Art und Höhe – Indikatorfunktion und Begründung sowie Datengrundlagen und fachliche Bewertung .....	155
Tab. 33:	Betroffenheit der Landschaftstypen durch die Szenarien A und B .....	180
Tab. 34:	Altersverteilung .....	190
Tab. 35:	Höchster Bildungsabschluss (destatis 2016) .....	191
Tab. 36:	Die Kategorien Fachkundige und Fachunkundige in der Befragung .....	191
Tab. 37:	Entfernung zwischen Wohnort und Windenergieanlage sowie die resultierende wahrgenommene Störung .....	195
Tab. 38:	Mittelwerte und Standardabweichung der Skala Naturbewusstsein .....	197
Tab. 39:	Korrelationen der vier Subskalen des Erholungswerts .....	198
Tab. 40:	Korrelationen zwischen Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe .....	198
Tab. 41:	Korrelationen der acht Adjektive .....	199
Tab. 42:	Korrelationen zwischen Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe getrennt nach Fachkundigen und Fachunkundigen .....	199
Tab. 43:	Mittelwerte und Standardabweichung des ästhetischen Gesamtwerts ....	200
Tab. 44:	Mittelwerte und Standardabweichung der Skala Erholungswert .....	201
Tab. 45:	Differenzen der Skalenmittelwerte zwischen den Versionen Bestand und Manipulation .....	201
Tab. 46:	Welsh-Tests zum statistischen Vergleich des Erholungs-/ ästhetischen Gesamtwerts zwischen originalen und manipulierten Landschaftsfotos ..	203

Tab. 47:	Korrelation der Bewertung im Bestand mit dem Betrag der Differenz zwischen Originalversion und manipulierter Version .....	203
Tab. 48:	Anzahl und Bezeichnung der Areas of Interest (AOI) in den Landschaftsfotos .....	208
Tab. 49:	Vergleich der geplanten (Quotenplan) und tatsächlich erreichten Stichprobe.....	211
Tab. 50:	Höchster Bildungsabschluss in der Stichprobe.....	212
Tab. 51:	Ursprüngliche und angepasste Bewertungsskala der Online-Studie.....	219
Tab. 52:	Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung für die Attribute, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests, nur Bestandsfotos .....	220
Tab. 53:	Summe der Abweichungen und mittlere Abweichung zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung.....	220
Tab. 54:	Übersicht über die Veränderungen bei den Attributen Naturnähe und Erholungswert nach der Neuberechnung .....	223
Tab. 55:	Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests auf Basis der Sichtfeld-Analyse mit dem DGM und dem DOM.....	225
Tab. 56:	Technische Daten der Windenergieanlagen-Typen für die Szenarientwicklung .....	233
Tab. 57:	Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario A „Effizienz“ .....	234
Tab. 58:	Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ .....	235
Tab. 59:	Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario A* „Naturschutz / Effizienz“ .....	236
Tab. 60:	Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ .....	237
Tab. 61:	Kennzahlen für die berechneten Szenarien A „Effizienz“ und A* „Naturschutz / Effizienz“ sowie B „Effizienz / Lastnähe“ und B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ .....	241

Tab. 62:	Vergleich der Anlagenanzahl, des durchschnittlichen Konfliktrisikos je Anlage und des Gesamt-Konfliktrisikos der Szenarien A „Effizienz“ und A* „Naturschutz / Effizienz“ sowie B „Effizienz / Lastnähe“ und B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ .....	242
Tab. 63:	Schutzgutbezogene Gesamt-Konfliktrisiken der Szenarien .....	247
Tab. 64:	Energiemix für das Jahr 2035 .....	253
Tab. 65:	Fotos der Landschaft 1 - Sauerland .....	269
Tab. 66:	Fotos der Landschaft 2 - Darß .....	270
Tab. 67:	Fotos der Landschaft 3 - Uelzen .....	271
Tab. 68:	Fotos der Landschaft 4 - Schwäbische Alb .....	272
Tab. 69:	Fotos der Landschaft 5 - Hamburg.....	274
Tab. 70:	Fotos der Landschaft 6 - Erzgebirge .....	275
Tab. 71:	Mittelwerte und Standardabweichung der Skala Naturbewusstsein .....	276
Tab. 72:	Mittelwerte und Standardabweichung der Skalen des ästhetischen Gesamtwerts (WEA) .....	276
Tab. 73:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des ästhetischen Gesamtwerts (WEA) .....	277
Tab. 74:	Mittelwerte und Standardabweichung der Skalen des ästhetischen Gesamtwerts (Bestand) .....	277
Tab. 75:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des ästhetischen Gesamtwerts (Bestand) .....	277
Tab. 76:	Aufsummierte Mittelwerte und Standardabweichungen des ästhetischen Gesamtwerts der manipulierten Fotos.....	278
Tab. 77:	Aufsummierte Mittelwerte und Standardabweichungen des ästhetischen Gesamtwerts der Bestandsfotos .....	278
Tab. 78:	Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der manipulierten Landschaften .....	279
Tab. 79:	Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der Landschaften im Bestand.....	279
Tab. 80:	Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der manipulierten Fotos .....	279
Tab. 81:	Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der Bestandsfotos .....	280
Tab. 82:	Positive Meinungen zu den Windenergieanlagen in der qualitativen Befragung .....	282
Tab. 83:	Negative Meinungen zu den Windenergieanlagen in der qualitativen Befragung .....	282
Tab. 84:	Meinungen zu den Strommasten und Stromtrassen in der qualitativen Befragung .....	282

## Abkürzungsverzeichnis

AIGILaP	Antizipativ-iteratives Geo-Indikatoren-Landschaftspräferenzmodell
AOI	Areas of Interest
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BAF	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BR	Biosphärenreservat
BWaldG	Bundeswaldgesetz
COSMO-DE	Consortium for Small-scale Modeling Deutschland
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.
DGM25	Digitales Geländemodell 1:25.000
DLM250	Digitales Landschaftsmodell 1:250.000
DOM	Digitale Oberflächenmodell
DWD	Deutscher Wetterdienst
EE	erneuerbare Energien
EEA	European Environmental Agency
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FEU	Funktionsräume der Feuchtlebensräume
FuE-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
GIS	Geoinformationssystem
GW	Gigawatt
IBA	Important Bird Area
k-R	konfliktbezogenes Risiko
KRK	Konfliktrisikoklasse
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz
NatP	Nationalpark
NEP	Netzentwicklungsplan
NP	Naturpark
OSM	OpenStreetMap
WEA	Windenergieanlagen

## Kurzfassung

### I Hintergrund und Forschungsgegenstand

Mit der Energiewende in Deutschland wird eines der aktuell herausragenden Umweltziele verfolgt, nämlich die Verringerung von Klimagasen zur Begrenzung der Erderwärmung auf 2 Grad (UN 2015). Um den international vereinbarten Klimaschutzzielen gerecht zu werden, ist die Nutzung erneuerbarer Energien (EE) ein zentraler Ansatzpunkt. Wenngleich die Energiewende weiterhin auf breite öffentliche Zustimmung stößt (BMU 2018), bleibt sie nicht ohne Folgen für den Natur- und Landschaftsschutz und ist u.a. deswegen nicht überall unwidersprochen.

Aufgabe des vorliegenden Forschungsvorhabens ist die Suche nach Lösungsansätzen, wie die mit der Energiewende verbundenen negativen Folgen für Natur und Landschaft bereits auf einer strategischen Ebene besser in politischen und planerischen Entscheidungen berücksichtigt werden können. Besonders augenfällig ist das Konfliktpotenzial der erneuerbaren Energien beim Ausbau der Windenergie an Land. Diese ist nicht nur der Energieträger, der den größten Beitrag zur aktuellen Produktion von erneuerbaren Energien leistet (BMW 2018), sondern auch der mit dem größten Ausbaupotenzial (u.a. Szenariorahmen 2030 NEP (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017)). Gleichzeitig verursacht der Ausbau der Windenergie an Land im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien mehr Konflikte mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes. Alle Schutzgüter sind davon in Abhängigkeit zu den tatsächlichen Anlagenstandorten in unterschiedlichem Ausmaß betroffen. Insbesondere mit dem schwer zu operationalisierenden Schutzgut Landschaft sowie mit dem Schutzgut Tiere, hierunter vor allem Vögel und Fledermäuse, treten regelmäßig erhebliche Konflikte auf. Für die Bewertung dieser Konflikte wird ein schutzgutübergreifender Ansatz für die Bundesebene entwickelt. Dieser kann grundsätzlich auch für andere überregionale Vergleiche bzw. Bewertungen genutzt sowie für die nachgeordnete Länder- oder vor allem der für die Steuerung der erneuerbaren Energien besonders relevante Regionalebene adaptiert werden.

Dementsprechend bearbeitet das Vorhaben folgende wesentliche Forschungsgegenstände:

- Szenarien des EE-Ausbaus sollen zunächst unter energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten erarbeitet werden. Als Szenarien werden zwei alternative Strategien des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land als Ausgangspunkt genutzt: Zum einen wird die Nutzung der besten (windhöflichen bzw. effizienten) Standorte und zum anderen die verbraucher-nahe (lastnahe) Erzeugung herangezogen (Kap. 3).
- Im weiteren Verlauf sollen die erstellten Szenarien im Hinblick auf ihre Konfliktrisiken mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes beurteilt werden (Kap. 3.5). Hierfür sind die Szenarien in ihrer räumlichen Dimension abzubilden bzw. in den Raum zu projizieren und das Ausmaß der Konfliktrisiken mit den jeweils dort ausgeprägten Belangen des Naturschutzes (Schutzgüter) zu bewerten. Dafür wird größtenteils auf vorhandene Daten zu Natur- und Landschaft zurückgegriffen, für das Schutzgut Landschaft wird aber eine eigene Methode der Bewertung entwickelt. Wichtiger Teil dieser Methode sind wahrnehmungspsychologische Studien.
- Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere der Konfliktrisikobewertung, sollen anschließend die o.g. Szenarien mit Blick auf die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes optimiert werden. Anhand des danach verbleibenden Konfliktrisikos lassen sich die Effekte dieser Optimierungen darstellen. Die einzelnen Szenarien werden somit untereinander gut vergleichbar (Kap. 6).

- Die regionalen Ausprägungen der Szenarien sollen durch Visualisierungen anhand von Stellvertreter-Landschaften unterschiedlicher Kulturlandschaftstypen (Schmidt et al. 2014) veranschaulicht werden. Diese dienen dazu, Auswirkungen auf das Schutzgut Landschaft im Rahmen von wahrnehmungspsychologischen Studien zu untersuchen. Parallel wird ein GIS-Modell zur flächendeckenden Bewertung des Schutzgutes Landschaft entwickelt, welches für die Konfliktrisikooanalyse benötigt wird (Kap. 4.6). Die für dieses Modell getroffenen Annahmen werden mithilfe einer zu entwickelnden geeigneten Methode überprüft und so die Ergebnisse der wahrnehmungspsychologischen Studien mit dem GIS-Modell abgeglichen. Die Erkenntnisse dieses Abgleichs werden zur Verbesserung und zur Weiterentwicklung des GIS-Modells genutzt. Die wahrnehmungspsychologischen Studien helfen also, das Konfliktrisiko mit dem Schutzgut Landschaft besser bewerten zu können (Kap. 5).
- Praxisrelevante Empfehlungen zur Entscheidungsunterstützung eines weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien, welcher die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes berücksichtigt, werden abschließend erarbeitet (Kap. 8).

Teil des Vorhabens ist auch die Konkretisierung und Eingrenzung der o.g. Fragestellungen. Beispielsweise wurde im Rahmen der Konkretisierung der Herangehensweisen offensichtlich, dass mit Blick auf einen maximalen Erkenntnisgewinn eine Eingrenzung der Szenarien auf die Windenergie an Land sinnvoll ist. Alle anderen relevanten erneuerbaren Energien werden nur pauschal betrachtet. Nur so konnte eine Herangehensweise soweit entwickelt werden, dass sie belastbare Ergebnisse liefern und nun auch auf andere erneuerbare Energien übertragen werden kann.

## **II Erzielte Ergebnisse**

### **II.I Methodik**

Ausgehend von bereits vorliegenden, primär auf Wirtschaftlichkeit oder Netzkompatibilität zielenden Ausbauszenarien für erneuerbare Energien auf Bundesebene, z.B. Netzentwicklungsplan (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) oder der Studie „Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland“ (Agora Energiewende et al. 2013), werden neue, an den aktuellen Zielen für den Ausbau der erneuerbaren Energien orientierte Szenarien für den Ausbau der Windenergie an Land entwickelt. Dazu werden ein Ausbau-Szenario an Effizienzstandorten (windhöfzigste Standorte, Szenario A „Effizienz“) sowie ein dezentrales, lastnahes (Szenario B „Effizienz / Lastnähe“) konstruiert. Sie legen dabei denselben prognostizierten (höheren) Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch zu Grunde, der Zielhorizont dafür liegt etwa im Jahr 2035 (Szenario 2035 B, NEP 2030 (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017)). Diese Herangehensweise, die sich stärker an einer erzielbaren Energiemenge als an einem konkreten Zeitraum orientiert, erlaubt eine zeitliche Verschiebung ohne wesentliche Änderungen der den Szenarien zugrunde liegenden Annahmen. Die Szenarien werden unabhängig vom aktuellen Bestand an Windenergieanlagen erstellt. Dies bietet den Vorteil, dass eine Überprüfung und Bewertung von Bestandsanlagen, deren Fortbestand heute weitgehend unklar ist, nicht notwendig ist. Außerdem finden auf diesem Wege keine Anlagenstandorte Eingang in die Szenarien, die aus heutiger Sicht nicht mehr für den Ausbau der Windenergie in Frage kommen. Die Szenarien sind damit keine Fortschreibung des aktuellen Zustandes, sondern dienen dazu, den Einfluss bestimmter Treiber (Bewertungsgrößen) des Ausbaus auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit zu verdeutlichen (Kap. 1.1). Aus der Analyse der Szenarien können schließlich strategische Empfehlungen in Bezug auf für den Ausbau geeignete Räume – aber keine konkreten Standortzuweisungen – sowie Empfehlungen für strategische politische und

planerische Entscheidungen abgeleitet werden. Im Rahmen der Erstellung dieser Szenarien sind vorab solche Flächen zu bestimmen, auf denen die Nutzung der Windenergie aus technischen oder rechtlichen Gründen ausgeschlossen ist. Diese Ausschlussflächen repräsentieren z.T. bereits die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes.

Die erarbeiteten Szenarien des Windenergieausbaus an Land werden im nächsten Schritt hinsichtlich ihrer Konfliktrisiken mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes vergleichend bewertet. Den Maßstab für die Beurteilung der Naturschutz- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien bilden die Belange des Naturschutzes, die sich aus dem Zielparagraphen des Bundesnaturschutzgesetzes (§1 BNatSchG) ergeben.

Es geht somit vorrangig um die dauerhafte Sicherung (und ggf. Entwicklung und Wiederherstellung)

- der biologischen Vielfalt,
- der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie
- der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswertes von Natur und Landschaft.

Die Entwicklung einer Herangehensweise zur Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit für die Bundesebene ist insofern ein zentrales Element des Vorhabens (Kap. 4). Die Herangehensweise ist so aufgebaut, dass sie mit unterschiedlichen Szenarien z.B. bei sich ändernden energiepolitischen Zielvorgaben, reproduzierbare, reliable und valide Ergebnisse liefert. Auch eine Aktualisierung bei Änderungen der Voraussetzungen im Landschafts- und Naturschutz wird durch ein solche, auf Flächenkategorien bezogene Herangehensweise sichergestellt. So kann ggf. auch auf eine geänderte Datenlage reagiert werden. Dieser Aspekt entfaltet Relevanz für die nachgeordneten Ebenen. Denn wie auch bei der Entwicklung der Szenarien, ist für die Herangehensweise zur Bewertung der Szenarien eine Adaption auf die nachgeordneten Ebenen möglich. So wird eine Möglichkeit aufgezeigt, wie die bundespolitischen Zielvorgaben auf den nachgeordneten Ebenen über Landesentwicklungs-, Regional- und Flächennutzungspläne zur Entscheidungsvorbereitung für genehmigungsreife Einzelvorhaben transformiert werden können.

### **Wahrnehmungspsychologische Studien im Kontext der Bewertung des Schutzgutes Landschaft**

Um die Bewertung des Schutzgutes Landschaft zu unterstützen, werden wahrnehmungspsychologische Studien durchgeführt (Kap. 5). Diese umfassen im Wesentlichen eine Befragung der Öffentlichkeit in Form einer Online-Studie sowie einer Eye-Tracking-Untersuchung einschließlich qualitativer begleitender Methoden. Ziel der wahrnehmungspsychologischen Studien ist die Überprüfung der Annahmen, die die Grundlagen für das Bewertungsmodell für die Natur- und Landschaftsverträglichkeit in Bezug auf das Schutzgut Landschaft bilden und eine flächendeckende Bewertung dieses Schutzgutes erst möglich machen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in eine Optimierung der Flächenkategorie-bezogenen Herangehensweise zur Bewertung des Schutzgutes Landschaft ein.

## **Optimierung der Szenarien mit dem Ziel der Erhöhung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit**

Durch die Erkenntnisse aus der Bewertung der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ ist eine Optimierung der beiden Szenarien mit Blick auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit möglich. Hierzu werden unterschiedliche Überlegungen zur Optimierung, wie die Entlastung der hochwertigsten Räume oder die Reduktion der Gesamtbelastung aller Räume, einbezogen. Die Optimierung wird bei der Berechnung der Szenarien dadurch erreicht, dass die Räume mit besonderen Konfliktrisiken durch die Nutzung von Faktoren hinsichtlich der Eignung für die Windenergienutzung abgewertet werden. Dabei hängen die Faktoren von der Höhe der Konfliktrisiken ab. Diese können dementsprechend ggf. auch durch eine besonders hohe energiewirtschaftliche Attraktivität aufgewogen werden. Die Gewichtung des Natur- und Landschaftsschutzes war Gegenstand von Diskussionen innerhalb der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) und dem BfN.

Durch die Optimierung entstehen, aufbauend auf den Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“, die Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“, die jeweils auf die gleiche Weise natur- und landschaftsverträglich optimiert sind (Kap. 3). Diese werden schließlich ebenfalls auf ihre Natur- und Landschaftsverträglichkeit hin untersucht (Kap. 6).

### **Erneute vergleichende Bewertung der Natur und Landschaftsverträglichkeit**

Diese vergleichende Bewertung aller vier Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ sowie A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ verdeutlicht die Effekte der Optimierung in Hinblick auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit (Kap. 6). Insbesondere muss sich zeigen inwiefern positive Effekte, z. B. das Freihalten von hochwertigen und gleichzeitig sehr windhöffigen Standorten, durch daraus resultierende negative Effekte, in diesem Beispiel eine Erhöhung der Gesamtzahl der für die angestrebte Energiemenge notwendige Windenergieanlagen, wieder aufgezehrt werden. Das Ergebnis wird vor dem Hintergrund der Bewertungs- sowie Optimierungsmethode reflektiert. Erst so ist die Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen möglich.

### **Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen**

Die Bundespolitik und die zugeordneten Bundesbehörden sind gehalten, z. B. durch entsprechend ausformulierte Investitionsanreize oder Zielsetzungen, an der Umsetzung der Klimaschutz- bzw. erneuerbaren Energie-Ziele räumlich und inhaltlich steuernd mitzuwirken. Daher liegt der Schwerpunkt der Empfehlungen auf eben diesen Handlungsmöglichkeiten und der Frage der Übertragbarkeit der Herangehensweisen auf andere Energieträger und Projekttypen. Auch andere Planungsebenen gilt es zu diskutieren und mögliche Wege hierfür aufzuzeigen (Kap. 8).

## **II.II Ausbauszenarien Windenergie**

Um die Ergebnisse der berechneten Szenarien des Ausbaus der Windenergienutzung zu interpretieren und Rückschlüsse auf die Sensitivität der berücksichtigten Bewertungsgrößen ziehen zu können, ist die Einordnung in die aktuellen Ausbaupfade erforderlich. Das erklärte Ziel, bis 2030 50% des Bruttostromverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken, wird in dem Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD vom 14. März 2018 weiter auf einen 65%-Anteil erneuerbarer Energien angehoben (Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 2018). Im Jahr 2017 wurden 36,2% des Bruttostromverbrauchs durch erneuerbare Energien erzeugt (Abb. 1).

## Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

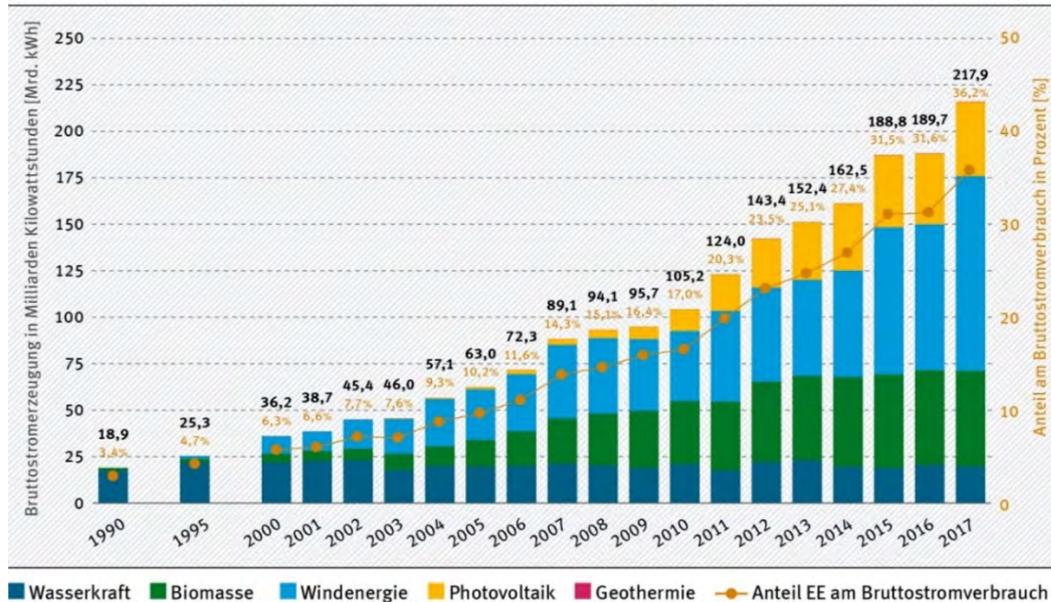


Abb. 1: Entwicklung der Stromerzeugung bzw. des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien in Deutschland (UBA 2018, S. 7)

Der bis zum Zieljahr der Szenarien (2035) zu erreichende Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch wird im Forschungsvorhaben durch die Hochrechnung des im Koalitionsvertrag genannten Ziels (65% im Jahr 2030) auf 73% festgelegt. Dieser Wert liegt dem potenziellen Energiemix für das Jahr 2035 (Szenario 2035 B, NEP 2030) zugrunde, in welchen sich die Szenarien einordnen lassen.

Der entworfene Energiemix setzt insgesamt einen ambitionierten und realitätsnahen Ausbau der erneuerbaren Energien voraus. Dabei zeigt sich, dass nicht alle Szenarien im Einklang mit der Aufteilung erforderlicher Energiemengen auf die erneuerbaren Energieträger stehen. Dies begründet sich darin, dass die Szenarien Extremfälle des Ausbaus der Windenergieanlagen darstellen. Ein rein nach Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit, der Lastdeckung oder des Natur- und Landschaftsschutzes ausgerichteter Ausbau wird in der Realität nicht erfolgen. Die Modellierung von Extremfällen ermöglicht es, unterschiedliche Einflüsse der Bewertungsgrößen auf die Verteilung der Windenergieanlagen im Raum und damit verbundene Wirkungen auf den Natur- und Landschaftsschutz zu identifizieren.

Die modellierten Ausbauszenarien bilden jeweils eine Verteilung mit einem klaren Fokus ab. Sie sind kein wahrscheinlich eintretender Fall – also keine Prognose – sondern sollen zeigen, welchen Einfluss bestimmte Treiber auf das natur- und landschaftsschutzfachliche Konfliktrisiko, das mit den jeweiligen Szenarien einhergeht, haben. Sie bilden hierfür die Bewertungsgrößen Windhöufigkeit (Energiemenge), Lastnähe und Natur- und Landschaftsschutz mit unterschiedlichen Gewichtungen ab. Ausgangspunkt der Szenarientwicklung stellt die Studie „Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland“ (im Folgenden: „Kostenoptimierungsstudie“ genannt) (Agora Energiewende et al. 2013) dar, welche die Unterschiede von zwei verschiedenen Allokationsvarianten von Windenergie- und Photovoltaikanlagen auf die Kosten der Energiewende beleuchtet:

- Eine insbesondere an der erneuerbaren Energien-Ressource Wind orientierte Standortwahl (Windhöufigkeit)
- Einer Standortwahl, die insbesondere auch darüber definiert wird, in der Nähe von Verbrauchern Windenergieanlagen zuzubauen (Lastnähe)

Trotz der Orientierung der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ an der Kostenoptimierungsstudie ergeben sich hinsichtlich der Szenarientwicklung eine Reihe von Unterschieden. Diese liegen zum einen in einer Aktualisierung und Weiterentwicklung des Zahlenwerks und der Methodik. Zum anderen bedarf es für eine Bewertung der Windenergieanlagenstandorte aus Natur- und Landschaftsschutzsicht einer wesentlich kleinräumigeren Abbildung der für den Ausbau genutzten Flächen. Hieraus ergeben sich die folgenden Unterschiede inhaltlicher Art:

- In der Kostenoptimierungsstudie ist der Netzentwicklungsplan 2013 zugrunde gelegt, für die vorliegende Studie werden die Ausbautzahlen anhand des NEP 2030 (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) erstellt.
- Neben den beiden Szenarien, die einen Ausbau anhand der Windhöffigkeit und der Lastnähe vornehmen, werden im weiteren Verlauf zwei weitere Szenarien hinzukommen, bei denen schon bei der Erstellung die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes als wichtigste Bewertungsgrößen genutzt werden.

Unterschiede technischer Art:

- In der Kostenoptimierungsstudie liegt der Fokus auf der Übertragungsnetzebene. Entsprechend wird der Ausbau der Windenergie räumlich nicht detailliert genug verortet, um die jeweiligen potenziellen Konflikte aus Natur- und Landschaftsschutzsicht abzuleiten.
- Die Verortung der Windenergieanlagen nach Lastnähe ist in der Kostenoptimierungsstudie anhand von projektinternen Daten vorgenommen, die in der Form nicht übernommen werden können. Es wird somit für dieses Projekt ein eigenes Vorgehen für die Bewertung der Lastnähe entwickelt (Kap. 3.4.2).

Grundsätzlich werden also alle Szenarien und die jeweilige Verteilung der Windenergieanlage im Rahmen des Forschungsvorhabens neu entwickelt. Bei allen Szenarien werden Windenergieleistungen in Deutschland in zwei Schritten verteilt; neben der Verteilung von Anlagen entsprechend der Leistungen aus dem NEP<sup>1</sup> werden zusätzlich Anlagen analog zu den Vorgaben der Szenarien der Kostenoptimierungsstudie verteilt, bis die definierte Ziel-Energiemenge erreicht wird:

- Im ersten Schritt werden die Windenergieleistungen / Energiemengen gleichmäßig auf die Bundesländer verteilt. Dies erfolgt weitgehend entsprechend der Regionalisierung des NEP und der Kostenoptimierungsstudie. Die Verteilung der zusätzlichen Leistungen erfolgt dagegen für jedes Bundesland individuell.
- Im zweiten Schritt werden die Leistungen innerhalb der Bundesländer, auf die besten Standorte der Szenarien verteilt.

Diese Verteilung geht in der Aussageschärfe über die Informationen des NEP und dem Vorgehen in der Kostenoptimierungsstudie deutlich hinaus, um eine Bewertung aus Natur- und Landschaftsschutzsicht vornehmen zu können.

---

Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit und Transparenz werden die Ausbautzahlen aus dem Vorschlag der Netzbetreiber zum „Szenariorahmen 2030“ (Szenario 2035 B NEP 2030) 50Hertz Transmission GmbH et al. 2017 entnommen.

## Ausschlussflächen

Als Ausschlussflächen in den Szenarien gelten Flächen, die tatsächlich oder rechtlich nicht für den Ausbau der Windenergie an Land in Frage kommen, sie werden in den Szenarien nicht mit Anlagen beplant. Die Ermittlung dieser Flächen erfolgt in zwei Schritten.

Zuerst werden Sachverhalte definiert, die eine Nutzung durch Windenergieanlagen rechtlich (z. B. Wohngebiete) oder technisch (z.B. Gebiete mit Neigung > 30° s. Lütkehus et al. 2013) ausschließen.

Danach werden die ermittelten Kategorien mit Ausschlusswirkung anhand von bundesweit einheitlichen Geodaten in einem GIS zusammengestellt.

Im Ergebnis liegt die bundesweit einheitliche Unterscheidung zwischen solchen, für die Windenergienutzung ausgeschlossen sind und potenziell nutzbaren Flächen vor. Eine vollständige Auflistung aller Ausschlussflächen findet sich in Tab. 8 (Kap. 3.3.1).

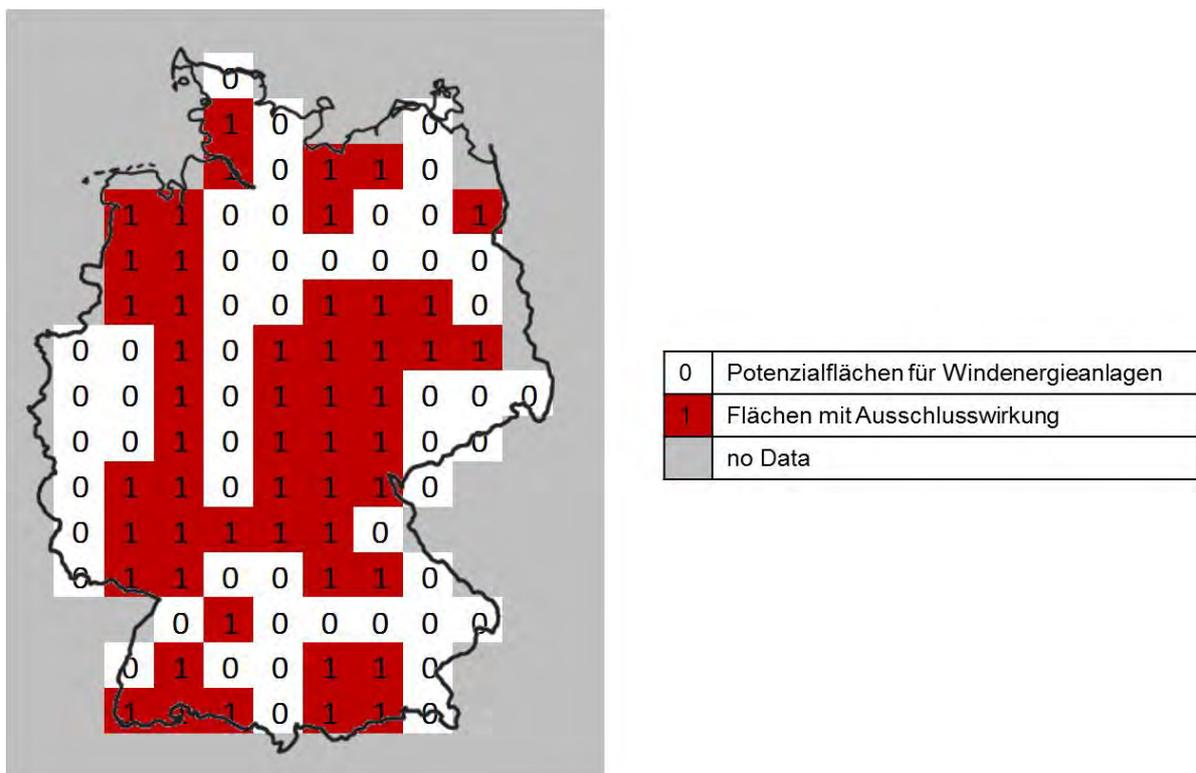


Abb. 2: Schematische Darstellung der Ausschlussflächenkulisse

## Technische Eigenschaften der Windenergieanlagen

Für die Entwicklung der Szenarien ist es wichtig, realistische Annahmen von Anlagenparametern für das Zieljahr 2035 zu identifizieren. Allgemein lässt sich ein Trend zu größeren Nabelhöhen und Rotordurchmessern beobachten. Das grundlegende Design der Windenergieanlagen (Auftriebsläufer; Luvläufer; drei Rotorblätter) wird sich hierbei nicht ändern.

Um die spezifischen Eigenschaften der Windenergieanlagen in Abhängigkeit des Windstandorts abbilden zu können, wird zwischen drei Anlagentypen differenziert. Dabei wird für die Simulation der Anlagenplatzierung ein einheitlicher Rotordurchmesser von 135 Metern angenommen. Diese Vorgehensweise ermöglicht die einheitliche Bewertung des natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisikos. Der für die Simulation entscheidende Treiber ist weder die absolute Größe, noch die absolute Leistung, sondern die spezifische Leistung, die sich für die drei verschiedenen Anlagenklassen unterscheidet (220 W/m<sup>2</sup>, 285 W/m<sup>2</sup> und 350

W/m<sup>2</sup>). Die sich ergebenden Nennleistungen liegen damit bei rund 3 bis 5 MW, was angesichts einer fortschreitenden, aber mäßigen Leistungssteigerung an Land plausibel erscheint.

Im Zuge der Berechnung von Szenarien erfolgt die Wahl des zu platzierenden Anlagentyps in Abhängigkeit der mehrjährig gebildeten, durchschnittlichen Windgeschwindigkeit des Standortes. So wird an einem windstarken Standort (mittlere Windgeschwindigkeit >8,5m/s) der Typ A (Starkwindanlage) genutzt, während Typ C (Schwachwindanlage) an einem schwächeren Windstandort (mittlere Windgeschwindigkeit <7,5m/s) genutzt wird (Abb. 3).

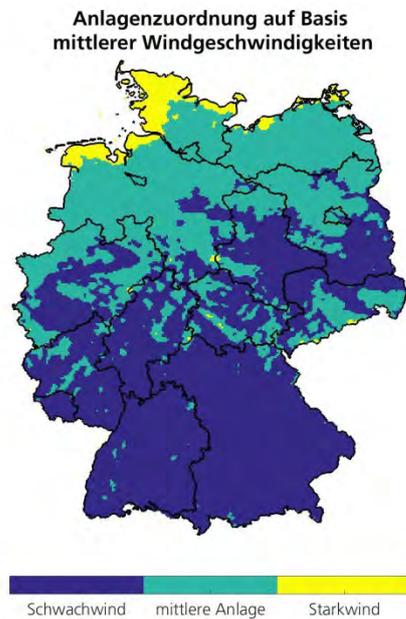


Abb. 3: Anlagentypen in Deutschland

Innerhalb des Bundesgebiets werden unter Berücksichtigung des Anlagentyps und der Ausschlussflächen sowie Regeln zu den einzuhaltenden Abständen der Anlagen untereinander grundsätzlich mögliche Standorte identifiziert.

Die nach Abzug der Ausschlussflächen verbliebenen möglichen Standorte sind Grundlage für die Auswahl in allen vier Szenarien. Anhand der im Folgenden beschriebenen Bewertungsgrößen werden jeweils die Standorte für die Windenergieanlagen ausgewählt, die in den Szenarien durch Anwendung der Bewertungsgrößen (Tab. 1) die beste Bewertung erhalten. Je Szenario kommen unterschiedliche Bewertungsgrößen bei der Auswahl zum Einsatz bis der Zielwert (in allen Szenarien 269 TWh) erreicht ist.

Tab. 1: Übersicht der Bewertungsgrößen in den Szenarien

Szenario A „Effizienz“	Szenario B „Effizienz / Lastnähe“	Szenario A* „Natur-schutz / Effizienz“	Szenario B* „Natur-schutz / Effizienz / Lastnähe“
Windgeschwindigkeit	Energiemenge	Natur- und Landschafts-schutz (Faktor)	Natur- und Landschafts-schutz (Faktor)
	Lastnähe (Faktor)	Energiemenge	Energiemenge
			Lastnähe (Faktor)

Die **mittlere Windgeschwindigkeit bzw. Energiemenge** ist eine zentrale Größe zur Bewertung der Eignung eines Anlagenstandortes. Sie findet als grundlegende technische und

indirekt ökonomische Bewertungsgröße bei allen Szenarien Eingang in die Standortbewertung. Während sie in den energiewirtschaftlichen Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ der hauptsächliche Treiber für die Identifikation der Standorte darstellt, wird sie in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ nachrangig für die Standortfestlegung berücksichtigt. Sowohl die Windgeschwindigkeit (Szenario A „Effizienz“) als auch Energiemenge (alle anderen Szenarien) stehen hier stellvertretend für die Eignung des Standortes in Bezug auf den zu erwartenden Energieertrag.

Die Bewertungsgröße der **Lastnähe** ist ein energiewirtschaftliches Kriterium. Mit ihr wird sich der Frage genähert, inwieweit Energie dort erzeugt werden kann, wo sie auch verbraucht wird. Hierfür werden aber keine Netzberechnungen durchgeführt, sodass die Bewertungsgröße Lastnähe nur als Indiz zu verstehen ist, denn sie wird unabhängig von den tatsächlichen Versorgungsgebieten der Stromnetze gebildet. Die Lastnähe ist im Gegensatz zur Windhöflichkeit kein vom Ausbau in den Szenarien unabhängiger Wert, sondern muss iterativ bestimmt werden. Während der Standortauswahl wird nach jedem einzelnen ausgewählten Standort überprüft, inwieweit sich der Bau dieser Anlage auf das Verhältnis von erzeugtem Windstrom und lokalem Verbrauch in der Umgebung auswirkt. Übersteigt die Erzeugung 75 % des Verbrauchs, werden Standorte in der Nähe mit einem Malus belegt, sodass sie für die weitere Standortwahl im Bundesgebiet unattraktiver werden.

Der Natur- und Landschaftsschutz wird als weitere Bewertungsgröße zur Standortbewertung in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ verwendet. Grundlage der Bewertungsgröße ist das flächendeckend berechnete Konfliktrisiko gegenüber den Belangen von Natur und Landschaft. Dieses wird anhand einer ordinalen Skala in sechs Stufen von 1 (sehr geringes Konfliktrisiko) bis 6 (sich überlagerndes sehr hohes Konfliktrisiko) angegeben (Kap. 3.4.3).

### **Entwicklung einer Herangehensweise zur Bewertung von Ausbauszenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes**

Die räumlich differenzierte Bewertung von Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes auf der Bundesebene basiert auf Ansätzen, die von der Bosch & Partner GmbH im Rahmen eines Forschungsvorhabens für das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (BMVI 2015) entwickelt worden sind. Die Herangehensweise zur räumlichen Abbildung von natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken gegenüber spezifischen Vorhabentypen genügt dafür folgenden Prämissen:

- Alle umweltbezogenen Raumeigenschaften und daraus resultierende Konfliktrisiken werden so differenziert wie möglich (Verhältnismäßigkeit des Aufwands) erfasst und abgebildet (Indikatoren).
- Jeder Raum hat verschiedene wertgebende Eigenschaften (Ausprägungen der Schutzgüter), diese bilden die Grundlage für eine möglichst flächendeckende Bewertung.
- Jeder Bewertungsvorgang erfolgt anhand einer reproduzierbaren Struktur und wird transparent dargestellt.

Die natur- und landschaftsschutzbezogene Raumbewertung verbindet Schritte einer GIS-gestützten Analyse mit denen einer diskursiven Expertenbewertung.

Die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen sind mit Auswirkungen auf Natur und Landschaft verbunden. Diese treten auf, wenn die vorhabenbezogenen Wirkungen auf die Umwelt treffen und bei den dort betroffenen Umweltfaktoren und -funktionen, je nach spezifischer Empfindlichkeit gegenüber den Wirkfaktoren, Veränderungen (Auswirkungen) auslösen (Kap. 4.3). Aufgrund der auftretenden Wirkfaktoren kann es zu Beeinträchtigungen

der relevanten Schutzgüter und so zu Konflikten mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes kommen.

Dabei sind die vorhabenseitigen Wirkfaktoren und Wirkintensitäten zu unterscheiden in:

- baubedingte Wirkfaktoren,
- anlagenbedingte Wirkfaktoren sowie
- betriebsbedingte Wirkfaktoren.

Da die Auswirkungen der Windenergieanlagen und die potenziellen Konflikte mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes von der Ausführung des Vorhabens (hier als Wirkprofil einheitlich definiert) sowie von der Empfindlichkeit und Bedeutung des betroffenen Umweltausschnitts abhängen, bilden beide Faktoren dieses Ursachen-Wirkungsgefüges die Basis für die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen auf Natur und Landschaft und damit für die Konfliktanalyse.

Abgesehen vom Einzelfall, lassen sich im Zuge der bundesweiten Analyse die spezifischen Empfindlichkeiten gegenüber der Windenergienutzung (z. B. Vogelschlag durch Windenergieanlagen) und daraus resultierende mögliche Konflikte (z. B. Kollision von Vögeln) i.d.R. nicht durch die vorliegenden räumlichen Informationen und Datengrundlagen abschließend und eindeutig abbilden.

Für die natur- und landschaftsschutzbezogene Raumbewertung stehen aber eine Reihe unterschiedlicher Rauminformationen zur Verfügung. Als geeignet gelten solche Rauminformationen, anhand derer die Konflikte mit der Windenergienutzung im Raum identifiziert werden können. Entsprechende Datengrundlagen werden verwendet, um Flächenkategorien zu entwickeln, die potenzielle Konflikte indizieren.

Im Zuge der Auswahl der Flächenkategorien gilt es hinsichtlich der anschließenden Bewertung zu berücksichtigen, dass die Wirkungen von Windenergieanlagen überwiegend deutlich über ihren Standort hinausreichen. Aus diesem Grund ist bei der Bewertung von Konfliktrisiken nicht nur der Standort, sondern ebenfalls das Konfliktrisiko im Wirkungsbereich der Anlagen einzubeziehen. Dies würde für die GIS-gestützte Analyse im Zuge der Überlagerung von Raumbewertung einen erheblichen Aufwand bedeuten, da mit den Anlagenverteilungen der Szenarien konfliktsspezifische Abstandspuffer berechnet werden müssten. Dieser Aufwand lässt sich vermeiden, indem weitere Flächenkategorien zur Abbildung der spezifischen Empfindlichkeiten in Abhängigkeit der Wirkräume einbezogen werden.

Das bedeutet, dass die Wirkungen der Windenergieanlagen bereits auf Seite der abgebildeten Konfliktrisiken berücksichtigt werden. Grundlegend nimmt die Wirkung von Windenergieanlagen mit zunehmender Entfernung vom Anlagenstandort ab. Um die Fernwirkung einer Windenergieanlage, die sich im Umfeld eines Gebietes mit besonderer Empfindlichkeit befindet zu berücksichtigen, wird das Gebiet mit definierten Abstandflächen versehen. Diese Abstandflächen indizieren die Konfliktrisiken beim Bau einer Windenergieanlage hinsichtlich des besonders empfindlichen Gebiets.

### **II.III Pilotstudie zur Wahrnehmung und Bewertung von Windenergieanlagen in „Stellvertreter-Landschaften“ und Antizipativ-iteratives Geo-Indikatoren-Landschaftspräferenzmodells (AIGILaP)**

Die Bewertung der Schutzgutes Landschaft im Rahmen der Konfliktrisikobewertung und die wahrnehmungspsychologischen Studien hängen unmittelbar miteinander zusammen, wobei letztere der Überprüfung der Annahmen zur Bewertung des Schutzguts Landschaft und der Konfliktrisiken dienen. Zur Konfliktrisikobewertung des Schutzguts Landschaft bedarf es, ebenso wie bei den zuvor genannten Schutzgütern, konkreter Flächenkategorien, die hinsichtlich des Konfliktrisikos gegenüber der Windenergienutzung bewertet werden können. Die Grundlage für die Bewertung des Schutzguts sind die im § 1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG benannten Begriffe Vielfalt, Eigenart, Schönheit sowie Erholungswert. Weiterhin wird der im BNatSchG implizit vorhandenen Anspruch der Naturnähe (Roth 2012) in die Bewertung einbezogen.

So setzt sich die Bewertung aus drei Ebenen zusammen: den Indikatoren, Kriterien und Attributen. Hieraus erfolgt schließlich die Ableitung von Flächenkategorien. Die Konfliktrisiken für die Flächenkategorien werden anhand von Annahmen zur Empfindlichkeit der Attribute gegenüber dem Zubau von Windenergieanlagen bewertet.

Vorhandene Flächenkategorien bilden die für die Bewertung des Schutzguts Landschaft relevanten Raumeigenschaften nur teilweise oder gar nicht ab. So indiziert ein Landschaftsschutzgebiet z. B. eine besondere Bedeutung für die Erholung. Diese Flächenkategorie kann also für die Bewertung verwendet werden, aber auch außerhalb der Schutzgebiete hat die Landschaft Bedeutung für die Erholung. Hierfür sind andere Ansätze zu wählen. Beispielsweise ist die Grundlage für den Erholungswert einer Landschaft vorwiegend die vorhandene Landschaftsbildqualität und außerdem die Erreichbarkeit bzw. die Nähe zu den besiedelten Bereichen (Gerhards 2003). Um die Konflikte mit dem Schutzgut Landschaft in ihrer räumlichen Verteilung identifizieren zu können, ist es daher notwendig, Flächenkategorien zu entwickeln, welche eine Landschaftsbewertung anhand konkreter Raumeigenschaften (Nutzung, Topografie usw.) möglich machen und nicht ausschließlich auf vorhandenen Schutzausweisungen oder ähnlichem aufbauen.

Zur Entwicklung von Flächenkategorien werden daher zwei Herangehensweisen verfolgt. Zum einen wird eine Vorgehensweise zur vorhabenunabhängigen Bewertung der Qualität der Landschaft auf der Bundesebene entwickelt. Die Bewertung erfolgt anhand der Attribute Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Erholungswert sowie Naturnähe. Daraus werden Flächenkategorien für das Schutzgut Landschaft abgeleitet (Kap. 4.5), die hinsichtlich ihres Konfliktrisikos eingestuft werden können. Zur Überprüfung dieser Herangehensweise werden wahrnehmungspsychologische Studien durchgeführt (Kap. 5). Zum anderen besteht in den exponierten Lagen der Landschaft aufgrund weitreichender Sichtbarkeit ein erhöhtes Konfliktrisiko gegenüber dem Zubau von Windenergieanlagen. Um dieses Risiko in der Bewertung berücksichtigen zu können, werden Flächenkategorien entwickelt, die solche exponierten Lagen abbilden. Diese Erarbeitung von Flächenkategorien erfolgt dabei unabhängig von der zuvor benannten Bewertung des Schutzguts Landschaft (Abb. 4).

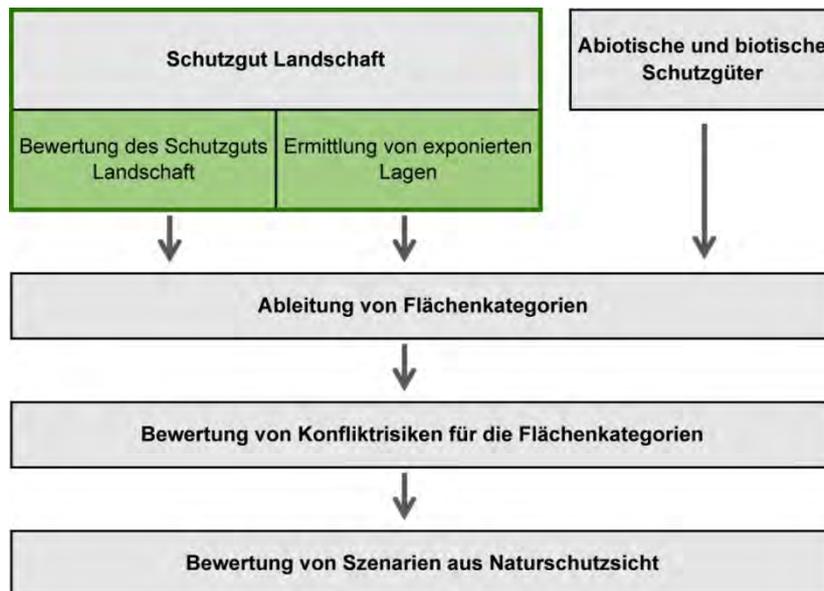


Abb. 4: Schematische Darstellung der Herangehensweise zur Bewertung der Szenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und des Sonderfalls „Schutzgut Landschaft“

Gegenüber dem Schutzgut Landschaft bestehen auf der gesamten Fläche der Bundesrepublik Konfliktrisiken. Die entwickelten Flächenkategorien liegen daher stets flächendeckend vor. Insgesamt wird daher immer mindestens ein sehr geringes Konfliktrisiko angenommen.

Mit dieser Herangehensweise entsteht ein GIS-Modell (AIGILaP), das die Landschaftsqualität bundesweit beschreibt. Die vorgenommenen Bewertungen der Landschaftsqualität sind ebenfalls Gegenstand des Diskurses der Expertinnen und Experten. Die wahrnehmungspsychologischen Studien nehmen im Rahmen des Projekts eine Sonderstellung ein und stellen gleichzeitig eine der wesentlichen Innovationen dar. Sie dient der Überprüfung und Justierung des AIGILaP und setzt sich aus zwei wesentlichen Teilen zusammen: Eine Befragung der Öffentlichkeit in Form einer Online-Studie sowie eine Eye-Tracking-Untersuchung einschließlich qualitativer begleitender Methoden.

In der Online-Studie werden manipulierte Landschaftsfotos (mit Windenergieanlagen) durchschnittlich kritischer bewertet als die gleichen Fotos ohne Windenergieanlagen. Je positiver die Landschaften hinsichtlich der Kriterien des ästhetischen Gesamtwerts (Eigenart, Vielfalt, Schönheit, Naturnähe) sowie des Erholungswertes im Bestand bewertet werden, desto kritischer sind sie in den manipulierten Versionen bewertet. Dieser Effekt ist für die überwiegende Zahl der untersuchten Stellvertreter-Landschaften statistisch signifikant.

Die Effekte sind in den verschiedenen Landschaften jedoch unterschiedlich. Die Fotos einiger Stellvertreter-Landschaften werden auch mit Windenergieanlagen als ästhetischer und erholsamer bewertet als alle anderen Stellvertreter-Landschaften ohne Windenergieanlagen. Dennoch wird gerade bei den hochwertigen Landschaften eine im Vergleich größere Abwertung registriert als bei weniger hochwertigen Landschaften.

Allerdings führt das Hinzufügen von Windenergieanlagen nicht immer zu einer Verringerung der Landschaftsqualität. Eine der Stellvertreter-Landschaften wird mit Windenergieanlagen sogar leicht positiver bewertet als ohne. Hervorzuheben ist aber, dass der überwiegende Teil der Landschaften eine Verschlechterung des ästhetischen Gesamtwerts sowie des Erholungswertes erfährt und dass besonders hochwertige Landschaften besonders empfindlich sind, allerdings im Vergleich nicht vollständig entwertet werden.

**Die Eye Tracking Studie** erbrachte weitere wichtige Ergebnisse, die zum Verständnis der

Wahrnehmung von Landschaften mit und ohne Windenergieanlagen beitragen (Kap. 5.4). Es konnte gezeigt werden, dass die Anwesenheit von Windenergieanlagen zu einer Veränderung der Blickmuster führt, insbesondere, wenn die Anlagen die Horizontlinien durchbrechen (Abb. 5). Dabei bedeutet ein Betrachten der Anlagen nur in der Minderzahl der Fälle, dass die Anlagen als störend wahrgenommen werden, wie die Befragungen im Anschluss an das Eye-Tracking zeigen.

Es konnte gezeigt werden, dass die empirischen Bewertungen mit denen des AIGILaP in den Stellvertreter-Landschaften grundsätzlich positiv korrelieren. Dennoch gibt es im Detail insgesamt über alle Landschaften und je untersuchter Stellvertreter-Landschaft auch deutliche Unterschiede. Für diese konnte an einigen Stellschrauben exemplarisch gezeigt werden, wie das Bewertungsmodell (AIGILaP) verbessert werden kann.



Abb. 5: Sinnbild (Heatmap): Blickmuster von je 45 Teilnehmenden auf den gleichen Stimulus - links der Stimulus im Bestand, rechts mit visualisierten Windenergieanlagen

Es zeigt sich so aber auch, dass tatsächlich mit einem hohen ästhetischen Gesamtwert und Erholungswert auch ein hohes Konfliktrisiko einhergeht und somit eine vergleichsweise starke Abwertung durch den Bau von Windenergieanlagen erfolgt (Abb. 6).

Die Annahme, dass bei zunehmendem Wert der Eigenart, Schönheit und Naturnähe auch die Empfindlichkeit der Landschaft gegenüber dem Zubau durch Windenergieanlagen zunimmt, kann daher bestätigt werden. Hinsichtlich der Vielfalt wird die Annahme, dass die Empfindlichkeit bei zunehmender Vielfalt abnimmt, dagegen nicht bestätigt. Für dieses Attribut ist allerdings auch die Signifikanz am geringsten ausgeprägt, sodass vermutet werden kann, dass die erhöhte Wahrnehmbarkeit von Windenergieanlagen (WEA) in monotonen Landschaften hinsichtlich der Empfindlichkeit einer Landschaft eine wichtige Bedeutung hat und auch weniger vielfältige Landschaften durch WEA nicht wesentlich bereichert werden.

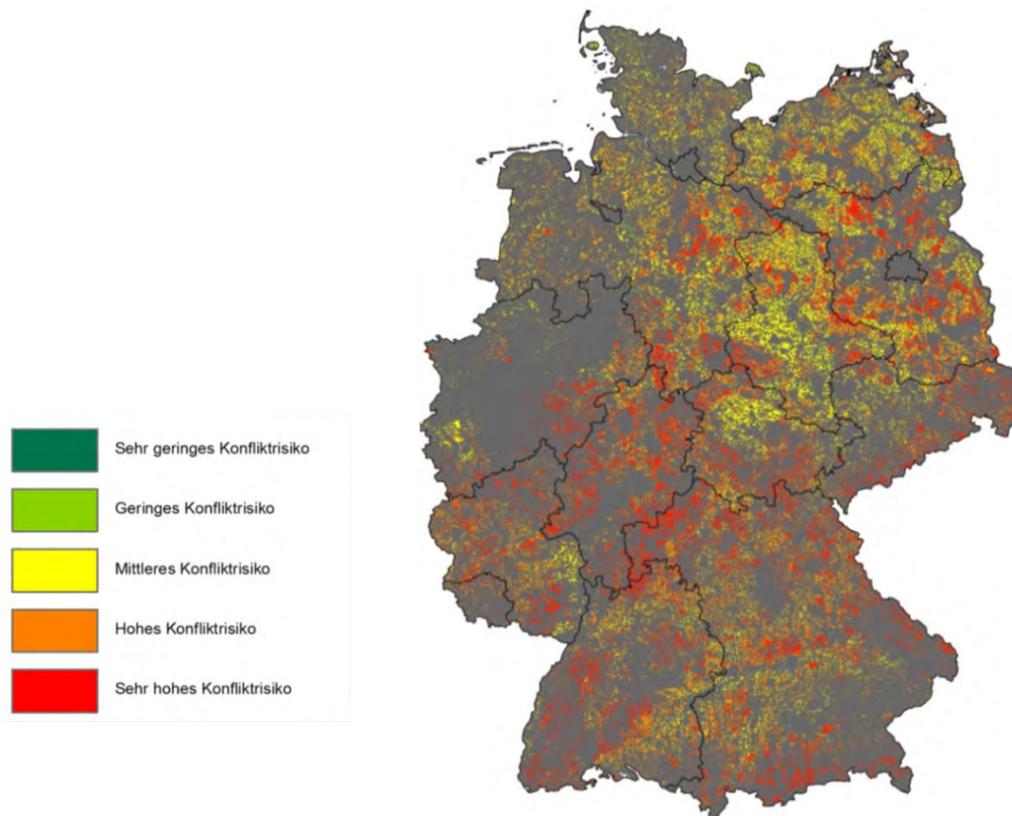


Abb. 6: Konfliktrisikobewertung mit dem Schutzgut Landschaft (AIGILaP)

## II.IV Bewertung der Ausbauszenarien / Konkrete Ergebnisse in Bezug auf den untersuchten Fall Windenergie an Land

Die aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes optimierten Szenarien des Windenergieausbaus an Land sind ein wesentliches Ergebnis des Vorhabens. Diese zeigen, dass die Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz tatsächlich für die Erstellung von Ausbauszenarien genutzt werden kann. Die so erstellten Szenarien unterscheiden sich von den Szenarien ohne die Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz räumlich und in Bezug auf das Konfliktrisiko mit dem Natur- und Landschaftsschutz deutlich. **So gelingt es bei gleichbleibender Zielenergiemenge von 269 TWh das Gesamt-Konfliktrisiko der Szenarien durch die neue Bewertungsgröße für den Natur- und Landschaftsschutz deutlich zu verringern.**

Beim Vergleich der Szenarien hinsichtlich der Konfliktrisiken mit den Belangen von Natur und Landschaft schneidet das Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ am besten ab. Es zeichnet sich durch das geringste Konfliktrisiko aus, hier werden für die gleiche Menge Strom (269 TWh) mit 20.305 nur etwa 2.265 Anlagen mehr als im nicht optimierten Szenario A „Effizienz“ (18.040 Anlagen) benötigt. Dies sind immer noch deutlich weniger Anlagen als in den Szenarien B „Effizienz / Lastnähe“ (21.254 Anlagen) und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ (23.788 Anlagen).

Unter Nutzung der Bewertungsgröße des Natur- und Landschaftsschutzes steigt die installierte Leistung im Vergleich von Szenario A „Effizienz“ zu A\* „Naturschutz / Effizienz“ und Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ zu B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ nur geringfügig. Der Trend zur Inanspruchnahme von Schwachwindstandorten wird durch die Berücksichtigung der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz verstärkt. Auffällig ist, dass ein

lastnaher Ausbau (Szenario B „Effizienz / Lastnähe“) eine stärkere Beanspruchung von mittleren und schwachen Windstandorten bedeutet als ein möglichst natur- und landschaftsverträglicher Ausbau (Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“). In der Kombination des lastnahen und natur- und landschaftsverträglichen Ausbaus verstärkt sich der Trend zur Nutzung von Schwachwindanlagen.

Dies deutet darauf hin, dass bestimmte Bewertungsgrößen so zusammenwirken, dass die Optimierung nicht ohne weiteres gelingt, denn insgesamt werden bei beiden lastnahen Szenarien vergleichsweise hohe Konfliktrisiken festgestellt. Es konnte im Vorhaben jedoch nicht untersucht werden, inwieweit durch diese Szenarien Konfliktrisiken des Netzausbaus reduziert werden können, weil durch einen lastnahen Ausbau ggf. der Ausbau des Stromnetzes weniger stark vorangetrieben werden muss (Abb. 7).

Szenario A „Effizienz“



Anlagenanzahl: **18.040**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **4,43**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **79.995**

Szenario B „Effizienz / Lastnähe“



Anlagenanzahl: **21.254**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **4,85**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **103.015**

Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“



Anlagenanzahl: **20.305**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **2,91**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **59.153**

Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“



Anlagenanzahl: **23.788**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **3,04**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **72.326**

Abb. 7: Vergleich der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen in den Szenarien, farblich hervorgehoben: Grün = aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes günstigste Werte; Rot = aus Sicht des Natur und Landschaftsschutz ungünstigste Werte.

**Die Vergleiche zeigen, dass es zumindest bei der für 2035 angestrebten Energiemenge von 269 TWh bei der Windenergie an Land einen erheblichen Spielraum für einen natur- und landschaftsverträglichen Ausbau gibt.**

Dies wird vor allem bei der Reduktion des Konfliktrisikos deutlich. Obwohl das Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ mehr Anlagen enthält, wird es insgesamt mit einem geringeren Konfliktrisiko bewertet als das Szenario A „Effizienz“. Die lastnahen Szenarien B „Effizienz / Lastnähe“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ schneiden deutlich schlechter ab, wenngleich die Optimierung in Bezug auf Natur- und Landschaftsschutz eine vergleichbare Verbesserung auch von Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ zu Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ bewirkt.

Die Nutzung der Konfliktrisikoklassen (Natur- und Landschaftsschutz) als Bewertungsgröße bewirkt in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ gegenüber den Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ ein deutlich geringeres durchschnittliches Konfliktrisiko je Anlage (Abb. 8). Auch das ermittelte Gesamtkonfliktrisiko ist jeweils geringer als in den Vergleichsszenarien. verdeutlicht den erheblich positiven Einfluss der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz auf die Gesamtkonfliktrisiken sowie die durchschnittlichen Konfliktrisiken je Anlage.

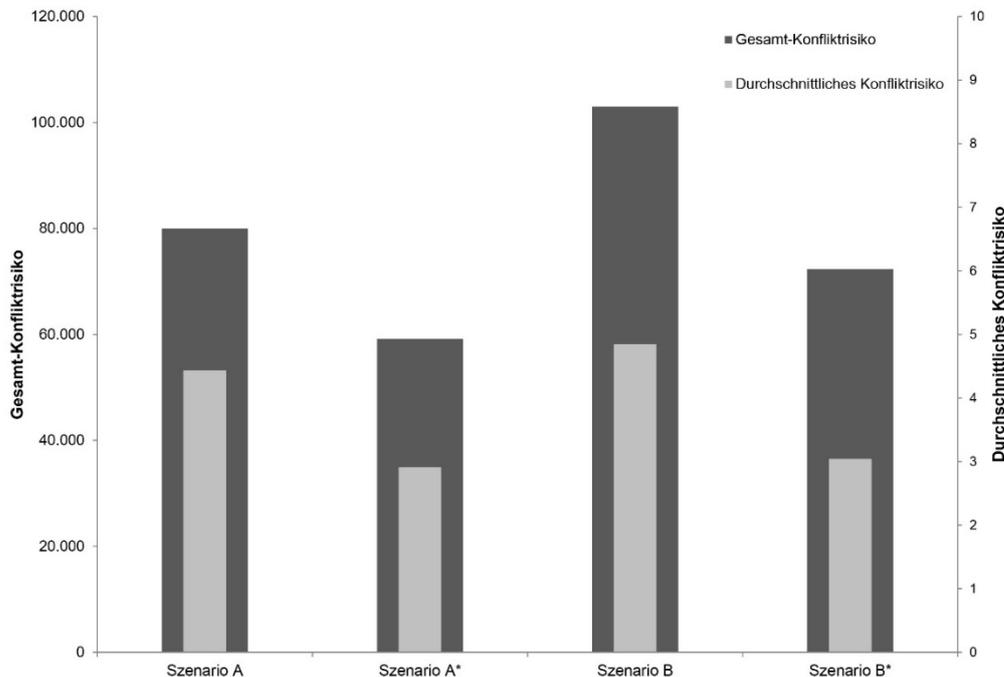


Abb. 8: Gesamt-Konfliktrisiko und durchschnittliches Konfliktrisiko der Szenarien

Aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes ist festzustellen, dass eine Optimierung der Windenergienutzung aus Effizienz­sicht geeigneter erscheint als ein besonders lastnaher Ausbau. Es sei an dieser Stelle jedoch noch einmal darauf hingewiesen, dass das im Rahmen dieser Studie ermittelte Konfliktrisiko sich ausschließlich auf den Ausbau der Windenergienutzung selbst bezieht. Ein möglicherweise positiver Effekt der Lastnähe durch weniger Konfliktpotenzial beim Netzausbau wird in dieser Zahl nicht abgebildet. Es ist also zukünftig zu untersuchen, ob das erhöhte Konfliktrisiko eines lastnahen Ausbaus beim Stromnetzausbau kompensiert wird.

In beiden Fällen führt die Einbeziehung der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz zu einer Dezentralisierung der Verteilung von WEA (Abb. 7).

### III Empfehlungen

Mit Hilfe der bundesweiten Informationen über natur- und landschaftsschutzbezogene Konfliktrisiken kann die Aufgabe erfüllt werden, die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes im Zuge von strategischen Entscheidungen auf Bundesebene zu berücksichtigen.

Die bundesweiten und räumlich differenzierten natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken gegenüber der Windenergienutzung, werden im Forschungsvorhaben exemplarisch in zwei Feldern eingesetzt. Zum einen dienen sie der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung von Szenarien des Windenergieausbaus. Zum anderen wird der Natur- und Landschaftsschutz anhand der vorliegenden Informationen über Räume, mit geringeren und höheren natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken im Zuge der Entwicklung von Ausbauszenarien als Bewertungsgröße berücksichtigt.

Weitere mögliche Einsatzbereiche der Vorgehensweise stellen bundesweite Planungen anderer Vorhabentypen, wie z.B. Netzausbau oder PV-Freiflächenanlagen, dar. Darüber hinaus ist die Herangehensweise zur Raumbewertung grundsätzlich auch auf untergeordnete Planungsebenen wie etwa der Landes- oder Regional- und Landschaftsrahmenplanung übertragbar. Dann ist vor allem eine Anpassung an die Datenlage und geforderte Aussage-schärfe dieser Planebenen vorzunehmen.

Die entwickelte Herangehensweise zur Berechnung regionalisierter Ausbauszenarien der Windenergienutzung und deren natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung dienen im Ergebnis der Identifikation von Optionen strategischer Steuerung auf der Bundesebene. Dort bestehen verschiedene strategische Steuerungsansätze mit denen unter Berücksichtigung der zuvor in der Szenarienentwicklung behandelten Bewertungsgrößen Windhöffigkeit (Energienmenge), Lastnähe und Natur- und Landschaftsschutz auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien sowie deren regionaler Verteilung Einfluss genommen werden kann.

Wie dargestellt, sind die Szenarien keine Prognosen einer realen zukünftigen Verteilung von Windenergieanlagen, sondern mögliche exemplarische Entwicklungen, die einen Rückschluss auf den Einfluss unterschiedlicher Treiber (Bewertungsgrößen) der räumlichen Verteilung des weiteren Ausbaus der Windenergienutzung zulassen. Auf der Bundesebene bestehen verschiedene strategische Steuerungsansätze mit denen, unter Berücksichtigung der zuvor in der Szenarienentwicklung behandelten Bewertungsgrößen Windhöffigkeit (Energienmenge), Lastnähe und Natur- und Landschaftsschutz auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien sowie deren regionaler Verteilung, Einfluss genommen werden kann. Folgende Ansatzpunkte sollten hierfür genutzt werden.

#### **Flächen und daran gebundene Natur- und Landschaftsschutzbelange von Beginn an in die Strategien der Energiewende einbeziehen!**

Ein Ziel des FuE-Vorhabens ist es mit Hilfe von systematisch, vergleichbar und nachvollziehbar aufgebauten Szenarien die Steuerungsspielräume identifizieren und darstellen zu können, an denen sich der Grad der Natur- und Landschaftsverträglichkeit beim weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien entscheidet (Kap. 1). Es kann am Beispiel der Windenergieanlagen – dem erneuerbaren Energiesektor mit den landschaftlich weitreichendsten Auswirkungen (Kap. 2) – gezeigt werden, dass in Szenarien des weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien auf der Bundesebene neben technischen und wirtschaftlichen Aspekten die Natur- und Landschaftsschutzbelange als gleichrangiger Anspruch technisch und konzeptionell einbezogen werden können. Dabei zeigt sich ebenfalls, dass Optimierungspotenziale aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes bestehen, die mit den Ausbauzielen der Windenergienutzung – zumindest bis 2035 – vereinbar sind. So würde eine priorisierte Berücksichtigung von Natur- und Landschaftsschutzbelangen wie in Szenario A\*

„Naturschutz / Effizienz“, zwar insgesamt zu mehr Windenergieanlagen, aber gleichzeitig zu deutlich geringeren Konfliktrisiken führen. Die Studie zeigt somit, dass sich die Interessen von Energiewirtschaft/-versorgung (Ausbau an windhöffigen Standorten) und Natur- und Landschaftsschutz (Ausbau an möglichst konfliktarmen Standorten) leichter vereinbaren lassen, als dies häufig angenommen wird.

Für die weitere Diskussion dieses Befundes ist zu bedenken, dass es sich hier um ein hoch aggregiertes Ergebnis auf Bundesebene handelt, das auf einer flächenbezogenen Bewertung von Konfliktrisiken beruht und keine Aussagen über die tatsächliche Konfliktintensität am konkreten Standort treffen soll, wie dieses auf der Ebene der räumlichen Planung und insbesondere Genehmigung möglich und erforderlich ist (Abschichtung, s. u.).

Es wird daher grundsätzlich empfohlen, die räumliche Ausprägung von Natur- und Landschaftsschutzbelangen und daraus resultierende Konfliktrisiken zukünftig auch bereits bei strategischen Planungen oder Entscheidungen zur Energiewende auf der Bundesebene, wie z. B. dem Szenariorahmen zum NEP, differenziert als gleichrangige Bewertungsgröße zu berücksichtigen. Nur so kann die erforderliche Balance zwischen wirtschaftlich-technischen und an die Fläche gebundenen natur- und landschaftsschutzbezogenen Anforderungen gewährleistet werden. Mit der räumlich differenzierten und damit flächenbezogenen Bewertung von Konfliktrisiken steht dafür eine grundsätzlich geeignete Methodik zur Verfügung.

### **Bundespolitische Entscheidungen über Förderstrategien und Investitionen auch an der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung von Szenarien ausrichten!**

Wenngleich der Bund im föderalen System nicht die Planungs- und Entscheidungshoheit für konkrete Einzelprojekte besitzt, ist es ein Ziel des Vorhabens, Anhaltspunkte für z.B. bundespolitische Förderinstrumente oder Investitionsentscheidungen aufzuzeigen, die räumlich und inhaltlich auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Umsetzung der Klimaschutz- bzw. erneuerbare Energie-Ziele Einfluss nehmen könnten. Die verglichenen Szenarien zeigen die räumlichen Disparitäten auf, die sich aus den unterschiedlichen Verteilungsmustern ergeben würden. Diese Befunde liefern eine sehr fundierte umwelt-, natur- und landschaftsschutzpolitische Diskussionsgrundlage, wenn etwa die Frage der gerechten Verteilung der Lasten der Energiewende auf die Bundesländer oder die Frage der Konzentration von Windenergieanlagen in bestimmten Regionen im Raum steht.

Für die Verwertung der Ergebnisse des Szenarienvergleichs ist diesbezüglich zu bedenken, dass die Methodenentwicklung zunächst nur am Beispiel der Windenergienutzung erfolgte. Erst in der Gesamtschau (Sektorkoppelung / Energiemix) kann aber die Natur- und Landschaftsverträglichkeit von Szenarien der Energiewende konsequent in den Blick genommen werden.

Im Sinne einer möglichst natur- und landschaftsverträglichen Energiewende wird empfohlen, bei bundespolitischen Investitionsentscheidungen gezielt Optionen der räumlichen Steuerung zu integrieren. Hinsichtlich der inhaltlichen Dimension wird empfohlen, die natur- und landschaftsschutzrelevanten Innovationspotenziale innerhalb der einzelnen erneuerbaren Energiesektoren gezielt durch Forschungs- und Investitionsprogramme zu fördern. Das Handlungsfeld sollte also nicht nur von den Konfliktrisiken her (reagierend), sondern auch aus der Perspektive „natur- und landschaftsverträgliche Technikentwicklung“ (aktivierend) angegangen werden.

## **Methodik der Szenarientwicklung und -bewertung für eine bundesweite Energieplanung (z.B. Bundesenergieplanung analog zur Bundesnetzplanung) und nachgelagerte Planungsebenen nutzbar machen!**

Wie bereits zuvor beschrieben, bieten die Szenarien eine gute Entscheidungsgrundlage für Steuerungsmöglichkeiten auf Bundesebene, wie sie z. B. durch ein Bundesraumordnungsprogramm geboten würden. Aus dem Vorhaben gewonnene Erkenntnisse könnten direkt in die Erarbeitung eines möglichen Bundesenergieplans einfließen. Zudem können aus der entwickelten Herangehensweise grundlegende methodische Aspekte für die planerische Steuerung auf nachgelagerten Ebenen, wie z.B. der Landesentwicklungsplanung oder sogar der Regionalplanung bereitgestellt werden.

Um die entwickelten Szenarien in die Aufstellung eines möglichen Bundesraumordnungsprogramms integrieren zu können, wären allerdings realitätsnähere Szenarien des Ausbaus der Windenergienutzung zu erarbeiten und natur- und landschaftsschutzbezogen zu bewerten. Die beiden energiewirtschaftlichen Szenarien „Windhöffigkeit / Effizienz“ (A) und „Lastnähe / Effizienz“ (B) liefern aufgrund der bewusst gewählten Extreme allenfalls Leitplanken für die möglichen Entwicklungen (Kap. 3.4). Gleichzeitig bedarf es einer weiteren fachlichen Validierung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung, um sie als bundesweit anerkannte Bewertungsgrundlage zu etablieren.

Bei der Ableitung von methodischen Hinweisen für nachgeordnete Planungsebenen rückt die Frage ins Blickfeld, wie es gelingen kann, die auf der Bundesebene erkannte natur- und landschaftsverträgliche Planung in einem iterativen Prozess zunächst auf der Ebene der Landesplanung und anschließend der Regionalplanung sowie zuletzt der lokalen Ebene zu überprüfen, anzupassen und weiter zu optimieren.

Es wird empfohlen, die in diesem Vorhaben erarbeitete Herangehensweise zu nutzen, um die Szenarientwicklung ggf. anzupassen und so Herangehensweisen zur Integration in bundesweite Strategien aufzuzeigen. Diese Ergebnisse stünden dann auch den Bundesländern als Hintergrundinformation für Entscheidungen auf Landesebene zur Verfügung.

Gleichzeitig bietet es sich an, die entwickelte Herangehensweise in ihren Grundzügen auch auf den nachgelagerten Planungsebenen der Bundesländer und Planungsregionen anzuwenden. Zentrale Anforderung für die erforderliche zunehmende Detaillierung ist das Vorhandensein adäquater Rauminformationen. Dies sollte für die Bundesländer und insbesondere für die Planungsregionen bzw. Landkreise aufgrund der deutlich detaillierteren Datengrundlagen im Allgemeinen gewährleistet sein. Aus regionaler Sicht können andere Entscheidungskriterien hinzukommen, die gegenüber den hier dargestellten zu abweichenden und konkretisierenden Ergebnissen führen können.

Zur genaueren Einschätzung der Übertragbarkeit und der erforderlichen methodischen Anpassungen ist es sinnvoll, an kontrastierenden Beispielräumen (z.B. Magdeburger Börde und Harz) Regionalstudien anzuschließen, die mit dann feiner auflösenden Inputdaten die hier entwickelte Herangehensweise anwenden. Hierfür sollten Kooperation zwischen dem BMU bzw. BfN und der LANA gesucht werden.

## **Vergleichsmöglichkeiten mit dem Ist-Zustand nutzen!**

Die Entwicklung der Szenarien ohne Berücksichtigung der bestehenden Windenergieanlagen dient hier vor allem der Fokussierung der Untersuchungen auf den spezifischen Einfluss der Bewertungsgrößen. Darüber hinaus eröffnen sich durch diese Szenarien Vergleichsmöglichkeiten mit dem tatsächlichen Bestand an Windenergieanlagen. So könnten Verteilungsunterschiede herausgearbeitet und deren Ursachen analysiert werden, sodass

mögliche, aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvolle oder notwendige Umverteilungen – im Rahmen von Repowering – identifiziert werden könnten. Darüber hinaus bietet das Instrument der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung auch die Möglichkeit den aktuellen Anlagenbestand in Deutschland zu bewerten. Darauf aufbauend ist es außerdem möglich, ein bundesweites natur- und landschaftsschutzbezogenes Monitoring der Entwicklungen im Bereich des Ausbaus der Windenergienutzung durchzuführen.

Derartige Handlungsoptionen erfordern jedoch eine auf dieser Ebene im Vergleich zur heutigen Situation nur mit erheblich höherem Aufwand leistbare Bereitstellung von aktuellen, verlässlichen und flächendeckenden Daten von gleichbleibender Qualität. Außerdem wären weitere Faktoren, wie andere erneuerbare Energien und der Netzausbau einzubeziehen. Zur Evaluation des bisherigen Ausbaus würde beispielsweise ein Vergleich zwischen einer natur- und landschaftsschutzoptimierten Verteilung von Windenergieanlagen und der aktuellen Verteilung wichtige Erkenntnisse liefern können. Für eine sachgerechte Durchführung ist es jedoch notwendig, die auf Bundesebene entwickelten Szenarien und natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertungen hinsichtlich ihrer Datengrundlagen bzw. ihrer Aussagekraft zu optimieren. Wesentliche Ansatzpunkte dazu sind das Zusammenführen und das Erarbeiten spezifischer für die Planungsebene nutzbarer Rauminformationen sowie das Vorhandensein von gemeinschaftlich anerkannten, auf diese Rauminformationen bezogenen, Wertsysteme zur Anwendung im Rahmen der Bewertung durch Expertinnen und Experten. Darüber hinaus sollten die so im bundesweiten Maßstab erarbeiteten Ergebnisse durch einen Abgleich mit solchen, die auf nachgeordneten Ebenen mit umfangreicheren und verlässlicheren Daten erarbeitet wurden, abgeglichen und ggf. validiert werden.

### **Soziale und landschaftliche Fragestellungen in Bezug zum Ausbau der erneuerbaren Energien stärker in den Fokus der Forschung rücken!**

Ein besonderes Augenmerk wird im Forschungsvorhaben auf den ästhetischen Gesamtwert sowie die Erholungsfunktion der Landschaften gelegt. Die Ergebnisse der explorativen, empirischen Studien offenbaren einerseits die Präferenzen für bestimmte Landschaften (hier walddominierte und grünlanddominierte Landschaften) und andererseits einen Zusammenhang zwischen der Bewertung der Landschaft und dem Vorhandensein von Windenergieanlagen. Allerdings wird auch deutlich, dass den bevorzugten Landschaftstypen auch mit Windenergieanlagen ein überdurchschnittlicher ästhetischer Gesamtwert und Erholungswert zugeschrieben wird. Anders ausgedrückt: Die Windenergieanlagen entwerfen die Landschaften nicht vollständig, gleichwohl stellen sie eine Störung und Verminderung beider landschaftlichen Werte dar.

Im Wesentlichen weisen die Ergebnisse darauf hin, dass mit Expertenbewertungen zwar Ergebnisse gewonnen werden können, die mit Bewertungen durch die Öffentlichkeit korrelieren (wenngleich im vorliegenden Fall die Stichprobe für verlässliche Aussagen zu klein war). Dennoch zeigen auch die Versuche der Anpassung der Bewertungsherangehensweise und -maßstäbe, dass ohne weitere intensive Forschung kaum Verbesserungen möglich sind. Dies sollte als Hinweis darauf gewertet werden, dass aktuelle sozialkonstruktivistische Theorien hierfür die Grundlage sein müssen. Dies wirft letztendlich die planungspraktische Frage auf, wie allgemeingültige Bewertungen für Landschaften auf der Bundesebene erreicht werden können, wenn gleichzeitig bekannt ist, dass die Landschaftswahrnehmung hoch individualisiert sein kann. Die sozialkonstruktivistischen Theorien gehen jedoch auch von einem großen Teil bereits ausgehandelter Landschaftswerte aus, die zumindest innerhalb bestimmter gesellschaftlicher Gruppen geteilt werden. Die Planung wird dem Anspruch unterschiedlicher Gruppen letztendlich durch die Entwicklung und Gestaltung diverser Landschaften gerecht werden müssen. Diese werden sich selbstverständlich in Bezug auf

Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie Erholungswert unterscheiden und dementsprechend mehr oder weniger für den Ausbau der Windenergie und anderer erneuerbarer Energien geeignet sein. Allzu universelle Maßstäbe werden sich in Bezug auf die im § 1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG genannten Attribute daher nicht anlegen lassen. Die wahrnehmungspsychologischen Studien zeigen ohnehin, dass die differenzierte Bewertung von Landschaften anhand der Attribute für die Öffentlichkeit kaum möglich ist, weswegen auch in Betracht gezogen werden muss andere Wege der Operationalisierung als die bisher hierfür bekannten einzuschlagen.

Die hier dargestellte Herangehensweise der wahrnehmungspsychologischen Studien, die zur Optimierung eines GIS-Modells (AIGILaP) genutzt werden, zeigt, dass die Bewertungsansätze noch stärker von der Seite der Landschaftsnutzerinnen und -nutzer gedacht werden müssen und können. Gerade auch zur Identifizierung der Gruppen mit unterschiedlichen Landschaftsansprüchen sowie zur Frage der Operationalisierung von im Gesetz genannten Attributen kann eine Fortführung und Ausweitung der durchgeführten Pilotstudie wesentlich beitragen. So wird es letztendlich auch möglich werden, durch nachvollziehbare und auf einer breiten Basis der Öffentlichkeit aufgebaute Bewertungsmethoden, -maßstäbe und Wertssysteme planerischen natur- und landschaftsbezogene Entscheidungen so zu verbessern, dass sie von der Öffentlichkeit als gesellschaftlicher Konsens angesehen werden.



## Langfassung

### 1 Fragestellung und Herangehensweise

Der Ausbau der Nutzung der erneuerbaren Energien dient dazu, die international vereinbarten Klimaschutzziele und eine größere Unabhängigkeit von fossilen endlichen Energieträgern zu erreichen. Erneuerbare Energien sind der zentrale Baustein der Energiewende, mit der eines der aktuell herausragenden Umweltziele verfolgt wird, nämlich die Reduzierung des Ausstoßes an klimaschädlichen Gasen. Dennoch verursacht die Umsetzung der Energiewende vielfach Konflikte mit anderen Umwelt-, Natur- und Landschaftsschutzziele. Um diesen Zielen im Rahmen der Energiewende ebenfalls gerecht zu werden, existieren bislang zahlreiche Instrumente, die aber vor allem aufgrund einer fehlenden Planung auf Ebene des Bundes eher auf der Länderebene und vor allem auf der Projektebene ansetzen. Sie eignen sich daher nur in begrenztem Maß für die Integration der oben genannten Ziele auf einer strategisch übergeordneten Planungsebene. Die Bundesebene ist dagegen für solche strategischen Überlegungen zur Energiewende gerade besonders geeignet, um die Ziele des Klima- sowie Natur- und Landschaftsschutzes möglichst weit zur Deckung zu bringen und die allen Zielbereichen weitestgehend entsprechende raum-, natur- und landschaftsverträgliche Verteilung von Standorten für die Nutzung der erneuerbaren Energien zu ermitteln.

Vor diesem Hintergrund stellt sich das vorliegende Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben (FuE-Vorhaben) der Herausforderung eine Herangehensweise für die Entwicklung von Szenarien des Ausbaus der Windenergie an Land auf der Bundesebene anhand von energiewirtschaftlichen Zielen zu entwickeln. Diese werden anschließend in Bezug auf ihre Natur- und Landschaftsverträglichkeit bewertet. Anhand dieser Bewertung werden die Szenarien mit Blick auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit optimiert. So werden relativ natur- und landschaftsverträgliche Szenarien des Ausbaus der Windenergie definiert und schließlich alle erarbeiteten Szenarien miteinander verglichen. Die grundsätzlichen Herangehensweisen sind so entwickelt, dass sie sich auf andere erneuerbare Energieträger und Planungsebenen adaptieren lassen. Dementsprechend geht das Vorhaben den folgenden wesentlichen Fragestellungen nach:

- Szenarien des EE-Ausbaus sollen zunächst unter energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten erarbeitet werden. Als Szenarien werden zwei alternative Strategien des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land als Ausgangspunkt genutzt. Zum einen wird die Nutzung der besten (windhöufigen bzw. effizienten) Standorte und zum anderen die verbraucher-nahe (lastnahe) Erzeugung herangezogen (Kap. 3).
- Im weiteren Verlauf sollen die erstellten Szenarien im Hinblick auf ihre Konfliktrisiken mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes beurteilt werden (Kap. 3.5). Hierfür sind die Szenarien in ihrer räumlichen Dimension abzubilden bzw. in den Raum zu projizieren und das Ausmaß der Konfliktrisiken (KRK) mit den jeweils dort ausgeprägten Belangen des Naturschutzes (Schutzgüter) zu bewerten. Dafür wird größtenteils auf vorhandene Daten zu Natur- und Landschaft zurückgegriffen, für das Schutzgut Landschaft wird aber eine eigene Methode der Bewertung entwickelt. Wichtiger Teil dieser Methode sind wahrnehmungspsychologische Studien (s.u.).
- Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere der Konfliktrisikobewertung, sollen anschließend die o.g. Szenarien mit Blick auf die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes optimiert werden. Anhand des danach verbleibenden Konfliktrisikos lassen sich die Effekte dieser Optimierungen darstellen. Die einzelnen Szenarien werden somit untereinander gut vergleichbar (Kap. 6).

- Die regionalen Ausprägungen der Szenarien sollen durch Visualisierungen anhand von Stellvertreter-Landschaften unterschiedlicher Kulturlandschaftstypen (Schmidt et al. 2014) veranschaulicht werden. Diese dienen dazu, Auswirkungen auf das Schutzgut Landschaft im Rahmen von wahrnehmungspsychologischen Studien zu untersuchen. Parallel wird ein GIS-Modell zur flächendeckenden Bewertung des Schutzgutes Landschaft entwickelt, welches für die Konfliktrisikoaanalyse benötigt wird (Kap. 4.6). Die für dieses Modell getroffenen Annahmen werden mithilfe einer zu entwickelnden geeigneten Methode überprüft und so die Ergebnisse der wahrnehmungspsychologischen Studien mit dem GIS-Modell abgeglichen. Die Erkenntnisse dieses Abgleichs werden zur Verbesserung und zur Weiterentwicklung des GIS-Modells genutzt. Die wahrnehmungspsychologischen Studien helfen also, das Konfliktrisiko mit dem Schutzgut Landschaft besser bewerten zu können (Kap. 5).
- Praxisrelevante Empfehlungen zur Entscheidungsunterstützung eines weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien, welcher die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes berücksichtigt, werden abschließend erarbeitet (Kap. 8).

Im Vorhaben wird sich dabei auf den Ausbau der Windenergie an Land beschränkt, da nach den aktuellen Prognosen (u.a. Szenariorahmen 2030 NEP (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017)) in diesem Sektor das größte Ausbaupotenzial gesehen wird. Auch aufgrund gesetzlicher Vorgaben bei den anderen Technologien ist ein ähnlicher Zuwachs kurzfristig kaum zu erwarten (Kap. 2). Bei Photovoltaikanlagen kommt hinzu, dass diese Technik maßgeblich auf Hausdächern installiert werden soll. Gegenüber PV-Freiflächenanlagen ist diese Form gegenüber dem Landschafts- und Naturschutz grundlegend viel weniger konfliktrichtig. Zudem ist es im Forschungsvorhaben zweckmäßig, die Herangehensweise zunächst am Beispiel der Windenergienutzung gründlich zu entwickeln und dabei auf die Übertragbarkeit auf andere Energieträger zu achten. Dennoch sind auch die weiteren erneuerbaren Energien-Sparten hinsichtlich ihres Ausbaus sowie ihrer Konfliktrichtigkeit grundsätzlich zu untersuchen. Die Betrachtung beschränkt sich hier aber auf eine kurze Charakterisierung in Bezug auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit, ohne eine räumliche Betrachtung vorzunehmen.

Die systematisch, vergleichbar und nachvollziehbar aufgebauten Szenarien des Ausbaus der Windenergie an Land stehen im Vorhaben also stellvertretend für den Ausbau anderer Energieträger. Ziel ist es die relevanten Parameter, an denen sich ein Mehr oder Weniger an Natur- und Landschaftsschutz beim Ausbau der Windenergie entscheidet, zu identifizieren und darzustellen. Insofern trägt das Vorhaben dazu bei, die angestrebte Balance zwischen den wirtschaftlichen und technischen Anforderungen an die zukünftigen Standorte von Windenergieanlagen und deren möglichst natur- und landschaftsverträglichen Ausbau zu finden. Das Vorhaben baut sich daher aus zwei inhaltlichen Schritten auf (Abb. 9):

### **Phase I**

- Entwicklung der Szenarien des Ausbaus der Windenergienutzung an Land (Szenario A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“),
- Entwicklung und Anwendung einer Herangehensweise für die Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien,
- wahrnehmungspsychologische Studien im Kontext der Bewertung des Schutzgutes Landschaft,
- Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien des Ausbaus der Windenergie an Land.

## Phase II

- Optimierung dieser Szenarien mit dem Ziel der Erhöhung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit,
- erneute vergleichende Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit der optimierten Szenarien und
- Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen.

Diese Schritte werden hier zunächst nur kurz umrissen und in den entsprechenden Kapiteln des Berichts im Detail nachvollziehbar dargestellt.

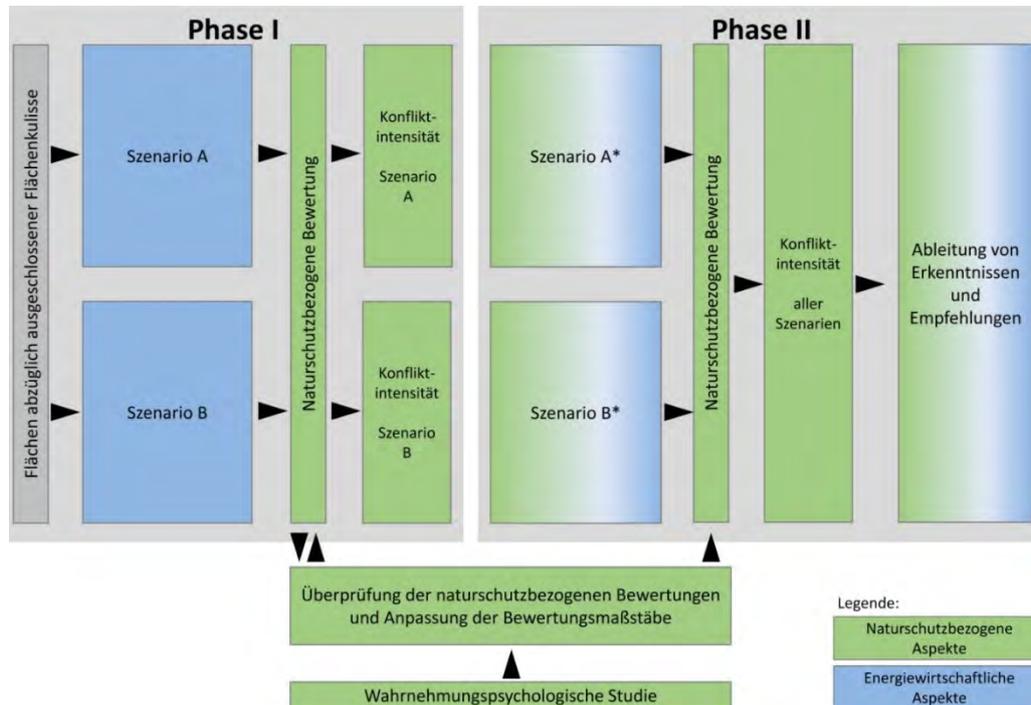


Abb. 9: Übersicht der Herangehensweisen im Vorhaben

### 1.1 Phase I

#### Entwicklung der Szenarien des Ausbaus der Windenergienutzung an Land

Ausgehend von bereits vorliegenden, primär auf Wirtschaftlichkeit oder Netzkompatibilität zielenden Ausbauszenarien für erneuerbare Energien auf Bundesebene, u.a. Netzentwicklungsplan (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) oder der Studie „Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland“ (Agora Energiewende et al. 2013), werden neue, an den aktuellen Zielen für den Ausbau der erneuerbaren Energien orientierte Szenarien für den Ausbau der Windenergie an Land entwickelt (Kap. 3.2). Dazu werden ein dezentrales, lastnahes sowie ein Ausbau-Szenario an Effizienzstandorten (windhöffigste Standorte) konstruiert. Sie legen dabei denselben prognostizierten Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch zu Grunde, der Zielhorizont dafür liegt etwa im Jahr 2035. Diese Herangehensweise, die sich mehr an einer erzielbaren Energiemenge als an einem konkreten Zeitraum orientiert, erlaubt eine zeitliche Verschiebung ohne wesentliche Änderungen der den Szenarien zugrundeliegenden Annahmen.

Die Szenarien werden unabhängig vom aktuellen Bestand an Windenergieanlagen erstellt, d.h. bei der Verteilung der Zielenergiemenge werden die bestehenden Anlagen nicht berücksichtigt. Dies bietet den Vorteil, dass eine Überprüfung und Bewertung von Bestandsanlagen,

deren Fortbestand heute weitgehend unklar ist, nicht notwendig ist. Außerdem finden auf diesem Wege keine Anlagenstandorte Eingang in die Szenarien, die aus heutiger Sicht nicht mehr für den Ausbau der Windenergie in Frage kommen würden. Die Szenarien sind damit bewusst keine Fortschreibung des aktuellen Zustandes – also keine Prognose – sondern vielmehr dafür gemacht, den Einfluss bestimmter Treiber auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit deutlich zu machen (Kap. 3.4), um daraus strategische Empfehlungen in Bezug auf für den Ausbau geeignete Räume – aber keine konkreten Standortzuweisungen – ableiten zu können.

### **Entwicklung einer Herangehensweise für die Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien**

Die im ersten Schritt erarbeiteten Szenarien des Windenergie-Ausbaus an Land sollen im Hinblick auf ihre Konfliktrisiken mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes vergleichend bewertet werden. Den Maßstab für die Beurteilung der Naturschutz- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien bilden die „Belange des Naturschutzes“, die sich aus § 1 BNatSchG ergeben. Es geht somit vorrangig um die dauerhafte Sicherung (und ggf. Entwicklung und Wiederherstellung)

- der biologischen Vielfalt,
- der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie
- der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswertes von Natur und Landschaft.

Die Entwicklung einer Herangehensweise zur Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit für die Bundesebene ist insofern ein zentrales Element des Vorhabens (Kap. 4). Diese ist so aufgebaut, dass sie mit unterschiedlichen Szenarien z.B. bei sich ändernden energiepolitischen Zielvorgaben, reproduzierbare, reliable und valide Ergebnisse liefert. Auch eine Aktualisierung bei Änderungen der Voraussetzungen im Landschafts- und Naturschutz wird durch eine auf Flächenkategorien bezogene Herangehensweise sichergestellt. Außerdem kann so auf eine geänderte Datenlage reagiert werden. Dieser Aspekt entfaltet Relevanz für die nachgeordneten Ebenen, denn wie auch bei der Entwicklung der Szenarien ist für die Herangehensweise zur Bewertung der Szenarien eine Adaption auf die nachgeordneten Ebenen möglich. So steht eine Herangehensweise zur Verfügung, die auch eine Möglichkeit aufzeigt, wie die bundespolitischen Zielvorgaben auf den nachgeordneten Ebenen über Landesentwicklungs-, Regional- und Flächennutzungspläne in genehmigungsreife Einzelvorhaben transformiert werden können.

### **Wahrnehmungspsychologische Studien im Kontext der Bewertung des Schutzgutes Landschaft**

Um die Bewertung des Schutzgutes Landschaft zu unterstützen, werden wahrnehmungspsychologische Studien durchgeführt (Kap. 5). Diese umfassen im Wesentlichen eine Befragung der Öffentlichkeit in Form einer Online-Studie sowie eine Eye-Tracking-Untersuchung einschließlich qualitativer begleitender Methoden. Ziel der wahrnehmungspsychologischen Studien ist die Überprüfung der Annahmen, die die Grundlagen für das Bewertungsmodell für die Natur- und Landschaftsverträglichkeit in Bezug auf das Schutzgut Landschaft bilden und eine flächendeckende Bewertung dieses Schutzgutes erst möglich machen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in eine Optimierung der auf Flächenkategorien bezogenen Herangehensweise zur Bewertung ein.

### **Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien des Ausbaus der**

## **Windenergie an Land**

Die Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Szenarien wird anhand von Flächenkategorien vorgenommen. Eine Analyse einzelner Kriterien dient dazu, die Stell-schrauben einer Optimierung aus Sicht von Natur- und Landschaftsschutz zu identifizieren, die in der Phase II letztendlich zur Entwicklung von natur- und landschaftsverträglicheren Szenarien führt.

### **1.2 Phase II**

#### **Optimierung dieser Szenarien mit dem Ziel der Erhöhung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit**

Durch die Erkenntnisse aus der Bewertung der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ ist nun eine Optimierung der beiden Szenarien mit Blick auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit möglich. Hierzu werden unterschiedliche Überlegungen zur Optimierung einbezogen, wie die Entlastung der hochwertigsten Räume oder die Reduktion der Gesamtbelastung aller Räume. Die Optimierung wird technisch bei der Berechnung der Szenarien dadurch erreicht, dass die Räume mit besonderen Konfliktrisiken durch die Nutzung von Faktoren hinsichtlich der Eignung für die Windenergienutzung abgewertet werden. Dabei hängen die Faktoren von der Höhe der Konfliktrisiken ab, diese kann dementsprechend eventuell auch durch eine besonders hohe energiewirtschaftliche Attraktivität aufgewogen werden. Die Gewichtung des Natur- und Landschaftsschutzes war Gegenstand von Diskussionen innerhalb der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) und dem BfN.

Durch die Optimierung entstehen aufbauend auf den Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ die Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“, die jeweils auf die gleiche Weise natur- und landschaftsverträglich optimiert sind ( Kap. 3.5.2). Diese werden jedoch ebenfalls auf ihre Natur- und Landschaftsverträglichkeit hin untersucht (Kap. 6).

#### **Erneute vergleichende Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit**

Die vergleichende Bewertung aller vier Szenarien A „Effizienz“, B „Effizienz / Lastnähe“ und A\* „Naturschutz / Effizienz“ sowie B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ (Kap. 6) verdeutlicht die Effekte der Optimierung in Hinblick auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit. Insbesondere muss sich zeigen, inwiefern positive Effekte z.B. das Freihalten von hochwertigen und gleichzeitig sehr windhöffigen Standorten durch daraus resultierende negative Effekte, in diesem Beispiel eine Erhöhung der Gesamtzahl der für die angestrebte Energiemenge notwendige Windenergieanlagen, wieder aufgezehrt werden.

Das Ergebnis wird vor dem Hintergrund der Bewertungs- sowie Optimierungsmethode reflektiert und erst so die Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen ermöglicht.

#### **Ableitung von Erkenntnissen**

Der Bund hat in diesem Kontext zwar Möglichkeiten im Rahmen der Bundesraumordnung (§17 ROG) planerisch tätig zu werden, hat aber bisher keinen Gebrauch davon gemacht. Dennoch ist die Bundespolitik und sind die zugeordneten Bundesfachbehörden daran interessiert und dazu verpflichtet, z. B. durch entsprechend ausformulierte Investitionsanreize oder Zielsetzungen, an der Umsetzung der Klimaschutz- bzw. erneuerbaren Energie-Ziele räumlich und inhaltlich steuernd mitzuwirken. Daher liegt der Schwerpunkt der Empfehlungen auf der einen Seite auf eben diesen Handlungsmöglichkeiten, andererseits ist die Frage der Übertragbarkeit der Herangehensweisen auf andere Energieträger sowie andere Planungsebenen zu diskutieren und es sind mögliche Wege hierfür zu skizzieren (Kap. 7).

## Erwartete Ergebnisse

Entsprechend der dargestellten Fragestellungen werden im Vorhaben Ergebnisse erwartet, die sich in zwei Gruppen teilen lassen. Zu der ersten Gruppe zählen die Ergebnisse bzgl. der modellierten Szenarien und Vergleiche dieser, die sich auf den exemplarisch untersuchten Ausbau der Windenergie an Land beziehen. Dies sind insbesondere:

- Eine nicht räumlich konkretisierte Bewertung von Ausbaupotenzialen und Konfliktrisiken mit dem Natur- und Landschaftsschutz für die in Deutschland relevanten erneuerbaren Energien (Kap. 2).
- Vier räumlich konkrete aber nicht realistische Szenarien des Ausbaus der Windenergie, die die wesentlichen Einflüsse auf den Ausbau als Bewertungsgrößen nutzen (Windhöheffigkeit bzw. Energiemenge, Lastnähe) (Kap. 3).
- Zwei mit Hilfe der vorausgegangenen Bewertungen optimierte Szenarien des Ausbaus der Windenergie an Land, die sogenannten natur- und landschaftsschutzfachlich optimierten Szenarien (Kap. 3.5.2).
- Eine vergleichende Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit aller vier Szenarien einschließlich der Diskussion der Gegenüberstellung und der angewendeten Herangehensweisen (Kap. 6).
- Eine Dokumentation und empirische Bewertung von Stellvertreter-Landschaften anhand von standardisierten Fotos einschließlich der Visualisierung von Windenergieanlagen (Kap. 5)

Zu einer zweiten Gruppe gehören darüber hinaus erzielte Ergebnisse wie die entwickelten und dargestellten Herangehensweisen; diese lassen sich anders als die Ergebnisse der ersten Gruppe für weitere Anwendungsfälle z.B. für andere Energieträger, Szenarien und Planungsebenen und Forschungsfragen adaptieren. Hierzu zählen:

- Herangehensweisen der Entwicklung von Szenarien für den Ausbau der Windenergie an Land anhand der wesentlichen Treiber des Ausbaus (Kap. 3).
- Herangehensweisen zur Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit auf der Ebene des Bundes und Hinweise dazu, wie sich diese auf den nachgeordneten Planungsebenen adaptieren und nutzen lassen (Kap. 4).
- Herangehensweisen der wahrnehmungspsychologischen Studien zur Durchführung und Interpretation unterschiedlicher Befragungen und Befragungsergebnissen, die auch neuartige Methoden wie das Eye-Tracking einbeziehen und geeignet sind, diese Ergebnisse zu planerischen Methoden der Landschaftsbildbewertung in Beziehung zu setzen (Kap. 5).
- Diskussion und kritische Reflektion der gewählten Methoden (Kap. 7).

Die so erzielten Ergebnisse beider oben genannter Gruppen werden schließlich in Handlungsempfehlungen (Kap.8) umgesetzt.

## 2 Potenziale und Konfliktrichtigkeit verschiedener erneuerbarer Energieträger in Bezug auf den Natur- und Landschaftsschutz

Die Potenziale der erneuerbaren Energien in Deutschland sind sehr unterschiedlich verteilt, gleiches gilt für die Konfliktrichtigkeit. Beides wird in diesem Kapitel für die wesentlichen Energieformen, die in Deutschland zur Verfügung stehen, zusammengefasst. Im weiteren Verlauf des Projektes wird von diesen nur die Windenergie an Land weiter durch räumliche Szenarien konkretisiert. Sie steht damit stellvertretend für andere Energieträger, die in diesem Kapitel dargestellt werden. Die Windenergie an Land hebt sich von diesen jedoch durch ein besonders hohes Potenzial bei einer hohen Konfliktrichtigkeit in Bezug auf den Natur- und Landschaftsschutz ab.

Bereits heute leistet die Windenergie (onshore und offshore) den größten Beitrag zur Erzeugung von regenerativer Energie (16,1%). Es folgen mit deutlichem Abstand Biomasse, Photovoltaik zusammen mit Geothermie (wegen des geringen Anteils nicht einzeln ausgewiesen), Wasserkraft und Hausmüll (Abb. 10).

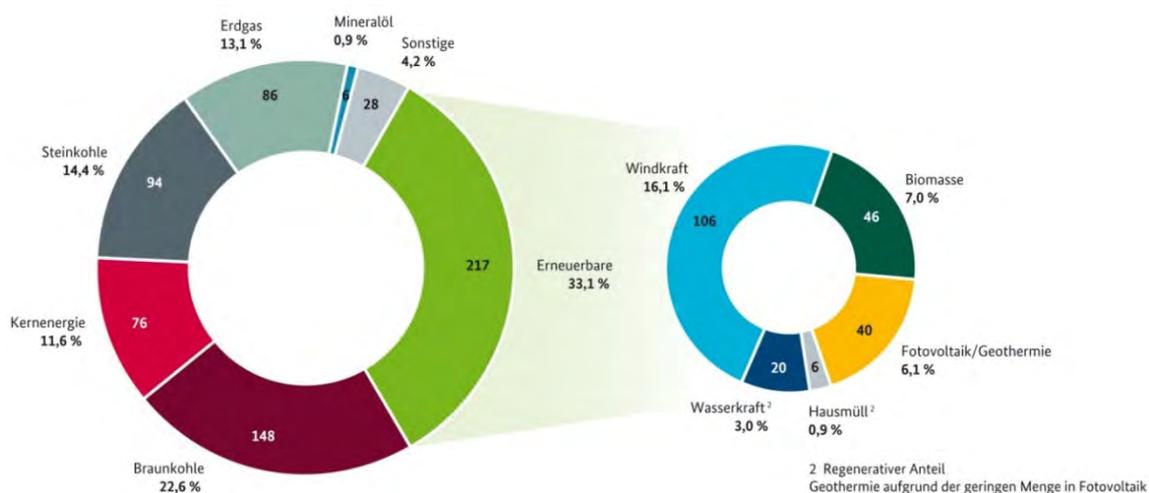


Abb. 10: Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland 2017 in TWh (BMW 2018)

Mit der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ergeben sich durch die Inanspruchnahme von Flächen, das Eingreifen in ökologische Wirkungsgefüge sowie die Nutzung von Gewässern und Boden als Energielieferant zwangsläufig Konflikte mit Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes. Dabei führt die Nutzung der unterschiedlichen erneuerbaren Energien zu ebenso unterschiedlichen Konflikten. Die Tabelle 3 zeigt in der Übersicht die zu erwartenden Konflikte mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes. Im anschließenden Abschnitt werden die Entwicklung und das Potenzial der Nutzung der jeweiligen Energien beschrieben und die Einschätzung der Konfliktrichtigkeit begründet.

Dabei werden zunächst alle wesentlichen Wirkungen erläutert, in einem weiteren Schritt wird mit Blick auf die Übertragbarkeit von Herangehensweisen herausgestellt, welche Konflikte auf der Bundesebene vor dem Hintergrund des notwendigen Abstraktionsgrades und der Verfügbarkeit von flächendeckenden Geoinformationen in eine mögliche Analyse der Natur- und Landschaftsverträglichkeit Eingang finden können. Während spezifische Konflikte auf der Bundesebene zu vernachlässigen und erst auf der regionalen oder lokalen Ebene von Relevanz sind, können anhand von häufig auftretenden Wirkungen der Nutzung der erneuerbaren Energien eine Vielzahl von Aspekten bereits im Bundesmaßstab zumindest näherungsweise beurteilt werden.

Ein hohes Konfliktrisiko besteht immer dann, wenn vorhabenbezogene Wirkungen auf die Umwelt treffen und bei den dort betroffenen Umweltfaktoren und -funktionen je nach spezifischer Empfindlichkeit gegenüber den Wirkfaktoren, Veränderungen bzw. nachteilige Veränderungen (Beeinträchtigungen) auslösen.

Dabei spielen für die Bewertung dieser Konfliktrisiken zunächst die Konfliktreichweite, Konfliktintensität und Konflikthäufigkeit eine Rolle.

Tab. 2: Legendarstellung zur Einschätzung von Wirkbeziehungen und Konflikten von Vorhabentypen erneuerbarer Energien mit den Schutzgütern

 <b>geringe Konfliktreichweite</b>	 <b>geringe Konfliktintensität</b>	 <b>geringe Konflikthäufigkeit</b>
<p>Die räumliche Ausdehnung des Konfliktes ist lokal, der Konflikt kann auf der Bundesebene kaum bearbeitet werden.</p>	<p>Der Konflikt wird von einer nur geringen Veränderung des oder der betroffenen Schutzgüter ausgelöst. Die Bearbeitung auf Bundesebene hat untergeordnete Relevanz.</p>	<p>Die Konflikte treten nur sehr selten auf und wären daher besser in einer Einzelfallbetrachtung zu bearbeiten.</p>
 <b>mittlere Konfliktreichweite</b>	 <b>mittlere Konfliktintensität</b>	 <b>mittlere Konflikthäufigkeit</b>
<p>Die räumliche Ausdehnung des Konfliktes hat regionale Relevanz, der Konflikt kann im Einzelfall auf der Bundesebene behandelt werden.</p>	<p>Der Konflikt wird von einer mittleren Veränderung des oder der betroffenen Schutzgüter ausgelöst. Die Bearbeitung auf Bundesebene kann im Einzelfall sinnvoll sein.</p>	<p>Die Konflikte treten mit einer mittleren Häufigkeit auf und können daher im Einzelfall und unter bestimmten Voraussetzungen (Konfliktreichweite und -intensität) auf der Bundesebene behandelt werden.</p>
 <b>hohe Konfliktreichweite</b>	 <b>hohe Konfliktintensität</b>	 <b>hohe Konflikthäufigkeit</b>
<p>Die räumliche Ausdehnung des Konfliktes ist mehr als regional und sollte auf Bundesebene daher bearbeitet werden.</p>	<p>Der Konflikt wird von einer starken Veränderung des oder der betroffenen Schutzgüter ausgelöst, der bis zum vollständigen Verlust von Funktionen führen kann. Die Bearbeitung auf Bundesebene sollte bei entsprechenden Voraussetzungen (z.B. Datenlage, Konfliktreichweite und -häufigkeit) erfolgen.</p>	<p>Die Konflikte treten häufig auf und sollten daher bei entsprechenden Voraussetzungen (z.B. Datenlage, Konfliktreichweite und -häufigkeit) auf der Bundesebene behandelt werden.</p>

Tab. 3: Einschätzung von Wirkbeziehung und Konflikte von Vorhabentypen erneuerbarer Energien mit den Schutzgütern

Vorhabentyp	Art der Wirkung	Wirkung	Fauna und Flora	Luft und Klima	Boden	Wasser	Landchaftsbild / Erholung
Windenergieanlagen	baubedingt	Inanspruchnahme von Flächen für Maschinen, Lagerung, Versorgungseinrichtung	☉	-	☉	-	-
		Emissionen (Lärm, Staub etc.)	☉	☉	-	-	☉
		Erschütterung	☉	-	☉	-	-
	anlagenbedingt	Inanspruchnahme von Flächen für den Mast, Zuwegung und Versorgungseinrichtung	☉	-	☉	-	-
		Barrierewirkung des Mastes und der Rotoren	☉	-	-	-	-
		Schattenwurf des Mastes und der Rotoren	☉	-	-	-	☉
		Prägung der Landschaft durch Fernwirkung des Mastes und der Rotoren		-	-	-	☉
	betriebsbedingt	Drehbewegung der Rotoren	☉	-	-	-	☉
		Emissionen (Lärm, Licht)	☉	-	-	-	☉
		Veränderung von Luftdruckverhältnissen	☉	-	-	-	-
Emissionen wassergefährdender Stoffe		-	-	-	☉	-	
PV-Freiflächenanlagen	baubedingt	Inanspruchnahme von Flächen für Maschinen, Lagerung, Versorgungseinrichtung	☉	-	☉	-	-
		Emissionen (Lärm, Staub etc.)	☉	-	-	-	☉

Vorhabentyp	Art der Wirkung	Wirkung	Fauna und Flora	Luft und Klima	Boden	Wasser	Landschaftsbild / Erholung
		Erschütterung	⊙	-	⊙	-	-
	anlagenbedingt	Inanspruchnahme von Flächen für den Module, Zuwegung und Versorgungseinrichtung	⊙	-	-	-	-
		Barrierewirkung der Umzäunung des Betriebsgeländes	⊙	-	-	-	-
		Schattenwurf / Bodenüberschirmung der Module	⊙	-	⊙	-	-
		Prägung der Landschaft durch Flächenwirkung der Module	⊙	-	-	-	⊙
	betriebsbedingt	Emissionen (Lärm)	⊙	-	-	-	⊙
Biogasanlagen und Biomasseanbau	baubedingt	Inanspruchnahme von Flächen für Maschinen, Lagerung, Versorgungseinrichtung	⊙	-	⊙	-	-
		Emissionen (Lärm, Staub etc.)	⊙	-	-	-	⊙
		Erschütterung	⊙	-	⊙	-	-
	anlagenbedingt	Inanspruchnahme von Flächen durch die Biogasanlage	⊙	-	⊙	-	-
		Prägung der Landschaft durch die Fernwirkung der Anlage	-	-	-	-	⊙
	betriebsbedingt	Inanspruchnahme oder Veränderung (u.a. Nutzungswechsel, Intensivierung) von Flächen für den Anbau von Biomasse	⊙	⊙	-	-	-

Vorhabentyp	Art der Wirkung	Wirkung	Fauna und Flora	Luft und Klima	Boden	Wasser	Landschaftsbild / Erholung
		Steigerung der Erosionsgefährdung (v.a. durch Mais- und Zuckerrübenanbau)	○●	-	●●	-	-
		Steigerung des Dünger- und Pestizideinsatzes	●●	○●	●●	●●	-
		Prägung der Landschaft durch die Veränderung der Landnutzung	-	-	-	-	○●●
		Emissionen	-	●●	-	-	-
Wasserkraftanlagen	baubedingt	Inanspruchnahme von Flächen für Maschinen, Lagerung, Versorgungseinrichtung	○●●	-	○●●	-	-
		Emissionen (Lärm, Staub etc.)	●●●	○●●	-	-	●●●
		Erschütterung	○●●	-	○●●	-	-
	anlagenbedingt	Inanspruchnahme von Flächen durch Bauwerke und Wasserflächen	●●	-	○●●	-	-
		Barrierewirkung der Bauwerke (Fauna, Sedimenttransport)	●●●	-	●●●	-	-
		Erhöhung der Wassertemperatur	●●	-	-	○●●	-
		Veränderung des Grundwassers (u.a. Wasserstand und Fließverhalten)	○●	-	○●●	●●●	-
		Veränderung der Fließgewässermorphologie	●●	-	○●●	○●	-
		Verlust der Überflutungsdynamik	●●	-	○●	-	-

Vorhabentyp	Art der Wirkung	Wirkung	Fauna und Flora	Luft und Klima	Boden	Wasser	Landschaftsbild / Erholung
		tektonische Störungen	○	-	○	-	-
		Emissionen (v.a. Methan)	-	⊙	-	-	-
		Prägung der Landschaft durch Fernwirkung der Bauwerke	-	-	-	-	⊙
	betriebsbedingt	Schwankungen des Wasserspiegels	○	-	○	○	-
		Emissionen (Lärm)	○	-	-	-	-

## 2.1 Windenergie

### Eigenschaften und Nutzbarkeit der Ressource Wind

Heute ist die Stromerzeugung die zentrale Nutzung der Windenergie und aufgrund ihrer Verfügbarkeit, ihrer vergleichsweise niedrigen Kosten sowie ihres technologischen Entwicklungsstandes eine in Deutschland stark genutzte regenerative Energiequelle. Windenergie ist grundsätzlich an Land und auf See, wenn auch in sehr unterschiedlichem Maß, verfügbar. Die erzeugbare Energiemenge hängt von der anlagenspezifischen elektrischen Nennleistung, die sich aufgrund der technischen Konstruktion ergibt, und den Windverhältnissen am Standort, und damit den erzielbaren Vollaststunden ab. Am Standort sind die Windstärke und Windrichtung sowie die Beeinflussung durch die Oberflächenrauigkeit des Geländes entscheidende Faktoren.

Während sich die typische Bauform von Horizontalachsen mit drei Rotorblättern bewährt und mittlerweile praktisch ausschließlich produziert wird, führt die technische Entwicklung mittlerweile zu immer größeren Anlagen mit höherer Leistung (Abb. 11). Wesentlich hierfür ist, dass die Windgeschwindigkeit mit steigender Höhe je nach Standort erheblich zunimmt. Da die im Wind enthaltene kinetische Leistung proportional zur dritten Potenz der Windgeschwindigkeit ist, hat die Nabenhöhe maßgeblichen Einfluss auf den Ertrag der WEA (Fraunhofer IEE 2018).

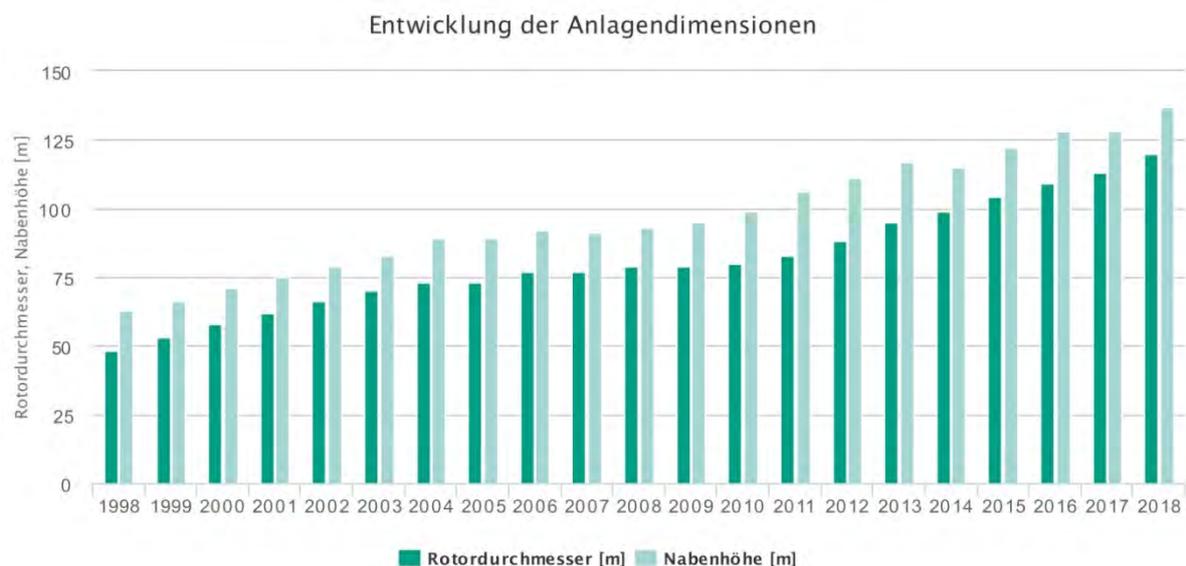


Abb. 11: Entwicklung der durchschnittlichen Rotordurchmesser und Nabenhöhen der zugebauten Windenergieanlagen von 1998 bis 2018 (Fraunhofer IEE 2018).

Die zukünftige Entwicklung der Nabenhöhe ist zum einen von technischen Parametern sowie den Kosten und zum anderen von den genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen abhängig. Zu beobachten ist eine standortgebundene Anpassung der Anlagentechnik, um insbesondere die, zum Teil sehr unterschiedlichen Windverhältnisse optimal nutzen zu können. Aber auch andere Faktoren, wie der Transport und die Errichtung der Anlage spielen eine Rolle. Dies zeigt sich in der standortabhängigen, durchschnittlichen spezifischen Leistung pro Quadratmeter Rotorfläche für die jeweiligen Windzonen sowie anhand der unterschiedlichen Entwicklungen der Turmhöhen. Die zur Anwendung kommenden Anlagenkonstruktionen richten sich nach dem Standort, der entweder mit besseren Windbedingungen (Starkwindanlagen) oder mit weniger vorteilhaften Bedingungen (Schwachwindanlagen) verbunden ist.

Sogenannte Starkwindanlagen, mit großen Leistungen und verhältnismäßig kleinen Rotordimensionen, werden vor allem an der Küste genutzt, da aufgrund der guten Windbedingungen auch bei kleinem Rotordurchmesser und geringerer Nabenhöhe bereits eine hohe Auslastung der Anlagen erreicht werden kann. Im Mittelgebirge und in der Norddeutschen Tiefebene stehen die Anlagen häufig in Gebieten, in denen die Windverhältnisse durch Hindernisse wie z. B. Waldgebiete negativ beeinflusst werden. Um die verfügbaren Windressourcen so gut wie möglich nutzbar zu machen, werden hier sogenannte Schwachwindanlagen mit niedrigeren Leistungen und größeren Anlagendimensionen eingesetzt. Mittlerweile hat sich ein weiterer Anlagentyp für mittlere Lagen herausgebildet, der in technischer Hinsicht zwischen den zuvor genannten Typen einzuordnen ist (Kap. 3.3.2).

Insgesamt ist die durchschnittliche Leistung der 2017 errichteten WEA mit rund 2,98 MW gegenüber 2016 um 4,5 Prozent gewachsen (Fraunhofer IEE 2018).

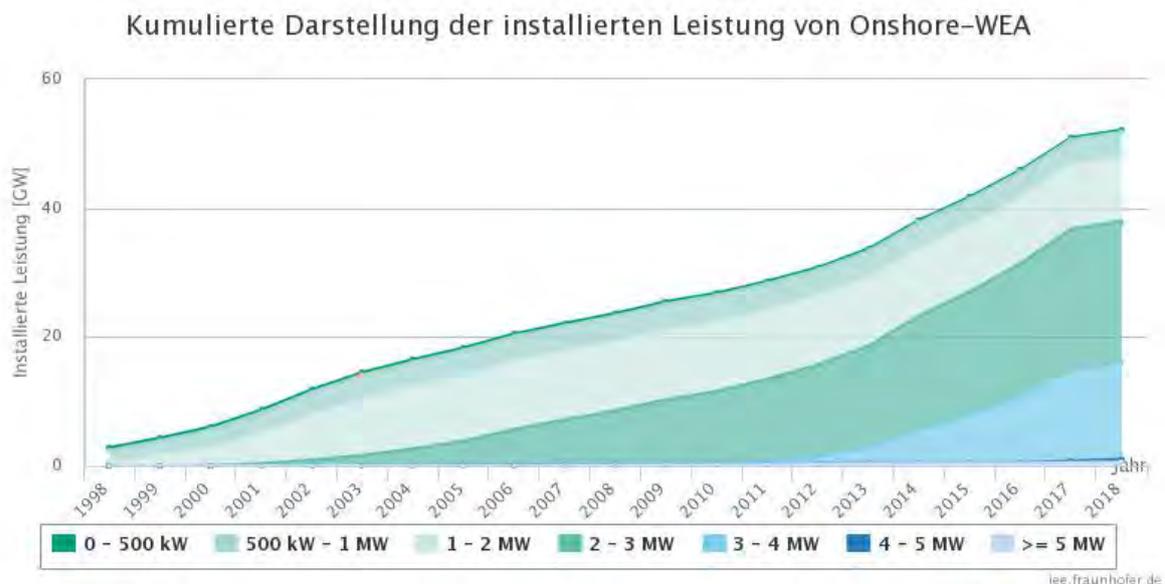


Abb. 12: Entwicklung der installierten Leistung von Onshore-Windenergieanlagen nach Leistungsklassen von 1998 bis 2018 (Fraunhofer IEE 2018).

Für die weitere Untersuchung der historischen und möglichen zukünftigen Anlagenentwicklung zur Festlegung der in den Szenarien angenommen Anlagenparameter sei auch auf Kapitel 3.3.2 verwiesen.

Mit der technischen Entwicklung und der wirtschaftlichen und technischen Verfügbarkeit windschwacher Standorte verändert sich auch das Flächenpotenzial. Durch die wirtschaftliche Eignung von Schwachwind- und Waldstandorten können regelmäßig Flächen in Anspruch genommen werden, die vor einigen Jahren nur unter besonderen Bedingungen genutzt wurden.

Gleichzeitig wird der bestehende Flächendruck in Verbindung mit den auf verschiedenen politischen Ebenen formulierten Ausbauzielen weiter erhöht. Die Vielzahl besonders konfliktfreier und windhöffiger Standorte ist bereits durch Windenergieanlagen belegt. In der Konsequenz verschiebt sich der Ausbau weiter in konfliktträchtigere Bereiche.

## **Aktueller Anteil am Energiemix der erneuerbaren Energien und Potenzial**

Im Jahr 2017 stieg der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Stromerzeugung auf ein Drittel. Davon stammte rund die Hälfte aus der Windenergienutzung (UBA 2018). Die Ursache für den starken Anstieg im Windertrag 2017 sind ein besseres Windjahr und der starke Onshore- sowie Offshore-Zubau in den Vorjahren (Fraunhofer IEE 2018).

Die Stromerzeugung aus Windenergie hängt von den variierenden Windverhältnissen und dem zuletzt recht dynamischen Zubau in den jeweiligen Jahren ab. Nach den Hochrechnungen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) erreichte der bundesweite Windstromertrag im Jahr 2017 etwa 107,5 TWh (im Jahr 2016 waren es noch 79,9 TWh). Der Anteil der Windenergie am deutschen Bruttostromverbrauch lag im Jahr 2017 bei 17,7 Prozent. Ende des Jahres 2017 waren mehr als 28.000 Windenergieanlagen an Land mit einer Gesamtleistung von rund 50.469 MW in Deutschland am Netz (Fraunhofer IEE 2018).

Der bedeutende Anteil (83 %) des Windstroms wird von WEA an Land produziert. Auf See war zum Ende des Jahres 2017 eine Gesamtleistung von 5.514 MW installiert. Dort wurden etwa 17,9 TWh Strom (2016: 12,3 TWh) produziert (Fraunhofer IEE 2018).

Für den möglichen zukünftigen Ausbau der Windenergienutzung vergleiche auch Kapitel 3.

## **Einschätzung der Konflikträchtigkeit**

Wie viele andere baulichen Anlagen erzeugen auch Windenergieanlagen bau-, anlagen- und betriebsbedingten Wirkungen auf Natur und Landschaft. Mit dem Bau der WEA sind die temporäre Inanspruchnahme von Flächen zur Lagerung und Errichtung, Lärm- und Lichtemissionen sowie Stoffemissionen verbunden. Die Anlage nimmt Fläche für den Sockel am Maststandort in Anspruch und wirft einen Schatten. Sie selbst wirkt zum einen als Hindernis bzw. Barriere im Raum. Zum anderen besitzt sie eine raumprägende Wirkung, die über eine weite Entfernung sichtbar ist. Mit dem Betrieb der Windenergieanlage, also den Drehbewegungen der Rotorblätter, sind eine zusätzliche Hindernis- bzw. Barrierewirkung, auch durch Bereiche mit stark verändertem Luftdruck, sowie Lärmemissionen und der sog. Diskoeffekt (Schattenwurf) verbunden. Die erforderliche Hinderniskennzeichnung der WEA führt zu Lichtemissionen.

Für die Bundesebene ist die Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Windenergienutzung im Zusammenhang mit dem Gesamtausbau, der in den Szenarien simuliert wird, zu betrachten. Während einige kleinflächige, weniger intensive und seltene Konflikte auf der Bundesebene nicht sinnvoll betrachtet werden können und erst auf der regionalen oder lokalen Ebene von Relevanz sind, können andere Wirkungen der WEA bereits auf der Bundesebene in ausreichendem Maße und für strategische Entscheidungen angemessen beurteilt werden.

Konflikte mit Natur und Landschaftsschutz, die auch im Bundesmaßstab relevant sind, sind vor allem mit dem Schutz von Vögeln und Fledermäusen sowie mit dem Landschaftsbild zu erwarten (Tab. 15). Insbesondere bestimmte Greifvogelarten und in größeren Höhen fliegende Fledermausarten können mit Windenergieanlagen kollidieren. Die negativen Auswirkungen von Windenergieanlagen können durch verschiedene Maßnahmen reduziert werden, wie etwa die Berücksichtigung von Brutstätten, Nahrungshabitaten oder Flugrouten in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Allerdings liegen für das Bundesgebiet keine unmittelbar verwertbaren Informationen zu einzelnen Arten vor.

## 2.2 Photovoltaik

### Eigenschaften und Nutzbarkeit der Ressource solare Strahlungsenergie

Die Sonne ist die zentrale – nach menschlichen Maßstäben unerschöpfliche – Kraft für fast alle natürlichen Energieströme auf der Erde. Solarzellen in Photovoltaikanlagen (PV), solarthermische Kraftwerke und Sonnenkollektoren erlauben es die Sonnenenergie für unterschiedliche Zwecke zu nutzen. Dabei wird die solare Strahlungsenergie durch Solarzellen in Strom und Wärme umgewandelt. Im Folgenden wird nur die Möglichkeit der Gewinnung von Strom weiterbehandelt

In Deutschland kommen bei der Photovoltaik hauptsächlich mono- und polykristalline Solarzellen zum Einsatz. Alternativ können aber auch Dünnschichtzellen auf der Basis von Silizium oder anderen Halbleitermaterialien, wie zum Beispiel Cadmium-Tellurid eingesetzt werden. Solarzellen bestehen aus einem Halbleitermaterial, das unter dem Einfluss von Sonnenlicht Elektronen in Bewegung setzt und damit Strom erzeugt (BMWi 2018). Photovoltaikanlagen können in unterschiedlicher Dimensionierung verwendet werden, von der wenige Quadratmeter großen PV-Dachanlage bis zur mehreren Hektar großen PV-Freiflächenanlage. Der Wirkungsgrad, das Verhältnis zwischen momentan erzeugter elektrischer Leistung und eingestrahelter Lichtleistung, kann je nach verwendeter Technologie zwischen 5 und 50 % erreichen. Entsprechend der Sonnenstunden im Jahres- und Tagesverlauf ist die Stromproduktion zeitlich begrenzt. Nach Fraunhofer IEE (2018) ist die Erzeugung von Solarstrom heute dank verlässlicher nationaler Wettervoraussagen sehr gut planbar. Aufgrund der dezentralen Erzeugung können regionale Änderungen in der Bevölkerung nicht zu gravierenden Schwankungen der deutschlandweiten PV-Stromproduktion führen.

Die Nutzbarkeit von Solarenergie ist in Deutschland, aufgrund des hohen Anteils diffuser Strahlung und der im weltweiten Vergleich insgesamt niedrigeren Einstrahlung, als mäßig bis gut zu bewerten. Eine wichtige Rolle für die tatsächliche Nutzbarkeit spielen dabei die Konzeption und der Wirkungsgrad aber auch die Anordnung und Ausrichtung der Anlagen. Für die wirtschaftliche Erzeugung von Strom oder Wärme, sind jedoch bestimmte Strahlungsleistungen erforderlich. In Deutschland beträgt die mittlere Jahressumme der Sonnenstrahlung rund 1.055 kWh/m<sup>2</sup>. Sie ist jedoch sehr unterschiedlich verteilt, sodass im Süden die Strahlungsenergie besonders hoch ist, während sie in Richtung Nordwest erheblich abnimmt (Abb. 13).

# Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

## Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981 - 2010

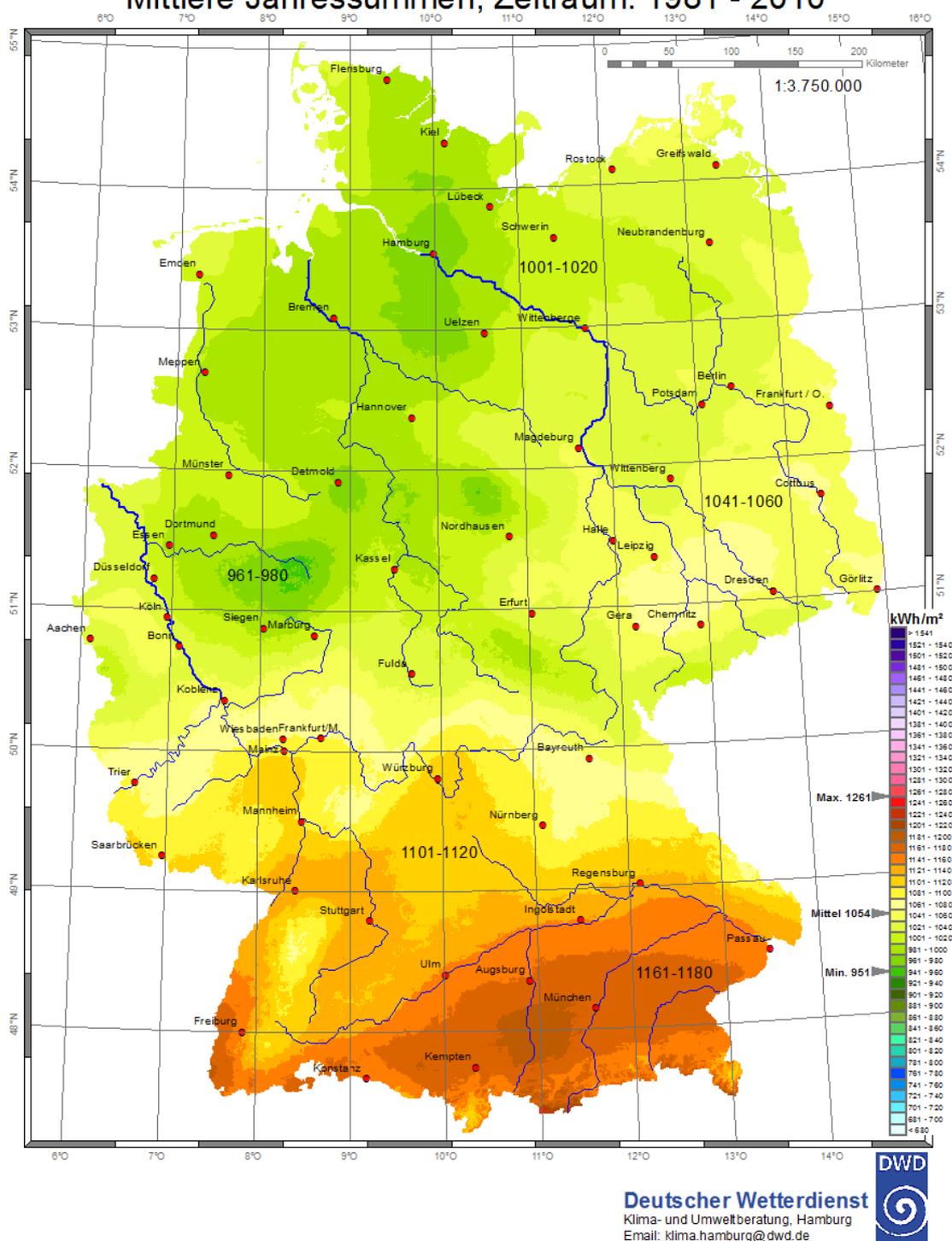


Abb. 13: Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland, Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981-2010 (Quelle: Deutscher Wetterdienst; DWD 2018).

## Aktueller Anteil am Energiemix der erneuerbaren Energien und Potenzial

Wesentlich für die zukünftige Nutzung von PV-Anlagen sind Speichertechnologien, die es erlauben, den erzeugten Strom über eine längere Zeit zu nutzen, z.B. kann mit kleinen, stationären Akkus im Haus der Eigenverbrauch von PV-Strom in die Abendstunden ausgedehnt und damit massiv erhöht werden. Zudem ermöglichen Speicher einen erhöhten PV-Zubau, da bei netzdienlicher Systemführung eine Netzentlastung durch Reduktion der Einspeisepitze und des Abendbezugs möglich ist (Fraunhofer IEE 2018).

Eine Prognose der Potenziale von PV-Anlagen ist gegenwärtig unter Berücksichtigung der aktuellen Rechtslage des EEG 2017 vorzunehmen. Denn für die Vergütung von entsprechenden PV-Anlagen gelten gemäß § 37 Abs. 1 Nr. 3 EEG einschränkende Regelungen. Grundsätzlich ist laut EEG jedes Gebot zur Teilnahme am Ausschreibungsverfahren zugelassen, dessen Gebotsmenge mindestens 750 Kilowatt umfasst. Weiterhin sind alle Solaranlagen inbegriffen, auch solche an oder in einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand sowie solche auf einer sonstigen baulichen Anlage, die zu einem anderen Zweck als der Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie errichtet worden ist. Für die Betrachtung von Potenzialen des zukünftigen Ausbaus der Nutzung von Photovoltaikanlagen ist zwischen PV-Anlagen an und auf Gebäuden sowie solchen auf Freiflächen (bzw. baulichen Anlagen) zu unterscheiden.

Zur Abschätzung des PV-Dachflächenpotenzials haben Reichmuth et al. (2018) im Rahmen der Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 EEG eine Meta-Studie durchgeführt. Im Ergebnis wird festgestellt, dass das Dachflächenpotenzial für PV, ohne die Berücksichtigung von Solarthermie, im Jahr 2015 etwa 1.600 km<sup>2</sup> (Wohngebäude: 849 km<sup>2</sup>, Nichtwohngebäude: 757 km<sup>2</sup>) beträgt. Bei Annahme eines Systemwirkungsgrads von 16 % entspricht dies einer installierbaren Leistung von fast 260 GW. Weiterführend wird aufgezeigt, dass dieser Wert im Abgleich mit dem Bestand an PV-Dachflächenanlagen im Jahr 2016 von rund 30 GW nur zu rund 10 % ausgeschöpft ist. Es verbleibt ein großes Potenzial nutzbarer Flächen für einen weiteren Ausbau von PV-Dachanlagen, auch unter Berücksichtigung des Flächenbedarfs für bestehende und künftige Solarthermie-Anlagen. Gleichzeitig gibt es Analysen, die zum Teil von deutlich höheren Potenzialen ausgehen (Reichmuth et al. 2018).

Die Einschätzungen von Reichmuth et al. (2018) zu Freiflächenanlagen berücksichtigen die gemäß EEG vergütungsfähigen bereits versiegelten Flächen sowie Konversionsflächen, die Seitenrandflächen an Schienenwegen und Bundesautobahnen, die Flächen der Bundesanstalt für Immobilienaufgabe, den „Sonstigen baulichen Anlagen“ insbesondere im Außenbereich sowie für die im Zuge einer Öffnungsverordnungen nutzbaren Flächen des Ackerlandes und des Grünlandes in benachteiligten Gebieten (davon haben bisher Baden-Württemberg und Bayern Gebrauch gemacht). Im Ergebnis ergibt die Potenzialanalyse:

- Konversionsflächen: aufgrund aktueller Datenlage nicht abschließend ermittelbar.
- Seitenrandflächen von Autobahnen und Schienenwegen: rd. 22.000 ha Fläche für etwa 15 GW installierbare Leistung.
- sonstigen baulichen Anlagen: aufgrund aktueller Datenlage nicht abschließend ermittelbar.
- Bundesanstalt für Immobilienaufgabe-Flächen: aufgrund aktueller Datenlage nicht abschließend ermittelbar.
- Flächen des Ackerlandes und des Grünlandes in benachteiligten Gebieten (Bayern und

Baden-Württemberg): 900 GW installierbare Leistung, die allerdings durch Zubau-Korridore von jährlich maximal 300 MW (bzw. 450 ha) in Bayern und 100 MW (bzw. 150 ha) in Baden-Württemberg begrenzt sind.

### **Einschätzung der Konflikträchtigkeit**

Mit dem Bau der PV-Anlagen sind mögliche Freisetzungen von Schadstoffen, Bodenverdichtung, -erosion, und -versiegelung durch die Aktivitäten während der Bau- und Rückbauphase, der Entzug und die Zerschneidung von Lebensräumen für Groß- und Mittelsäuger durch Abzäunung großer Anlagen sowie der Verlust von Lebensräumen und Beeinträchtigung von Arten verbunden. Mit der Anlage selbst gehen die mögliche Desorientierung und Kollision von Vogelarten einher, welche die Anlage zum Teil irrtümlich für eine Wasserfläche halten. Zudem kann die technische Überprägung der Landschaft durch die Raumwirkung und Lichtreflexionen der Anlage sowie weitere Faktoren (Schall, elektromagnetische Felder, Verbrennung) zur Beeinträchtigung der wahrnehmbaren Landschaftsqualität und der Erholungsfunktion führen.

Grundsätzlich sind aufgrund der gegenwärtigen Rechtslage die möglichen räumlichen und umweltfachlichen Auswirkungen bereits stark reduziert. Durch die zuletzt eingeführte Beschränkung des Leistungsumfangs einer PV-Freiflächenanlage ebenso wie einer Solaranlage auf sonstigen baulichen Anlagen auf maximal 10 MW mit Flächengrößen zwischen 15 und 20 ha wird der bereits restriktive Kanon vergütungsfähiger Flächen weiter verkleinert. Mögliche und tatsächliche größenbedingte negative Folgen für die betroffene Raumstruktur, die technische Überprägung großer Landschaftsteile, die Barrierewirkung vor allem durch die umgebenden Zaunanlagen, die großflächig möglichen Standortveränderungen aufgrund von Beschattung und erhöhten Temperaturen, aber auch durch umfangreiche Bautätigkeiten und Zuliefererverkehre sind damit deutlich weniger relevant geworden.

Mit der Länderöffnungsklausel des § 37c EEG 2017 EEG, vom 17.07.2017 wird den Bundesländern ermöglicht, die 2010 aus der EEG-Förderung gefallenen Ackerflächen in Teilen wieder zugänglich zu machen. Seit 2017 gilt eine erweiterte Flächentypdefinition: in den benachteiligten Gebieten wird sowohl Ackerland als auch Grünland als Standort für PV-Freiflächenanlagen akzeptiert. Zudem wird im EEG 2017 – abgesehen vom jährlichen Ausschreibungsvolumen – bzgl. dieser Flächenkategorie auf eine mengenmäßige Begrenzung verzichtet und mit der Länderöffnungsklausel wird den Bundesländern gestattet, das Maß der Nutzung dieser Kategorie selbst in einer eigenen Verordnung zu bestimmen.

Für die Bundesebene sind die zu betrachtenden Konflikte mit Natur- und Landschaft bei der Nutzung von PV-Anlagen auf Freiflächenanlagen begrenzt (Tab. 3). Der prognostizierte Gesamtausbau ist grundsätzlich als gering und auf vorbelastete Flächen konzentriert zu beurteilen. Mit der Öffnung der Acker- und Grünlandflächen besteht ein Konflikt, der auch aus Bundesicht relevant werden kann, sobald weitere Bundesländer davon Gebrauch machen.

## **2.3 Biomasse**

### **Eigenschaften und Nutzbarkeit der Ressource Biomasse**

„Nachwachsende Rohstoffe, so die Definition, sind land- und forstwirtschaftlich erzeugte organische Rohstoffe pflanzlichen, tierischen oder mikrobiellen Ursprungs, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden, sondern stofflich zur Herstellung von Chemikalien, Werkstoffen und anderen biobasierten Produkten oder energetisch zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoffen genutzt werden“ (FNR 2018). Im Kontext dieses Forschungsvorhabens wird aufgrund der Wirkung auf das Schutzgut Landschaft in erster Linie

der Teilsektor „Energiepflanzen“ betrachtet. Diese beanspruchen für die Beschickung von Biogasanlagen die größte Fläche beim Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Flächen für den Anbau von „Industriepflanzen“ nehmen demgegenüber etwa nur ein Achtel ein (Tab. 4).

Die Verwertung der nachwachsenden Rohstoffe erfolgt in diversen Sektoren. Die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) betont die Vielzahl von Nutzungsoptionen. „Dazu zählen die dezentrale gekoppelte Strom- und Wärmeproduktion, die direkte Wärmenutzung bzw. die Verteilung über Wärmenetze, die Anwendung in gasbetriebenen Haushaltsgeräten sowie die Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz und der anschließende Einsatz als Erdgasersatz in KWK-Anwendungen, zur Wärmebereitstellung oder als Kraftstoff“ (FNR 2018).

Für das vorliegende Forschungsvorhaben wird der Fokus auf die Biogasproduktion für die Stromerzeugung (v.a. in Blockheizkraftwerken) gelegt. Auf die Bedeutung für den Wärmemarkt (v.a. Biomasseheizkraftwerke) sowie die Produktion von Bio-Kraftstoffen wird allerdings hingewiesen. Biogasproduktion stellt den dominanten Verwertungsweg dar (Tab. 4) und hat über den großflächigen Maisanbau (Tab. 5) einen nicht nur auf regionaler, sondern auch auf Bundesebene relevant gewordenen Veränderungsprozess eingeleitet (Veränderung regionalspezifischer Landschaften bzw. Landschaftsbilder oder auch Erhöhung der Erosionsgefahr aufgrund des jahreszeitlich erst spät eintretenden Bestandsschluss).

Tab. 4: Entwicklung der Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe in Deutschland nach Verwendung von 2011 bis 2017 (FNR 2018).

Anbaufläche (in ha)*								
Nut- zung	Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016 vorläufig	2017 geschätzt
Industriepflanzen	Industrie- stärke	121.000	110.000	107.000	106.000	108.000	128.000	128.000
	Industrie- zucker	15.000	16.000	17.000	12.500	12.300	12.800	15.400
	Techni- sches Rapsöl	146.000	140.000	139.000	116.000	138.000	132.000	131.000
	Techni- sches Sonnen- blumenöl	8.000	8.000	7.500	6.000	7.100	7.740	7.740
	Techni- sches Leinöl	4.000	4.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
	Pflanzen- fasern	500	500	500	1.000	1.490	1.520	1.520
	Arznei- und Fär- berstoffe	10.000	10.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
	Summe Industrie- pflanzen	304.000	289.000	286.000	257.000	283.000	298.000	300.000

Anbaufläche (in ha)*								
Nut- zung	Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016 vorläufig	2017 geschätzt
Energiepflanzen	Raps für Biodiesel	910.000	786.000	614.000	799.000	805.000	720.000	713.000
	Pflanzen für Bio-ethanol	241.000	201.000	173.000	188.000	238.000	259.000	251.000
	Pflanzen für Biogas	900.000	1.162.000 0	1.269.000 0	1.354.000 0	1.340.000 0	1.394.000	1.374.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe	5.500	10.500	9.000	10.500	11.000	11.000	11.000
	Summe Energiepflanzen	2.060.000 0	2.160.000 0	2.060.000 0	2.350.000 0	2.390.000 0	2.380.000	2.350.000
NawaRo-Anbaufläche gesamt	2.360.000 0	2.450.000 0	2.350.000 0	2.610.000 0	2.680.000 0	2.680.000	2.650.000	

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich wird, nimmt Maissilage mit deutlichem Vorsprung den größten Anteil bei der Bereitstellung von Rohstoffen für die Biogasproduktion ein. Die in der Öffentlichkeit als „Vermaisung von Landschaften“ diskutierte, also von der Bevölkerung wahrgenommene landschaftliche Veränderungsprozesse der letzten Jahre haben allerdings etwas an Rasanzen verloren, was vermutlich auf die „Deckelung“ der Maisanteile zurückzuführen ist, die das aktuelle EEG (§39 Abs. 1 EEG) für die Genehmigung neuer Biogasanlagen vorgibt. Die Zunahme des Maisanbaus und somit auch die wahrnehmbaren Veränderungen in der Landschaft sind jedoch immer auch in Zusammenhang mit der Futtermittelproduktion zu sehen, die auf ca. 60 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche stattfindet. Die Anbaufläche von Energiepflanzen nimmt einen Anteil von 14 Prozent ein (FNR 2018). Bis dato zeigt sich trotz flächendeckender Tendenz ein regional unterschiedliches Bild bei der Zunahme der Maisflächen, mit ausgeprägten Schwerpunkten in Nord- bzw. Nordwest- und in Süddeutschland, insbesondere Bayern (Schmidt et al. 2014).

Raps für Biodiesel- bzw. Pflanzenölproduktion sowie weitere Nutzpflanzen, z.B. Zuckerrüben, für die Bioethanol-Produktion spielen für die Bio-Kraftstoffe eine weitere Rolle; sie machen den zweitgrößten Flächenumfang beim Anbau nachwachsender Rohstoffe aus.

Tab. 5: Entwicklung der Anbaufläche (in ha) nachwachsender Rohstoffe in Deutschland für die Biomassenutzung von 2011 bis 2017 (FNR 2018).

Anbaufläche (in ha)							
Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016 vorläufig	2017 geschätzt
Biogas gesamt	900.000	1.162.500	1.269.000	1.354.000	1.340.000	1.394.000	1.374.000
davon Mais (Silage)	700.000	834.000	848.000	877.000	872.000	911.000	913.000
davon Getreide (Korn)	k.A.	40.800	142.000	159.000	151.000	173.000	160.000
davon Getreide (Silage)	k.A.	111.000	102.000	104.000	123.000	101.000	88.000
davon GPS (Gras, Leguminosen, und sonst. Raufutter)	k.A.	153.000	162.000	199.000	178.000	192.000	192.000
davon Zuckerrüben	k.A.	23.000	14.300	14.700	15.600	15.900	19.300
sonstige NawaRo (Silphie)	k.A.	100	300	400	400	800	1.900

\* Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen.

### Aktueller Anteil am Energiemix der erneuerbaren Energien und Potenzial

Die Biomassenutzung hat nach der Windenergie den größten Anteil an der Bruttostromerzeugung in Deutschland (2017: 7 %) (Abb. 10). „Nachwachsende Rohstoffe wuchsen in Deutschland im Jahr 2017 auf rund 2,7 Millionen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche. Im Jahre 2004 wurde erstmals der Umfang von einer Millionen ha und 2007 von 2 Millionen ha erreicht. Das Wachstum des Anbauumfangs an nachwachsenden Rohstoffen hat sich seitdem verringert“ (FNR 2018). Dieser ist in den letzten vier Jahren nicht mehr angestiegen (Abb. 14), was als Reaktion auf die „Deckelung der Maisanteile“ im EE-Gesetz 2017 für die Neugenehmigung von Biogasanlagen interpretiert werden darf. „Aktuell (2014-2017) liegt der Anbauumfang auf einem Niveau von etwa 2,5 bis 2,7 Millionen ha. Die Anbaufläche für Energiepflanzen ist dabei mit 2,35 Millionen Hektar in Deutschland deutlich größer als die für Industriepflanzen mit rund 0,3 Millionen ha“ (FNR 2018).

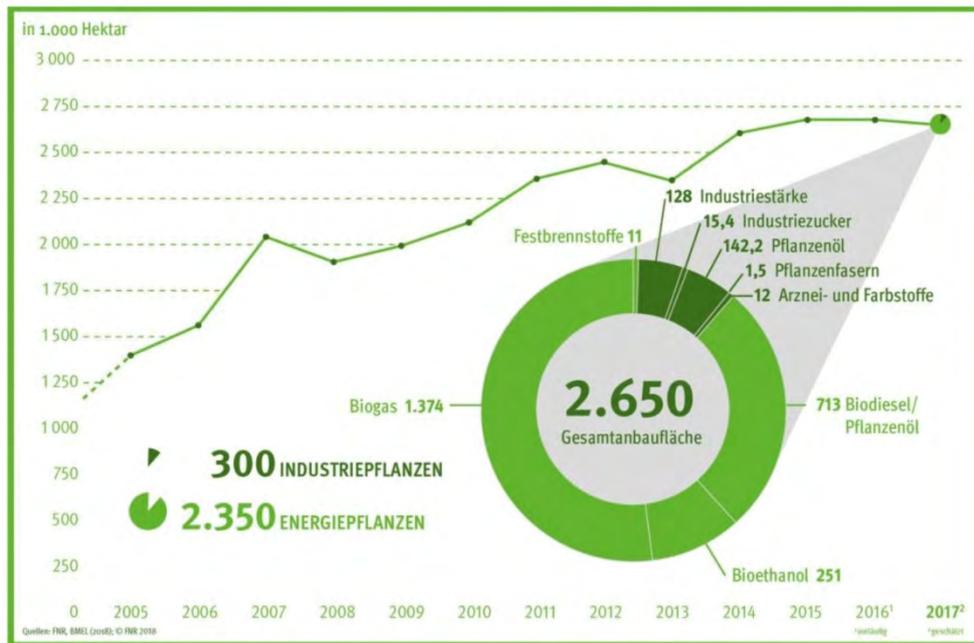


Abb. 14: Entwicklung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (Die Werte für 2016 sind vorläufig, die Werte für 2017 geschätzt) (FNR 2018).

Die Ausbaumöglichkeiten sind daher begrenzt, zumal auch im Rahmen der „Naturschutz-Offensive 2020“ das Ziel formuliert ist, „dass keine weitere Flächenausweitung für den Anbau von Biomasse für die Energieerzeugung mehr erfolgt, wenn die Anbaugrenze von 2,5 Millionen Hektar Ackerfläche erreicht ist. Damit soll der weiteren Abnahme der biologischen Vielfalt im ländlichen Raum entgegengewirkt werden“ (BMUB 2015).

In der „Naturschutz-Offensive 2020“ wird diese Flächenschwelle wie folgt begründet: „Eine Ausweitung darüber hinaus würde zu weiteren Intensivierungen der Landwirtschaft und erheblichen Flächenkonkurrenzen führen. Die Ausgestaltung der Energiewende darf nicht zu Lasten der biologischen Vielfalt gehen. Die Gewinnung von Erneuerbaren Energien aus Biomasse soll überwiegend aus Rest- und Abfallstoffen erfolgen“ (BMUB 2015).

### Einschätzung der Konflikträchtigkeit

Ungeachtet einer stagnierenden Zahl an Biogasanlagen, und damit einhergehenden Stagnation bei der Umnutzung landwirtschaftlicher Flächen, bleiben eine Reihe von Umwelt- bzw. Natur- und Landschaftsschutzproblemen zu bewältigen, zumindest so lange wie die Biomassenutzung eine Rolle im Energiesystem spielt.

Bei den Wirkungen auf Natur- und Landschaft sind vor allem die bau-, anlage-, und betriebsbedingten Wirkungen zu unterscheiden. Eine Besonderheit der Biomassenutzung ist in diesem Punkt, dass vor allem die für den Betrieb der Anlage erforderliche Nutzung und Umnutzung der anliegenden Ackerflächen sehr großflächige Wirkungen zeigen. Dieterich et al. (2017) untersuchen hierzu die Effekte verschiedener Biomassekulturen auf die Biodiversität.

Ein wesentliches Ergebnis von Dieterich et al. (2017) ist, dass verschiedene Energiepflanzen-Kulturen zwar durchaus Vielfalt in der Agrarlandschaft schaffen können, insbesondere wenn sie in einem mosaikartigen Verteilungsmuster Struktur- und Saumvielfalt unterstützen, „aber bedrohte Arten werden in den konventionellen Kulturen nur in Ausnahmefällen erfasst“ (Dieterich et al. 2017). Es gibt daher aus Biodiversitätsgründen kaum generell zu präferierende Energiepflanzen-Kulturen – selbst Maiskulturen schneiden, je nach betrachtetem Biodiversitätsparameter, verglichen mit anderen annuellen und intensiv geführten Kulturarten

nicht bei allen Artengruppen schlechter ab – weil vielmehr der landschaftliche Kontext für die Artenausstattung entscheidend ist. Bei der Vogelzönose auf den Äckern kommt dieser Umfeld-Effekt (Benachbarung) sehr deutlich zum Ausdruck (Dieterich et al. 2017).

Dieterich et al. (2017) haben auch mehrjährige Blühmischungen untersucht, die für die Biogaserzeugung verwertbar und aufgrund ihrer Farbaspekte und Strukturmerkmale landschaftsbildprägend sind, sowie weiter ökologische Vorteile bieten. Neben Problemen mit der Biodiversität sind weitere, mit der Biomasseproduktion verbundene Nutzungs- bzw. Bewirtschaftungsprobleme bei den Blühmischungen (und teils den Miscanthus-Kultur, die für die thermische Verwertung an Bedeutung gewinnen) weniger ausgeprägt als bei den „klassischen“, d.h. derzeit vorrangig genutzten Energiepflanzen (Dieterich et al. 2017):

- Pestizideinsatz: „besonders ungünstig sind Raps mit Mehrfachspritzungen von Fungiziden und Insektiziden“, weiterhin Zuckerrübe („bis zu sechs Behandlungen“) während bei „Blühmischung und Miscanthus“ kein Pestizideinsatz erfolgt (ebd.).
- Erosion: Mais und Zuckerrübe zeigen sich „besonders anfällig“ (ebd.), bei den „Dauerkulturen Blühmischung und Miscanthus“ zeigt sich ein allenfalls (standortspezifisch) sehr geringes Erosionsrisiko
- Humusbilanz: Auch hier sind die Bilanzen bei Miscanthus und Blühmischungen positiv, während bei maisdominierten Fruchtfolgen mit dem häufigen Anbau von Silomais ein deutlicher Humusentzug verbunden ist (ebd.).
- Treibhausgasbilanzierung: hohe Einsparpotenziale zeigen sich bei Miscanthus und eingeschränkter bei Blühmischungen (ebd.).

Gegen diese Vorteile steht der bisher ökonomische Nachteil von mehrjährigen Energiepflanzen-Kulturen (v.a. Blühmischungen); dies belegen die Statistiken zum Ertrag der Pflanzen, die in Tabelle 6 dargestellt sind.

Tab. 6: Vergleich der Erträge verschiedener Fruchtarten zur Biomassenutzung (Dieterich et al. 2017) (FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse)

Leistung	Blühmischung	Mais	Ganzpflanzensilage	Miscanthus	Raps	Zuckerrübe
Ertrag (dt FM/ha)	344	500	364	150	40	650
Ertrag (dt TM/ha)	110	150	120			
Methanertrag (m <sup>3</sup> /ha)	2.226	4.176	3.301			
Gesamterlös (€/ha)	735	1.378	1.089	1.050	1.400	1.950

Es sollte daher, so ein Fazit von Strauß et al. (2018), „weiterhin nach Lösungen gesucht werden, die eine höhere Verträglichkeit für Natur und Landschaft aufweisen“. Die Ergebnisse mehrerer Studien im Kontext der erneuerbaren Energien bestätigen aber ebenfalls, „dass der Energiepflanzenanbau diverser und naturverträglicher ausgestaltet werden kann. Sie unterstreichen aber auch, dass zur Sicherung der biologischen Vielfalt in agrarisch geprägten Landschaften ein ausreichender Umfang an ökologischen Vorrangflächen und Agrarbiotopen unverzichtbar ist“ (Strauß et al. 2018).

Hinsichtlich der Raumwirksamkeit (auf Bundesebene) sind also weniger die Standorte von Biogasanlagen als insbesondere Umfang, Bewirtschaftungsart und -intensität der Bereitstellungsflächen für den Vergleich relevant. Außerdem ist zu bedenken, dass die Zunahme von Maisflächen zwar weiträumig ins Auge fällt, während andere Folgeeffekte der Biogaserzeugung (z.B. Verbringung von Gärresten auf Ackerflächen) nicht minder problematisch sein können. Generell kommt erschwerend hinzu, dass die Bereitstellung der Gärsubstrate, d.h. die Produktionsflächenverteilung im Raum kaum über raumordnerische oder landschaftsplanerische Zielsetzungen direkt steuerbar ist.

Trotz der Vorteile die z.B. mehrjährige Kulturarten u.a. für den Bodenschutz, die Habitatvielfalt oder das Landschaftsbild haben, bremsen Strauß et al. (2018) aber die Erwartungen für eine biodiversitätsverträgliche bzw. landschaftsästhetisch positiv gestaltbare Entwicklung, denn: „Die Einordnung in den aktuellen politischen Kontext des EEG 2016 zeigt [...], dass unter den aktuellen Bedingungen eher keine Ausweitung des Anbaus mehrjähriger Kulturarten zu erwarten ist. Neben einer stärkeren Orientierung auf Reststoffe könnten auch natur- und landschaftsschutzfachliche Aufwertungen der Agrarlandschaft die notwendigen Impulse für einen Rollenwechsel des Biogassektors vorgeben: Weg vom Konkurrenten, hin zu einem Verwerter extensiverer Materialien, weg von vereinheitlichten Landschaften hin zu größerer Vielfalt der Anbaukulturen“ (Strauß et al. 2018).

Vor diesem Hintergrund lässt sich für die Bewertung der Auswirkungen von Biomassenutzung auf Natur und Landschaft im bundesweiten Maßstab feststellen, dass die wesentlichen Auswirkungen von den für die Produktion und für die Verbringung der Reststoffe genutzten Flächen ausgehen und weniger von den Anlagen selbst. Die Bewertung der Auswirkungen ist aufgrund der Vielfalt möglicher Nutzpflanzen und derer Kombination und Fruchtfolgen sowie der konkreten Landschaftsstruktur sehr schwierig. Pauschale Bewertungen können sich im Bundesmaßstab nur dem tatsächlichen Konfliktpotenzial annähern. Für eine Untersuchung in Szenarien ist die Biomassenutzung aber besonders deswegen nicht interessant, weil ein Zuwachs nicht mehr zu erwarten und letztendlich neben den schon genutzten Steuerungsmechanismen keine weiteren raumordnerischen Optionen bestehen.

## **2.4 Wasserkraft**

Für wertvolle Hinweise und Ausführungen zu diesem Unterkapitel bedanken wir uns bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaas Rathke vom Fachgebiet Hydraulik / Quantitative Wasserwirtschaft der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Umweltingenieurwesen und Angewandte Informatik.

### **Eigenschaften und Nutzbarkeit der Wasserkraft**

Die natürliche Fließbewegung der Fließgewässer wird bereits seit Anbruch des Elektrizitätszeitalters, das die Nachfrage nach Strom zunehmend steigerte, mit mittlerweile sehr bewährter Turbinentechnik für die Stromerzeugung genutzt. Kinetische Energie wird in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt. Das BMWi (2015) resümiert dazu: „Die Nutzung der Wasserkraft ist für die Stromversorgung neben der Windenergienutzung eine bewährte regenerative Energiequelle in Deutschland. Insbesondere im Grundlastbereich nimmt die Wasserkraft im Energiemix eine wichtige Rolle ein. Die Technik der Wasserkraftanlagen hat einen hohen Entwicklungsstand erreicht. Technische Neuerungen bei Turbinen und Generatoranordnung können insbesondere den Wirkungsgrad verbessern. Parallel steigen auch die ökologischen Anforderungen an die Wasserkraftnutzung“ (BMWi 2015).

Im Gegensatz zur Wind- oder Sonnenenergie ist die Wasserkraft weitgehend wetterunabhängig. Daher ist eine zuverlässige Prognose und Bereitstellung von Strom aus

Wasserkraftwerken möglich. Da der elektrische Energiebedarf erheblichen Schwankungen im Tages-, Wochen- und Jahresgang unterliegt, stellt das fluktuierende Dargebot aus anderen erneuerbaren Energien eine besondere Herausforderung dar. Auf solche Schwankungen kann mit Wasserkraftwerken relativ schnell reagiert werden. Auch lässt sich in Speicherkraftwerken und Pumpspeicherkraftwerken Energie speichern und für den Ausgleich z.B. von Windflauten kurzfristig abrufen. Hinzu kommt, dass aufgrund der guten Auslastung der Turbinen bei relativ geringen Betriebskosten gerade Laufkraftwerke kostengünstigen Strom liefern. Außerdem ist vielfach eine Vereinbarkeit mit anderen Nutzungsinteressen, so z.B. mit dem Hochwasserschutz gegeben.

### **Aktueller Anteil am Energiemix der erneuerbaren Energien und Potenzial**

Die Wasserkraft hat mit 3 % einen deutlich geringeren Anteil an der Bruttostromerzeugung als Photovoltaik, Biomasse und Windenergie (Abb. 10). Die „Marktanalyse Wasserkraft“ des BMWi (2015) beschreibt die aktuelle Marktsituation wie folgt: „Zum Jahresende 2013 waren in Deutschland über 7.300 Wasserkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 5,6 GW in Betrieb. Knapp 1,2 GW entfallen dabei auf den natürlichen Zufluss in Pumpspeicherkraftwerken. Während die installierte Leistung seit 1990 ausgehend von rund 4 GW kontinuierlich zulegte, schwankte die jährliche Stromerzeugung wetterbedingt zwischen 14,9 und 23,1 TWh mit leicht steigender Tendenz“ (BMWi 2015). Die Wasserkraft hat in Bayern und Baden-Württemberg einen ausgeprägten Schwerpunkt. Die Stromerzeugung aus Wasserkraft lag witterungsbedingt im Jahr 2017 mit 19,8 Mrd. kWh etwas niedriger als im Vorjahr (20,5 Mrd. kWh) (UBA 2018).

Die Ausbaumöglichkeiten der Wasserkraftnutzung sind in Deutschland sehr begrenzt, weil sie bereits an den meisten geeigneten Standorten genutzt wird (BMWi 2015). Zwar könnten viele, derzeit ungenutzte Wehranlagen (mit bestehendem Nutzungsrecht) als Fließwasserkraftwerke umgerüstet werden, die Bewilligung neuer Rechte sind aber an hohe Anforderungen beispielsweise seitens der EU-WRRL geknüpft (ökologische Durchgängigkeit, Barrierefreiheit). Die „Marktanalyse Wasserkraft“ des BMWi (2015) fasst die Ausbaupotenziale sieht eine Ausbaupotenzial von max.1 GW, das im Wesentlichen durch den Um- und Ausbau bestehender Großanlagen erreicht werden kann. Anders stellt sich die Situation bei den kleineren Anlagen dar. Das BMWi (2015) stellt fest: „Aus der Gegenüberstellung der ermittelten Stromgestehungskosten und den EEG-Vergütungssätzen wird deutlich, dass sich der Neubau von kleineren Anlagen (100 bis 200 kW) [...] nicht wirtschaftlich darstellen lässt. Der dennoch zu beobachtende Zubau in dieser Leistungsklasse deutet darauf hin, dass die Betreiber bei ihrer Investitionsentscheidung andere bzw. zusätzliche Kriterien berücksichtigen und im Einzelfall sehr günstige Randbedingungen vorhanden sind.“ Bezogen auf die bundesweite Sicht muss die Wasserkraftnutzung, hinsichtlich der Ausbaupotenziale jedoch als insgesamt nachrangig eingestuft werden.

## **Einschätzung der Konflikträchtigkeit**

Insbesondere Stauwehre, Staustufen bzw. Talsperren stellen für die aquatische Fauna, für das für sie Habitat relevante Treibgut sowie auch für den flussmorphologisch relevanten Sedimenttransport je nach Gewässertyp eine mehr oder weniger stark wirkende Barriere dar. Die natürliche Flussdynamik wird eingeschränkt oder geht verloren, die für Auen notwendigen episodischen bis periodischen Überflutungen können flussabschnittsweise unterbunden sein. Hinsichtlich der Fischfauna gibt es mittlerweile recht zuverlässig wirkende Aufstiegshilfen. Für kleinere Lebewesen gilt dies aber nur sehr eingeschränkt. Treibgutrechen, Turbinen und Pumpen stellen zuweilen besondere Problempunkte dar. Ausführlich sind die möglichen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung bei Damm (2011) dargestellt.

Aufgrund des fast nicht vorhandene Ausbaupotenzials bei größeren Anlagen, ergeben sich keine Ansätze einer bundesweiten Betrachtung, denn das Ausbaupotenzial von Kleinanlagen hat lokal sehr begrenzte Auswirkungen, die im Bundesmaßstab nicht untersucht werden können.

## **2.5 Zusammenfassende Einschätzung der Konflikträchtigkeit der erneuerbaren Energien**

Aufgrund der Wirkprofile der unterschiedlichen erneuerbaren Energien können die oben dargestellten Konflikte mit dem Natur- und Landschaftsschutz ausgelöst werden. Die Bedeutung der Konflikte hängt von der Nutzungsintensität, der damit verbundenen Konflikthäufigkeit und der Konfliktreichweite ab. Eine Einordnung möglicher Konflikte bzgl. dieser Kriterien ist in Tab. 3 vorgenommen.

Beim Vergleich der Vorhabentypen der erneuerbaren Energien hinsichtlich ihrer Wirkbeziehungen mit Natur und Landschaft zeigt sich deren unterschiedliche Relevanz auf der Bundesebene. Zusätzlich ist zu beachten, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien durch die in Deutschland vorhandenen Potenziale und wirtschaftlichen Bedingungen überwiegend in den Bereichen Wind- sowie Solarenergie erfolgt (Kap. 2.1 und Kap. 2.2).

Bei PV-Anlagen treten Konflikte mit dem Schutzgut Landschaft auf, diese sind jedoch regelmäßig weniger weitreichend als bei der Windenergie. Darüber hinaus bedeuten baubedingte Emissionen und die Umzäunung von Freiflächenanlagen negative Folgen für die Fauna und die Erholungseignung der Landschaft. Im Zuge des Baus ist außerdem mit Bodenerosion, -verdichtung und -versiegelung zu rechnen. Für die Biodiversität und einzelne Arten ist die Nutzung bzw. Bewirtschaftung der unter den Anlagen befindlichen Flächen von besonderer Relevanz. Mögliche Konflikte hängen im Einzelfall mit der Nutzung bzw. Vorbelastungen der Flächen vor der Errichtung der PV-Anlagen zusammen und lassen sich nicht pauschal beurteilen. Auf der Bundesebene sind diese aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl von sehr großen Solarparks und der beschriebenen Bedeutung von Einzelfällen nur schwierig zu untersuchen.

Die durch Wasserkraftanlagen bedingte Barrierewirkung verursacht die stärksten Konflikte des Vorhabentyps. Besonders für gewässerbewohnende Tierarten sowie den Gewässergrund (Substrat) hat dies negative Auswirkungen. Weiterhin können Konflikte mit den Schutzgütern Fauna und Flora, Wasser sowie Boden durch die Veränderung des Grundwassers, der Überflutungsdynamik und der Fließgewässermorphologie auftreten. Alle diese Aspekte wirken jedoch lokal und sind deshalb nicht auf der Bundesebene zu betrachten.

Die Bioenergie verursacht vor allem durch den damit zusammenhängenden Biomasseanbau sowie die Verbringung von Gärresten Konflikte, die auch aus der Bundesperspektive zu betrachten wären. Die Prägung der Landnutzung kann beeinträchtigend auf die

Landschaftsqualität und den Erholungswert wirken, der Einsatz von Pestizid- und Düngemitteln kann darüber hinaus negative Folgen für die Schutzgüter Fauna und Flora, Wasser, Boden, Klima und Luft haben.

Im Vergleich der erneuerbaren Energien ist die Windenergienutzung aus Sicht der Bundesebene besonders konfliktrichtig. Die Konflikte treten hauptsächlich mit den Schutzgütern Fauna und Landschaft auf. Neben der Inanspruchnahme von Flächen wirken sich vor allem die Barrierewirkung und die Drehbewegung der Rotoren sowie die Veränderung der Luftdruckverhältnisse negativ auf die Fauna aus. In Bezug zum Schutzgut Landschaft führt die Präsenz der Anlage und die prägende Wirkung in der Landschaft (Anlage selbst, Drehbewegung, Befeuern) zu weitreichenden, teils starken Konflikten. Durch den bereits weit fortgeschrittenen Ausbau der Windenergie in Deutschland treten diese Konflikte zudem relativ häufig auf.

Im Rahmen des vorliegenden Vorhabens wird der in den Szenarien (Kap. 3) dargestellte Ausbau der Windenergie hinsichtlich der Konflikte mit der Biodiversität und dem Naturhaushalt (Leistungs- und Funktionsfähigkeit) sowie insbesondere dem Landschaftsbild (Vielfalt, Eigenart und Schönheit) und Erholungswert untersucht (§ 1 BNatSchG) (Kap. 4 - 6).

### 3 Entwicklung von Ausbauszenarien

#### 3.1 Einordnung in den Projektkontext

Die Entwicklung von Szenarien für den Ausbau der Windenergienutzung an Land stellt den Ausgangspunkt und so eine wichtige Grundlage des Vorhabens dar (Abb. 15). Alle weiteren Forschungsfragen der Bewertung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit einschließlich der wahrnehmungspsychologischen Studie sind auf diese Szenarien bezogen.

Die Szenarien ihrerseits dienen der Abbildung des Einflusses der Bewertungsgrößen Windhöflichkeit (Energiermenge), Lastnähe, Natur- und Landschaftsschutz auf die Verteilung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land in Deutschland. Durch die Berücksichtigung unterschiedlicher Bewertungsgrößen in den Szenarien wird zudem eine vielseitige Betrachtung der potenziellen Konflikte von Ausbauvarianten mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes möglich. Im Ergebnis werden durch den Vergleich der Szenarien sowie deren Bewertung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für die Bundesebene abgeleitet.

Im folgenden Abschnitt wird der Ausgangspunkt und die Grundlagen der Entwicklung von Ausbauszenarien erläutert. Der Fokus liegt auf der Darstellung der technischen Grundlagen sowie der Beschreibung und Einordnung der verschiedenen Szenarien. Die Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ sind mit rein energiewirtschaftlichen Bewertungsgrößen frühzeitig im Projekt entwickelt, die Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ sind maßgeblich mit der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz im späteren Verlauf unter Einbeziehung der bis dahin gewonnenen Erkenntnisse erarbeitet. Alle entwickelten Szenarien sowie ihre natur- und landschaftsschutzbezogene Bewertung sind im Ergebnisteil dargestellt.

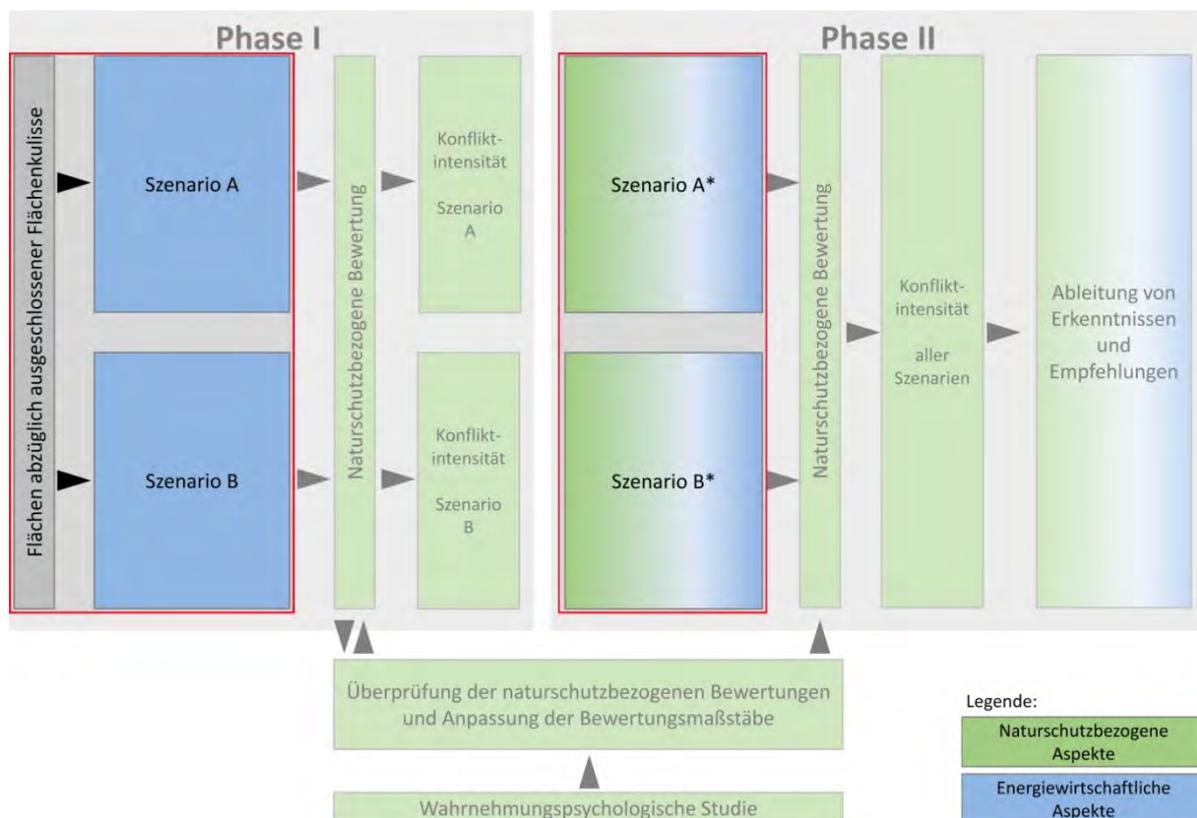


Abb. 15: Einordnung der Szenarientwicklung in den Projektkontext

## 3.2 Grundlagen der Szenarientwicklung

Ausgangspunkt der Szenarienauswahl stellt die Studie „Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland“ (Agora Energiewende et al. 2013) von der Agora Energiewende, Consentec und dem Fraunhofer IWES (heute Fraunhofer IEE) dar, welche die Unterschiede von zwei verschiedenen Allokationsvarianten von Windenergie- und Photovoltaikanlagen auf die Kosten der Energiewende beleuchtet:

- Eine insbesondere an der erneuerbaren Energien-Ressource orientierte Standortwahl (Windhöflichkeit und Sonneneinstrahlungsressource).
- Einer Standortwahl, die insbesondere auch darüber definiert wird, in der Nähe von Verbrauchern Windenergieanlagen und Photovoltaik zuzubauen (Lastnähe).

Fokus der Agora-Untersuchung ist die Frage nach den Kosten der Energiewende. In diesem Projekt soll nun insbesondere die Frage adressiert werden, welchen Einfluss unterschiedliche Annahmen für die Verteilung von Windenergieanlagen auf die Beeinträchtigung von Natur- und Landschaft haben.

Dazu werden analog zu der Kostenoptimierungsstudie zwei Szenarien mit den Schwerpunkten Windhöflichkeit (Szenario A „Effizienz“) und Lastnähe (Szenario B „Effizienz / Lastnähe“) entwickelt und natur- und landschaftsschutzfachlich bewertet. Nach der Bewertung der Szenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes werden zwei weitere Szenarien entwickelt, in denen der Natur- und Landschaftsschutz als Bewertungsgröße für die Verteilung der Windenergieanlagen einbezogen wird.

Trotz der Orientierung der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ an der Kostenoptimierungsstudie ergibt sich hinsichtlich der Szenarientwicklung eine Reihe von Unterschieden. Diese liegen zum einen in einer Aktualisierung und Weiterentwicklung des Zahlenwerks und der Methodik. Zum anderen bedarf es für eine Bewertung der Windenergieanlagenstandorte aus Natur- und Landschaftsschutzsicht eine wesentlich kleinräumigere Abbildung der Anlagenstandorte.

Unterschiede inhaltlicher Art:

- In der Kostenoptimierungsstudie ist der Netzentwicklungsplan 2013 zu Grunde gelegt, für die vorliegende Studie werden die Ausbauzahlen anhand des aktuellen NEP 2030 (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) erstellt.
- Neben den beiden Szenarien, die einen Ausbau anhand der Windhöflichkeit und der Lastnähe vornehmen, kommen zwei weitere Szenarien hinzu, bei denen schon bei der Erstellung die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes als Bewertungsgrößen genutzt werden.
- Eine Fokussierung auf Onshore-Windenergie, wie in Kapitel 1 beschrieben.

Unterschiede technischer Art:

- In der Kostenoptimierungsstudie lag der Fokus auf der Übertragungsnetzebene. Entsprechend wurde der Ausbau der Windenergie räumlich nicht detailliert genug verortet, um die jeweiligen potenziellen Konflikte aus Natur- und Landschaftsschutzsicht abzuleiten.
- Die Verortung der Windenergieanlagen nach Lastnähe ist in dem Agora-Projekt anhand von projektinternen Daten vorgenommen, die in der Form nicht übernommen werden können. Es wird somit für dieses Projekt ein eigenes Vorgehen für die Bewertung der Lastnähe (Kap. 3.4.2) entwickelt und angewendet.

Die Vorgehensweise der beiden Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ ist daher

zwar an die Kostenoptimierungsstudie angelehnt, grundsätzlich werden jedoch alle Szenarien im Rahmen des Forschungsvorhabens neu entwickelt und die Verteilung der Windenergieanlagen individuell bestimmt. Zusätzlich werden zwei weitere Szenarien im Rahmen dieses Projektes erstellt, die den Natur- und Landschaftsschutz als wichtigste Bewertungsgröße hinzuziehen. Das grundsätzliche Vorgehen bei der Entwicklung der aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes optimierten Ausbauszenarien (Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“) ist vergleichbar mit dem der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“. Auch hier werden Ausbauziele für die Bundesländer wie bei den energiewirtschaftlichen Szenarien genutzt, die Verteilung innerhalb der Bundesländer erfolgt dann vorrangig nach den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes. In Kapitel 3.3 wird die Ermittlung der Ausbauzahlen für die Windenergie in den Bundesländern beschrieben und in Kapitel 3.4 die einzelnen Bewertungsgrößen behandelt. Anschließend wird in Kapitel 0 gezeigt, wie diese Bewertungsgrößen genutzt werden, um die Ausbauszenarien zu erstellen.

### **3.3 Ermittlung der Ausbauzahlen für Windenergie in den Bundesländern**

Um eine Vergleichbarkeit der Szenarien zu ermöglichen, werden diese so angelegt, dass jeweils die gleiche Menge Strom von Windenergieanlagen an Land erzeugt wird. Aufgrund unterschiedlicher Windhöflichkeit der genutzten Standorte weichen somit die installierten Leistungen in den Szenarien voneinander ab.

Für alle Szenarien stellen die Ausbauzahlen des NEP (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) die Basis dar, die zunächst je Bundesland als gesetzt angesehen werden. Zusätzlich zu diesem Ausbau nach NEP wird ein weiterer Ausbau der Windenergie analog zu der Kostenoptimierungsstudie angenommen, um eine kostengünstige und konsequente Energiewende zu erreichen. Der Grund für die höher angenommenen erforderlichen Energiemengen (im Vergleich zum NEP) ist immer noch aktuell: Im Hinblick auf einen ambitionierten Klimaschutz mit geplanter Begrenzung der Erderwärmung auf 2°C, möglichst sogar 1,5°C (UN 2015) und einem möglichst kostengünstigen Ausbau der erneuerbaren Energien erscheint ein verstärkter Ausbau insbesondere der Onshore-Windenergie erforderlich, auch bei Berücksichtigung weiterer Maßnahmen wie beispielsweise einem ebenso dringend benötigtem forcierten Ausbau der Photovoltaik und Energieeffizienzmaßnahmen. Deswegen werden gegenüber dem Netzentwicklungsplan erhöhte Energiemengen aus Onshore-Windenergie angenommen.

Die Erstellung eines ambitionierten Ausbauplans der erneuerbaren Energien für eine weitreichende und kostengünstige Transformation unseres Energiesystems mit festgelegten Zeitschritten ist jedoch nicht Sinn und Zweck dieser Studie. Vielmehr sollen verschiedene Varianten eines solchen Ausbaus verglichen werden – insbesondere aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes. Deswegen wird in allen Szenarien die gleiche (Energie-)Menge an Onshore-Windstrom erzeugt. Das Szenarienjahr ist 2035, genauso wie auch das zugrundeliegende Szenarienjahr des NEP (Szenario 2035 B, NEP 2030 (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017)). Auch die zugrunde gelegte Entwicklung der Windenergieanlagen-Technik soll diesen Zeitraum abbilden.

Bei allen Szenarien werden somit Windenergieleistungen in Deutschland verteilt, die sich aus zwei Bestandteilen zusammensetzen. Neben der Verteilung von Anlagen entsprechend der Leistungen aus dem NEP werden zusätzlich Anlagen analog zu den Vorgaben der Szenarien der Kostenoptimierungsstudie verteilt, bis die definierte Ziel-Energiemenge erreicht wird. Die Verteilung erfolgt dabei in einem zweistufigen Verfahren.

- Im ersten Schritt werden die Leistungen / Energiemengen auf die Bundesländer verteilt. Dies erfolgt entsprechend – oder möglichst analog – zu der Regionalisierung des NEP und der Kostenoptimierungsstudie (Agora Energiewende et al. 2013). Leistungen aus dem NEP werden in allen Szenarien gleichmäßig auf die Bundesländer verteilt. Die Verteilung der zusätzlichen Leistungen erfolgt dagegen für jedes Bundesland individuell.
- Im zweiten Schritt werden die Leistungen innerhalb der Bundesländer jeweils auf die szenarienspezifischen Standorte verteilt. Dadurch entfallen auch die Leistungen aus dem NEP auf unterschiedliche Standorte je Szenario. Diese Verteilung geht in der Aussage-schärfe über die Informationen des NEP und dem Vorgehen in der Kostenoptimierungsstudie deutlich hinaus, um eine Bewertung aus Natur- und Landschaftsschutzsicht vornehmen zu können.

Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit und Transparenz werden die Ausbauzahlen aus dem Vorschlag der Netzbetreiber zum „Szenariorahmen 2030“ (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) entnommen. Dieser ist mit Korrekturen von der Bundesnetzagentur genehmigt. Zu den Korrekturen gehört eine Reduzierung der Windenergieleistung, die jedoch nur als Gesamtleistung benannt wird, nicht jedoch in der Regionalisierung. Eine eigens durchgeführte – vom NEP zwangsläufig wieder abweichende – Regionalisierung zur Berücksichtigung dieser Korrektur erscheint an dieser Stelle nicht zielführend, zumal die Leistungen ohnehin als zu niedrig angesehen werden. Deswegen wird der Vorschlag der Netzbetreiber als Grundlage herangezogen, nicht aber die von der Bundesnetzagentur genehmigten Gesamtzahlen. Der „Szenariorahmen 2030“ beschreibt drei Szenarien für das Zieljahr 2030, und ein weiteres für 2035. Es wird das Szenario für 2035 genutzt. Es gehört zum mittleren Pfad (Szenarien der Reihe „B“) der Szenarien im NEP.

Es ist zu berücksichtigen, dass dieselbe Erzeugungsleistung je nach Platzierung zu einer unterschiedlichen Energiemenge führt. Auch wenn die Leistungen aus dem NEP in allen Szenarien gleich auf die Bundesländer verteilt werden, werden aufgrund der Platzierung im zweiten Schritt in den Szenarien unterschiedliche Energiemengen durch Anlagen aus dem NEP erzeugt. In Tab. 7 sind die Rahmencahlen für die Bundesländer genannt.

Im Folgenden sind die (ungefähren) Leistungen in den Szenarien pro Bundesland genannt, die so angepasst werden, dass sich gleiche Energieerträge ergeben.

Tab. 7: Leistungen nach Bundesländern

Bundesland	NEP 2030 Szenario 2035 B [GW]	Zusätzlicher Ausbau für Szenario A „Effizienz“ und A* [GW]	Zusätzlicher Ausbau für Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ und B* „Natur- schutz / Effizienz / Lastnähe“ [GW]
BW	2,2	-	4,9
BY	2,4	-	5,5
BE	0,2	-	-
BB	8,8	-	-
HB	0,2	-	-
HH	0,1	-	-
HE	2,3	-	1,8
MV	4,4	4,6	-
NI	12,7	4,6	-
NW	5,9	-	5,5
RP	4,2	-	-
SL	0,4	-	0,5
SN	1,9	-	0,9
ST	6,0	-	-
SH	8,0	9,8	-
TH	1,9	-	-

### 3.3.1 Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung

Die Ermittlung einer bundesweiten Flächenkulisse von grundsätzlich nicht für die Windenergie nutzbaren Bereichen wird in zwei Schritten durchgeführt. Zuerst werden Sachverhalte definiert, die eine Nutzung durch Windenergieanlagen rechtlich (z. B. Wohngebiete) oder technisch (z. B. Gebiete mit Neigung > 30°) ausschließen. Weiterführend werden die ermittelten Kategorien mit Ausschlusswirkung anhand von bundesweit einheitlichen Geodaten in ihrer räumlichen Verteilung in einem GIS zusammengestellt. Im Ergebnis liegt die bundesweit einheitliche Unterscheidung zwischen solchen, für die Windenergienutzung ausgeschlossen und potenziell nutzbaren Flächen vor. Die beiden Arbeitsschritte zur Erstellung der Flächenkulisse werden im Folgenden näher erläutert.

Die im ersten Schritt ermittelten Sachverhalte, die zu einem grundlegenden Ausschluss der Windenergienutzung führen, sind in Tab. 8 erläutert. Dort wird für alle aufgeführten Flächenkategorien dargestellt, welche rechtlichen Erfordernisse oder technischen Anforderungen

zum Ausschluss der Kategorie geführt haben. Ergänzend wird jeweils angegeben, welche bundesweiten Datengrundlagen zur Abbildung im Raum herangezogen werden. Erfasst sind 26 Hauptkategorien, deren Ausschluss sich zum einen aus rechtlichen Erfordernissen aufgrund der Flächennutzung und des Schutzgebietsstatus sowie daran gekoppelter erforderlicher Mindestabstände ergibt. Zum anderen sind auch solche Kategorien enthalten, in denen eine Nutzung letztlich zwar im Einzelfall beurteilt werden muss, die Windenergienutzung in der Regel allerdings ausgeschlossen wird. Für die Kategorien 22 bis 26 (in Tab. 8 grau hinterlegt) stehen gegenwärtig keine bundesweiten Datengrundlagen zur Verfügung, sodass diese nicht in die Ermittlung einfließen können.

Im zweiten Schritt wird eine GIS-Analyse zur Ermittlung auszuschließender Flächen durchgeführt. Dazu werden die in Tab. 8 dargestellten Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung verwendet. Die größtenteils im Shape-Format vorliegenden bundesweiten Datensätze werden zuerst in ein Raster-Format überführt. Die Rasterung erfolgt anhand des im Forschungsvorhaben festgesetzten Grundrasters mit einer Auflösung von 25 m Zellengröße. Das Modell berechnet sodann die in Tab. 8 zusätzlich aufgeführten Abstandsflächen der einzelnen Kategorien. Im weiteren Verlauf der Berechnung werden die einzelnen Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung inklusive der jeweiligen Abstandsflächen zu einem Gesamtraster aggregiert, das alle in der Bundesrepublik ausgeschlossenen Flächen abbildet (Abb. 16).

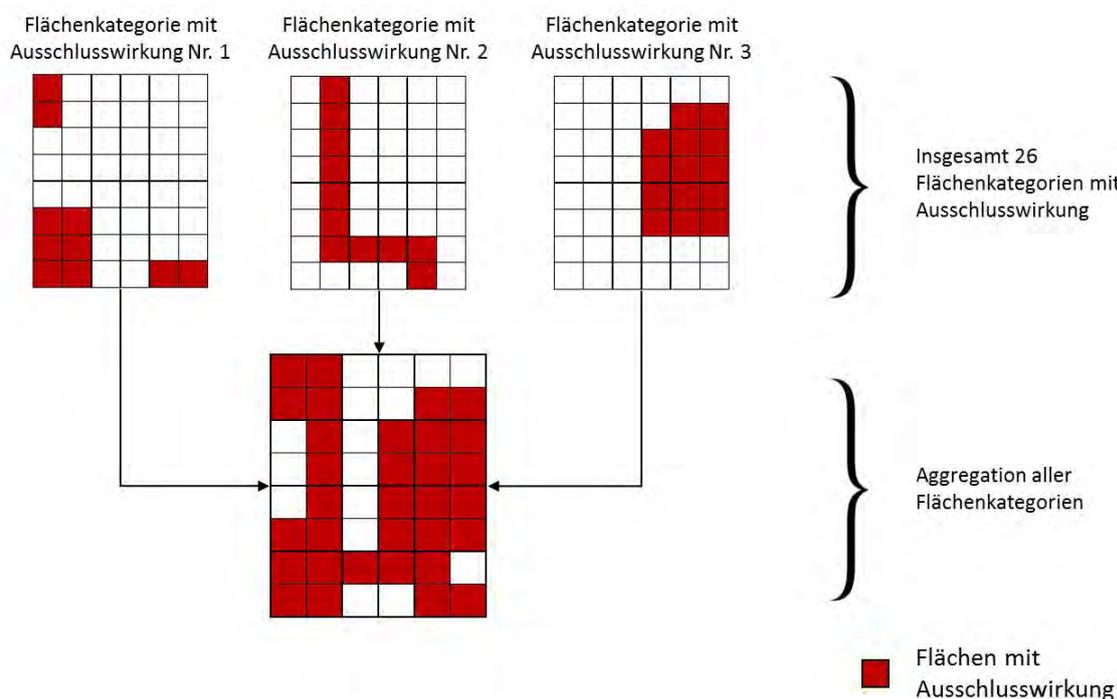


Abb. 16: Schema des GIS-Modells zur Erstellung der Flächenkulisse mit Ausschlusswirkung

Im Zuge der Entwicklung von Ausbauszenarien erfolgt die Platzierung von Windenergieanlagen ebenfalls innerhalb des Grundrasters. Dabei wird eine Windenergieanlage pro Zelle platziert. Maßgeblich dabei ist, dass die Rotorspitzen der Windenergieanlage nicht in die Ausschlussflächen hineinreichen dürfen. Um den Platzierungsalgorithmus zu vereinfachen, wird die zunächst ausgeschlossene Fläche um einen Rotorradius erweitert. Damit ist gewährleistet, dass Windenergieanlagen im Zuge der Entwicklung von Ausbauszenarien auf jeder beliebigen Potenzialfläche platziert werden können.

Das im Ergebnis vorliegende Raster der Flächenkulisse mit Ausschlusswirkung weist die Zellenwerte 0 und 1 auf. 0 steht dabei für potenziell durch Windenergieanlagen nutzbare Flächen. 1 bedeutet, dass eine Nutzung ausgeschlossen ist (Abb. 17). Die auf diese Weise erzeugten Potenzialflächen dienen als Grundlage für die Berechnung der Ausbauszenarien.

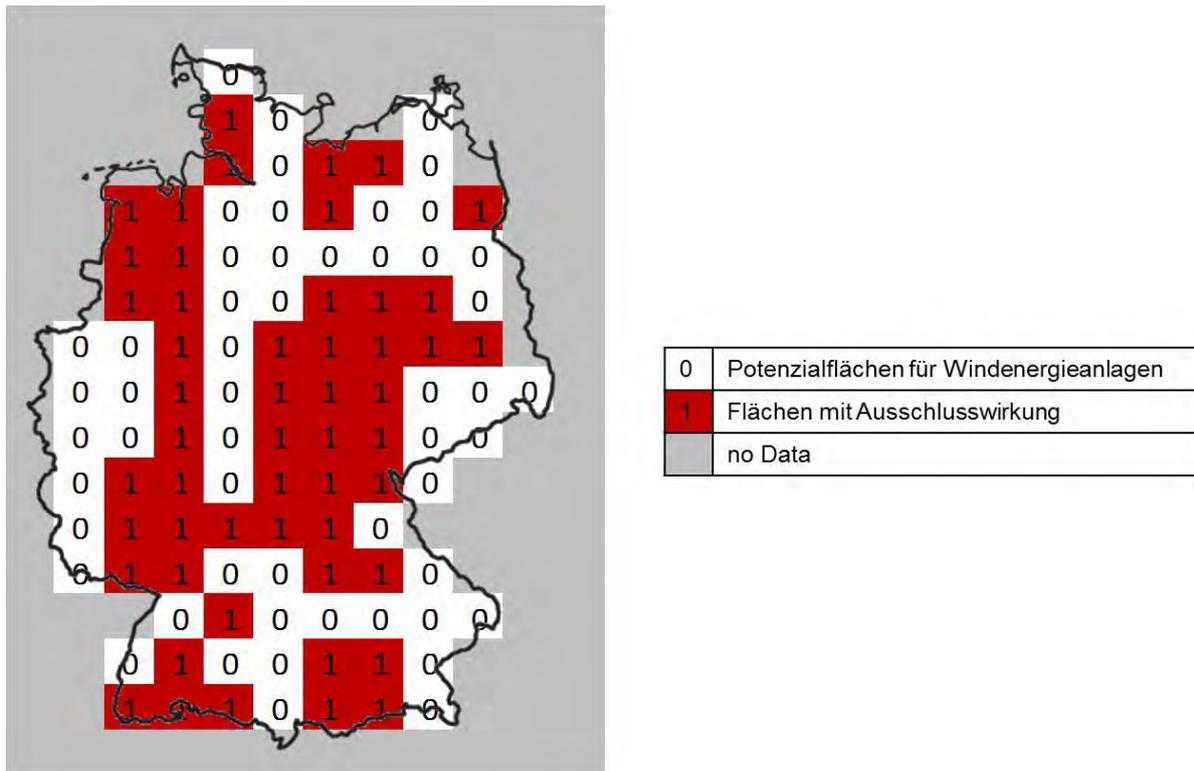


Abb. 17: Schema der Flächenkulisse

Tab. 8: Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung für die Windenergienutzung – Beschreibung, Begründung und Datengrundlagen

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
Flächennutzung				
1	Wohnen im Innenbereich	Alle allgemeinen und reinen Wohngebiete im Innenbereich.	Die Inanspruchnahme von Flächen mit Wohngebäuden im Innenbereich ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm)	ATKIS Objektart: 41001 AX_Wohnbaufläche + in Ortslage
1a	Angrenzende Bereiche zu Wohnen im Abstand von 600 m	<p>Alle Bereiche in einem Abstand von 600 m zu allgemeinen und reinen Wohngebieten im Innenbereich.</p> <p>Durch das Einhalten eines Abstands von 600 m, erreichen die Lärmimmissionen außerhalb der Gebäude max. 40 dB(A). Zudem ist eine bedrängende Wirkung von Windenergieanlagen ausgeschlossen.</p>	<p>Lärmschutz</p> <p>Von Windenergieanlagen gehen auch bei modernster Technik Lärmemissionen aus. Es besteht ein rechtliches Erfordernis gemäß 6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) - die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), welches zum Schutz des Menschen bestimmte einzuhalten Immissionsrichtwerte vorsieht. Relevant sind die Richtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden. Diese unterscheiden sich nach Arten der baulichen Nutzung in Anlehnung an die Baunutzungsverordnung (BauNVO). Die Werte hinsichtlich allgemeiner Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebieten liegen gemäß Ziffer 6.1d TA Lärm bei maximal 55 dB(A) tagsüber und 40 dB(A) nachts. Die Werte für reine Wohngebiete betragen laut Ziffer 6.1e TA Lärm maximal 50 dB(A) tagsüber und 35 dB(A) nachts. Da die vorhandenen Daten (Objektarten des Basis-DLM) nicht zwischen reinen und allgemeinen Wohngebieten unterscheiden und i.d.R. allgemeine Wohngebiete ausgewiesen sind, wird vereinfachend ein einheitlicher Immissionsrichtwert (IRW) von 40 dB(A) nachts angesetzt.</p> <p>Der Schall von Windenergieanlagen wird durch die Anlagenhöhe und den Schallleistungspegel bestimmt. Der Schallleistungspegel bei 95 % Nennleistung wird im Rahmen der Studie mit 103 dB(A) angesetzt. In direkter Umgebung der Anlage überschreiten die erzeugten Schallpegel die Richtwerte deutlich, so dass bestimmte Abstände zu relevanten Immissionspunkten einzuhalten sind. Wie groß die konkreten Abstände zur Einhaltung der Richtwerte zu wählen sind, hängt von der Oberflächenbeschaffenheit sowie der Nutzungsart ab. Die Berücksichtigung der Schutzabstände im Sinne des Lärmschutzes erfolgt eigentlich in der Genehmigungspraxis im Zuge von Einzelfallentscheidungen. Für die Betrachtung auf Bundesebene ist mit verallgemeinerten Annahmen zu rechnen, die im Sinne von</p>	Berechnung basierend auf ATKIS

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			<p>Mindestabständen berücksichtigt werden (UBA 2018) etc.).</p> <p>„Optisch bedrängende“ Wirkung</p> <p>Windenergieanlagen können – hauptsächlich aufgrund der wahrzunehmenden Drehbewegung des Rotors – eine optisch bedrängende Wirkung entfalten und so gegen § 35 Abs. 3 S.1 BauGB (Gebot der Rücksichtnahme) verstoßen. Wesentlich für die Wahrnehmbarkeit ist die Höhe des Rotors. Nach geltender Rechtsprechung ist die optische Wirkung der Windenergieanlagen bedrängend, wenn der Abstand zum Wohnhaus die zweifache Anlagenhöhe unterschreitet. Ab einem Abstand von 3-facher Anlagenhöhe tritt eine optisch bedrängende Wirkung i.d.R. nicht ein (Urteil des Oberverwaltungsgerichts NRW vom 09.08.2006). Für die bundesweite Studie sind Anlagen mit maximal 160 m Nabenhöhe und einer Gesamthöhe von 232 m angesetzt. Aufgrund einer möglichen „optisch bedrängenden“ Wirkung sind Bereiche im Abstand von der 2-fachen Anlagenhöhe grundsätzlich auszuschließen. Beträgt der Abstand zwischen dem Wohnhaus und der Windenergieanlage das 2- bis 3-fache der Gesamthöhe der Anlage, bedarf es regelmäßig einer besonders intensiven Prüfung des Einzelfalls. Diese Bereiche sind nicht zwingend auszuschließen und entfallen daher. Für die bundesweite Studie sind Anlagen mit mittlerer Höhe von rund 200 m angesetzt.</p>	
2	Wohnen im Außenbereich	Wohnhäuser im Außenbereich.	Die Inanspruchnahme von Flächen mit Wohnhäusern im Außenbereich ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm)	ATKIS Objektart: 41001 AX_Wohnbaufläche + nicht in Ortslage
2a	Angrenzende Bereiche zu Wohnen im Außenbereich im Abstand von 400 m	<p>Alle Bereiche in einem Abstand von 400 m zu Wohnhäusern im Außenbereich.</p> <p>Durch das Einhalten eines Abstands von 400 m erreichen die Lärmimmissionen außerhalb der Gebäude max. 45 dB(A).</p>	<p>Lärmschutz (ausführlich unter Punkt 1a)</p> <p>Die Werte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete (somit auch Wohngebäude im Außenbereich) betragen laut Ziffer 6.1c TA Lärm 60 dB(A) tagsüber und 45 dB(A) nachts.</p> <p>„optisch bedrängte“ Wirkung (ausführlich unter Punkt 1a)</p> <p>Im Außenbereich ist mit dort privilegierten Windenergieanlagen zu rechnen. Es besteht nur ein verminderter Schutzanspruch im Sinne von § 35 Abs. 3 S.1 BauGB (Gebot der Rücksichtnahme).</p>	Berechnung basierend auf ATKIS

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
3	Mischgebiete	Gebiete gemischter Nutzung im Innen- und Außenbereich.	Die Inanspruchnahme von Mischgebieten ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm)	ATKIS Objektart: 41006 AX_FlächeGemischterNutzung
3a	Angrenzende Bereiche zu Mischgebieten im Abstand von 400 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 400 m zu Mischgebieten. Durch das Einhalten eines Abstands von 400 m erreichen die Lärmimmissionen außerhalb der Gebäude max. 45 dB(A). Zudem wird eine bedrängende Wirkung von Windenergieanlagen ausgeschlossen.	Lärmschutz (ausführlich unter Punkt 1a) Die Werte für Mischgebiete betragen laut Ziffer 6.1c TA Lärm 60 dB(A) tagsüber und 45 dB(A) nachts. „optisch bedrängte“ Wirkung (ausführlich unter Punkt 1a) Windenergieanlagen können auch gegenüber Mischgebieten eine optisch bedrängende Wirkung entfalten und so gegen § 35 Abs. 3 S.1 BauGB (Gebot der Rücksichtnahme) verstoßen.	Berechnung basierend auf ATKIS
4	Industrie- und Gewerbegebiete	Gebiete mit rein industriellen und gewerblichen Nutzungen.	Die Inanspruchnahme von Industrie-, Gewerbe- und Mischgebieten ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm)	ATKIS Objektart: 41002 AX_IndustrieUndGewerbefläche
4a	Angrenzende Bereiche zu Industrie- und Gewerbegebieten im Abstand von 300 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 300 m zu Industrie- und Gewerbegebieten. Durch das Einhalten eines Abstands von 300 m erreichen die Lärmpegel max. 50 dB(A). Gleichzeitig wird ein Sicherheitsabstand im	Lärmschutz (ausführlich unter Punkt 1a) Die Richtwerte für Gewerbegebiete betragen laut Ziffer 6.1b TA Lärm 65 dB(A) tagsüber und 50 dB(A) nachts. Für Industriegebiete gilt laut Ziffer 6.1a ein grundlegender Wert von 70 dB(A).	Berechnung basierend auf ATKIS

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
		Falle einer Havarie eingehalten.		
5	Kur- und Klinikgebiete	Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion.	Die Inanspruchnahme von Kur- und Klinikgebieten ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm).	ATKIS Objektart: 41007 AX_FlaecheBesondererFunktionalerPraegung
5a	Angrenzende Bereiche zu Kur- und Klinikgebieten im Abstand von 750 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 750 m zu Kur- und Klinikgebieten. Durch das Einhalten eines Abstands von 750 m erreichen die Lärmpegel max. 35 dB(A) und die bedrängende Wirkung von Windenergieanlagen ist ausgeschlossen.	Lärmschutz (ausführlich unter Punkt 1a) Die Werte für Kur- und Klinikgebiete betragen laut Ziffer 6.1f TA Lärm 45 dB(A) tagsüber und 35 dB(A) nachts. Windenergieanlagen können auch gegenüber Kur- und Klinikgebieten, sofern diese im Innenbereich liegen, eine optisch bedrängende Wirkung entfalten und so gegen § 35 Abs. 3 S.1 BauGB (Gebot der Rücksichtnahme) verstoßen.	Berechnung basierend auf ATKIS
6	Campingplatz und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung	Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion.	Die Inanspruchnahme von Campingplätzen und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm).	ATKIS Objektart: 41008 AX_SportFreizeitUndErholungsflaeche
6a	Angrenzende Bereiche zu Campingplätzen und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung im Abstand von 400 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 400 m zu Campingplatz, Einrichtung für Sport, Freizeit und Erholung. Durch das Einhalten eines Abstands von 400 m erreichen die Lärmpegel max.	Lärmschutz (ausführlich unter Punkt 1a) Die Immissionsrichtwerte für nicht explizit in der TA Lärm aufgeführte bauliche Nutzungen sind gemäß Ziffer 6.6 anhand dieser Werte entsprechend der Schutzbedürftigkeit zu beurteilen. Die Werte für Campingplätze und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung werden entsprechend auf 60 dB(A) tagsüber und 45 dB(A) nachts festgelegt. Windenergieanlagen können auch gegenüber Campingplätzen und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung, sofern diese im Innenbereich liegen, eine optisch	Berechnung basierend auf ATKIS

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
		45 dB(A) und die bedrängende Wirkung von Windenergieanlagen ist ausgeschlossen.	bedrängende Wirkung entfalten und so gegen § 35 Abs. 3 S.1 BauGB (Gebot der Rücksichtnahme) verstoßen.	
7	Feuchtgebiete	Moore und Sümpfe mit einem Flächenumfang von $\geq 10$ ha.	Feuchtgebiete, wie Moore und Sümpfe eignen sich aus technisch-wirtschaftlichen Gründen nicht für die Errichtung von Windenergieanlagen. Gleichzeitig sind diese Gebiete ebenso wie ähnliche Gebiete (z. B. meliorierte Moore) aufgrund ihrer gegenüber jeglichem Eingriff besonders empfindlichen Habitats in der Regel gesetzlich geschützte Biotope oder durch Schutzgebiete gesichert, so dass auch deshalb der Eingriff durch die Errichtung und Betrieb von Windenergieanlagen unzulässig ist.	ATKIS Objektart: 43005 AX_Moor; 43006 AX_Sumpf
8	Fließgewässer	Fließgewässer aller Ordnungen (I, II und III).	Die Inanspruchnahme von Fließgewässern ist in Anbetracht der Regelungen gemäß § 36 WHG und § 10 WaStrG i. d. R. ausgeschlossen. Rechtliche Erfordernisse bestehen dahingehend, dass „Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern so zu errichten, zu betreiben, zu unterhalten und stillzulegen sind, dass keine schädlichen Gewässerveränderungen zu erwarten sind und die Gewässerunterhaltung nicht mehr erschwert wird, als es den Umständen nach unvermeidbar ist“, und dass „die Unterhaltung der Bundeswasserstraße, der Betrieb der bundeseigenen Schifffahrtsanlagen oder der Schifffahrtszeichen sowie die Schifffahrt nicht beeinträchtigt werden“. Mit der Errichtung und dem Betrieb von Windenergieanlagen wären i. d. R. Beeinträchtigungen verbunden.	DLM250 Objektart: 44001 AX_Fliesssgewaesser
8a	Angrenzende Bereiche zu Fließgewässern I. Ordnung und Kanälen (Schifffahrt und Wasserwirtschaft) im Abstand von	Alle Bereiche in einem Abstand von 50 m zu Fließgewässern I. Ordnung. Durch das Einhalten eines Abstands von 50 m werden die erforderlichen Schutzbereiche freigehalten.	Schutzbereiche Gewässerrandstreifen dienen der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberirdischer Gewässer, der Wasserspeicherung, der Sicherung des Wasserabflusses sowie der Verminderung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen. An oberirdischen Gewässern im Außenbereich ist deshalb gemäß § 38 WHG ein Gewässerrandstreifen von 5 m Breite als Schutzbereich freizuhalten. Weiterhin dürfen an Bundeswasserstraßen und Gewässern erster Ordnung im Außenbereich gemäß § 61 Abs. 1 BNatSchG im Abstand bis 50 m von der Uferlinie keine baulichen Anlagen errichtet oder wesentlich geändert werden.	Berechnung basierend auf DLM250

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
	50 m			
8b	Angrenzende Bereiche zu Fließgewässern II. und III. Ordnung im Abstand von 5 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 5 m zu Fließgewässern II. und III. Ordnung. Durch das Einhalten eines 5 m Abstands werden die erforderlichen Schutzbereiche freigehalten.	Schutzbereiche An allen oberirdischen Gewässern, so auch Gewässern II. und III. Ordnung, ist gem. § 38 WHG ein Gewässerrandstreifen mit einer Breite von 5 m von Nutzung freizuhalten. Eine Unterscheidung nach Gewässern I, II und III Ordnung ist anhand vorliegender Datengrundlagen überwiegend nicht möglich (Angaben zur Gewässerordnung fehlen für Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz). Sofern nicht eindeutig ersichtlich, dass es sich um ein Gewässer I. Ordnung handelt, ist ein Abstand von 5 m angesetzt.	Berechnung basierend auf DLM250
9	Binnenseen	Alle stehenden Gewässer.	Die Inanspruchnahme ist aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nur schwer umsetzbar.	DLM250 Objektart: 44006 AX_StehendesGewaesser;
9a	Angrenzende Bereiche zu Binnenseen im Abstand von 5 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 5 m zu Binnenseen. Durch das Einhalten eines 5 m Abstands werden die erforderlichen Schutzbereiche freigehalten.	Schutzbereiche An allen oberirdischen Gewässern, so auch Binnenseen, ist gem. § 38 WHG ein Gewässerrandstreifen mit einer Breite von 5 m von Nutzung freizuhalten.	Berechnung basierend auf DLM250
10	Flugsicherungsanlagen (Radar- und Bodennavigationsanlagen)	Alle Radar- und Bodennavigationsanlagen zu zivilen und militärischen Zwecken.	Die Inanspruchnahme von Radar- und Bodennavigationsanlagen ist grundsätzlich ausgeschlossen (Bestandsschutz und Funktionsfähigkeit).	OSM <sup>1</sup> , BAF
10a	Angrenzende Bereiche zu	Alle Bereiche in einem Abstand von 5 km zu VOR-	Schutz- und Interessenbereiche im Umfeld der VOR-Anlagen, der zivilen und militärischen Luftfahrt	Berechnung basierend auf OSM, Daten des BAF

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
	VOR <sup>2</sup> -Anlagen der zivilen und militärischen Luftfahrt im Abstand von 5 km	Anlagen der zivilen und militärischen Luftfahrt. Innerhalb eines 5 km Radius ist die Einzelfallentscheidung i. d. R. negativ.	<p>Bei den Navigationsanlagen hat sich gezeigt, dass insbesondere die sogenannten UKW-Drehfunkfeuer (Very High Frequency-Omnidirectional Radio Range, VOR beziehungsweise DVOR) besonders von Windenergieanlagen gestört werden können. Sofern das Signal der Navigationsanlage an Hindernissen reflektiert wird, besteht die Möglichkeit, dass dieses reflektierte Signal zusätzlich zu dem auf direktem Wege empfangenen Signal am Flugzeugempfänger eintrifft. Je nach Intensität des ungewünschten reflektierten Signals können dadurch Verfälschungen der Richtungsinformation entstehen (sog. Winkelfehler).</p> <p>In einer Entfernung von 15 km (Im Jahre 2009 wird der Anlagenschutzbereich um D(VOR)-Anlagen bezogen auf die Windenergieanlagen von der ICAO (ICAO 2015) von drei auf 15 Kilometer ausgeweitet.) rund um die 65 VOR-Anlagen der zivilen Luftfahrt und rund um die 9 der militärischen genutzten VOR-Anlagen wird im Einzelfall bewertet, ob eine Windenergieanlage errichtet werden darf. Gemäß ICAO 2009 bestehen keine Einwände gegen Windkraftvorhaben mit einer einzigen Windenergieanlage, die mehr als 5 km von einer Navigationsanlage entfernt errichtet werden.</p> <p>Innerhalb einer entsprechenden Entfernung sind Störungen der militärischen Luftraumüberwachung zu vermeiden. Der Interessensbereich der Bundeswehr umfasst einem Umkreis bis zu 50 Kilometer um die Radaranlagen. Der Bau von Windenergieanlagen wird in diesem Bereich einer Prüfung durch die Bundeswehr unterzogen. Allgemeingültige Aussagen über das Störpotenzial einzelner Windenergieanlagen bzw. eines Windparks sind nicht möglich, vielmehr muss die Fachdienststelle eine Entscheidung im Rahmen der Einzelfallbetrachtung treffen.</p>	
10b	Angrenzende Bereiche zu Peilern (DF) der zivilen und militärischen Luftfahrt im Abstand von 3 km	Alle Bereiche in einem Abstand von 3 km zu Peilern (DF) der zivilen und militärischen Luftfahrt. Innerhalb eines 3 km Radius ist die Einzelfallentscheidung i. d. R. negativ.	<p>Schutz- und Interessensbereiche im Umfeld der Peiler (DF), der zivilen und militärischen Luftfahrt</p> <p>Gemäß § 18a Abs. 1 LuftVG (Luftverkehrsgesetz) dürfen Bauwerke nicht errichtet werden, wenn dadurch Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Ob eine erhebliche Störung vorliegt und das Vorhaben unzulässig ist, entscheidet das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) für die zivile Luftfahrt auf der Grundlage einer gutachtlichen Stellungnahme der Deutschen Flugsicherung (DFS). Im militärischen Bereich entscheidet das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDBw).</p>	Berechnung basierend auf OSM; Daten des BAF

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			<p>Grundlage für die Bewertung potenzieller Störungen sind die Standards und Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation ICAO (ICAO 2009). Um sicherzustellen, dass durch Bauwerke in der Umgebung von Flugsicherungsanlagen keine störenden Auswirkungen auf deren Signale entstehen können, werden um diese Anlagen sogenannte Anlagenschutzbereiche festgelegt. Dabei handelt es sich nicht um „Bauverbotszonen“. Innerhalb dieser Bereiche ist aber zu prüfen, ob durch das geplante Vorhaben eine unzulässige Beeinflussung der Flugsicherungsanlage erfolgen kann. Die DFS zieht bei der Beurteilung die Standards und Empfehlungen der ICAO heran. Das Vorgehen wird in diesem Fall durch den § 18a LuftVG des Luftverkehrsgesetzes zusammen mit Empfehlungen aus dem ICAO-Dokument „ICAO EUR Doc. 15“ in Verbindung mit dem „ICAO Annex 10“ geregelt. Aufgrund einer negativen gutachterlichen Stellungnahme kann das BAF entscheiden, der geplanten Baumaßnahme zu widersprechen. In diesem Fall wird die zuständige Genehmigungsbehörde dem Bauantrag nicht zustimmen.</p> <p>In einer Entfernung von 10 km rund um die 43 Peiler (DF) der zivilen Luftfahrt wird im Einzelfall bewertet, ob eine Windenergieanlage errichtet werden darf. Gemäß ICAO 2009 bestehen keine Einwände gegen Windkraftvorhaben mit einer einzigen Windenergieanlage, die mehr als 3 km von einer Navigationsanlage entfernt sind. Innerhalb einer entsprechenden Entfernung sind Störungen der militärischen Luftraumüberwachung zu vermeiden. Der Interessensbereich der Bundeswehr umfasst einem Umkreis bis zu 50 Kilometer um die Radaranlagen. Der Bau von Windenergieanlagen wird in diesem Bereich einer Prüfung durch die Bundeswehr unterzogen. Allgemeingültige Aussagen über das Störpotenzial einzelner Windenergieanlagen bzw. eines Windparks sind nicht möglich, vielmehr muss die Fachdienststelle eine Entscheidung im Rahmen der Einzelfallbetrachtung treffen.</p>	
10c	Angrenzende Bereiche zu Wetterradaren des DWD im Abstand von 5 km	Alle Bereiche in einem Abstand von 5 km zu Wetterradaren des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Innerhalb eines 5 km Radius ist die	Schutzbereiche um Wetterradare des Deutschen Wetterdienstes (DWD) Gemäß § 35 Abs. 3 Nr. 8 BauGB darf der öffentliche Belang, die Funktionsfähigkeit von Funkstellen und Radaranlagen, so auch solchen des DWD, durch neue Bebauung nicht gestört werden. Grundsätzlich besteht beim DWD, in der Rechtsprechung und bei Windenergieanlagenbetreibern Einigkeit darüber, dass eine Windenergieanlage ein Niederschlagsradar technisch beeinflussen kann. Die Beeinträchtigung muss im Einzelfall geprüft werden.	Berechnung basierend auf OSM <sup>1</sup>

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
		Einzelfallentscheidung i. d. R. negativ.	In den „Informationen zur Errichtung von Windenergieanlagen im Nahbereich der Messsysteme des Deutschen Wetterdienstes“ (DWD 2013) fordert der DWD dass innerhalb eines 5 km Radius keine Windenergieanlagen zu errichten sind, um die Funktion der Radare nicht zu stören. In der Regel wird die rechtlich erforderliche Einzelfallprüfung und auch das Einverständnis des DWD deshalb negativ ausfallen. Aus den vorliegenden OSM-Daten können 6 relevante DWD-Radarstationen herangezogen werden.	
11	Flughäfen und Flugplätze	Alle dem Betriebsgelände zugeordneten Flächen.	Die Inanspruchnahme von Flughäfen und Flugplätzen ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz und Funktionsfähigkeit)	ATKIS Objektart: 42015 AX_Flugverkehr
11a	Bauschutzbereich des Flughafens	Alle Bereiche des Bauschutzes.	<p>§§ 12-18b LuftVG (Bauschutzbereich)</p> <p>Nach § 12 LuftVG ist bei der Genehmigung eines Flughafens ein Bauschutzbereich festzulegen. Dieser dient der Freihaltung von Hindernisbegrenzungsflächen bei Flughäfen, die im Instrumentenflug angefliegen werden und führt im Wesentlichen zu einer Beschränkung von Hochbauten, wie auch Windenergieanlagen, im direkten Umfeld der Flughäfen.</p> <p>In den Bauschutzbereichen ist der Bau von Windenergieanlagen nicht grundsätzlich ausgeschlossen, sondern einzelfallabhängig. Dabei darf die Zustimmung nur dann verweigert werden, wenn eine konkrete Gefahr für die Sicherheit des Luftverkehrs durch die Windenergieanlage hervorgerufen wird. Aufgrund der maximalen Anlagenhöhe von 232 m, bei einer Nabenhöhe von 160 m, ist jedoch davon auszugehen, dass die Zustimmung innerhalb des Bauschutzbereiches regelmäßig zu Störungen führt und verweigert wird.</p>	Berechnung basierend auf ATKIS sowie Daten des BAF
11b	Beschränkte Bauschutzbereiche des Flugplatzes im Umkreis von 1.760 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 1.760 m zur Landebahn von Flugplätzen.	<p>§§ 17-18b LuftVG (Beschränkter Bauschutzbereich)</p> <p>Gemäß § 17 LuftVG sind für Flugplätze beschränkte Bauschutzbereiche auszuweisen. Die Zuständigkeit liegt bei den Landesbehörden. Eine einheitliche Regelung existiert nicht. Grundlegend kann sich aber an den Empfehlungen des Bund-Länder-Fachausschusses Luftfahrt orientiert werden. Die Empfehlungen sehen vor, dass innerhalb eines Abstands von 400 m zu beiden Seiten des Gegenanflugs der nominellen Platzrunde und 850 m zur übrigen Platzrunde, eine Einzelfallentscheidung über die Errichtung von Windenergieanlagen zu treffen ist.</p>	Berechnung basierend auf ATKIS sowie Daten des BAF

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			Die UBA-Studie hat in Anlehnung an diese Regelung und eine durchschnittliche Platzrunde den Ausschlussbereich in einer Entfernung um die Landebahn von 1.760 m berechnet.	
12	Verkehrsinfrastruktur (Straße und Schiene)	Alle den Verkehrsflächen der Straße, Schiene und Seilbahnen zugeordneten Flächen.	Die Inanspruchnahme von Verkehrsinfrastruktur, wie Straßen oder Schienen (einschließlich Bahnhofsanlagen) ist grundsätzlich ausgeschlossen.	ATKIS Objektart: 42003 AX_Strassenachse; 42005 AX_Fahrbahnachse;
12a	Verkehrsinfrastruktur Bundesautobahn Puffer 100 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 100 m zum Trassenrand.	Gesetzliche Vorschrift für den Sicherheitsbereich: Zur Sicherung der Verkehrssicherheit besteht entlang von Straßen besteht ein Verbot von Hochbauten und baulichen Anlagen zur Sicherung der Verkehrssicherheit gemäß § 9 FStrG (Bundesfernstraßengesetz) und den Landesgesetzen. Für Bundesautobahnen gilt nach § 9 FStrG ein Bauverbot innerhalb der ersten 40 m ab Straßenrand. Diesem schließt sich ein zustimmungspflichtiger Sicherheitsabstand von weiteren 60 m (Entfernung zum Straßenrand insgesamt: 100 m) an. Es ist davon auszugehen, dass der Wirkraum der Windenergieanlagen keine negativen Auswirkungen auf den Infrastrukturbereich hat, solange die Anlage selbst nicht im Sicherheitsbereich errichtet wird. Es ist davon auszugehen, dass nur in absoluten Ausnahmefällen eine Zustimmung für die Errichtung einer Windenergieanlage innerhalb von 40 bis 100 m Abstand zu Bundesautobahnen erteilt wird.	Berechnung basierend auf ATKIS
12b	Verkehrsinfrastruktur sonstige Straßen Puffer 40 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 40 m zum Trassenrand.	Gesetzliche Vorschrift für den Sicherheitsbereich: Zur Sicherung der Verkehrssicherheit besteht gemäß § 9 FStrG und den Landesgesetzen entlang von Straßen besteht ein Verbot von Hochbauten und baulichen Anlagen. Entlang von Bundesstraßen gilt nach § 9 FStrG ein Bauverbot innerhalb der ersten 20 m ab Straßenrand. Diesem schließt sich ein zustimmungspflichtiger Sicherheitsabstand von weiteren 20 m (Entfernung zum Straßenrand insgesamt: 40 m) an.	Berechnung basierend auf ATKIS

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			<p>Ähnliche Abstandswerte gelten gemäß Landesrecht für Landes- und Staatsstraßen. Für Kreisstraßen gelten zum Teil geringere Bauverbotsabstände von etwa 15 m und einem zustimmungspflichtigen Sicherheitsabstand von weiteren 15 m (Entfernung zum Straßenrand insgesamt: 30 m). Es ist davon auszugehen, dass nur in absoluten Ausnahmefällen eine Zustimmung für die Errichtung einer Windenergieanlage innerhalb von 20 bis 40 m Abstand zu Landes- und Kreisstraßen erteilt wird.</p>	
12c	Verkehrsinfrastruktur Schienen und Seilbahnen Puffer 150 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 150 m zum Trassenrand.	<p>Verbindliche Abstandsregelungen oder ein technisches Regelwerk existiert nicht. Das Eisenbahn-Bundesamt (Bund-Länder-Initiative 2012) fordert einzelfallbezogen erforderliche Abstände entsprechend dem Grundsatz, dass Windenergieanlagen in einem Abstand zu errichten sind, der eine unzulässige Beeinflussung der Gleisanlage ausschließt. Weiterführend hat das EBA (Bund-Länder-Initiative 2012) in einer Empfehlung von 2012 zur Einhaltung eines Abstands in Höhe des zweifachen Rotordurchmessers, zumindest aber der Gesamtanlagenhöhe ausgesprochen. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass regelmäßig in einer Einzelfallentscheidung über die Zulässigkeit von Windenergieanlagen entschieden wird. Sicherlich nicht unterschritten werden kann ein Abstand von 150 m.</p>	Berechnung basierend auf ATKIS
13	Freileitungen (Strom)	Alle durch Freileitungen zur Stromübertragung überspannten Flächen.	Die Inanspruchnahme von Freileitungstrassen zur Stromübertragung ist grundsätzlich ausgeschlossen.	ATKIS Objektart: 51005 AX_Leitung
13a	Freileitungen (Strom) Puffer 135 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 135 m zum Trassenrand.	<p>Vorschriften zu Mindestabständen gemäß Norm DIN EN 50 341-3-4 / VDE 0210-3</p> <p>Für Windenergieanlagen sind Abstände zu Drehstrom-Freileitungen über 45 kV vorgeschrieben. Diese müssen bei Freileitungen ohne Schwingungsschutzmaßnahmen mindestens dem dreifachen Rotordurchmesser entsprechen. Mit entsprechenden Schutzmaßnahmen an den Freileitungen verringert sich der Mindestabstand auf einen Rotordurchmesser.</p> <p>Wenn sichergestellt ist, dass die Freileitung außerhalb der Nachlaufströmung der Anlage liegt, kann auf schwingungsdämpfende Maßnahmen verzichtet werden. Bei der Nabenhöhe der betrachteten Referenzanlagen (110, 135 und 160 m) liegen die Freileitungen jedoch nur in den seltensten Fällen innerhalb der Nachlaufströmung der Windenergieanlagen.</p>	Berechnung basierend auf ATKIS

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			Innerhalb eines Abstands von einem Rotordurchmesser (hier 135 m) zwischen äußerer Rotorblattspitze und Freileitung ist davon auszugehen, dass die Anlage nicht genehmigt wird.	
14	Sonstiges Recht	Sonstige rechtliche Bindungen, die Windenergieanlagen ausschließen.	Dieser Bereich umfasst verschiedene Flächenkategorien, die auf Grund von Bestandsschutz und unvereinbarer Nutzung nicht für Windenergieanlagen in Frage kommen.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht
14a	militärisch genutzte Flächen/ Truppenübungsplätze	Alle militärisch gewidmeten Flächen.	Auf militärischen Liegenschaften gelten Sondernutzungsrechte des Bundes. Die Flächen dienen der militärischen Nutzung, was eine Parallelnutzung durch Windenergieanlagen ausschließt.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht
14b	Bodenbewegungsgebiete	Alle Gebiete, in denen sich die oberen Erdschichten auf Grund verschiedener Einflüsse (z.B. geologische Kräfte, Bergbau) lage- oder höhenmäßig verändern.	In Gebieten mit Bodenbewegungen sind alle Bauvorhaben untersagt.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht
14c	Bruchfelder	Alle Gebiete, die durch Bergbau unterhöhlt sind und teilweise bereits eingebrochen sind oder sich in Absenkung befindet.	In Gebieten der bergbaulichen Nutzung, die von den zuständigen Behörden als Bruchfelder gekennzeichnet wurden, ist i. d. R. das Betreten und jegliche Bebauung untersagt.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht
14d	Rieselfelder	Alle Flächen, auf denen organisch verunreinigtes Wasser zum Zwecke der biologischen Reinigung verrieselt werden.	Auf aktiven Rieselfeldern, die heute vereinzelt als Rückhaltefläche für Kläranlagen dienen, ist eine Bebauung untersagt.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht
14e	Deiche	Alle durch die obere Deichbehörde festgelegten Hochwasserdeiche, Hauptdeiche und Deichlinien.	Auf Deichen ist die Bebauung auf Grundlage der Wassergesetze unzulässig.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
14f	Hafenbecken	Ein Hafenbecken ist ein rechtlich definierter Teil eines Gewässers, in dem Schiffe be- und entladen werden.	Innerhalb von Hafenbecken ist eine Bebauung unzulässig.	ATKIS Objektart: 71011 AX_SonstigesRecht
<b>Schutzgebietsstatus</b>				
15	Nationalpark	Gemäß § 24 BNatSchG dienen Nationalparks dem Schutz der natürlichen Abläufe der Naturvorgänge. Ziel ist es, das Gebiet in einen natürlicheren Zustand zurückzusetzen.	Nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorie (§ 24 BNatSchG). Dabei dienen die Gebiete dem Schutz von Pflanzen und Tieren sowie gleichzeitig der Erholung von Menschen. Wesentliche bauliche Eingriffe innerhalb der Nationalparke sind verboten. Demnach ist die Errichtung und Betreibung von Windenergieanlagen grundsätzlich unzulässig.	BfN nationale Schutzgebietskategorien des Naturschutzes 2016
16	Naturschutzgebiet	Gemäß § 23 BNatSchG besonderer Schutz von Natur und Landschaft. Zur Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensstätten, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wild lebender Tier- und Pflanzenarten. Werden Schutzziele festgesetzt.	Die strengste nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorie (§ 23 BNatSchG). Alle Handlungen, die zur Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung dieser Gebiete führen, sind verboten. Konkrete Konflikte sind die Störung von Lebensräumen durch die Veränderung von Biotopen und Habitaten sowie die direkte Störung geschützter Arten, Störung des Landschaftsbildes und der mit den Gebieten verbundenen Erholungsfunktion. Demnach ist die Errichtung und Betreibung von Windenergieanlagen grundsätzlich unzulässig.	BfN nationale Schutzgebietskategorien des Naturschutzes 2016
17	Biosphärenreservate Zone I und II	Gemäß § 25 BNatSchG besondere Funktion zum Erhalt historisch gewachsener Arten- und Biotopvielfalt, einschließlich Wild- und früherer Kulturformen.	Nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorie (§ 25 BNatSchG). Bei den Schutzzonen I (Kernzone) und II (Pflegezone) handelt es sich um Totalreservate und Naturschutzgebiete, in denen nachhaltige Entwicklung in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht exemplarisch verwirklicht werden soll. Eine schonende, naturnahe Landnutzung, die mit den Schutzziele vereinbar ist, kann in Zone II erfolgen. Innerhalb der Zonen I und II gelten Veränderungsverbote.	BfN nationale Schutzgebietskategorien des Naturschutzes 2016

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
18	Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete Zone I und II	Gemäß §§ 50-53 WHG für die quantitative und qualitative Aufrechterhaltung der Wasserversorgung vorgesehene Flächen. Wasserschutzgebiete sind Gebiete, in denen zum Schutz von Gewässern (Grundwasser, oberirdische Gewässer, Küstengewässer) vor schädlichen Einflüssen besondere Ge- und Verbote gelten.	<p>Nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorien (§§ 50-53 WHG). Die Trinkwasserschutzgebiete zeichnen sich i. d. R. durch geringe Grundwasserschutzfunktion der Deckschichten und hohe Grundwasserneubildung aus. Sie sind durch besonders feuchte und nasse Böden gekennzeichnet und weisen häufig Hochwasserentstehungsgebiete auf. Besondere Konflikte sind die Veränderung und Verschmutzung des Grundwassers und die Beeinträchtigung der Grundwasserneubildung sowie Grundwasserabsenkung durch bauliche Tätigkeiten. Es gibt aber auch Tiefenwasserentnahmen mit mächtigen Deckschichten, die bei der Gründung einer Windenergieanlage nicht durchbrochen werden. Staatlich anerkannte Heilquellen können durch Rechtsverordnung der Landesregierungen als Heilquellenschutzgebiete festgesetzt und geschützt werden. Es gelten die für Trinkwasserschutzgebiete genannten Vorschriften.</p> <p>In Zone I (Fassungsbereich) sind jegliche anderweitige Nutzung und das Betreten für Unbefugte verboten. In Zone II (engere Schutzzone) sind die Verletzung der Deckschicht und damit die Bebauung der Flächen verboten.</p> <p>Demnach sind die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen grundsätzlich unzulässig.</p>	BfG 2015, mit Ausnahme von: Hessen=BBSR; Bayern=LfU 2016; Thüringen=GFG 2010; Baden-Württemberg=LUBW 2016; Berlin=Geoportal Berlin 2009
19	Vogelschutzgebiet/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	Gemäß Richtlinie 79/409/EWG besonderer Schutz wildlebender Vogelarten und ihrer Lebensräume; Brut, Nahrungs-, Rast- oder Zuggebiete.	Richtlinie 79/409/EWG; besonderer Schutz wildlebender ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten und ihrer Lebensräume; Brut, Nahrungs-, Rast- oder Zuggebiete von seltenen bzw. bedrohten Arten (Anh. I VSchRL)	BfN gemeinschaftsrechtliche Schutzgebietskategorien - Vogelschutzgebiete 2016
20	FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten	Gemäß Richtlinie 92/43/EWG besonderer Schutz natürlicher Lebensräume und wildlebender Tiere und Pflanzen	<p>Richtlinie 92/43/EWG; Schutzgebiet zur Erhaltung natürlicher Lebensräume und wildlebender Tiere (ggü. Windenergie besonders empfindlicher Fledermausarten) und Pflanzen.</p> <p>Die Lebensraumtypen besitzen zum Teil charakteristische Vogelarten die ggü. Windenergieanlagen besonders empfindlich sind.</p>	BfN gemeinschaftsrechtliche Schutzgebietskategorien - FFH-Gebiete 2016

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
Topologie				
21	Fläche besonders starker Neigung	Topographie: Neigung > 30°	Z. B. schließt die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) in ihrer Analyse 2017 aufgrund erschwelter Erschließbarkeit und vergleichsweise hohen Investitionskosten Standorte mit einer Hangneigung von mehr als 5° aus. Demgegenüber gibt AL-Pro (2011) in der „Kurzfassung des überarbeiteten Endberichtes zur Windpotenzialstudie Saarland“ an, dass erst Neigungen von mehr als 30° wirtschaftlich und technisch nicht realisierbar sind.  Die Errichtung von Windenergieanlagen wird hier ab einem Neigungswinkel von über 30 Grad aus technisch-wirtschaftlichen Gründen als nicht realisierbar angenommen.	ATKIS, DGM25
Lebensräume ggü. Windenergieanlagen empfindlicher Arten				
22	Kultur-, Naturdenkmale und geschützte Ensembles	Einzelne Objekte oder kleinflächige Gebiete mit besonderer Bedeutung als Denkmal	Die Inanspruchnahme von Kultur-, Naturdenkmale und geschützte Ensembles ist grundsätzlich ausgeschlossen. (Bestandsschutz nach Baurecht und Lärmschutz nach TA Lärm)	Keine bundesweite Datengrundlage vorhanden
22a	Angrenzende Bereiche zu Kultur-, Naturdenkmälern und geschützten Ensembles im Abstand von 800 m	Alle Bereiche in einem Abstand von 800 m zu Kultur-, Naturdenkmälern und geschützten Ensembles.  Durch das Einhalten eines 800 m Abstands erreichen die Lärmpegel max. 35 dB(A).	Lärmschutz (ausführlich unter Punkt 1a) Die Immissionsrichtwerte für nicht explizit in der TA Lärm aufgeführte bauliche Nutzungen sind gemäß Ziffer 6.6 anhand dieser Werte entsprechend der Schutzbedürftigkeit zu beurteilen.  Die Werte für Kultur-, Naturdenkmale und geschützte Ensembles werden entsprechend auf 45 dB(A) tagsüber und 35 dB(A) nachts festgelegt.	Keine bundesweite Datengrundlage vorhanden
23	Wald (nur bestimmte Typen, z. B. Schutzwald, Erholungswald)	Waldbereich, wie Schutzwald, die geschützte Waldfunktionen erfüllen und Naturwaldreservate.	Gemäß § 12 BWaldG sind Waldflächen als Schutzwald ausgewiesen, wenn diese vor schädlichen Umweltauswirkungen, auch im Sinne des BImSchG, geschützt werden sollen. Weiterhin können Waldflächen gemäß § 13 BWaldG als Erholungswald erklärt werden, um diese bestimmten Funktionen dort zu schützen.  Näheres ist durch die Waldgesetze der Bundesländer geregelt. Dort sind u.a. waldrechtliche Schutzbestimmungen für bestimmte Wälder oder ihre Teile wie „Schutzwälder (z. B. Bodenschutzwald und Sichtschutzwald)“ und „Bannwälder“	Keine bundesweite Datengrundlage vorhanden

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			<p>ausgeschrieben.</p> <p>Die Errichtung von Windenergieanlagen in solchen Waldflächen läuft der zugewiesenen Funktion grundsätzlich zuwider und ist deshalb i.d.R. unzulässig.</p>	
24	Naturdenkmale	<p>Gemäß § 28 BNatSchG gesetzliche geschützte natürliche Landschaftselemente unter Naturschutz.</p> <p>Der Schutz begründet sich durch die Seltenheit, Eigenart oder Schönheit des Naturdenkmals sowie seinen Wert für Wissenschaft, Heimatkunde und Naturverständnis.</p>	<p>Naturdenkmale sind gem. § 28 BNatSchG bundesweit geschützt. Sie dürfen nicht verändert werden (Veränderungsverbot). Eine Bebauung ist auszuschließen. Die Errichtung von Windenergieanlagen in Naturdenkmalen kommt daher nicht in Betracht.</p> <p>Da es sich in der Regel um punktuelle Naturdenkmale handelt, ist nicht auszuschließen, dass Windenergieanlagen im Umfeld möglich sind.</p>	Keine bundesweite Datengrundlage vorhanden
25	geschützte Landschaftsbestandteile	<p>Gemäß § 29 BNatSchG rechtsverbindlich festgesetzter Teil von Natur und Landschaft, deren besonderer Schutz erforderlich ist</p>	<p>Geschützte Landschaftsbestandteile sind gem. § 29 BNatSchG bundesweit geschützt (z.B. eine Hecke, eine Baumgruppe), um</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts,</li> <li>- die Belebung, Gliederung oder Pflege des Orts- oder Landschaftsbildes,</li> <li>- die Abwehr schädlicher Einwirkungen zu sichern oder</li> <li>- wegen ihrer Bedeutung als Lebensstätten bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten.</li> </ul> <p>Die Beseitigung sowie alle Handlungen, die zu seiner Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung führen können, sind verboten. Ausnahmen von diesem Verbot sind nur zulässig, wenn sie aus zwingenden Gründen, z. B. der Verkehrssicherung,</p>	Keine bundesweite Datengrundlage vorhanden

Nr.	Kategorie	Nähere Beschreibung	Begründung für die Festsetzung als Fläche mit Ausschlusswirkung	Datenquelle
			<p>durchgeführt werden müssen.</p> <p>Da es sich in der Regel um punktuell geschützte Landschaftsbestandteile handelt, ist nicht auszuschließen, dass Windenergieanlagen im Umfeld möglich sind.</p>	
26	Gesetzlich geschützte Biotop	Gemäß § 30 BNatSchG gesetzlich geschützte Teile von Natur und Landschaft besonderer Bedeutung	<p>Gesetzlich geschützte Biotop sind gem. § 30 BNatSchG bundesweit geschützt (z. B. Moore, Auenwälder). Sie dürfen nicht beeinträchtigt werden. Eine Bebauung ist auszuschließen. Die Errichtung von Windenergieanlagen in gesetzlich geschützten Biotop kommt daher nicht in Betracht.</p> <p>Da es sich in der Regel um punktuell geschützt teile der Landschaft handelt, ist nicht auszuschließen, dass Windenergieanlagen im Umfeld möglich sind.</p>	Keine bundesweite Daten-grundlage vorhanden

### 3.3.2 Anlagentechnik

Für die Entwicklung der Szenarien ist es wichtig, realistische Annahmen von Anlagenparametern (Tab. 9) für das Zieljahr 2035 zu identifizieren. Dabei sei darauf hingewiesen, dass es für die Szenarientwicklung bei verschiedenen Größen nicht auf die letzte Nachkommastelle ankommt, sondern die richtige Dimensionierung relevant ist. Als Erläuterung seien zwei Beispiele genannt. So ist z.B. der Rotorradius für die Berechnung von Pufferabständen zwar elementar, bei einer Rastergenauigkeit von 25 Metern kommt es jedoch nicht auf die Festlegung im Meterbereich an. Ebenso ist eine richtige Anlagendimensionierung für eine realistische Platzierung wünschenswert. Auf größere Flächen gemittelt ergibt sich jedoch pro Nennleistung ein ähnlicher Flächenverbrauch, da der Rotordurchmesser sowohl quadratisch in die Nennleistung als auch (näherungsweise) quadratisch in den Flächenverbrauch eingeht.

Ganz allgemein lässt sich ein Trend zu größeren Nabenhöhen und Rotordurchmessern beobachten. Das grundlegende Design der Windenergieanlagen (Auftriebsläufer; Luvläufer; drei Rotorblätter) wird sich hierbei nicht ändern. Verschiedene Übersetzungs- und Antriebskonzepte haben allenfalls geringe Auswirkungen auf die Optik der Gondel. Unterschiede in Wirkungsgraden und technisches Betriebsverhalten sind bei der übergreifenden Betrachtungsebene dieser Studie zu vernachlässigen.

Um die spezifischen Eigenschaften der Windenergieanlagen in Abhängigkeit des Windstandorts abbilden zu können, wird zwischen drei Anlagentypen differenziert. Dabei wird für die Simulation der Anlagenplatzierung ein einheitlicher Rotordurchmesser von 135 Metern angenommen. Diese Vorgehensweise ermöglicht die einheitliche Bewertung des natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisikos. Auch wenn reale Anlagen in Zukunft mit verschiedenen Rotordurchmessern verbaut werden, ist dies für die Simulation eine praktikable Annahme. Denn der für die Simulation entscheidende Treiber ist weder die absolute Größe, noch die absolute Leistung, sondern die spezifische Leistung, die sich für die drei verschiedenen Anlagenklassen unterscheidet ( $220 \text{ W/m}^2$  bis  $350 \text{ W/m}^2$ ). Die sich ergebenden Nennleistungen liegen damit bei rund 3 bis 5 MW, was angesichts einer fortschreitenden, aber mäßigen Leistungssteigerung an Land plausibel erscheint.

Es muss hier zwischen den Grundlagen zur Simulation (Szenarienerstellung wie hier beschrieben) und der Visualisierung einzelner Anlagen im Rahmen der wahrnehmungspsychologischen Studien differenziert werden. Während bei der Simulation neben einer richtigen Abbildung der Flächenverbräuche von Windenergieanlagen auch eine Vergleichbarkeit des Konfliktrisikos im Fokus steht, die durch die gleichen Rotordurchmesser gewährleistet wird, steht bei den wahrnehmungspsychologischen Studien insbesondere auch die Wirkung konkreter Anlagen einschließlich ihrer optischen Beschaffenheit im Fokus. Bei den wahrnehmungspsychologischen Studien wird daher hinsichtlich des Rotordurchmessers zwischen den drei genannten Typen unterschieden. Nähere Informationen zu den Grundlagen der wahrnehmungspsychologischen Studien und die dort verwendeten Rotordurchmesser sind in Kapitel 5.2 beschrieben.

Tab. 9: Anlagentypen

Typ	Leistungsdichte [W/m <sup>2</sup> ]	Rotordurchmesser [m]	Leistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Gesamthöhe [m]
A	350	135	5,01	110	177,5
B	285	135	4,08	135	202,5
C	220	135	3,15	160	227,5

Im Zuge der Berechnung von Szenarien erfolgt die Wahl des zu platzierenden Anlagentyps in Abhängigkeit der mehrjährig gebildeten, durchschnittlichen Windgeschwindigkeit des Standortes. So wird an einem windstarken Standort der Typ A (Starkwindanlage) genutzt, während Typ C (Schwachwindanlage) an einem schwächeren Windstandort genutzt wird (Abb. 18).

### Anlagenzuordnung auf Basis mittlerer Windgeschwindigkeiten

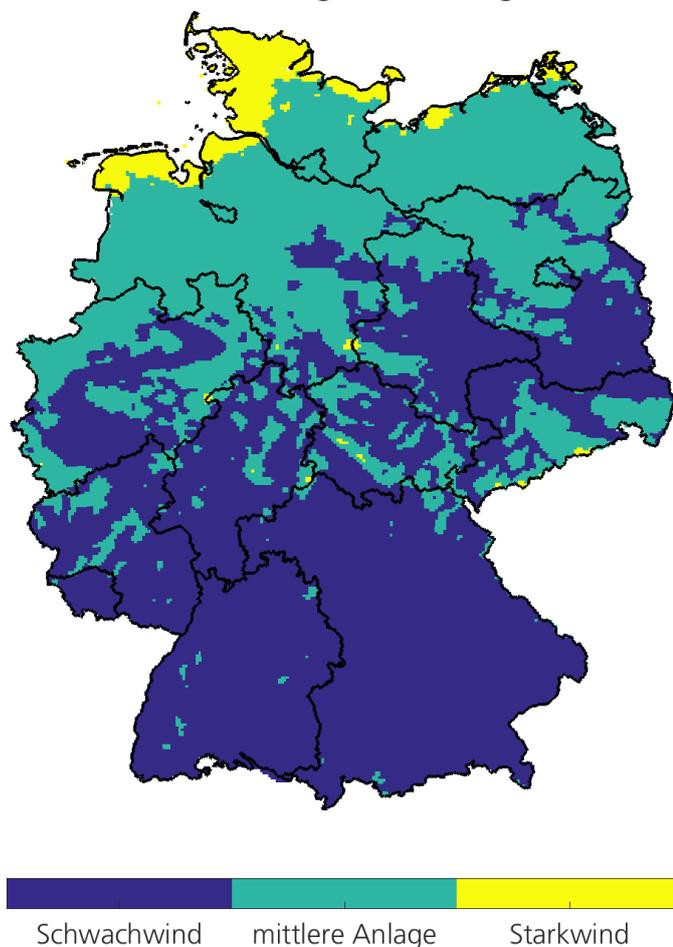


Abb. 18: Anlagentypen in Deutschland

Zur Einordnung und zum Vergleich der gewählten drei Anlagentypen sind in den folgenden Tabellen (Tab. 10 und Tab. 11) die Entwicklungen in den letzten drei Jahren (2013 bis 1. Halbjahr 2016) laut Statistik der Deutschen WindGuard aufgeführt:

Tab. 10: Durchschnittliche Neubauanlagen in Deutschland (D), Schleswig-Holstein (SH) und Bayern (BY) (Deutsche WindGuard 2013, 2016)

Jahr	Nabenhöhe (D) [m]	Rotordurchmesser (D) [m]	Nabenhöhe (SH) [m]	Rotordurchmesser (SH) [m]	Nabenhöhe (BY) [m]	Rotordurchmesser (BY) [m]
2013	117	95	85	89	136	105
2016	128	109	99	105	140	116

Tab. 11: Durchschnittliche Neubauanlagen in Deutschland (Deutsche WindGuard 2013, 2016)

Jahr	Leistung [MW]	Rotordurchmesser [m]	Spezifische Leistung [W/m <sup>2</sup> ]
2013	2,60	95	367
2016	2,85	109	305

Die Bundesländer mit der im Mittel höchsten und niedrigsten Leistungsdichte 2016 sind, abgesehen von einer einzelnen Anlage mit 400 W/m<sup>2</sup> in Berlin, Schleswig-Holstein (357 W/m<sup>2</sup>) und Baden-Württemberg (257 W/m<sup>2</sup>).

Der Trend zu niedrigeren Leistungsdichten wird sich vermutlich aufgrund wirtschaftlicher und systemstützender Eigenschaften noch einige Zeit fortsetzen, allerdings – nach eigener Annahme – absehbar auch nicht auf Werte unter 200 W/m<sup>2</sup> fallen.

### 3.3.3 Algorithmus zur Standortidentifikation

Im Folgenden wird das Vorgehen zur Identifikation möglicher Standorte für Windenergieanlagen beschrieben. Diese Standorte sind Grundlage für die Standortauswahl in den Szenarien und liegen allen Szenarien gleichermaßen zu Grunde. Die Zweiteilung der Herangehensweise (Identifizierung möglicher Standorte und Auswahl der Standorte) wird für die Prozessbeschleunigung und Vereinfachung gewählt.

Der Algorithmus zur Standortidentifikation besteht aus zwei Schritten:

1. Abtastung der Rasterzellen und Identifizierung des nächsten freien Pixels
2. Markierung als möglicher Standort und Sperrung der umliegenden Pixel

Es wird ein ellipsenförmiger Puffer um einen möglichen Standort gezogen. Diese Ellipse beschreibt den Mindestabstand zur nächsten Anlage, die von der Hauptwindrichtung abhängig ist. Es wird davon ausgegangen, dass in Hauptwindrichtung ein Abstand vom Fünffachen des Rotordurchmessers eingehalten wird, in Nebenwindrichtung vom Dreifachen (Piorr 2013; Seifert et al. 2003) (Abb. 19). So wird eine gute Ausnutzung der in den Szenarien berechneten Potenzialflächen (Kap. 3.3.1) mit dem beschriebenen Algorithmus erreicht und eine Darstellung aller potenziellen Standorte möglich (Abb. 20).

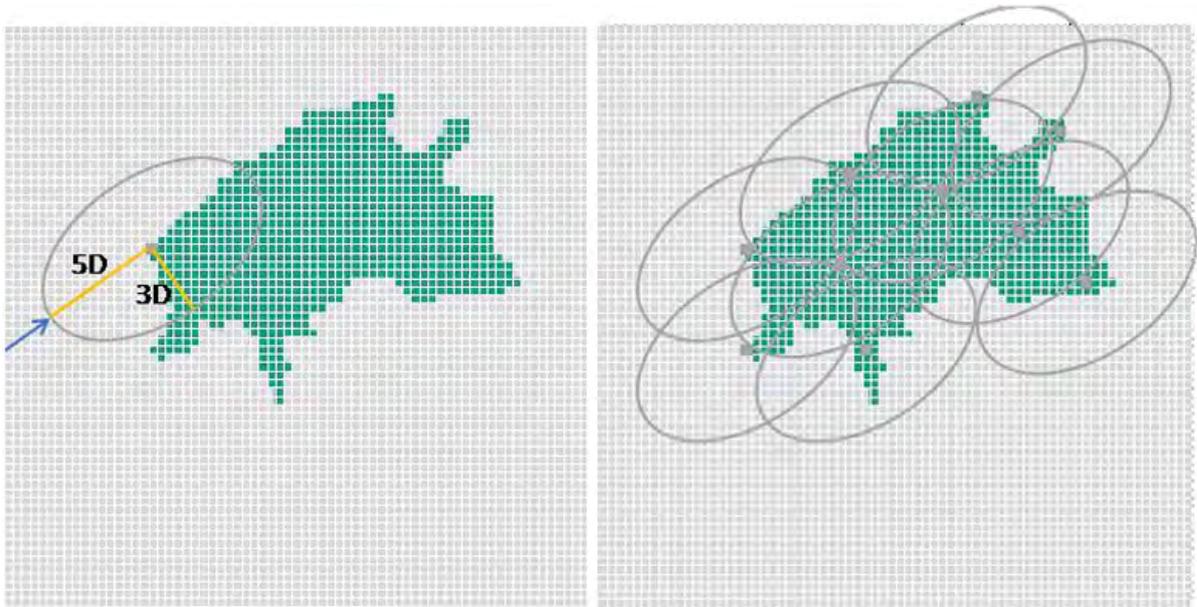


Abb. 19: Schematische Darstellung der Standortidentifikation (blauer Pfeil: Hauptwindrichtung, grün: Flächen ohne Ausschlusswirkung)

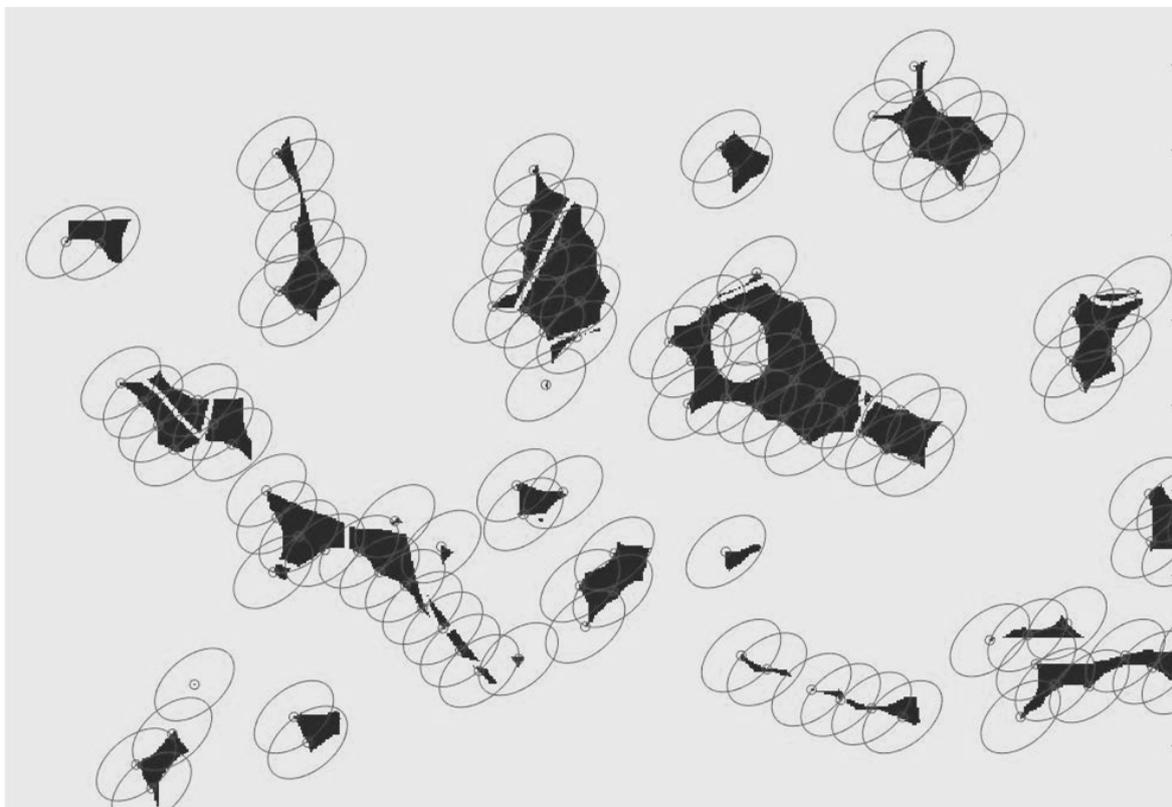


Abb. 20: Beispiel für die Standortidentifikation mit im Projekt genutzten Potenzialflächen

### **3.4 Festlegung der Bewertungsgrößen**

Von den identifizierten, möglichen Standorten werden in den Szenarien anhand von den beschriebenen Bewertungsgrößen die Standorte für die Windenergieanlagen ausgewählt. In diesem Kapitel werden zunächst die einzelnen Bewertungsgrößen und ihre Auswahl erläutert. Die Nutzung der Bewertungsgrößen – und die Auswirkung davon in den jeweiligen Szenarien – erfolgt in den Kapiteln 6 bis 6.5. Mit der Auswahl der Bewertungsgrößen soll es zum einen möglich sein zwei Szenarien abzubilden, die – ähnlich wie in der Kostenoptimierungsstudie (Agora Energiewende et al. 2013) – Verteilungen beschreiben, die sich vor allem nach der besten Position aus Sicht des Energieertrages und in Bezug zur „Lastnähe“ orientieren und zum anderen den Natur- und Landschaftsschutz als Bewertungs- und Verteilungsgröße zu integrieren.

#### **3.4.1 Windhöffigkeit**

Die Windhöffigkeit ist eine zentrale Größe zur Bewertung der Eignung eines Anlagenstandortes. Sie findet als grundlegende technische und indirekt ökonomische Bewertungsgröße bei allen Szenarien Eingang in die Standortbewertung. Während sie in den energiewirtschaftlichen Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ der hauptsächliche Treiber für die Identifikation der Standorte darstellt, wird sie in den Natur- und Landschaftsschutz-Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ erst nachrangig nach der natur- und landschaftsschutzfachlichen Bewertung für die Standortfestlegung berücksichtigt. Dabei werden für die Szenarien unterschiedliche Bewertungsgrößen herangezogen. In Szenario A „Effizienz“ wird die Windgeschwindigkeit genutzt. Der Wert wird anhand eines gewichteten Mittelwerts der Windgeschwindigkeiten aus zwei Quellen, COSMO-DE-Daten (Baldauf et al. 2016) und DWD-Windatlas (DWD 2014) ermittelt. In den weiteren Szenarien wird der Energieertrag verwendet. Dieser ergibt sich aus der Zeitreihenberechnung des IEE-Modells, bei dem unter anderem die Stundenwerte der COSMO-DE Windgeschwindigkeiten und die Anlagenkennlinien der jeweiligen Anlagen verrechnet werden. Der Grund für die vom Szenario abhängigen Vorgehensweisen ist die Auflösung der COSMO-DE-Daten von rund 2,8 x 2,8 km. Würde ausschließlich die Windgeschwindigkeit oder der Energieertrag aus dieser Quelle genutzt, ergäbe sich keinerlei Differenzierung innerhalb einer solchen Rasterzelle. Um also eine Differenzierung der Standorte zu erreichen, wird in Szenario A „Effizienz“ zudem der wesentlich höher aufgelöste (200 x 200 m) DWD-Windatlas hinzugezogen. Dieser ist nicht zeitlich aufgelöst und eignet sich daher nicht für die später folgende Zeitreihenberechnung. In den anderen Szenarien bedarf es durch die Ergänzung weiterer höher aufgelöster Bewertungsgrößen keiner zwingenden Differenzierung der Windhöffigkeit innerhalb solch einer Rasterzelle. Gleichzeitig ist in den anderen Szenarien eine Verrechnung einer Bewertungsgröße, die die Windhöffigkeit abbildet, mit weiteren Bewertungsgrößen nötig. Für diese Verrechnung ist der Energieertrag zweckmäßiger, da er das nichtlineare Verhalten der Leistungskennlinie bereits mit abbildet und damit eine Vergleichbarkeit und Bewertung der Standorte untereinander besser möglich ist. Für Szenario A „Effizienz“ ist dieser relative Vergleich nicht benötigt, da für die reine Reihenfolge der Standortbewertung nicht relevant ist, um wieviel größer genau die Bewertungsgröße bei einem anderen Standort ausfällt.

#### **3.4.2 Lastnähe**

In den Szenarien B „Effizienz / Lastnähe“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ kommt die Bewertungsgröße der Lastnähe zum Tragen. Im Rahmen des Projektes beschreibt die Bewertungsgröße „Lastnähe“, in welchem Verhältnis der Windenergieertrag von zugebauten Anlagen zu dem Stromverbrauch im Umkreis steht.

Die Bewertungsgröße der Lastnähe stellt ein Kriterium aus energiewirtschaftlicher Sicht dar. Mit ihr wird sich im Projektrahmen der Frage genähert, inwieweit Energie dort erzeugt werden kann, wo sie auch verbraucht wird. Zu beachten ist, dass im Rahmen des Projektes keine Netzberechnungen durchgeführt werden und die Bewertungsgröße der Lastnähe nur als Indiz für diese Frage zu verstehen ist. Die Bewertungsgröße wird bewusst unabhängig von den tatsächlichen Versorgungsgebieten der Stromnetze gebildet.

Die Lastnähe ist im Gegensatz zur Windhöflichkeit kein vom Ausbau in den Szenarien unabhängiger Wert, sondern eine Größe, die iterativ bestimmt wird. Während des Prozesses der Standortauswahl wird nach jedem einzelnen ausgewählten Standort überprüft, inwieweit sich der Bau dieser Windenergieanlage auf das Verhältnis von erzeugtem Windstrom und lokalem Verbrauch in der Umgebung auswirkt. Übersteigt die Erzeugung 75 % des Verbrauchs, werden Standorte in der Nähe mit einem Malus belegt. Dabei werden die folgenden Schritte durchlaufen, die nachfolgend noch genauer erläutert werden:

- Sobald eine Anlage platziert wird, wird bestimmt, welche möglichen Anlagenstandorte in der Nähe vorhanden sind.
- Für alle diese Standorte wird geprüft:
  - Wie hoch die Energiemenge ist, die (bis zu dem Zuteilungszeitpunkt) in der Umgebung (Durchmesser 50 km) eines solchen Standortes erzeugt wird,
  - wie hoch der Jahresenergieverbrauch in der Umgebung (Durchmesser 50 km) ist,
  - Bestimmung des Anteils der Lastdeckung (durch Division der beiden vorhergenannten Größen),
  - Zuordnung eines Abwertungsfaktors und
  - Anpassung der Zuteilungsgröße, indem die Energiemenge mit dem Abwertungsfaktor multipliziert wird.

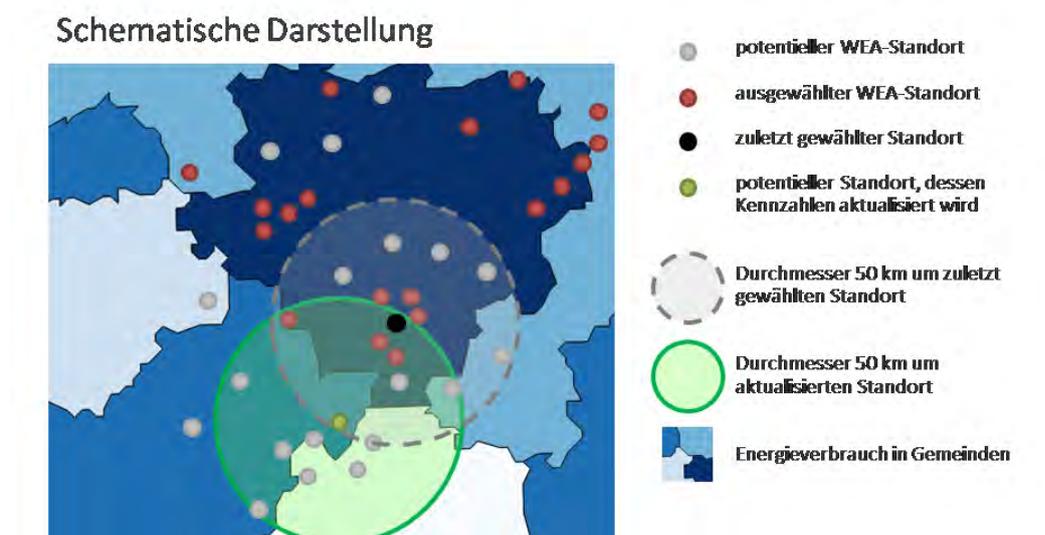


Abb. 21: Vorgehensweise bei der Berücksichtigung der Bewertungsgröße Lastnähe bei der Standortauswahl

In dem iterativen Zuordnungsprozess wird untersucht, inwieweit der Energieverbrauch in der Umgebung durch die bis dahin zugeordnete Windenergieerzeugung gedeckt wird: In Abb. 21

ist ein Zwischenschritt dargestellt, bei dem Windenergieanlagen-Standorte bereits ausgewählt sind (rote Punkte), im Gebiet aber auch noch potenzielle Windenergieanlagen-Standorte (graue Punkte und grüner Punkt) zur Verfügung stehen. Der schwarze Punkt stellt den zuletzt gewählten Standort dar. Zunächst wird geprüft, welche Windenergieanlagen-Standorte im Umkreis von dem Zubau betroffen sind (graue und grüne Punkte innerhalb des grau gestrichelten Kreises). Die Abbildung ist schematisch gehalten, in der tatsächlichen Verteilung sind in den meisten Räumen wesentlich mehr potenzielle Standorte in einem 50km-Umkreis vorhanden. Für jeden dieser Punkte wird nun das Kriterium des Energieertrags neu bestimmt, was beispielhaft anhand des grün markierten Standortes beschrieben wird. Rund um den Standort (grüner Kreis) werden alle Energieerträge der schon zugebauten Windenergieanlagen (rote und schwarze Punkte im grünen Kreis) zusammengezählt. Außerdem wird der Energieverbrauch im Umkreis bestimmt (blaue Flächen im grünen Kreis). Der Energieverbrauch wird für die Berechnung dabei über eine Gemeinde als flächig gleichmäßig verteilt angenommen. Der bestimmte Energieertrag dividiert durch den Energieverbrauch ergibt den Anteil der Lastdeckung durch Windstrom. Diesem Wert, der auch 100 % übersteigen kann, wird ein Abwertungsfaktor zugeordnet, mit dem der Energieertrag künstlich gesenkt wird. Der Verlauf des Abwertungsfaktors ist in Abb. 22 dargestellt.

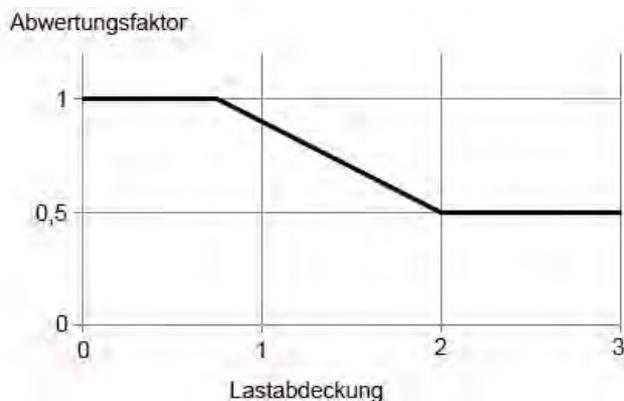


Abb. 22: Veränderung des Abwertungsfaktors in Abhängigkeit von der Lastdeckung

Die Zuteilungsgröße bleibt also so lange unverändert, bis die Lastdeckung durch Windenergieanlagen 75 % überschreitet. Danach wird die Energiemenge mit einem über die Lastdeckung sinkenden Faktor multipliziert. Der Standort wird also für den Algorithmus unattraktiver, sobald ein Deckungsanteil in Höhe von 75 % der Last überschritten ist und zwar stärker mit zunehmender Deckung (oder Überschreitung) des Energieverbrauchs. Dadurch werden Standorte, die vom Windangebot etwas schwächer sind, aber einen größeren ungedeckten Energieverbrauch in der Nähe bedienen, wieder konkurrenzfähig.

Der geänderte Energieertrag ist dabei eine reine Berechnungs- und Zuteilungsgröße, um im Algorithmus lastnahe Standorte jeweils passend zu präferieren. Er ist nicht mit einer Abschaltung von Anlagen o.ä. zu verwechseln. Die Windenergieanlagen-Verteilung von Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ ist in einem mehrstufigen Entwicklungsprozess entstanden, sodass im Entwicklungsprozess verschiedene Verteilungen als Arbeitsstand ermittelt sind. Insbesondere der iterative Prozess der Zuteilung wird erst im Verlauf der Arbeiten entwickelt. Es ist dabei zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Fotoauswahl und Fotomontage für die wahrnehmungspsychologischen Studien der Anlagen ein Zwischenstand der Anlagenverteilung als Grundlage genutzt wurde (Kap. 3.5).

Folgende Aspekte zeigen die Robustheit der Verteilungen:

- Sowohl die Verteilungen früherer Arbeitsstände als auch die endgültige Verteilung mit iterativem Zuteilungsprozess zeigen die gleichen Schwerpunkte in der bundesweiten Verteilung, die auch Grundlage für die Auswahl der Stellvertreter-Landschaften ist.
- Für das entwickelte iterative Verfahren ist eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der die x-Achsenabschnitte der Funktion für den Abwertungsfaktor variiert. Es zeigen sich leicht geänderte Verteilungen und eine leicht geänderte Dezentralität, grundlegende Verteilungsmuster bleiben jedoch stabil erhalten.

### 3.4.3 Natur- und Landschaftsschutz

Der Natur- und Landschaftsschutz wird als weitere Bewertungsgröße zur Standortbewertung in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ verwendet. Grundlage der Bewertungsgröße ist das flächendeckend vorliegende Konfliktrisiko gegenüber den Belangen von Natur und Landschaft. Dieses wird anhand einer ordinalen Skala in sechs Stufen von 1 (sehr geringes Konfliktrisiko) bis 6 (sich überlagerndes sehr hohes Konfliktrisiko) angegeben. So sind Flächen mit höheren Konfliktrisiken aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes weniger für die Nutzung durch Windenergieanlagen geeignet als Flächen mit geringen Konfliktrisiken.

Während in den Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ die Verteilung zunächst unabhängig von dieser Bewertung vorgenommen wird und erst anschließend bewertet wird, fließt der Natur- und Landschaftsschutz in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ als wichtigste und primär bestimmende Bewertungsgröße ein.

In diesem Kapitel wird zum einen beschrieben, wie die Konfliktrisikoklassen als Bewertungsgröße für die Szenarienbildung im Rechenprozess technisch genutzt werden. Zum anderen wird beschrieben, wie gewährleistet wird, dass die Konfliktrisikoklasse die bestimmende Bewertungsgröße ist, und trotzdem Effekte der Windhöflichkeit und der Lastnähe weiterhin mit abbildbar sind. Für die Bedeutung der Konfliktrisikoklassen, dem Zustandekommen und der Interpretation der Klassen siehe hingegen Kapitel 4.3.

Die Bewertungsgröße „Naturschutz“ beschreibt, mit welchen Konfliktrisiken die Errichtung der Windenergieanlagen am jeweiligen Standort verbunden wäre (Kap. 3.5). Als Faktor für die Standortbewertung wird der jeweilige Kehrwert der KRK verwendet. So wird der KRK 1 der Faktor „1“, der KRK 2 der Faktor „0,5“ usw. zugewiesen (Tab. 12). Im Zuge der Berechnung der Szenarien werden dadurch die Standorte mit dem größten Faktor (und damit der geringsten Konfliktrisikoklasse) präferiert.

Tab. 12: Faktor der Konfliktrisikoklassen 1 bis 6

KRK	1	2	3	4	5	6
Faktor	1,00	0,50	0,33	0,25	0,2	0,17

Durch die Verwendung des Kehrwertes für den Faktor Natur- und Landschaftsschutz können bei der Platzierung von Anlagen gleichzeitig Effizienzeffekte berücksichtigt werden. So ist zwar meistens, aber nicht in jedem Fall, ein einzelner Standort mit niedrigerer KRK zu bevorzugen, um im gesamten Szenario eine niedrige Summe der KRK zu erreichen. Dies wird durch die Verwendung des Kehrwertes gewährleistet, wie das folgende Rechenbeispiel zeigt.

Beispiel: Um dieselbe Menge Energie zu erzeugen, wird eher ein Standort mit einem natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiko der Klasse 3 (Gesamtbewertung 3) genutzt, als zwei Standorte mit jeweils einem Konfliktrisiko der Klasse 2 (Gesamtbewertung 4), die jeweils nur den halben Energieertrag liefern würden. In Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ wird damit die naturverträglichste Anlagenverteilung abgebildet. Unter Berücksichtigung der Rahmencahlen stellt Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ damit auch mathematisch das Minimum des aufsummierten Konfliktrisikos dar. In Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ wird zusätzlich die Bewertungsgröße der Lastnähe hinzugezogen.

### 3.4.4 Kombination der Bewertungsgrößen und Einordnung in den Projektkontext

Die einzelnen Bewertungsgrößen werden für die Standortauswahl (auf Grundlage der identifizierten möglichen Standorte) in den Szenarien genutzt und je Szenario unterschiedlich kombiniert.

Die Bewertungsgrößen Windhöflichkeit (Energienmenge), Lastnähe sowie Natur- und Landschaftsschutz stellen die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale zwischen den einzelnen Szenarien dar. Wie die einzelnen Bewertungsgrößen miteinander verrechnet werden und zu der Verteilung der Windenergieanlagen führen, wird in dem folgenden Kapitel 0 behandelt.

### 3.5 Entwicklung von Windenergieausbauszenarien

Anhand der oben beschriebenen Bewertungsgrößen können anschließend die tatsächlichen Ausbauszenarien entwickelt werden. Grundlagen für diese Entwicklung sind die wie oben beschrieben identifizierten möglichen Standorte und die Bewertungsgrößen – Windhöflichkeit, Lastnähe, Natur- und Landschaftsschutz (Kap. 3.4). Im Folgenden wird erläutert, wie diese einzelnen Bewertungsgrößen in die Szenarientwicklung eingehen und damit auch, welche Bedeutung sie bei der Entwicklung der Szenarien haben. Die Umsetzung der Belange des Natur- und Landschaftsschutzes als Bewertungsgröße für die Entwicklung der Szenarien stellt eine wesentliche Neuheit dieser Studie dar und geht über bisher veröffentlichte Arbeiten weit hinaus.

Zunächst werden potenzielle Anlagenstandorte für Windenergieanlagen identifiziert. Basis dafür ist eine Rasterkarte, die Ausschluss- und Potenzialflächen unterscheidet. Das Verfahren ist in Kapitel 3.3.1 beschrieben. Unter Berücksichtigung der Mindestabstände, die wiederum vom Rotordurchmesser und der Hauptwindrichtung abhängig sind, werden mögliche Standorte von Windenergieanlagen in einem Algorithmus bestimmt (Kap. 3.3.3). Je Szenario kommen anschließend unterschiedliche Bewertungsgrößen zum Einsatz (s. Tab. 13), anhand derer die potenziellen Anlagenstandorte ausgewählt werden, bis der Zielwert (Energienmenge durch Windenergieanlagen) erreicht ist. Eine solche Auswahl bundesweit verteilter Anlagenstandorte stellt ein Szenario dar. Die Reihenfolge der Bewertungsgrößen ist in Tab. 13 absteigend mit ihrer Relevanz für die Standortfindung in dem Szenario benannt.

Tab. 13: Übersicht der Bewertungsgrößen in den Szenarien

Szenario A „Effizienz“	Szenario B „Effizienz / Lastnähe“	Szenario A* „Naturschutz / Effizienz“	Szenario B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“
Windgeschwindigkeit	Energienmenge	Natur- und Landschaftsschutz (Faktor)	Natur- und Landschaftsschutz (Faktor)
	Lastnähe (Faktor)	Energienmenge	Energienmenge
			Lastnähe (Faktor)

Sowohl die Bewertungsgröße „Windgeschwindigkeit“ als auch „Energienmenge“ steht hier stellvertretend für die Eignung des Standortes rein aus Sicht des zu erwartenden Energieertrages. Die Nutzung unterschiedlicher Berechnungsgrößen (Windgeschwindigkeit bzw. Energieertrag) hat an der Stelle keine inhaltliche, sondern rein berechnungstechnische Begründung und wird in Kapitel 3.3.1 im Detail erläutert.

Anspruch der Szenarientwicklung ist es, eine transparente und reproduzierbare Herangehensweise zu entwickeln, die eine Vergleichbarkeit der vier Szenarien untereinander sowie zu potenziellen, an das Forschungsvorhaben anschließenden Szenarien ermöglicht. Allen Szenarien sind daher die folgenden Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Die Menge an Windstrom, die in einem Szenario erzeugt wird, ist in allen Szenarien gleich, um eine gute Vergleichbarkeit sicherzustellen. Die Menge an Windstrom je Anlage wird anhand einer standort- und anlagenspezifischen Zeitreihenberechnung bestimmt. Unterschiedliche Szenarien haben damit unterschiedlich viele Windenergieanlagen.
- Was für ein Anlagentyp an einem Standort genutzt wird, hängt von den jeweiligen Windverhältnissen ab. Eine genaue Dokumentation der drei verschiedenen genutzten Anlagentypen und der entsprechenden Auswahl erfolgt im ersten Grundlagenteil des Berichts (Kap. 3.3.2).

Die Zuteilung bzw. Auswahl an Windenergieanlagen erfolgt in zwei Stufen:

- Im ersten Schritt werden je nach Szenario Leistungen oder Energiemengen auf die Bundesländer verteilt. Die Verteilung orientiert sich am NEP und der Kostenoptimierungsstudie.
- Im zweiten Schritt werden innerhalb eines Bundeslandes die jeweils „besten“ Standorte genutzt, in Abhängigkeit der Bewertungsgrößen des jeweiligen Szenarios.

### **3.5.1 Energiewirtschaftliche Ausbauszenarien**

Der Fokus der Szenarientwicklung liegt auf der Entwicklung von Ausbauszenarien, die eine Verteilung mit jeweils klarem Fokus (z.B. Szenario A „Effizienz“ mit den windhöufigsten Standorten) widerspiegeln. Sie sind damit bewusst kein wahrscheinlich eintretender Fall – also keine Prognose – sondern vielmehr dafür gemacht, den Einfluss bestimmter Treiber auf das natur- und landschaftsschutzfachliche Konfliktrisiko deutlich zu machen. Nichtsdestotrotz stellen sie durch die verschiedenen Randbedingungen Verteilungen dar, die prinzipiell denkbar sind:

- Rahmenczahlen für die Bundesländer gewährleisten eine grobräumig realistische Verteilung im Bundesgebiet. Diese Ausbauziele werden mit der gleichen Methodik ermittelt, wie in der Kostenoptimierungsstudie (Agora Energiewende et al. 2013). Sie entsprechen dem aktuellen Netzentwicklungsplan, ergänzt um einen zusätzlichen Ausbau.
- Flächen mit Ausschlusswirkung „verhindern“ die Platzierung von Anlagen auf Flächen, die technisch oder gesetzgeberisch nicht genutzt werden können (z. B. durch die Nähe zu Siedlungen).

Die beiden rein energiewirtschaftlichen Szenarien (Szenario A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“) orientieren sich an den Szenarien der Kostenoptimierungsstudie. Welche Unterschiede zu den Szenarien der genannten Studie aufgrund von Aktualisierungen und anderen Ansprüchen in den jeweiligen Projekten bestehen, ist im Kapitel 3.2 im Detail erläutert.

Das Vorgehen zur Ermittlung der zusätzlichen Leistung ist analog zu der genannten Studie

(Agora Energiewende et al. 2013). Wird von einem ambitionierten Klimaschutz mit geplanter Begrenzung der Erderwärmung auf 2°C, möglichst sogar 1,5°C (UN 2015), und einem möglichst kostengünstigen Ausbau der erneuerbaren Energien ausgegangen, erscheint ein verstärkter Ausbau der Onshore-Windenergie sinnvoll, wenn nicht gar zwingend notwendig, auch bei Berücksichtigung weiterer Maßnahmen wie beispielsweise einem ebenso dringend benötigten forcierten Ausbau der Photovoltaik und Energieeffizienzmaßnahmen. Deswegen werden gegenüber dem Netzentwicklungsplan 2030 (50Hertz Transmission GmbH et al. 2017) erhöhte Energiemengen aus Onshore-Windenergie angenommen.

In Szenario A „Effizienz“ werden nur die windhöufigsten („besten“ Standorte) genutzt. Die hinsichtlich des Verbrauchs (Lastnähe) optimierte Auswahl der Standorte in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ führt unweigerlich dazu, dass mehr Anlagen notwendig werden, um die gleiche Strommenge zu „erzeugen“. Zu beachten ist, dass die für den Ausbau gemäß Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ notwendigen Leistungen (Tab. 61) so angepasst werden, dass die Anlagen in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ insgesamt eine gleich hohe Energiemenge aufweisen, wie die Anlagen in Szenario A „Effizienz“.

Auf die Menge aller als mögliche Standorte identifizierten Rasterpunkte (Kap. 3.3.3) werden die Bewertungsgrößen angewendet, um die je nach Szenario zu nutzenden Standorte auszuwählen. Die Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ werden hierbei ausschließlich energiewirtschaftliche Bewertungsgrößen angewendet. Diese beiden Szenarien werden einer Bewertung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes unterzogen und erst dann die aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes optimierten Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ entwickelt. Diese klare Trennung dient der Nachvollziehbarkeit und schafft die Grundlage für die später folgenden Berechnungen der Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“, für die zusätzlich zu den jeweiligen Bewertungsgrößen aus A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ schon in der Auswahl der Standorte die Bewertungsgrößen für den Natur- und Landschaftsschutz berücksichtigt werden. Die folgenden Bewertungsgrößen kommen bei den Szenarien zum Tragen:

Szenario A „Effizienz“:

- Bewertungsgröße Windgeschwindigkeit: Der Wert wird anhand eines gewichteten Mittelwerts der Windgeschwindigkeiten aus zwei Quellen (COSMO-DE-Daten und DWD-Windatlas) ermittelt.

Szenario B „Effizienz / Lastnähe“:

- Bewertungsgröße Energieertrag: Ähnlich dem Szenario A „Effizienz“ wird als Zuteilungsgröße ein Wert gewählt, der für die Standortgüte aus Sicht der Windverhältnisse steht.
- Im Gegensatz zu Szenario A „Effizienz“ wird dieser Wert jedoch zusätzlich mit einem Faktor für die Lastnähe verrechnet: Anhand der durch Windenergieanlagen erreichten Deckung des jährlichen Energieverbrauchs wird in einem iterativen Prozess der Energieertrag jedes Mal variiert, wenn im Umkreis eines möglichen Standortes eine Windenergieanlage gebaut wird. Übersteigt die Energieerzeugung aus WEA im Umkreis 75 Prozent der Last, wird der Faktor abgewertet, ansteigend bis zu einer Abwertung von maximal 50% bei Erreichen einer Lastdeckung von 200%. Dies entspräche dem Fall, dass doppelt so viel Windenergie im Umkreis erzeugt wird wie Last vorhanden ist. Das genaue Vorgehen ist im Grundlagenteil bei der Erläuterung der Bewertungsgrößen erklärt (Kap. 3.4).

### 3.5.2 Natur- und Landschaftsschutzoptimierte Ausbauszenarien

Das grundsätzliche Vorgehen bei der Entwicklung der aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes optimierten Ausbauszenarien (Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“) ist vergleichbar mit dem der Szenarien A „Effizienz“ und B: Es werden Ausbauziele für die einzelnen Bundesländer, wie bei den energiewirtschaftlichen Szenarien genutzt. Diese sind in allen Szenarien identisch. Die Bewertungsgrößen (Windhöffigkeit und Lastnähe) der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ werden auch in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ genutzt. Allerdings kommt jeweils die natur- und landschaftsschutzbezogene Bewertung hinzu. (Hinweis: In Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ wird bei der Platzierung der Anlagen der Energieertrag als Größe für die Windhöffigkeit genutzt, um eine Verrechnung mit weiteren Bewertungsgrößen zu ermöglichen. In Szenario A „Effizienz“ wird dagegen die Windgeschwindigkeit als Größe für die Bewertung der Windhöffigkeit genutzt, um eine höhere räumlich Differenzierung zu ermöglichen. Dies ist bei Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ durch die Nutzung mehrerer Bewertungsgrößen nicht möglich. Die Ertragsberechnung erfolgt jedoch in allen Szenarien gleich über eine Zeitreihenberechnung.

Die Bewertung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes nimmt dabei eine wesentliche Rolle ein. So werden vordringlich Anlagenstandorte ausgewählt, die hinsichtlich der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung die geringsten Konfliktrisiken aufweisen. Im Einzelfall kann ein Standort einem anderen Standort mit geringerer Konfliktrisikoklasse (KRK) vorgezogen werden, wenn er aufgrund eines wesentlich höheren Energieertrages zu einer geringeren Summe in der Bewertung des gesamten Szenarios führt. Die genauen Berechnungsweisen einschließlich Berechnungsbeispiel ist in Kapitel 3.4.3 dargestellt und erläutert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die berechneten Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes nur soweit berücksichtigen, wie diese aufgrund rechtlicher Vorgaben in aller Regel zum Ausschluss der Windenergienutzung führen (Kap. 3.4). Aber auch auf Flächen, bei denen kein genereller Ausschluss für die Windenergie vorliegt, ist mit verschiedenen, und zwar je nach Standort unterschiedlich hohen Konfliktrisiken zu rechnen. Die Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ werden erst nach der Standortwahl hinsichtlich dieses Konfliktrisikos bewertet. Im Gegensatz dazu fließt bei den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ die Höhe des Konfliktrisikos schon als Bewertungsgröße in der Platzierung von Windenergieanlagen ein. Gleichsam wird nach der Platzierung auch für die Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ das Gesamtkonfliktrisiko berechnet (Kap. 6).

Die Umsetzung der Belange des Natur- und Landschaftsschutzes als Bewertungsgröße bereits für die Entwicklung der Szenarien zu nutzen, ist bisher in keiner veröffentlichten Arbeit durchgeführt worden. Die so aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes optimierten Szenarien stellen damit eine der wesentlichen Innovationen des vorliegenden Vorhabens dar. Welche konkreten anderen Verteilungen von Windenergieanlagen im Bundesgebiet daraus resultieren, wird in Kapitel 6 erläutert und diskutiert.

## 4 Entwicklung einer Herangehensweise zur Bewertung von Ausbauszenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes

### 4.1 Einordnung in den Projektkontext

Wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens ist die natur- und landschaftsschutzbezogene Bewertung der anhand von rein energiewirtschaftlichen Bewertungsgrößen entwickelten Szenarien für den Ausbau der Windenergienutzung an Land (Szenarien A „Effizienz“ und B) (Abb. 23). Die auf der gesamten Fläche der Bundesrepublik platzierten Windenergieanlagen sind aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes – d.h. hinsichtlich ihrer Konfliktrisiken mit den Belangen von Natur und Landschaft – zu bewerten. Die bundesweite Bewertung dient darüber hinaus - dies ist das zweite wesentliche Ziel - zur Entwicklung der natur- und landschaftsschutzoptimierten Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“. Hierfür werden die flächendeckend ermittelten Konfliktrisiken als Bewertungsgrößen für die Szenarientwicklung operationalisiert.

Die Ermittlung von potenziellen Konflikten mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes, die Auswahl von Flächenkategorien, die eben diese Konflikte abbilden, die Bewertung der Flächenkategorien hinsichtlich ihrer Konfliktrisiken sowie die Bewertung der Ausbauszenarien sind im folgenden Abschnitt detailliert erläutert.

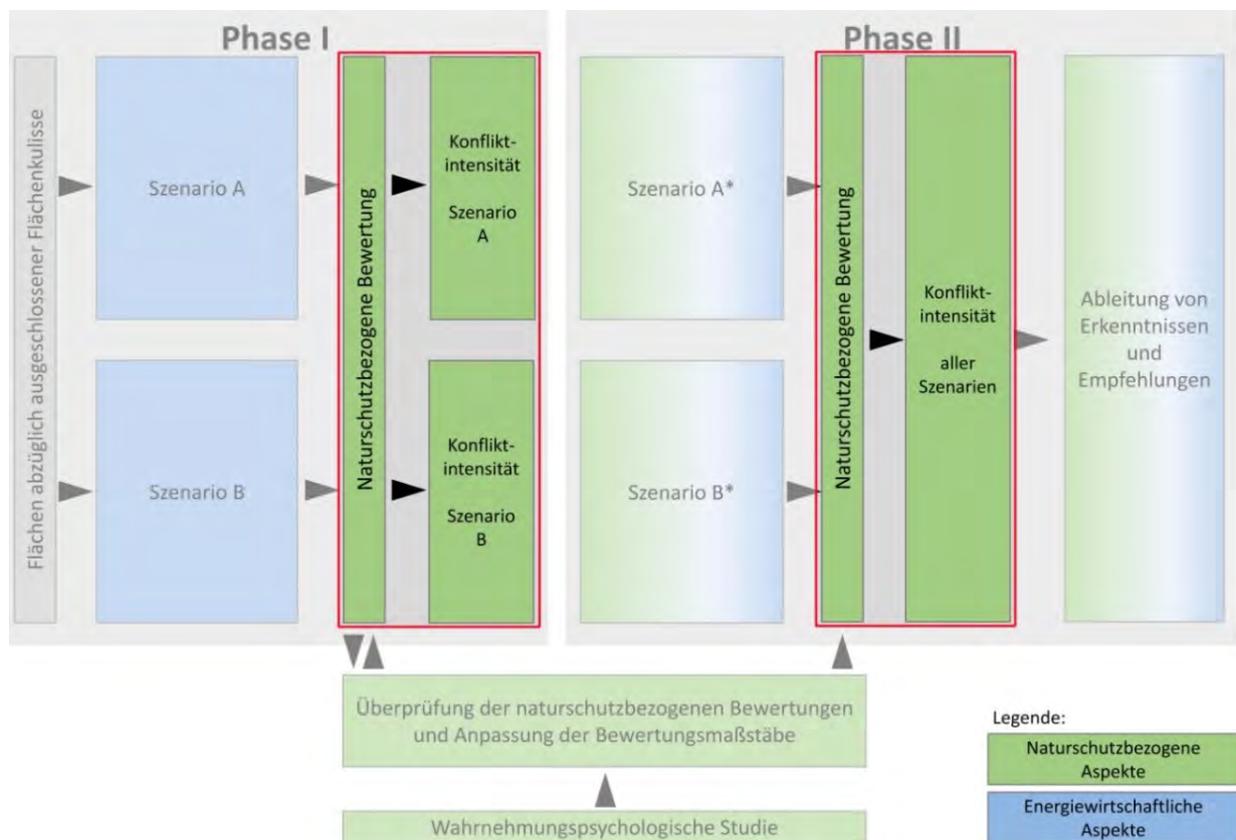


Abb. 23: Einordnung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung in den Projektkontext

### 4.2 Vorgehensweise

Die räumlich differenzierte Bewertung von Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes auf der Bundesebene basiert auf Ansätzen, die von der Bosch & Partner GmbH im Rahmen eines BBSR- Forschungsvorhabens (BMVI 2015) entwickelt worden sind. Sie dient dazu,

natur- und landschaftsschutzbezogene Konfliktrisiken gegenüber spezifischen Vorhabentypen im Raum abzubilden. Im vorliegenden Forschungsvorhaben geht es um die Untersuchung des Vorhabentyps Windenergieanlage an Land.

Wesentliches Ziel dabei ist die Differenzierung des Raums hinsichtlich geringerer und höherer Konfliktrisiken mit dem Natur- und Landschaftsschutz. Je genauer die räumliche Differenzierung ausfällt, desto besser können die Belange von Natur und Landschaft bei strategischen Entscheidungen eingebunden werden.

Die Herangehensweise genügt dafür folgenden Prämissen:

- Alle umweltbezogenen Raumeigenschaften und daraus resultierende Konfliktrisiken werden so differenziert wie möglich (Verhältnismäßigkeit des Aufwands) erfasst und abgebildet (Indikatoren).
- Jeder Raum hat verschiedene wertgebende Eigenschaften (Ausprägungen der natur- und landschaftsschutzbezogenen Schutzgüter), diese bilden die Grundlage für eine möglichst flächendeckende Bewertung.
- Jeder Bewertungsvorgang erfolgt anhand einer reproduzierbaren Struktur und wird transparent dargestellt.

Die natur- und landschaftsschutzbezogene Raumbewertung verbindet Schritte einer GIS-gestützten Analyse mit denen einer diskursiven Expertenbewertung. Die einzelnen eng miteinander verbundenen Bestandteile dieser Bewertung werden im Folgenden erläutert.

### 4.3 Ermittlung von Konflikten

Die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen sind mit Auswirkungen auf Natur und Landschaft verbunden. Diese treten auf, wenn die vorhabenbezogenen Wirkungen auf die Umwelt treffen und bei den dort betroffenen Umweltfaktoren und -funktionen je nach spezifischer Empfindlichkeit gegenüber den Wirkfaktoren Veränderungen (Auswirkungen) auslösen (Abb. 24). Aufgrund der auftretenden Wirkfaktoren, wie z.B. der Wirkung der Anlage im Raum oder der Rotorblattbewegung, kann es zu Beeinträchtigungen der relevanten Schutzgüter und so zu Konflikten mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes kommen.



Abb. 24: Gefüge von Ursache-Wirkung-Betroffenheit-Auswirkung

Um die potenziellen Konflikte der Windenergienutzung mit den Belangen von Natur und Landschaft zu bestimmen, ist zunächst das spezifische Wirkprofil von Windenergieanlagen an Land anhand der relevanten Wirkfaktoren zu definieren. Dabei sind die vorhabenseitigen

Wirkfaktoren und Wirkintensitäten zu unterscheiden in:

- baubedingte Wirkfaktoren,
- anlagenbedingte Wirkfaktoren sowie
- betriebsbedingte Wirkfaktoren.

Das Wirkprofil von Windenergieanlagen an Land kann im Allgemeinen einheitlich definiert werden. Eine Ausnahme bilden sogenannte Kleinwindenergieanlagen, die aufgrund ihrer deutlich untergeordneten Bedeutung für den Ausbau der Windenergienutzung hier nicht weiter beachtet werden. Im Speziellen ist zwischen Offshore- und Onshore-Anlagen und weiterführend zwischen Stark- und Schwachwindanlagen zu unterscheiden. Dabei ändern sich die Wirkprofile aufgrund der jeweiligen Ausprägung technischer Parameter jedoch nur im Detail und sind daher im Rahmen des Vorhabens und in Anbetracht der Aussageschärfe mit Ausnahme des Landschaftsbildes zu vernachlässigen.

Für den vorliegenden Bericht liegt der Fokus auf dem Wirkprofil von Onshore-Windenergieanlagen. Mit dem Bau der Windenergieanlagen an Land sind z. B. die temporäre Inanspruchnahme von Flächen zur Lagerung und Errichtung, Lärm- und Lichtemissionen sowie Stoffemissionen verbunden. Die Anlage nimmt Fläche für den Sockel am Maststandort in Anspruch und wirft einen Schatten. Sie selbst wirkt zum einen als Hindernis bzw. Barriere im Raum. Zum anderen besitzt sie eine raumprägende Wirkung, die über eine weite Entfernung sichtbar ist. Mit dem Betrieb der Windenergieanlage, also den Drehbewegungen der Rotorblätter, sind eine zusätzliche Hindernis- bzw. Barrierewirkung, auch durch Bereiche mit stark verändertem Luftdruck, sowie Lärmemissionen und der sog. Diskoeffekt (Schattenwurf) verbunden. Die erforderliche Hinderniskennzeichnung der Windenergieanlagen führt zu Lichtemissionen.

Da die Auswirkungen der Windenergieanlagen und die potenziellen Konflikte mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes von der Ausführung des Vorhabens (hier als Wirkprofil einheitlich definiert) sowie von der Empfindlichkeit und Bedeutung des betroffenen Umweltausschnitts abhängen, bilden beide Faktoren die Basis für die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen auf Natur und Landschaft und damit für die Konfliktanalyse. Aufgrund des weitreichend erforschten Wirkungswissens über Windenergieanlagen sind alle potenziellen Konflikte zumindest in den Grundzügen bekannt (Peters et al. 2011). In den folgenden Unterkapiteln werden die im Zusammenhang mit der Windenergienutzung bestehenden möglichen Wirkungszusammenhänge und die daraus resultierenden Konflikte aus natur- und landschaftsschutzfachlicher Sicht schutzgutbezogen dargestellt.

#### **4.3.1 Konflikte mit abiotischen und biotischen Schutzgütern**

Der Bau und Betrieb von Windenergieanlagen an Land ist mit einer Reihe potenzieller Konflikte mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes verbunden. Im Bereich der abiotischen und biotischen Schutzgüter liegen eine Vielzahl von Wirkfaktoren vor, die z. B. auf Vögel und Fledermäuse sowie deren Lebensraum wirken und zu Konflikten mit den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes führen können.

Hinsichtlich der Konflikte sind die zugrundeliegenden Wirkungszusammenhänge in Teilbereichen, vor allem in Bezug auf Vögel, bereits intensiv untersucht worden (vgl. nur exemplarisch die Übersicht von Studien zum Einfluss von Windenergieanlagen auf den Kiebitz bei Steinborn und Reichenbach (2011), die bereits im Jahr 2011 13 Untersuchungen, beginnend im Jahr 1999, umfasste). Der aktuelle Kenntnisstand zu den Wirkungsgefügen und den potenziellen resultierenden Konflikten wird in der folgenden Tab. 14 näher erläutert.

Tab. 14: Konflikte der Windenergienutzung mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes im Bereich abiotischer und biotischer Schutzgüter

Potenzieller Konflikt	Erläuterung
Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von Vogel- und Fledermaus- sowie weiteren Tierarten.	Die Errichtung, der Rückbau und der Betrieb von Windenergieanlagen sind mit Scheuchwirkungen durch sich drehende Windenergieanlagen verbunden, die durch Meidung des Gebietes zum Verlust von Lebensräumen von Vögeln führen können. Weiterhin gehen sie mit indirekter Beeinträchtigung des Lebensraumes für Tier- und Pflanzenarten einher. Durch weitere Effekte wie Schallemissionen, Schattenwurf, Elektromagnetismus, Feuer, Schadstoffeintrag und Raumwirkung treten Populationsbeeinträchtigungen auf.
Betriebsbedingte Tötung von Vogel- und Fledermausarten	Der Betrieb von Windenergieanlagen ist mit sich drehenden Rotorblättern sowie Veränderungen im lokalen Luftdruck verbunden, die aufgrund von Kollisionen zu Individuenverlusten von Vögeln und Fledermäusen aber auch Insekten führen.
Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitaten von Vogel- und Fledermaus- sowie weiteren Tierarten.	Die Errichtung, der Rückbau und der Betrieb von Windenergieanlagen sind mit dem direkten Verlust (Versiegelung, dauerhafte oder vorübergehende Entfernung von Gehölzaufwuchs) des Lebensraumes von Tierarten verbunden. Insbesondere die Inanspruchnahme oder Veränderung der Brut-, Rast- und Nahrungshabitats von Vogel- und Fledermausarten führt zu Beeinträchtigungen der Population. Schall und Vibrationen im Boden und Gewässern führen zu Populationsbeeinträchtigungen für Fische, Amphibien und Kriechtiere. Zudem sind damit Auswirkungen auf Insekten und somit auf weitere abhängige Elemente des Ökosystems verbunden.
Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen und Verlust der CO <sub>2</sub> -Speicher	Der Bau von Windenergieanlagen ist mit der Inanspruchnahme von Boden sowie dessen Versiegelung verbunden. Die Veränderungen des Bodens können zu Beeinträchtigungen seiner Funktionen führen.
Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von botanisch wertvollen Biotopen	Mit der Errichtung, dem Rückbau und dem Betrieb von Windenergieanlagen ist durch die Inanspruchnahme von Fläche auch die Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie ggf. besonders empfindlichen Habitats verbunden. Damit geht der Verlust von bestimmten Habitatfunktionen einher.
Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen, der Gewässer und des Grundwassers	Der Bau und Rückbau von Windenergieanlagen ist mit der Inanspruchnahme von Flächen sowie deren Versiegelung verbunden. Die Veränderungen können sich auf den Wasserhaushalt auswirken und zu Beeinträchtigungen, z. B. durch Verunreinigungen, führen. Ebenso kann die Verwendung wassergefährdender Stoffe zur negativen Veränderung von Gewässern und des Grundwassers führen.

### 4.3.2 Konflikte mit dem Schutzgut Landschaft

Der Bau und Betrieb von Windenergieanlagen an Land ist zudem mit potenziellen Konflikten mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes im Bereich des Landschaftsbildes und der Erholungsfunktion verbunden. Eine Reihe von Wirkfaktoren kann dahingehend zu Konflikten führen. Der aktuelle Kenntnisstand zu den Wirkungsgefügen und den potenziellen resultierenden Konflikten wird in Tabelle 15 näher erläutert.

Tab. 15: Konflikte der Windenergienutzung mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes im Bereich des Schutzguts Landschaft

Potenzieller Konflikt	Erläuterung
Anlagen- und betriebsbedingte Veränderung der Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe durch visuelle Störung und Lärmemissionen	Durch den Bau und Rückbau der Windenergieanlagen sind geringe temporäre Wirkungen zu erwarten. Die wesentlichen zu betrachtenden Wirkungen gehen dagegen von den Anlagen und deren Betrieb aus. Besonders visuelle Störungen (optische Dominanz, Schattenwurf, Lichtemissionen) und Lärmemissionen sind mit den Anlagen und deren Betrieb verbunden. Während sich die akustischen Wirkungen auf das nähere Umfeld der Anlage beschränken, wirkt die optische Beeinträchtigung der Anlage deutlich weiter. Die (vor allem technische) Präsenz und Dominanz von Windenergieanlagen in der Landschaft kann sich negativ auf die Vielfalt, die Eigenart, die Schönheit sowie die Naturnähe der Landschaft auswirken und so die Landschaftsqualität verringern.
Anlagen- und betriebsbedingte Veränderung des Erholungswerts durch visuelle Störung und Lärmemissionen	Durch den Bau und Rückbau der Windenergieanlagen sind geringe temporäre Wirkungen zu erwarten. Die wesentlichen zu betrachtenden Wirkungen gehen dagegen von den Anlagen und deren Betrieb aus. Besonders visuelle Störungen (optische Dominanz, Schattenwurf, Lichtemissionen) und Lärmemissionen sind mit den Anlagen und deren Betrieb verbunden. Während sich die akustischen Wirkungen auf das nähere Umfeld der Anlage beschränken, wirkt die optische Beeinträchtigung der Anlage deutlich weiter. Diese Auswirkungen können zur Beeinträchtigung der Erholungseignung und der -nachfrage führen und somit die Funktion der Landschaft für die Erholung einschränken.

## 4.4 Auswahl von Flächenkategorien zur Abbildung der Konflikte

### 4.4.1 Abiotische und biotische Schutzgüter

Abgesehen vom Einzelfall, lassen sich im Zuge der bundesweiten Analyse die spezifischen Empfindlichkeiten gegenüber der Windenergienutzung (z. B. Vogelschlag durch Windenergieanlagen) und daraus resultierende mögliche Konflikte (z. B. Kollision von Vögeln) i.d.R. nicht durch die vorliegenden räumlichen Informationen und Datengrundlagen abschließend und eindeutig abbilden. So wären z. B. exakte raumbezogene Daten zum Vogelflug erforderlich.

Für die natur- und landschaftsschutzbezogene Raumbewertung stehen aber eine Reihe unterschiedlicher Rauminformationen zur Verfügung. Als geeignet gelten solche Rauminformationen, anhand der die Konflikte mit der Windenergienutzung im Raum identifiziert werden können. Entsprechende Datengrundlagen werden verwendet, um Flächenkategorien zu entwickeln, die potenzielle Konflikte indizieren. Die Flächenkategorien

eignen sich besonders, wenn sie eine hohe Bindung zu den für die Bewertung der Konfliktrisiken relevanten Eigenschaften aufweisen. Hinsichtlich des Vogelschlags sind z. B. Vogelschutzgebiete aufgrund ihres Charakters zum Schutz von Vögeln sehr eng mit der gesuchten Eigenschaft, nämlich dem Vorkommen von gegenüber Windenergienutzung empfindlichen Vogelarten, verbunden. Anhand solcher Flächenkategorien lässt sich ein dem Planungsmaßstab angemessenes Abbild der natur- und landschaftsschutzbezogenen Empfindlichkeit und der Bedeutung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes auf der Bundesebene erzeugen.

Die Flächenkategorien lassen sich vor allem aus Flächennutzungs- und Schutzgebietsdaten und unter Berücksichtigung angrenzender Bereiche ableiten. Diese werden im Zuge der räumlichen Analyse als Indikatoren für spezifische Empfindlichkeiten und Wertigkeiten des Raumes genutzt. Parallel zur Entwicklung dieser Indikatoren sind deshalb die erforderlichen Flächenkategorien – Geodaten in Form bundesweit homogener Datensätze – zur Abbildung der relevanten Informationen im Raum zusammengestellt und aufbereitet worden. Dabei verbleiben bei der Verwendung bundesweiter Daten stets Unsicherheiten. Zum einen handelt es sich jeweils um ein vereinfachtes Abbild der Realität und zum anderen sind die gesuchten Eigenschaften in der Regel nur eine Teilinformation, für die keine weitere räumliche Differenzierung vorliegt (z.B. zeigt die räumliche Abgrenzung von Vogelschutzgebieten nur einen Hinweis auf die Brutgebiete von für Windenergieanlagen empfindliche Vögel, wo sich die Fortpflanzungsstätten genau befinden, geht aus dem Datensatz aber nicht hervor). Im Zuge der Auswahl der Flächenkategorien gilt es hinsichtlich der anschließenden Bewertung zu berücksichtigen, dass die Wirkungen von Windenergieanlagen deutlich über ihren Standort hinausreichen. Aus diesem Grund ist bei der Bewertung von Konfliktrisiken nicht nur der Standort, sondern ebenfalls das Konfliktrisiko im Wirkungsbereich der Anlagen einzubeziehen. Dies würde für die GIS-gestützte Analyse im Zuge der Überlagerung von Raumbewertung einen erheblichen Aufwand bedeuten, da mit den Anlagenverteilungen der Szenarien konflikt-spezifische Abstandspuffer berechnet werden müssten. Dieser Aufwand lässt sich vermeiden, indem weitere Flächenkategorien zur Abbildung der spezifischen Empfindlichkeiten in Abhängigkeit der Wirkräume einbezogen werden.

Das bedeutet, dass die Wirkungen der Windenergieanlagen bereits auf Seite der abgebildeten Konfliktrisiken berücksichtigt werden. Grundlegend nimmt die Wirkung von Windenergieanlagen mit zunehmender Entfernung vom Anlagenstandort ab. Um die Fernwirkung einer Windenergieanlage, die sich im Umfeld eines Gebietes mit besonderer Empfindlichkeit befindet, auf diesen Raum zu berücksichtigen, wird das Gebiet mit definierten Abstandsflächen versehen. Diese Abstandsflächen indizieren die Konfliktrisiken beim Bau einer Windenergieanlage hinsichtlich des besonders empfindlichen Gebiets. Ein Beispiel für dieses Vorgehen ist die Flächenkategorie Nr. 11 RAMSAR-Gebiete (Tab. 16). Flächen innerhalb dieser Flächenkategorie besitzen ein hohes Konfliktrisiko (KRK 4). Da jedoch eine außerhalb des RAMSAR-Gebietes platzierte Anlage in das Gebiet hineinwirken kann (z.B. durch Wirkungen wie Lärm oder Schattenwurf) sind die Flächenkategorie 11a „Angrenzende Bereiche zu RAMSAR-Gebieten“ erstellt. Diese besitzt ein geringeres Konfliktrisiko. So bilden die Abstandsflächen auch ab, dass z. B. besonders empfindlicher Vogelarten in dem RAMSAR-Gebiet mit einiger Wahrscheinlichkeit auch außerhalb des eigentlichen Gebiets Lebensräume in Anspruch nehmen und daraus mögliche Konflikte mit der Windenergienutzung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes einhergehen.

Diese Tatsachen werden bei der anschließenden Bewertung des Konfliktrisikos berücksichtigt, indem neben der Empfindlichkeit und der normativen Bindung auch die Treffsicherheit der Flächenkategorie als wertgebend herangezogen wird. Allgemein wird angenommen, dass mit steigender Treffsicherheit auch das Konfliktrisiko zunimmt.

Im Folgenden werden die ausgewählten Flächenkategorien vorgestellt. Unterschieden werden diese jeweils nach den abzubildenden schutzgutbezogenen Konflikten. Dabei können einzelne Flächenkategorien für mehrere Schutzgüter herangezogen werden. Die vorliegende Liste im Forschungsvorhaben verwendeter Flächenkategorien ist im Rahmen der projektbegleitenden Arbeitsgruppe und mit dem Auftraggeber zu mehreren Terminen diskutiert und unter Berücksichtigung der Anmerkungen und Korrekturen erweitert sowie fortentwickelt worden. Die aufgelisteten Flächenkategorien stellen die Grundlage der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung dar. Zur Abbildung der abiotischen und biotischen Schutzgüter werden insgesamt 39 Flächenkategorien verwendet (Tab. 16).

Tab. 16: Flächenkategorien zur Abbildung der abiotischen und biotischen Schutzgüter

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
1	<p><b>Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten:</b></p> <p>Europäischen Vogelschutzgebiete/SPA sind auf Grundlage der Richtlinie 79/409/EWG (VSchRL) über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten ausgewiesen. Aufgrund des europarechtlichen Charakters und damit verbundener materieller Rechtswirkung besitzen die Gebiete eine besonders große normative Bedeutung. Die Gebiete dienen dem besonderen Schutz wildlebender Vogelarten und ihrer Lebensräume, in diesem Sinne den Brut-, Nahrungs-, Rast- und Zuggebieten von nach Anhang I VSchRL seltenen bzw. bedrohten Arten. Die Liste seltener bzw. bedrohter Arten umfasst auch solche, die lediglich eine sehr geringe spezifische Empfindlichkeit gegenüber der Windenergienutzung aufweisen.</p> <p>Die Unterscheidung zwischen besonders und nicht besonders empfindlichen Vogelarten erfolgt im Forschungsvorhaben unter Berücksichtigung des vorhabenspezifischen Mortalitätsgefährdungsindex (vMGI) nach Bernotat und Dierschke 2016. Als nicht besonders empfindlich gelten dabei alle Vogelarten ohne vMGI sowie mit einem vMGI der Klasse D oder E. Der hier verwendete Datensatz umfasst nur entsprechende Vogelschutzgebiete/SPA <u>ohne</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten. Alle Europäischen Vogelschutzgebiete/SPA <u>mit</u> Vorkommen besonders empfindlicher Vogelarten (vMGI A bis C) gelten als Kategorie mit Ausschlusswirkung.</p> <p>Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie basiert auf dem BfN-Datensatz „Vogelschutzgebiete“. Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor. Die enthaltene Information über die Schutzgebietsbezeichnung (SITECODE) dient als Grundlage zur Verknüpfung des BfN-Datensatzes mit der Natura 2000 Datenbank der European Environmental Agency für Deutschland sowie den Datenblättern mit den Artenspezifischen Mortalitätsgefährdungsindex nach Bernotat und Dierschke (2016) (diese werden über das Feld SPECIES miteinander verknüpft). Anhand der jeweils vorkommenden Vogelarten erfolgt die Zuordnung als Gebiet mit und ohne ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten.</p> <p>Die Flächenkategorie bildet überwiegend Räume mit Brut-, Nahrungs- und Rasthabitats besonders geschützter, ggü. Windenergie nicht besonders empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</li> <li>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten.</li> <li>Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von botanisch wertvollen Biotopen.</li> </ul>
2	<p><b>Angrenzende Bereiche zu Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten im Abstand von 0-1.000 m:</b></p> <p>Europäischen Vogelschutzgebiete/SPA <u>mit</u> Vorkommen besonders empfindlicher Vogelarten gelten als Kategorie mit Ausschlusswirkung. Als besonders empfindlich sind alle Arten mit einem vMGI nach Bernotat und Dierschke (2016) von A bis C definiert.</p> <p>Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „Europäische Vogelschutzgebiete/SPA <u>mit</u> Vorkommen besonders empfindlicher Vogelarten“.</p>

Anhand eines Puffers von 1.000 m ab den äußeren Grenzen der entsprechenden Vogelschutzgebiete/SPA wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Angrenzende Gebiete in einem Abstand von bis zu 1.000 m von den Schutzgebietsgrenzen besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien der relevanten Vogelarten zum einen eine Bedeutung als Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat der im Europäischen Vogelschutzgebiet/SPA geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von bis 1.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen in die Schutzgebietenflächen hineinwirken können. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten.

**2a Angrenzende Bereiche zu Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten im Abstand von 1.000-2.000 m:**

Neben direkt angrenzenden Flächen besitzen auch weiter, vom Europäischen Vogelschutzgebiet/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten, entfernte Bereiche eine Bedeutung als Lebensraum.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „Europäische Vogelschutzgebiete/SPA mit Vorkommen besonders empfindlicher Vogelarten“. Mit Hilfe eines Puffers im Abstand von 1.000 bis 2.000 m wird die Flächenkategorie im GIS-System erzeugt.

Angrenzende Gebiete in einem Abstand von 1.000 bis 2.000 m von den Schutzgebietsgrenzen, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien zum einen eine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat der im Vogelschutzgebiet/SPA geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von 1.000 bis 2.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen zum Teil in die Ausschlussflächen hineinwirken können. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten.

**2b Angrenzende Bereiche zu Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten im Abstand von 2.000-3.000 m:**

Ebenso besitzen weiter, vom Europäischen Vogelschutzgebiet/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten, entfernte Bereiche eine Bedeutung als Lebensraum.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „Europäische Vogelschutzgebiete/SPA mit Vorkommen besonders empfindlicher Vogelarten“. Mit Hilfe eines Puffers im Abstand von 2.000 bis 3.000 m wird die Flächenkategorie im GIS-System erzeugt.

Angrenzende Gebiete in einem Abstand von 2.000 bis 3.000 m von den Schutzgebietsgrenzen, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien zum einen eine teilweise Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat der im Europäischen Vogelschutzgebiet/SPA geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten.

**3 FFH-Gebiete ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten:**

FFH-Gebiete sind auf Grundlage der Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen ausgewiesen. Aufgrund des europarechtlichen Charakters

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

und damit verbundener materieller Rechtswirkung besitzen die Gebiete eine besonders große normative Bedeutung. Sie dienen zur Erhaltung natürlicher Lebensräume, wildlebender Tiere (insbesondere auch solchen ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogel- und Fledermausarten) und Pflanzen einschließlich angrenzender Bereiche zu Fauna-Flora-Habitat-Gebieten. Die Liste natürlicher Lebensräume, wildlebender Tiere und Pflanzen umfasst auch solche die keine oder lediglich eine sehr geringe Empfindlichkeit gegenüber der Windenergienutzung aufweisen.

Die Unterscheidung zwischen besonders und nicht besonders empfindlichen Vogelarten erfolgt unter Berücksichtigung des vorhabenspezifischen Mortalitätsgefährdungsindex (vMGI) nach Bernotat und Dierschke (2016). Als nicht besonders empfindlich gelten dabei alle Vogelarten ohne vMGI sowie mit einem vMGI der Klasse D oder E. Anders ist es bei den Fledermausarten. Hier sind alle Arten mit einem Mortalitätsgefährdungsindex A, B, C, D und E als gegenüber Windenergieanlagen empfindlich verwendet.

Der hier verwendete Datensatz umfasst nur entsprechende FFH-Gebiete ohne Vorkommen ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogel- oder Fledermausarten. Alle FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten gelten als Kategorie mit Ausschlusswirkung.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie basiert auf dem BfN-Datensatz „FFH-Gebiete“. Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor. Die Enthaltenen Informationen über die Schutzgebietsbezeichnung (SITECODE) dient als Grundlage zur Verknüpfung des BfN-Datensatzes mit der Natura 2000 Datenbank der European Environmental Agency (EEA) für Deutschland sowie den Datenblättern mit den Artenspezifischen Mortalitätsgefährdungsindex nach Bernotat und Dierschke (2016) (diese werden über das Feld SPECIES miteinander verknüpft). Anhand der Vogel- und Fledermausarten erfolgte die Zuordnung als Gebiet mit und ohne ggü. Windenergie besonders empfindlichen Arten. Bei der räumlichen Verschneidung der FFH-Datensätze des BfN und der EEA, die zur Selektion der FFH-Gebiete ohne vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Arten notwendig ist, entstehen Splitterpolygone. Diese sind beseitigt, indem Flächen mit einer Grundfläche < 100 m<sup>2</sup> oder einem sogenannten Schlankheitsindex (Fläche/Umfang) < 10 entfallen.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher, gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität) sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktionen) und Standorte gefährdeter Pflanzenarten ab. Weiterhin werden teilweise Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen abgebildet. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von botanisch wertvollen Biotopen.

**4 Angrenzende Bereiche zu FFH-Gebieten mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermäuse im Abstand von 0-1.000 m:**

FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten gelten als Kategorie mit Ausschlusswirkung. Als besonders empfindlich sind alle Fledermausarten sowie solche Vogelarten mit einem vMGI nach Bernotat und Dierschke (2016) von A bis C definiert.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „FFH-Gebiete mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten“. Anhand eines Puffers von 1.000 m ab den äußeren Grenzen der entsprechenden FFH-Gebiete wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Angrenzende Gebiete in einem Abstand von bis zu 1.000 m von den Schutzgebietsgrenzen, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien der relevanten Vogel- und Fledermausarten zum einen eine Bedeutung als Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat der im FFH-Gebiet geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogel- oder Fledermausarten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von bis 1.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen in die Schutzgebietsfläche hineinwirken können. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
	<p>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</p> <p>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten.</p>
4a	<p><b>Angrenzende Bereiche zu FFH-Gebieten mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten im Abstand von 1.000-2.000 m:</b></p> <p>Neben direkt angrenzenden Flächen besitzen auch weiter, vom FFH-Gebiet <u>mit</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten, entfernte Bereiche eine Bedeutung als Lebensraum.</p> <p>Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „FFH-Gebiete <u>mit</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten“. Mit Hilfe eines Puffers im Abstand von 1.000 bis 2.000 m wird die Flächenkategorie im GIS-System erzeugt.</p> <p>Angrenzende Gebiete in einem Abstand von 1.000 bis 2.000 m von den Schutzgebietsgrenzen, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien zum einen eine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat der im FFH-Gebiet geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogel- und Fledermausarten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von 1.000 bis 2.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen zum Teil in die Ausschlussflächen hineinwirken können. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:</p> <p>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</p> <p>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten</p>
4b	<p><b>Angrenzende Bereiche zu FFH-Gebieten mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten im Abstand von 2.000-3.000 m:</b></p> <p>Ebenso besitzen weiter, vom FFH-Gebiet <u>mit</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten, entfernte Bereiche eine Bedeutung als Lebensraum.</p> <p>Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „FFH-Gebiete <u>mit</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogel- und Fledermausarten“. Mit Hilfe eines Puffers im Abstand von 2.000 bis 3.000 m wird die Flächenkategorie im GIS-System erzeugt.</p> <p>Angrenzende Gebiete in einem Abstand von 2.000 bis 3.000 m von den Schutzgebietsgrenzen, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien zum einen eine teilweise Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat der im FFH-Gebiet geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogel- und Fledermausarten. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:</p> <p>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</p> <p>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten</p>
5	<p><b>Habitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten des „Helgoländer Papier“ mit Mortalitätsindex A außerhalb von Schutzgebieten:</b></p> <p>Außerhalb von Schutzgebieten, die primär dem Erhalt der ggü. Windenergienutzung empfindlichen Vogelarten und ihrer Lebensräume dienen, befinden sich ebenfalls potenzielle Lebensräume und Vorkommen geschützter und ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten. Dabei ist zwischen den Vogelarten mit vMGI A, B und C zu unterscheiden, um eine möglichst weitgehende räumliche Differenzierung zu gewährleisten.</p> <p>Die Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage von Landnutzungsklassen des Datensatzes CORINE Landcover (Stand 2012) in Verbindung mit den Bruthabitatdaten der European Environmental Agency zum Implementation Report, Article 12, Birds Directive (Stand 2013) und den Daten des Dachverbands Deutscher Avifaunisten e.V. (DDA) zum vorhabensspezifischen Mortalitätsgefährdungsindex (vMGI) nach Bernotat und Dierschke (2016), wobei in diesem Fall nur Vogelarten mit</p>

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

vMGI A berücksichtigt sind.

Die Zuweisung der CORINE Landnutzungsklassen zu den Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) erfolgt auf Grundlage der Daten des DDA (Datenbestand: „Zuweisung von CORINE Landnutzungsklassen zum Brutzeitlebensraum Brutzeitlebensraum („Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) einer Auswahl windenergiesensibler Vogelarten, Stand November 2016).

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Bruthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten.

**5a Habitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten des „Helgoländer Papier“ mit Mortalitätsindex B außerhalb von Schutzgebieten:**

Für die Vogelarten mit vMGI B erfolgte die Ermittlung der Habitate entsprechend des Vorgehens für Flächenkategorie Nummer 5.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Bruthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten.

**5b Habitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten des „Helgoländer Papier“ mit Mortalitätsindex C außerhalb von Schutzgebieten:**

Für die Vogelarten mit vMGI C erfolgte die Ermittlung der Habitate entsprechend des Vorgehens für Flächenkategorie Nummer 5.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Bruthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie nicht besonders empfindlichen Vogelarten.

**6 Landschaftsschutzgebiete:**

Landschaftsschutzgebiete sind gemäß § 26 NatSchG rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete zum besonderen Schutz von Natur und Landschaft. Der Schutz dient unter anderem zur Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensstätten und Lebensräumen bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten. Unter besonderer Beachtung des § 5 Abs. 1 BNatSchG sind nach Maßgabe näherer Bestimmungen alle Handlungen verboten, die den Charakter des Gebiets verändern oder dem besonderen Schutzzweck zuwiderlaufen. Die Gebiete entfalten durch bestimmte Ge- und Verbote eine normative Wirkung, die jedoch durch bestimmte Regelungen ausgesetzt werden kann. So können z. B. einzelne Gebiete aus dem Schutzgebiet herausgenommen werden oder Ausnahmeregelungen gestattet werden.

Die Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des BfN-Datensatz „Landschaftsschutzgebiete“. Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor. Anzumerken ist, dass Landschaftsschutzgebiete in der Regel großzügig ausgewiesen sind.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher und gefährdeter Arten sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Zudem bildet sie teilweise Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten.

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten.

7

**Naturparke:**

Naturparke sind gemäß § 26 BNatSchG festgesetzte Gebiete zum Schutz durch Nutzung im Sinne von Kulturlandschaften und Natur mit hoher Erholungsfunktion. Sie dienen allerdings ebenfalls der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung einer durch vielfältige Nutzung geprägten Landschaft und ihrer Arten- und Biotopvielfalt. Dazu wird dort eine dauerhaft umweltgerechte Landnutzung angestrebt. Die Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des BfN-Datensatzes „Naturparke“. Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) sowie Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher und gefährdeter Arten als auch Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten.

8

**Biosphärenreservate Entwicklungszone (III):**

Die Entwicklungszone (Zone III) von Biosphärenreservaten ist gemäß § 25 BNatSchG ausgewiesener Teil der Schutzgebietskategorie mit wirtschaftlicher Nutzung und gleichzeitig in der Regel Modellregion nachhaltiger Entwicklung.

Die Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des BfN-Datensatzes „Biosphärenreservate“. Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor. Es erfolgt eine GIS-gestützte Selektion der Biosphärenreservate der Zone III.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher und gefährdeter Arten als auch Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten.

9

**Wasserschutzgebiete (WSG) III:**

Die als Zonen I und II festgesetzten Wasserschutzgebiete sind als Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung definiert. Wasserschutzgebiete der Zone III dienen gemäß §§ 50-53 WHG dem Schutz des gesamten Einzugsgebietes der Wasserfassung. In diesen Gebieten gelten Verbote und Nutzungseinschränkungen hinsichtlich des Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen, Massentierhaltung, Kläranlagen, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie dem Ablagern von Schutt und Abfallstoffen und weiterem.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BfG-Datensatzes „ProtectedAreaDrinking“ (BfG, Stand 2015) mit Ausnahme von Hessen (BfG, Stand 2010), Bayern (LfU, Stand 2016), Thüringen (GFG, Stand 2010), Baden-Württemberg (LUBW, Stand 2016), Berlin (Geoportal Berlin, Stand 2009). Aus den jeweiligen Datensätzen werden GIS-gestützt die Wasserschutzgebiete der Zone III selektiert und kombiniert.

Wasserschutzgebiete III besitzen nur eingeschränkte Funktionen die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sein könne. Die Flächenkategorie bildet teilweise Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / Verunreinigung des Grundwassers.

- 10 Festgelegte und planreife Heilquellenschutzgebiete:**  
 Heilquellenschutzgebiete sind gemäß § 53 WHG geschützte Bereich die dem Erhalt von Heilquellen aus Gründen des Wohls der Allgemeinheit dienen. Sie werden durch Rechtsverordnungen der Länder festgesetzt. Grundlegend gelten für heilquellenschutzgebiete dieselben Vorschriften wie für Trinkwasserschutzgebiete.  
 Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BfG-Datensatzes „ProtectedAreaDrinking“ (BfG, Stand 2015) mit Ausnahme von Hessen (BfG, Stand 2010), Bayern (LfU, Stand 2016), Thüringen (GFG, Stand 2010), Baden-Württemberg (LUBW, Stand 2016), Berlin (Geoportal Berlin, Stand 2009). Aus den jeweiligen Datensätzen werden GIS-gestützt die Heilquellenschutzgebiete selektiert und kombiniert.  
 Die Flächenkategorie bildet teilweise Bereiche mit geringer GW-Schutzfunktion der Deckschichten und hoher GW-Neubildung sowie Hochwasserentstehungsgebiete ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:  
 Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / Verunreinigung des Grundwassers.
- 11 Ramsar-Gebiete:**  
 Die Ramsar-Gebiete sind auf der Grundlage der völkerrechtlichen Ramsar-Konvention von 1975 zum Schutz von Feuchtgebieten insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel von internationaler Bedeutung ausgewiesen. In den Gebieten besteht kein rechtsverbindliches Nutzungs- oder Bauverbot, welches eine Windenergienutzung ausschließen würde.  
 Die Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des BfN-Datensatzes „Ramsar-Gebiete“. Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor.  
 Die Flächenkategorie bildet überwiegend Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität) sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) als auch Standorte gefährdeter Pflanzenarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:  
 Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.  
 Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.  
 Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten.
- 11a Angrenzende Bereiche zu Ramsar-Gebieten im Abstand von 0-1.000 m:**  
 Angrenzende Bereich in einem Abstand von den Ramsar-Gebieten bis zu 1.000 m besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien der relevanten Vogelarten zum einen eine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat der im Ramsar-Gebiet vorkommenden und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von bis 1.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen in die Schutzgebietsfläche hineinwirken können.  
 Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie „Ramsar-Gebiete“. Mit Hilfe eines Puffers im Abstand von 1.000 m um die Schutzgebietsgrenzen wird die Flächenkategorie im GIS-System erzeugt.  
 Die Flächenkategorie bildet überwiegend Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher und gefährdeter Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:  
 Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.  
 Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.
- 12 Important Bird Area (IBA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA:**  
 Important Bird Areas sind Gebiete, die nach international einheitlichen Kriterien identifiziert werden, da

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

sie als wichtig für den Arten- und Biotopschutz, speziell für Vögel, eingestuft werden. Das Programm ist Ende der 1970er Jahre vom Welt-Dachverband der Vogelschutzverbände BirdLife International ins Leben gerufen und eine nichtstaatliche Naturschutzinitiative. Die Gebiete werden durch die nationalen Mitgliedsorganisationen von BirdLife unabhängig von einer staatlichen Ausweisung als Naturschutzgebiet gelistet und werden als Vorschlagslisten für künftige nationale Schutzgebietsausweisungen oder erhöhte Schutzanordnungen herangezogen werden. IBAs sollen klein genug sein um als Ganzes unter Schutz gestellt werden zu können, sich aber hinsichtlich des Habitats und der ornithologischen Eigenart von der umgebenden Landschaft unterscheiden.

Die IBA-Gebiete dienen als wesentliche Grundlage zur Ausweisung von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA. Aber auch in den verbleibenden IBA-Gebieten die keinen formalen Schutzstatus besitzen, sind insbesondere solche ggü. Windenergie besonders empfindliche Vogelarten und deren Habitat zu finden. Wesentlich im Hinblick auf potenzielle Konflikte mit der Windenergienutzung sind die IBA-Gebiete der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6 außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des Nabu-Datensatzes „IBA-Gebiete“ und des BfN-Datensatzes „Europäische Vogelschutzgebiete“. Bei der räumlichen Verschneidung der Datensätze des BfN und des NABU, der zur Selektion der außerhalb von Vogelschutzgebieten liegenden IBA notwendig ist, entstehen Splitterpolygone. Diese sind beseitigt, in dem Flächen mit einer Fläche < 100 m<sup>2</sup> oder einem sogenannten Schlankheitsindex (Fläche/Umfang) < 10 entfallen.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten.

12a	<b>Angrenzende Bereiche zu Important Bird Areas (IPA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA im Abstand von 0-1.000 m:</b>
-----	---

Angrenzende Bereich zu IBA-Gebieten mit Restriktionswirkung bis zu einer Entfernung von 1.000 m besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien der relevanten Vogelarten zum einen eine Bedeutung als Nahrungs- und Rasthabitat der im IBA-Gebiet vorkommenden und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von bis 1.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen in die IBA-Schutzgebietsfläche hineinwirken können.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage der Flächenkategorie „Important Bird Area (IBA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA“. Mit Hilfe eines Puffers im Abstand von 1.000 m um die Schutzgebietsgrenzen wird die Flächenkategorie im GIS-System erzeugt.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

13	<b>Angrenzende Bereiche zu Nationalparks im Abstand von 0-1.000 m:</b>
----	--

Nationalparke dienen nach § 24 BNatSchG dem Schutz der ungestörten Abläufe der Naturvorgänge mit dem Ziel die Gebiete in einen natürlicheren Zustand zurückzusetzen sowie dem Schutz von

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Pflanzen und Tieren und gleichzeitig der Erholung von Menschen. Im Rahmen der Analyse sind Nationalparke als Kategorie mit Ausschlusswirkung bewertet.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung „Nationalpark“. Anhand eines Puffers von 1.000 m ab den äußeren Grenzen der entsprechenden Schutzgebiete wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Angrenzende Gebiete in einem Abstand von bis zu 1.000 m von den Schutzgebietsgrenzen, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien von Vogel- und Fledermausarten zum einen eine Bedeutung als Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat der im FFH-Gebiet geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Arten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von bis 1.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen in die Schutzgebietsfläche hineinwirken können. Die Flächenkategorie bildet teilweise Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

**14 Angrenzende Bereiche zu Naturschutzgebieten: im Abstand von 0-1.000 m**

Naturschutzgebiete sind nach § 23 BNatSchG geschützte Gebiete in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft besteht. Ziel ist das Erreichen von festgesetzten Schutzziele i.S. der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensstätten, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten. Die ausgewiesenen Naturschutzgebiete sind für die Analyse als Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung bewertet.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf den Ausschlussflächen der Naturschutzgebiete. Auf der Grundlage des BfN Datensatzes „Naturschutzgebiet“ werden GIS-gestützt entsprechende Pufferflächen im Abstand von 1.000 m von den Schutzgebietsgrenzen erzeugt.

Angrenzende Gebiete in einem Abstand von bis zu 1.000 m von Naturschutzgebieten, besitzen vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Bewegungsradien von Vogel- und Fledermausarten zum einen eine Bedeutung als Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat der im FFH-Gebiet geschützten und ggü. Windenergie besonders empfindlichen Arten. Zum anderen ist bei einer Windenergienutzung innerhalb eines Abstands von bis 1.000 m davon auszugehen, dass bau- und betriebsbedingte Auswirkungen in die Schutzgebietsfläche hineinwirken können. Die Flächenkategorie bildet teilweise Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

**15 Flächen für den Biotopverbund der Feuchtlebensräume sowie Lebensraumnetzwerke mit länderübergreifender Bedeutung:**

Der Biotopverbund dient gemäß §§ 20 und 21 BNatSchG der dauerhaften Sicherung der Populationen wildlebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten, Biotope und Lebensgemeinschaften sowie der Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen. Dies leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Artikels 10 der FFH-Richtlinie und insgesamt zur Verbesserung der Kohärenz des Natura 2000 Netzwerks in Deutschland. Wesentlicher Bestandteil ist das Netzwerk von Funktionsräumen der offenlandgeprägten Feuchtlebensraumkomplexe, welche insbesondere für Vögel einen wichtigen Lebensraum darstellen.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt anhand des BfN-Datensatzes „Flächen für den Biotopverbund“ (BfN, Stand 2012) und „Funktionsräume (Lebensraumnetzwerke)“ (BfN, Stand 2012). Aus dem Datensatz „Flächen für den Biotopverbund der Feucht- und Trockenlebensräume“ werden die Feuchtlebensräume selektiert und mit den Flächen der „Funktionsräume der Feuchtlebensräume (FEU) der Stufe der Distanzklasse bis 500 m“ kombiniert.

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Die Flächenkategorie bildet teilweise Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher gefährdeter Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten.

**16 Flächen für den Biotopverbund der Trocken- und Waldlebensräume sowie Lebensraumnetzwerke mit länderübergreifender Bedeutung:**

Der Biotopverbund dient gemäß §§ 20 und 21 BNatSchG der dauerhaften Sicherung der Populationen wildlebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten, Biotope und Lebensgemeinschaften sowie der Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen. Dies leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Artikels 10 der FFH-Richtlinie und insgesamt zur Verbesserung der Kohärenz des Natura 2000 Netzwerks in Deutschland. Neben den Feuchtlebensraumkomplexen sind die Trocken- und Waldlebensräume zentraler Bestandteil des Netzwerks von Funktionsräumen.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt anhand des BfN-Datensatzes „Flächen für den Biotopverbund“ (BfN, Stand 2012) und „Funktionsräume (Lebensraumnetzwerke)“ (BfN, Stand 2012). Aus dem Datensatz „Flächen für den Biotopverbund der Feucht- und Trockenlebensräume“ werden die Trockenlebensräume selektiert. Des Weiteren wird der Datensatz „Flächen für den Biotopverbund der Waldlebensräume“ verwendet. Die beiden Datensätze werden mit den Funktionsräume-Datensätzen „Funktionsräume der Trockenlebensräume (TRO) der Stufe auf Basis der Distanzklasse bis 1500 m“ und „Funktionsräume der Waldlebensräume, natur- und landschaftsschutzfachlich besonders wertvolle (WA) der Stufe auf Basis der Distanzklasse bis 500 m“ kombiniert.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität) sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) und Standorte gefährdeter Pflanzenarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion).

**17 Flächen des Grünen Bands Deutschland:**

Das Grüne Band Deutschland ist ein Vorhaben mehrere Bundesländer zur Identifikation und zum Schutz von Flächen besonderer natur- und landschaftsschutzfachlicher Bedeutung mit hoher Arten- und Lebensraumvielfalt entlang der ehemaligen Grenze zwischen Ost- und Westdeutschland.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des BfN-Datensatzes „Aktualisierung der Biotoptypenkartierung im Grünen Band Deutschland“ (BfN, Stand 2013).

Die Flächenkategorie bildet teilweise Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher und gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität) sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) und Standorte gefährdeter Pflanzenarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen.

**18 Laubwald:**

Wald- und Forstgebiete besitzen wichtige ökologische sowie Schutz- und Erholungsfunktionen. Laubwälder erfüllen neben ihrer Lebensraumfunktion weitere besondere ökologische Funktionen.

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Bedeutende Waldfunktionen sind die Bodenschutz-, Wasserschutz-, Sichtschutz-, Klimaschutz-, Immissionsschutz- und Lärmschutzfunktion. Besondere Bedeutung für die Gesamtökologie, vor allem in waldarmen Gebieten, besitzen zudem Klein- und Restwaldflächen.

Gemäß § 1 BWaldG (Bundeswaldgesetz) ist der Wald zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern. Der Wald kann zur Sicherung der Funktionen auch als Schutzwald (§ 12 BWaldG) oder Erholungswald (§ 13 BWaldG) ausgewiesen werden. Zudem bestehen nach Landesrecht weitere Schutzkategorien, wie z. B. Naturwaldzellen oder Bannwald. Für die Bundesrepublik liegen weder gesamtheitlichen Datensätze zu Schutzkategorien noch den unterschiedlichen Funktionen des Waldes vor. Besonders sensible und ggü. Windenergienutzung empfindliche Bereiche, sind regelmäßig durch Schutzgebiete im Sinne des BNatSchG geschützt oder in den Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund erfasst

Bundesweite Daten zu den Waldfunktionen liegen nicht vor. Gleichwohl enthalten die Waldfunktionenkartierungen der Landesforstbehörden vieler Bundesländer alle wesentlichen Informationen zu den unterschiedlichen Funktionen. So besitzen z. B. Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Thüringen vollständige Datensätze. Dagegen beschränken sich die Informationen in Hessen auf Daten für den Staats- und Körperschaftswald, in Nordrhein-Westfalen auf Naturwaldzellen und Saatgutbestände, im Saarland auf Referenzflächen sowie Informationen zu Alt- und Totholzbiozöosen.

Einen weiteren Ansatzpunkt für die bundesweite Abbildung unterschiedlicher natur- und landschaftsschutzfachlicher Bedeutung der Wald- und Forstflächen bietet ihre Ausprägung als Nadel-, Laub- oder Mischwald. Laubwälder erfüllen wesentliche ökologische und Lebensraumfunktionen und besitzen große Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BKG-Datensatzes CORINE Land Cover 10 ha (BKG, Stand 2012) mittels einer Selektion aller Flächen mit dem Typ „Laubwald“.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen sowie mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Zudem bildet sie teilweise Gebiete ab, die als Treibhausgassenken und Kaltluftschneisen fungieren sowie Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers.

Baubedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO<sub>2</sub>-Speicher.

**18a Angrenzende Bereiche zu Laubwald im Abstand von 0-500 m:**

Laubwald besitzt wichtige Natur- und Landschaftsschutzfunktionen. Diese erstrecken sich insbesondere auch auf den Waldsaum. Aufgrund der Beziehungen zwischen Offenland und Wald besitzt dieser Bereich ebenfalls eine Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie „Laubwald“. Anhand eines Puffers von 500 m ab den Waldrändern wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete des Waldsaums mit besonders empfindlichen Biotopen und besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten

**19 Nadelwald:**

Zur Bedeutung der Wald- und Forstflächen siehe Flächenkategorie „Laubwald“.

Für die bundesweite Abbildung unterschiedlicher natur- und landschaftsschutzfachlicher Bedeutung der Wald- und Forstflächen bietet sich ihre Ausprägung als Nadel-, Laub- oder Mischwald an. Nadelwälder erfüllen ebenfalls Lebensraumfunktionen. Diese sind aufgrund der regelmäßig intensiven Bewirtschaftung sowie aufgrund ihrer Struktur häufig von geringerer Bedeutung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes.

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BKG-Datensatzes CORINE Land Cover 10 ha (BKG, Stand 2012) mittels einer Selektion aller Flächen mit dem Typ „Nadelwald“.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) sowie Gebiete, die als Treibhausgassenken und Kaltluftschneisen fungieren und solche mit erosionsempfindlichen Böden ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers.

Baubedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO<sub>2</sub>-Speicher.

**19a Angrenzende Bereiche zu Nadelwald im Abstand von 0-500 m:**

Nadelwald besitzt gewisse Natur- und Landschaftsschutzfunktionen. Diese erstrecken sich ebenso auf den Waldsaum. Aufgrund der Beziehungen zwischen Offenland und Wald besitzt dieser Bereich eine Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie „Nadelwald“. Anhand eines Puffers von 500 m ab den Waldrändern wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete des Waldsaums mit besonders empfindlichen Biotopen und besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten

**20 Mischwald:**

Zur Bedeutung der Wald- und Forstflächen siehe Flächenkategorie „Laubwald“.

Für die bundesweite Abbildung unterschiedlicher natur- und landschaftsschutzfachlicher Bedeutung der Wald- und Forstflächen bietet sich ihre Ausprägung als Nadel-, Laub- oder Mischwald an. Mischwälder erfüllen besondere Lebensraumfunktionen und weisen eine große Bedeutung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes auf.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BKG-Datensatzes CORINE Land Cover 10 ha (BKG, Stand 2012) mittels einer Selektion aller Flächen mit dem Typ „Mischwald“.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen sowie teilweise Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Zudem bildet sie überwiegend Gebiete ab, die als Treibhausgassenken und Kaltluftschneisen fungieren sowie teilweise Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen.

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers.

Baubedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO<sub>2</sub>-Speicher.

**20a Angrenzende Bereiche zu Mischwald im Abstand von 0-500 m:**

Mischwald besitzt wichtige Natur- und Landschaftsschutzfunktionen. Diese erstrecken sich insbesondere auch auf den Waldsaum. Aufgrund der Beziehungen zwischen Offenland und Wald besitzt dieser Bereich ebenfalls eine Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie „Mischwald“. Anhand eines Puffers von 500 m ab den Waldrändern wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete des Waldsaums mit besonders empfindlichen Biotopen und besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten

21

**Historisch Waldstandorte:**

Historische Waldstandorte sind solche, die gegenwärtig vorhanden sind und seit ca. 200 Jahren mehr oder weniger kontinuierlich als Waldfläche genutzt werden. Die Definition des BfN kategorisiert historische Waldstandorte unabhängig von der Naturnähe und dem Alter ihrer aktuellen Bestockung. Es kann demnach zwischenzeitlich zu einem Kahlschlag und Wiederaufforstung gekommen sein. Zudem können kleinere Standorte jüngeren Alters Bestandteil sein.

Die Waldstandorte besitzen allgemein einen besonderen natur- und landschaftsschutzfachlichen Wert. Überwiegend handelt es sich um naturnahe, oft nur extensiv forstlich genutzte Reste historisch alter Wälder. Sie zeichnen sich vielfach durch eine typische Artenausstattung und große biologische Vielfalt aus. Daher gelten sie als „Hotspots der Artenvielfalt“ und bedürfen eines besonderen Schutzes. Historische Waldstandorte erfüllen neben ihrer Lebensraumfunktion weitere besondere ökologische Funktionen, wie z. B. Bodenschutz-, Wasserschutz- und Klimaschutzfunktionen.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt auf der Grundlage des BfN-Datensatzes „Historisch Waldstandorte Deutschlands“ (BfN, Stand 2003). Jüngere Waldstandorte, die Aufforstung und Wiederbewaldung abbilden, werden aus der Selektion ausgeschlossen. Die Erfassungsuntergrenze der in dem Datensatz verorteten historischen Waldstandorte beträgt ca. 50 ha.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Zudem bildet sie überwiegend Gebiete ab, die als Treibhausgassenken und Kaltluftschneisen fungieren sowie teilweise Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / Verunreinigung des Grundwassers.

Baubedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO<sub>2</sub>-Speicher.

21a

**Angrenzende Bereiche zu historischen Waldstandorten im Abstand von 0-500 m:**

Historische Waldstandorte besitzen vielfältige ökologische Funktionen und sind z. B. Lebensraum für ggü. Windenergie empfindliche Fledermausarten. Die Funktionen erstrecken sich dabei zum Teil über die eigentlichen Standorte hinaus. Sowohl am Waldrand als auch innerhalb einer größeren Waldfläche besitzen die umliegenden Bereiche wichtige Funktionen.

Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie „Historische Waldstandorte“. Anhand eines Puffers von 500 m ab den Grenzen der historischen Waldstandorte wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete, insbesondere den Waldsaum, mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten.

22

**Ackerland:**

Die landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen erfüllen Lebensraumfunktionen. Diese sind zum Teil von besonderer natur- und landschaftsschutzfachlicher Bedeutung. Zudem erfüllen sie Bodenfunktionen, die natur- und landschaftsschutzfachlichen Wert besitzen.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BKG-Datensatzes „Digitales Basis Landschaftsmodell (AAA-Modellierung) Basis-DLM (AAA)“ (BKG, Stand 2012). Aus dem Datensatz veg01\_f werden die Flächentypen Ackerland (1010), Streuobstacker (1011) und Hopfen (1012) selektiert und kombiniert.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Nahrungshabitat besonders empfindlicher gefährdeter Arten (z. B.

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
--------------	----------------------------------

Tiere mit geringer Mobilität) sowie Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers

**23 Dauergrünland:**

Landwirtschaftlich genutzte Dauergrünlandflächen besitzen eine große Bedeutung für die Biodiversität und die Bodenfunktionen.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BKG-Datensatzes „Digitales Basis Landschaftsmodell (AAA-Modellierung) Basis-DLM (AAA)“ (BKG, Stand 2012). Aus dem Datensatz veg01\_f werden die Flächentypen Grünland (1020), Streuobstwiese (1021), Gartenland (1030), Baumschule (1031), Weingarten (1040) und Obstplantage (1050) selektiert und kombiniert.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Nahrungs- und Rasthabitats besonders empfindlicher gefährdeter Arten und teilweise Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers

**24 Offenland außerhalb landwirtschaftlicher Nutzfläche:**

Offenlandflächen sind überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Bei den verbleibenden Offenlandflächen, wie z. B. Ruderalfluren, unbestimmte und vegetationslose Fläche, handelt es sich häufig auch um natur- und landschaftsschutzfachlich bedeutsame Flächen.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BKG-Datensatzes „Digitales Basis Landschaftsmodell (AAA-Modellierung) Basis-DLM (AAA)“ (BKG, Stand 2012). Aus dem Datensatz veg01\_f werden die Objektarten AX\_UnlandVegetationsloseFlaechen (43007) und AX\_FlaecheZurZeitUnbestimmbar (43008) selektiert und kombiniert.

Die Flächenkategorie bildet teilweise Brut-, Nahrungs- und Rasthabitats besonders empfindlicher Vogelarten sowie Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen und mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:

Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.

Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.

Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)

Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.

Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers.

**25 250 m Korridore an großen Gewässerachsen:**

Große Gewässerachsen, in diesem Sinne Flüsse ab einem Einzugsgebiet von 1000 km<sup>2</sup> sowie Seen an fließenden Gewässern, stellen Bereich dar, die besonders als Vogelzugkorridor genutzt werden.

Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BfN-Datensatzes „Auensegmente und Bilanzierung“ (BfN, Stand 2009) mittels einer Selektion aller Gewässer mit einem Einzugsgebiet größer 1000 km<sup>2</sup>. Anhand eines Puffers von 250 m wird in einem weiteren Schritt die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.

Die Flächenkategorie bildet überwiegend Zugkorridore sowie Nahrungs- und Rasthabitats besonders

Nummerierung	Flächenkategorie und Erläuterung
25a	<p>empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:</p> <p>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</p> <p>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.</p>
26	<p><b>Angrenzende Bereiche zu Korridoren an großen Gewässerachsen im Abstand von jeweils 250-1.000 m:</b></p> <p>Im angrenzenden Bereich der 250 m Korridore an großen Gewässerachsen, in einer Entfernung von 750 m werden die Bereiche zu Teilen ebenfalls als Vogelzugkorridor genutzt.</p> <p>Die räumliche Abgrenzung dieser Flächenkategorie basiert auf der Flächenkategorie „250 m Korridore an großen Gewässerachsen“. Anhand eines Puffers von 750 m ab den Grenzen der 250 m Korridore wird die Flächenkategorie GIS-gestützt erzeugt.</p> <p>Die Flächenkategorie bildet überwiegend Zugkorridore sowie Nahrungs- und Rasthabitats besonders empfindlicher Vogelarten ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:</p> <p>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</p> <p>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.</p> <p><b>Flussauen:</b></p> <p>Flussauen sind Auenökosysteme die von Wasserstands- und Grundwasserstandsschwankungen abhängig sind. Sie umfassen regelmäßig die Bereiche der rezenten Aue und der Altaue. Aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes besitzen Flussauen eine besondere Schutzwürdigkeit, zum einen aufgrund ihrer Vielzahl von wichtigen Funktionen und zum anderen aufgrund bereits stark anthropogen geprägter Flussläufe. Rechtlich normiert ist der Schutz vieler Flussauengebiete gemäß WRRL, durch den besonderen Biotopschutz sowie im Natura 2000-Netzwerk.</p> <p>Die räumliche Abgrenzung der Flächenkategorie erfolgt anhand des BfN-Datensatzes „Auensegmente und Bilanzierung“ (BfN, Stand 2009). Dieser liegt bundesweit flächendeckend vor. Es werden sowohl Altauen, als auch rezente Auen mit einbezogen.</p> <p>Die Flächenkategorie bildet überwiegend Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen sowie Brut-, Nahrungs- und Rasthabitats besonders empfindlicher Avifauna ab. Aufgrund der typischen Wirkfaktoren der Windenergienutzung können folgende Konflikte auftreten:</p> <p>Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten. Dies führt ggf. zu Lebensraumverlusten.</p> <p>Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten.</p> <p>Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitats ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten.</p> <p>Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen.</p> <p>Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers.</p>

#### 4.4.2 Schutzgut Landschaft

Zur Berücksichtigung des Schutzguts Landschaft bedarf es ebenso wie bei den zuvor genannten Schutzgütern konkreter Flächenkategorien mit Restriktionswirkung, die hinsichtlich des Konfliktrisikos gegenüber der Windenergienutzung bewertet werden können.

Die Grundlage für die Bewertung des Schutzguts Landschaft sind die im § 1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG benannten Begriffe Vielfalt, Eigenart, Schönheit sowie Erholungswert. Weiterhin wird der im BNatSchG implizit vorhandene Anspruch der Naturnähe (Roth 2012) der z. B. auch in den Methoden von Köhler und Preiß (2000) sowie Leitl (1997) Anwendung findet, in die Bewertung einbezogen.

Die Bewertung der Vielfalt, Eigenart, Schönheit, des Erholungswerts sowie der Naturnähe setzt sich aus drei Ebenen zusammen: den Indikatoren, Kriterien und Attributen (Abb. 27). Zur Entwicklung des Bewertungsmodells erfolgen zunächst die Festlegung von Kriterien, die Zuweisung dieser zu den Attributen und anschließend die Ermittlung von Indikatoren. Als Indikatoren werden messbare Eigenschaften der Landschaft bezeichnet, die auf bundesweiten und einheitlichen Datengrundlagen ermittelt werden können. Durch sie werden die Kriterien operationalisiert. Die Bewertung der Attribute erfolgt durch die Aggregation mehrerer Kriterien (Abb. 27).

Die Bewertung erfolgt mithilfe eines antizipativ-iterativen Geo-Indikatoren-Landschaftspräferenzmodells (AIGILaP). Dieses ist weitgehend automatisiert und wurde auf Basis von ESRI-ArcGIS und QGIS-Prozessen erstellt. Aus der Bewertung der Vielfalt, Eigenart, Schönheit, des Erholungswerts sowie der Naturnähe erfolgt schließlich die Ableitung von Flächenkategorien. Anhand von Annahmen zur Empfindlichkeit der Attribute gegenüber dem Zubau von Windenergieanlagen werden die Konfliktrisiken für die Flächenkategorien bewertet. Die wahrnehmungspsychologischen Studien dienen dabei der Überprüfung der oben genannten Annahmen zur Bewertung des Schutzguts Landschaft und der Konfliktrisiken (Kap. 5.5). Sie sollen so zu einer weiteren Optimierung des AIGILaP beitragen.

Grundsätzlich wird bei der Bewertung der Landschaft rasterbasiert gearbeitet. Das Bundesgebiet ist dabei in Rasterzellen von 1 x 1 km und diese nochmals in kleinere Rasterzellen von 25 x 25 m eingeteilt. Letzteres Raster deckt sich genau mit dem Raster der Szenarientwicklung. Ein Vielfaches des kleineren Rasters bildet eine Zelle des größeren Rasters ab. Da nicht für alle Indikatoren beide Raster plausible Ergebnisse liefern, variiert das verwendete Raster je nach Indikator (Abb. 25).

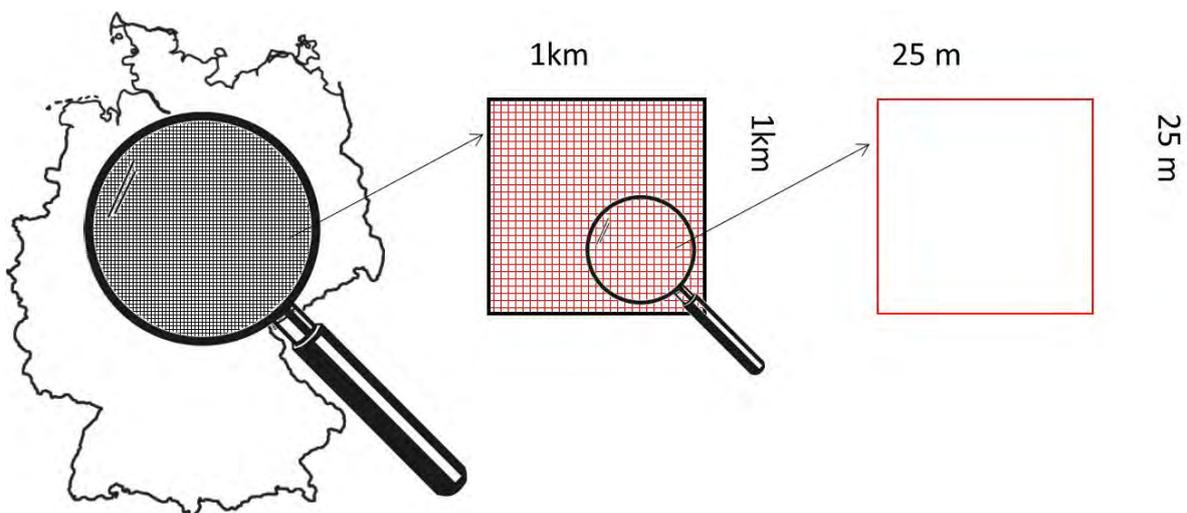


Abb. 25: Schema der verwendeten bundesweiten Rasterzellen

Derzeit vorhandene Flächenkategorien bilden die für die Bewertung des Schutzguts Landschaft relevanten Raumeigenschaften nur teilweise oder gar nicht ab. Demnach können auch die potenziellen Konflikte mit dem Schutzgut auf diesem Weg nicht ausreichend abgebildet werden.

Ein Landschaftsschutzgebiet indiziert den Schutzzweck der besonderen Bedeutung für die Erholung für den Menschen sowie der Vielfalt, Eigenart und Schönheit oder der besonderen kulturhistorischen Bedeutung der Landschaft. Das LSG ist damit Indikator für ein für die Erholung bedeutsames Gebiets sowie für eines besonderen Landschaftsbildes. Diese Flächenkategorie kann also für die Bewertung verwendet werden, aber auch außerhalb der Schutzgebiete hat die Landschaft eine Bedeutung für die Erholung und insbesondere für die Naherholung. Diese Bedeutung muss auch innerhalb der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung betrachtet werden. Hierfür sind andere Ansätze zu wählen. Beispielsweise ist die Grundlage für den Erholungswert einer Landschaft vorwiegend die vorhandene Landschaftsbildqualität und außerdem die Erreichbarkeit bzw. die Nähe zu den besiedelten Bereichen (Gerhards 2003). Um die Konflikte mit dem Schutzgut Landschaft in ihrer räumlichen Verteilung identifizieren zu können, ist es daher notwendig, Flächenkategorien zu entwickeln, welche eine Landschaftsbewertung anhand konkreter Raumeigenschaften (Nutzung, Topografie usw.) möglich machen und nicht ausschließlich auf vorhandenen Schutzausweisungen und Ähnlichem aufbauen.

Zur Entwicklung von Flächenkategorien werden daher zwei Herangehensweisen verfolgt (Abb. 26). Zum einen wird, um dem Anspruch einer räumlich differenzierten Analyse gerecht zu werden, zuerst eine Vorgehensweise zur Bewertung der Qualität der Landschaft – vorhabenunabhängig – auf der Bundesebene entwickelt. Die Bewertung erfolgt anhand der Attribute Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Erholungswert sowie Naturnähe. Im Anschluss werden daraus Flächenkategorien für das Schutzgut Landschaft abgeleitet (Abb. 27), die hinsichtlich ihres Konfliktrisikos eingestuft und so zur Bewertung der Ausbauszenarien herangezogen werden können. Zur Überprüfung dieser Herangehensweise werden wahrnehmungspsychologische Studien durchgeführt (s. Kap. 5).

Zum anderen besteht in den exponierten Lagen der Landschaft aufgrund weitreichender Sichtbarkeit ein erhöhtes Konfliktrisiko gegenüber dem Zubau von Windenergieanlagen. Um dieses Risiko in der Bewertung berücksichtigen zu können, werden Flächenkategorien entwickelt, die solche exponierten Lagen abbilden. Diese Erarbeitung von Flächenkategorien erfolgt dabei unabhängig von der zuvor benannten Bewertung des Schutzguts Landschaft.

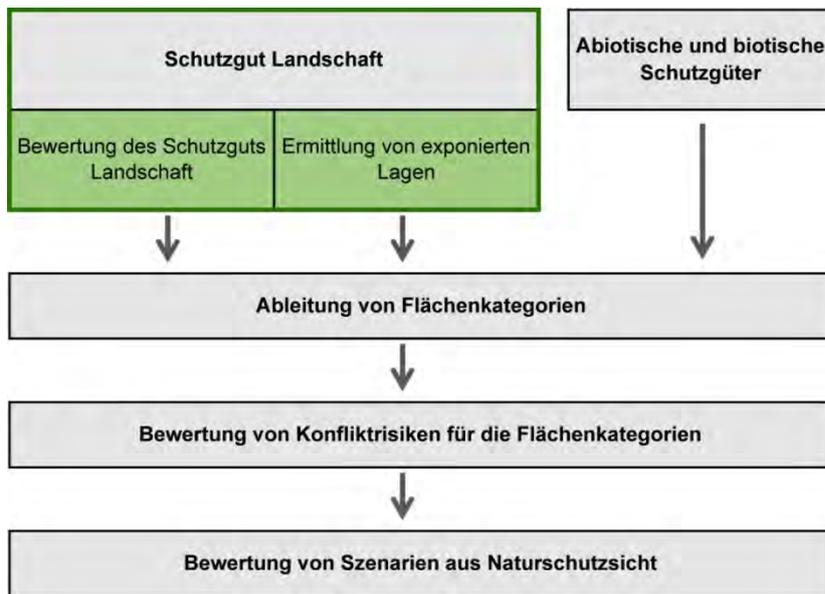


Abb. 26: Schematische Darstellung der Herangehensweise zur Bewertung der Szenarien aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und des Sonderfalls „Schutzgut Landschaft“

Gegenüber dem Schutzgut Landschaft bestehen auf der gesamten Fläche der Bundesrepublik Konfliktrisiken. Die entwickelten Flächenkategorien liegen daher stets flächendeckend vor. Insgesamt wird daher – auch für Bereiche, für die keine Daten vorliegen oder die hinsichtlich des Schutzguts Landschaft nur ein minimales Konfliktrisiko aufweisen – immer mindestens ein sehr geringes Konfliktrisiko angenommen.

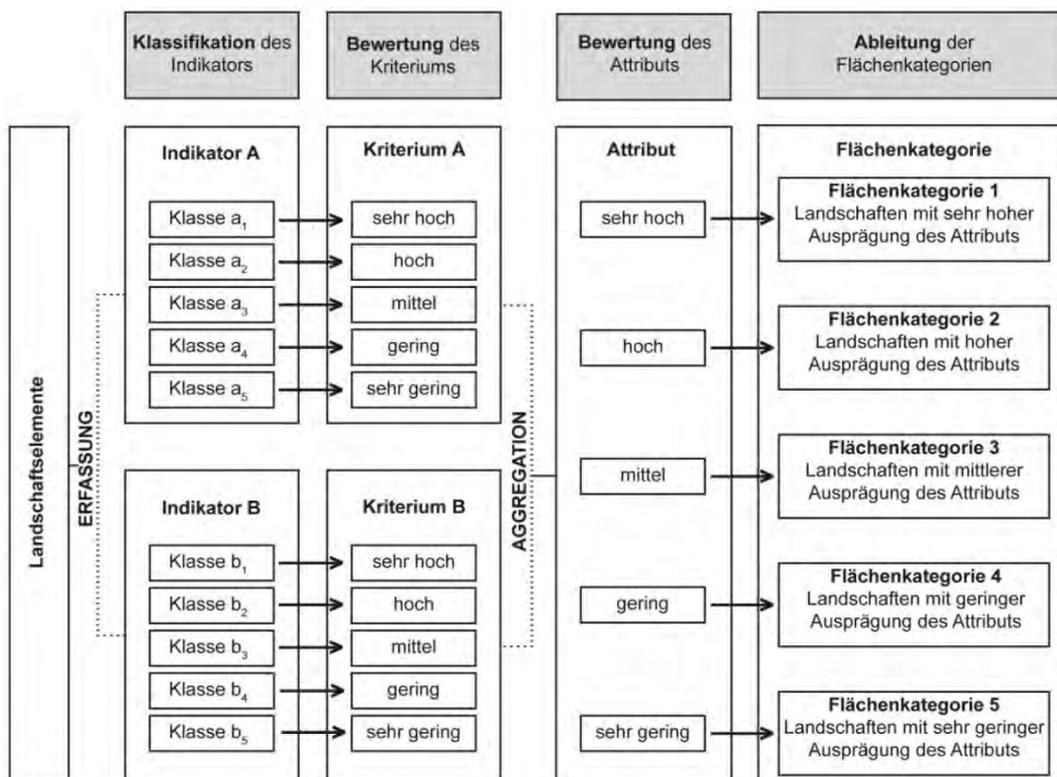


Abb. 27: Schematische Darstellung der Herangehensweise bei der Bewertung des Schutzguts Landschaft zur Ableitung von Flächenkategorien

## Auswahl von Flächenkategorien für exponierte Lagen

Erhebungen, die sich deutlich über ihre Umgebung abheben, sind besonders sensibel gegenüber Veränderungen durch Windenergieanlagen. Aufgrund der exponierten Lage sind diese dort weit sichtbar. Insbesondere die Ränder, Kuppen und Hangkanten von Gebirgen sind betroffen, gleichzeitig sind diese in der Regel windhöflich und daher als Standorte für Windenergieanlagen begehrt. Um deren Sensibilität in die Bewertung der Konfliktrisiken einzubeziehen, werden die exponierten Lagen ermittelt.

Hierzu werden auf Basis des Geländemodells für Deutschland (DGM25) und dem 25m-Raster für jede Zelle berechnet, ob diese mehr als 50 Meter über der durchschnittlichen Höhe der in einem Umkreis von 10 Kilometern befindlichen Landschaft liegt. In diesem Fall ist mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer erhöhten Sichtbarkeit der Zelle und einem steigenden Konfliktrisiko auszugehen.

Tab. 17: Bewertungsmodell für die exponierten Lagen

Attribut	Aggregationsverfahren	Kriterium	Bewertung des Kriteriums	Indikator	Ausprägung des Indikators
Exponierte Lagen	-	-	-	Differenzierung zwischen der Höhe eines Standorts und der mittleren Höhe der umliegenden Landschaft im 10 km –Radius	-
	-	-	hoch		> 50m
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
	-	-	sehr gering	≤50m	

## Vorgehensweise zur Bewertung des Schutzguts Landschaft

Die Kriterien zur Bewertung der Attribute Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe und Erholungswert werden durch eine Analyse in der Praxis gebräuchlicher Bewertungsansätze erarbeitet. Die Analyse stützt sich – aufgrund der Masse an Bewertungsmethoden – auf einige wesentliche Werke, wird durch persönliche Erfahrungen ergänzt und folgt somit nicht dem Anspruch einer vollständigen Zusammenstellung repräsentativer Literatur. Für die Einschätzung in der Praxis gebräuchlicher Bewertungsansätze werden die folgenden Parameter genutzt:

- Detaillierungsgrad der Bewertungskriterien
- Validität der Bewertungsmethode (Roth 2012)
- Bekanntheit der Bewertungsmethode und Verwendung in der Praxis
- Verwendung computerbasierter Modellierungen
- Internationalität der Bewertungsmethode

Zudem wird für die Auswahl von Kriterien auf das BfN-Projekt „Landschaftsbild und Energie-wende“ (Schmidt et al. 2018) zurückgegriffen.

Der Detaillierungsgrad der Methoden bezieht sich auf die Frage, ob auf die Begriffe Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Erholungswert sowie Naturnähe differenzierter eingegangen wird, d.h. konkrete Kriterien genannt werden. Ist dies der Fall können daraus für den weiteren Arbeitsprozess besonders gut Erkenntnisse gewonnen werden. Dementsprechend kann die

vorliegende Literatur hinsichtlich ihrer Eignung für die folgende Auswertung grundsätzlich eingeschätzt werden.

Zur Einstufung der Validität der Bewertungsmethoden werden die Angaben der jeweiligen Autoren sowie die Angaben bei Roth (2012) genutzt. Validität entspricht in diesem Kontext der Gültigkeit einer sachgerechten Abbildung der Landschaft durch Kriterien oder Bewertungsmethoden (Roth 2012). Die in den Methoden verwendeten Kriterien sind wesentliche Grundlage für die Validität, sie können einzeln gesehen oder in einem anderen Kontext jedoch nicht generell als valide bezeichnet werden. Daher wird in diesem Kontext nicht von validen Kriterien, sondern nur von validen Bewertungsmethoden gesprochen.

Nichtsdestotrotz zeigt die Verwendung solcher Kriterien in validen Methoden auch hinsichtlich der Kriterien eine gewisse Eignung an, den Wert der Landschaft möglichst sachgerecht widerzugeben.

In der Praxis angewendete Methoden dienen zusätzlich als Grundlage für die Kriterienauswahl. Mit der Bekanntheit wird so eine gewisse Praxisrelevanz unterstellt, die sich zumindest als Hinweis auf eine in der Praxis bewährte Methode verstehen lässt.

Die für die Landschaftsbildbewertung zu entwickelnden Kriterien müssen – anhand von Indikatoren – im GIS erfassbar sein. Es wird davon ausgegangen, dass vor allem aus Bewertungsmethoden, die vergleichbaren computerbasierten Modellierungen einschließen (Roser 2013), nutzbare Kriterien ableitbar sind, wodurch diese Methoden ebenfalls untersucht werden. Aufgrund des im vorliegenden Projekt geforderten hohen Abstraktionsgrades der Bewertung, erscheint es ebenfalls als sinnvoll, international anerkannte Methoden einzu beziehen. Diese stellen Ansätze dar, die sich zumindest im europäischen Raum häufig auf mit Deutschland grundsätzlich vergleichbare Landschaften beziehen. Sie sind dabei aber nicht an die Vorgaben des BNatSchG gebunden und erlauben so eine andere Perspektive auf die Aufgabenstellung, die für die Entwicklung einer geeigneten Herangehensweise zur Bewertung von Bedeutung sein kann. Die Tab. 18 gibt einen Überblick über die verwendeten Bewertungsmethoden und zeigt auf, inwiefern diese die anhand der Auswahlparameter festgelegten Voraussetzungen erfüllen.

Tab. 18: Auswahl von Bewertungsmethoden sowie die Erfüllung der Auswahlparameter

Bewertungsmethode	Auswahlparameter				
	Detaillierungsgrad der Bewertungskriterien	Validität der Bewertungsmethode (nach Roth 2012)	Bekanntheit der Bewertungsmethode und Verwendung in der Praxis	Verwendung computerbasierter Modellierungen	Internationalität der Bewertungsmethode
Adam et al. (1986)	●	○	●	○	○
Augenstein (2002)	●	○	○	●	○
Demuth (2000)	●	○	●	○	○
Gareis-Grahmann (1993)	●	○	●	○	○
Gerhards (2003)	●	○	●	○	○
Gremminger et al. (2001)	●	○	○	○	●
Kiemstedt (1967)	●	○	●	○	○

Bewertungsmethode	Auswahlparameter				
	Detaillierungsgrad der Bewertungskriterien	Validität der Bewertungsmethode (nach Roth 2012)	Bekanntheit der Bewertungsmethode und Verwendung in der Praxis	Verwendung computerbasierter Modellierungen	Internationalität der Bewertungsmethode
Köhler und Preiß (2000)	●	○	●	○	○
Konermann (2001)	●	○	●	○	○
Leitl (1997)	●	○	○	○	○
Mönnecke (1997)	●	●	○	○	○
Nohl (1993)	●	○	●	○	○
Roser (2013)	●	○	○	●	○
Roth und Gruehn (2010)	●	●	○	●	○
Schaffranski (1996)	●	○	●	○	○
Swanwick (2002)	●	○	○	●	●
Vries et al. (2007)	●	○	○	●	●

Insgesamt dienen 17 Bewertungsmethoden als Basis der Ausarbeitung von geeigneten Kriterien. Durch mehrfache Diskussionen (u.a. im Rahmen zweier projektinterner Workshops) und die Anwendung der folgenden Parameter:

- Erfassbarkeit der Kriterien im GIS,
- Übertragbarkeit der Kriterien auf die Bundesebene und
- Häufigkeit der Kriterien und Verwendung in der Praxis

werden die Kriterien für die eigene Herangehensweise schließlich festgelegt.

Die Erfassbarkeit im GIS ist grundlegende Voraussetzung für die Durchführung der GIS-gestützten Landschaftsbildbewertung. Kriterien, für deren Bewertung keine Indikatoren – also keine bundesweiten und einheitlichen Datengrundlagen – zur Verfügung stehen, werden nicht berücksichtigt.

Die Übertragbarkeit der Kriterien auf die Bundesebene ist ein weiterer Parameter, der die Auswahl an Kriterien einschränkt. Dies bezieht sich auf internationale Bewertungsmethoden, bei denen zu prüfen ist, ob eine Anwendung auf Deutschland als sinnvoll zu erachten ist.

Darüber hinaus wird geprüft, wie viele der untersuchten Bewertungsmethoden auf die jeweiligen Kriterien zurückgreifen. Durch die so ermittelte Häufigkeit, durch die Verwendung in der Praxis und durch die Validität der zugrundeliegenden Bewertungsmethode wird die Auswahl weiter eingegrenzt. Neben den sich daraus ergebenden Kriterien werden weitere, von der Literatur unabhängige Kriterien entwickelt, die aus Expertensicht für die natur- und landschaftsschutzbezogene Bewertung wichtig sind. Durch mehrfache Diskussionen ergibt sich so eine Auswahl an Kriterien, denen im Folgenden Indikatoren zugewiesen werden können.

## **Bestimmung der Indikatoren**

Die Indikatoren dienen im Rahmen der GIS-gestützten Landschaftsbildbewertung der Operationalisierung der Kriterien. Sie stellen messbare Größen dar, die durch GIS-Analysen auf der gesamten Bundesebene räumlich differenziert ermittelt werden können. Die Auswahl von Indikatoren orientiert sich daher neben der Eignung, die Ausprägung der Kriterien abbilden zu können, vor allem an den verfügbaren Datengrundlagen. Tabelle 19 zeigt die erarbeiteten Indikatoren, die die genannten Voraussetzungen erfüllen, sowie die entsprechenden Kriterien und Attribute.

## **Entwicklung von Klassifikationen und Aggregationen**

Um eine transparente und reproduzierbare Bewertung der Vielfalt, Eigenart, Schönheit und des Erholungswertes sowie der Naturnähe vornehmen zu können, wird für die Indikatoren bzw. die Kriterien jeweils festgelegt, wie diese klassifiziert und aggregiert werden. Die Klassifikation erfolgt stets fünfstufig (Abb. 27) – von sehr gering bis sehr hoch – und für jeden Indikator individuell. Unterliegen mehrere Kriterien einem Attribut, werden diese individuell aggregiert. So ergibt sich für die Attribute Vielfalt, Eigenart, Schönheit, den Erholungswert sowie die Naturnähe jeweils eine fünfstufige Bewertung. In den jeweiligen Tabellen zu dem jeweiligen Bewertungsmodell sind die Attribute, Kriterien, Indikatoren sowie die entsprechenden Klassifikationen und Aggregationen dargestellt.

Aus den, auf Basis der durchgeführten Bewertung des Schutzguts Landschaft, ermittelten Klassen zur Vielfalt, Eigenart, Schönheit, zum Erholungswert sowie zur Naturnähe werden schließlich Flächenkategorien abgeleitet. Die bundesweiten Bereiche einer Klasse (z.B. sehr hohe Vielfalt) entsprechen dabei einer Flächenkategorie (z.B. Landschaften mit sehr hoher Vielfalt), für die das Konfliktrisiko bewertet werden kann.

Die Klassifikationen und Bewertungen anhand von fünf Stufen ermöglichen dabei eine nachvollziehbare und stringente Bewertung der ebenfalls fünfstufigen Konfliktrisiken und andererseits eine möglichst differenzierte Bewertung auf Bundesebene.

Im Folgenden sind die Bewertungen der Attribute detailliert beschrieben. Neben der GIS-technischen Umsetzung wird zudem der Bewertungsmaßstab dargestellt.

Tab. 19: Übersicht über die Indikatoren, unter- und übergeordnete Kriterien

Attribut	Kriterium	Indikator
Vielfalt	Nutzungsvielfalt	Anzahl der verschiedenen Nutzungstypen pro definierter Flächeneinheit (1x1 km) (Nutzungszahl <sup>1</sup> )
	Reliefvielfalt	Terrain Ruggedness Index (TRI) <sup>2</sup>
Eigenart	Eigenart der Nutzungsverteilung	Abweichung der Nutzungsverteilung einer definierten Flächeneinheit (1x1 km) von der Nutzungsverteilung des zugehörigen Kulturlandschaftstyps (mittlere Abweichung <sup>3</sup> )
	Historische Kontinuität	Einstufung des Landschaftswandels seit 1996 (nach Schmidt 2014)
Schönheit		Vorhandensein von Schutzgebieten (BR, NP, LSG)
Erholungswert	Potenzielle Erholungseignung für die Naherholung	Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe
	Potenzielle Erholungsnachfrage für die Naherholung	Distanz zu Siedlungsgebieten
	Potenzieller Erholungswert für die Fernerholung	Vorhandensein von Schutzgebieten (NatP, NP, BR, Grünes Band)
Naturnähe	Wahrgenommene Naturnähe der Landnutzung	Wahrgenommene Naturnähe der Nutzungstypen
	Wahrgenommene Naturnähe in Schutzgebieten	Vorhandensein von Schutzgebieten (FFHG, VSG, NSG, NatP)
	Vorhandensein von Störungen	Vorhandensein von akustischen und visuellen Beeinträchtigungen

<sup>1</sup> Die Nutzungszahl ist ein in diesem Forschungsvorhaben eigens entwickeltes Maß für die Nutzungsvielfalt (s. Kap. 4.4.2), sie stellt nicht die tatsächliche Anzahl unterschiedlicher Nutzungen dar

<sup>2</sup> Der Terrain Ruggedness Index ist ein von Riley et al. (1999) entwickeltes Maß für die Heterogenität der Landschaft

<sup>3</sup> Der hier als Mittlere Abweichung (MABw) bezeichnete, berechnete Wert gilt als Maß für die Abweichung der Nutzungsverteilung in der Rasterzelle von der Nutzungsverteilung in dem Kulturlandschaftstyp

## **Vielfalt**

Der Wert für die Vielfalt wird „durch die Menge aller in der Landschaft deutlich wahrnehmbaren und unterscheidbaren Landschaftsbildkomponenten“ (Nohl 2001) bestimmt und stellt somit die Gestaltvielfalt, nicht etwa die Biodiversität, dar (Roth 2012). Bei der Bewertung ist zwischen Sach- und Wertebene zu unterscheiden. Auf der Sachebene ist die Bewertung der Vielfalt relativ gut objektivierbar (Roth 2012). Die Ausprägung der Vielfalt wird von allen in der Landschaft enthaltenen Elementen beeinflusst, sodass bei der Bewertung sowohl natürliche (z.B. Wald) als auch anthropogene Elemente (z.B. Bebauung) einbezogen werden müssen (Nohl 2001).

Ob die Vielfalt und der ästhetische Wert einer Landschaft in einem linearen Abhängigkeitsverhältnis stehen, wie es Nohl (2001) beschreibt, ist nicht eindeutig geklärt. Jessel (1994) geht davon aus, dass eine Landschaft bei fehlender Ordnung ab einem gewissen Maß an Vielfalt als chaotisch wahrgenommen wird und sie, um als ästhetisch wertvoll zu gelten, daher einer gewissen Ordnung bedarf. Zudem hängt die Vielfalt unmittelbar mit der Eigenart einer Landschaft zusammen, wodurch sich eine individuelle Bewertung beider Attribute erschwert (Roth und Bruns 2016).

Für die Bewertung der Vielfalt ist unter Berücksichtigung der Planungsebene eine Betrachtung der Nutzungsvielfalt sowie der Reliefvielfalt sinnvoll und leistbar. Beide Kriterien werden in der Literatur häufig zur Operationalisierung der Vielfalt verwendet (Roser 2008). Weitere Kriterien, wie Formenvielfalt (Roser 2008), sind auf der Bundesebene gegenwärtig nicht abbildbar.

Die Nutzungsvielfalt wird auf Basis der Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS-Daten) ermittelt. Pro Rasterzelle von 1 km Seitenlänge wird die Anzahl der Nutzungen im ATKIS-Modell untersucht. Hinsichtlich der Unterscheidbarkeit von Landschaftselementen ist bei der Bewertung der Vielfalt zu differenzieren. So wirkt z. B. ein Wechsel zwischen Offenland und Wald vielfältiger als ein Wechsel zwischen Laub- und Nadelwald. Unterschieden wird daher zwischen Nutzungen, die raumbildend wirken und zwischen denen ein Wechsel unmittelbar wahrnehmbar ist (grober Nutzungstyp) und solchen, die einen nicht raumbildenden Wechsel darstellen dennoch aber wahrnehmbar sind (feiner Nutzungstypen) (Tab. 20). Zur differenzierten Bewertung der Vielfalt werden Wechsel zwischen Erstgenannten höher bewertet als solche zwischen den Letztgenannten.

Tab. 20: Auflistung und Zuweisung der groben und feinen Nutzungstypen

Grober Nutzungstyp	Feiner Nutzungstyp
Gewässer	Fließgewässer
	Kanal
	Meer
	Stehendes Gewässer
Offenland	Ackerland
	Gartenland
	Grünland
	Heide
	Moor
	Plantage
	Streuobstbestand
	Vegetationslose Fläche
Versiegelte Fläche	Bahnverkehr
	Flugverkehr
	Friedhof
	Gemischte Nutzung
	Halde
	Industrie und Gewerbe
	Platz
	Schiffsverkehr
	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche
	Straßen
Tagebau	
Wohnbaufläche	
Wald	Gehölz
	Laubwald
	Laub- und Nadelwald
	Nadelwald
	Sumpf

Um diese unterschiedliche Gewichtung in der Bewertung umzusetzen, wird bei der Berechnung des Wertes für die Nutzungsvielfalt die Anzahl grober Nutzungstypen verdoppelt und anschließend mit den feinen Nutzungstypen addiert (Abb. 28). Die Summe wird als „Nutzungszahl“ beschrieben, die zwar nicht der realen Anzahl an Nutzungen pro Rasterzelle entspricht, dafür aber unter besonderer Berücksichtigung von deutlichen Nutzungswechseln einen Wert für die Vielfalt der Landnutzung darstellt.

$$Nz(R) = (2 \times G_R) + F_R$$

Dabei entspricht:

Nz(R)	Nutzungszahl der Rasterzelle R
G <sub>R</sub>	Anzahl an groben Nutzungstypen in der Rasterzelle R
F <sub>R</sub>	Anzahl an feinen Nutzungstypen in der Rasterzelle R

Abb. 28: Formel zur Berechnung der Nutzungszahl

Zur Einstufung der Nutzungszahl hinsichtlich der Nutzungsvielfalt wird der bundesweit auftretende Wertebereich in fünf Quantile untergeteilt. Das unterste Quantil – also die niedrigsten Nutzungszahlen – wird als sehr geringe Nutzungsvielfalt das oberste Quantil als sehr hohe Nutzungsvielfalt eingestuft. Die Verteilung der Nutzungszahlen über alle Rasterzellen in Deutschland ist in Abb. 29 dargestellt.

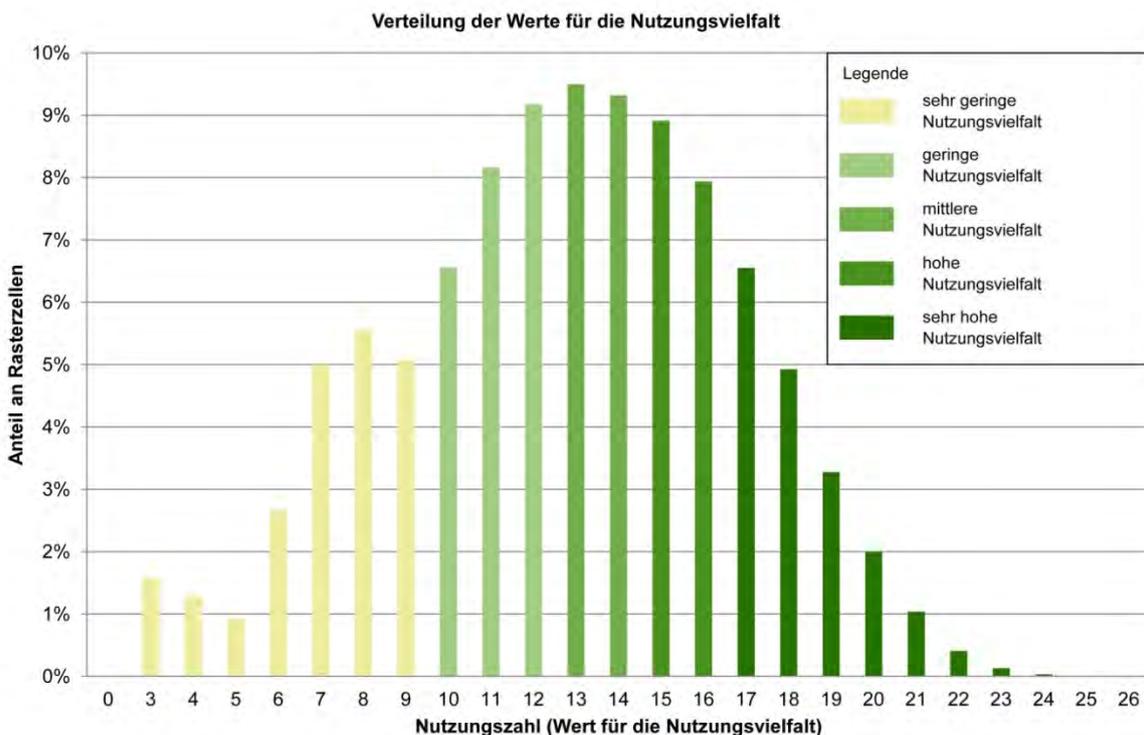


Abb. 29: Verteilung der Werte für die Nutzungsvielfalt

Die Reliefvielfalt trägt erheblich dazu bei, dass eine Landschaft als vielfältig und abwechslungsreich wahrgenommen wird. Als Indikator spielt die messbare Rauigkeit, ein Maß der topographischen Heterogenität (Riley et al. 1999), eine wesentliche Rolle. Der Terrain-Ruggedness-Index (TRI) (Riley et al. 1999) stellt eine Methode zur Ermittlung dieser Rauigkeit dar und wird auf Basis des 25m-Rasters bundesweit berechnet. Im QGIS wird ein Werkzeug („SAGA Module Terrain Ruggedness Index (TRI)“) verwendet, das sich auf die Ausführungen von Riley et al. (1999) bezieht. Niedrige Werte bei der Berechnung des TRI zeigen geringe Höhenunterschiede zwischen einem Punkt und seiner Umgebung und somit ein wenig bewegtes Relief an. Hohe Werte deuten auf eine besonders bewegte Topographie hin.

Ebenso wie bei der Nutzungsvielfalt werden die Werte des TRI anhand von Quantilen klassifiziert, sodass das unterste Quantil – also die niedrigen Rauigkeitswerte – als sehr geringe und das oberste Quantil als sehr hohe Reliefvielfalt eingestuft wird. Abb. 30 zeigt die Verteilung der Werte des TRI in Deutschland und die festgelegten Klassen.

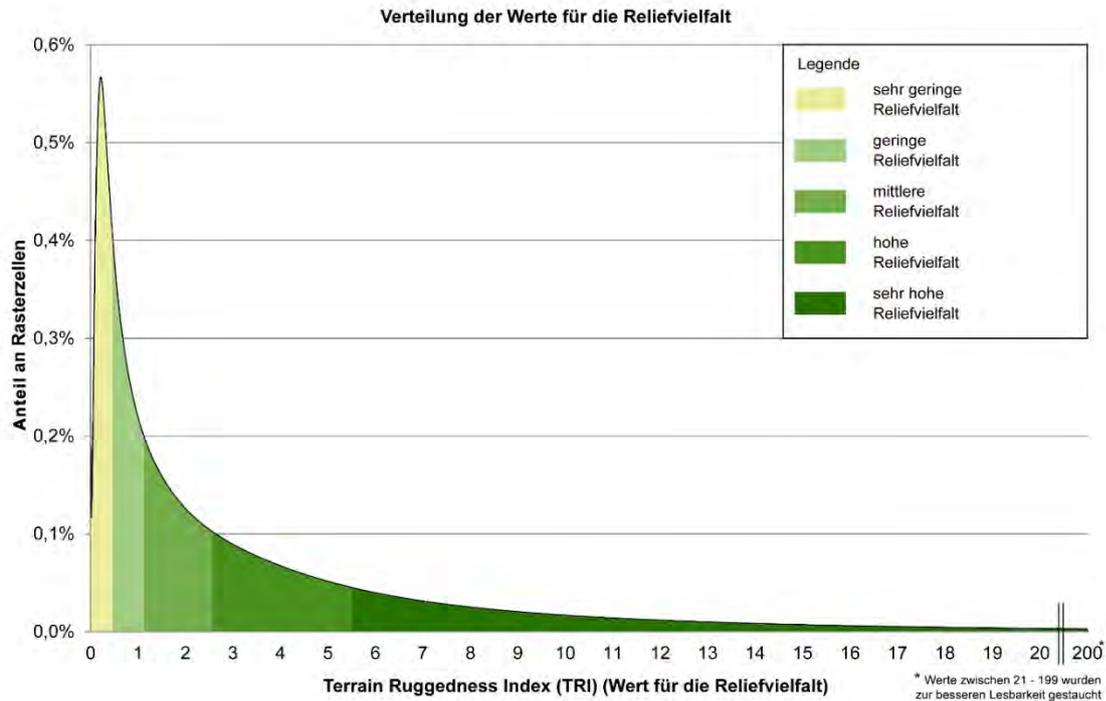


Abb. 30: Verteilung der Werte für die Reliefvielfalt

Durch die Bildung des Mittelwerts von Nutzungs- und Reliefvielfalt wird jede Rasterzelle hinsichtlich der Vielfalt – differenziert in fünf Klassen – aggregiert (Tab. 21). Das Mittelwert-Verfahren begründet sich hier durch die synoptische Wirkung der Kriterien für die Vielfalt

Tab. 21: Bewertungsmodell für die Vielfalt

Attribut	Aggregationsverfahren	Kriterium	Bewertung des Kriteriums	Indikator	Ausprägung des Indikators
Vielfalt	Mittelwert aus Nutzungsvielfalt und Reliefvielfalt	Nutzungsvielfalt	sehr hoch	Anzahl der verschiedenen Nutzungstypen pro definierter Flächeneinheit (1x1km) (Nutzungszahl)	17-26
			hoch		15-16
			mittel		13-14
			gering		10-12
			sehr gering		3-9
		Reliefvielfalt	sehr hoch	Terrain Ruggedness Index (TRI) <sup>2</sup>	6,07-199,21
			hoch		2,79-6,06
			mittel		1,24-2,79
			gering		0,47-1,23
			sehr gering		0,00-0,46

### Eigenart

Die landschaftliche Eigenart umfasst das „Typische, Charakteristische und Unverwechselbare“ (Roth 2012) einer Landschaft und entsteht durch die Entwicklung der Landschaft im Laufe der Zeit. Die Eigenart ist dabei keinesfalls allein auf die Zusammensetzung der einzelnen objektiv erfass- und messbaren Elemente einer Landschaft beschränkt. Vielmehr stehen z. B. Traditionen und regionale Spezifika, wie besondere Wirtschaftsweisen, im Zusammenhang mit der Eigenart der Landschaft. Diese sind jedoch besonders auf der Bundesebene nicht praktikabel erfass- und vor allem nicht bewertbar. Um die Landschaftsentwicklung gemessen an einem Referenzzeitpunkt, wie es z. B. Nohl (2001) beschreibt (Referenzzeitpunkt: vor 50-60 Jahre), bewerten zu können, wären zudem historische Datengrundlagen notwendig, die flächendeckend nicht zur Verfügung stehen.

Daher muss auch bei diesem Attribut auf das zurückgegriffen werden, was auf der Bundesebene aus verfügbaren Daten generiert werden kann. Als Kriterien mit besonderer Bedeutung können die Eigenart der Nutzungsverteilung sowie die historische Kontinuität der Landschaft identifiziert und nutzbar gemacht werden.

Im Rahmen des BfN Vorhabens „Den Landschaftswandel gestalten“ (Schmidt et al. 2014) ist eine Kulturlandschaftsgliederung für Deutschland entwickelt worden, die insgesamt 17 Kulturlandschaftstypen unterscheidet. Diese Kulturlandschaftstypen werden zur Bewertung der Eigenart der Nutzungsverteilung herangezogen, indem sie mit den Nutzungsdaten verglichen werden. Die Eigenart der Nutzungsverteilung misst sich an der Abweichung der Nutzungsverteilung im ATKIS-Modell einer Rasterzelle von der typischen Verteilung innerhalb eines dieser Landschaftstypen. Somit wird die Eigenart nicht bundesweit an den gleichen Kriterien gemessen, sondern an der charakteristischen Verteilung innerhalb des vorherrschenden Landschaftstyps. Dazu wird die Abweichung der Nutzungsverteilung einer Rasterzelle von der Normalverteilung des jeweiligen Landschaftstyps berechnet. Die folgende Gleichung zeigt die Berechnung der mittleren Abweichung (Abb. 31).

$$mA(R, K) = \sqrt{\sum_{N=1}^n (R_N - K_N)^2}$$

Dabei entspricht:

$mA(R, K)$	mittlere Abweichung zwischen der Nutzungsverteilung der Rasterzelle R und der Nutzungsverteilung des Kulturlandschaftstyp K
$R_N$	Anteil des Nutzungstyps N an der Rasterzelle R
$K_N$	Anteil des Nutzungstyps N an dem Kulturlandschaftstyp K
N	Nutzungstyp
n	Anzahl der Nutzungstypen

Abb. 31: Formel zur Berechnung der mittleren Abweichung zwischen der Nutzungsverteilung der Rasterzelle und der Nutzungsverteilung des Kulturlandschaftstyps

Zur Einordnung der ermittelten Werte werden fünf Klassen anhand von Quantilen generiert, die den Kategorien sehr geringe bis sehr hohe Eigenart zugeordnet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass gerade die Landschaften eine besonders hohe Eigenart aufweisen, die in besonderer Weise von der typischen Nutzungsverteilung – hier abgebildet durch die Verteilung im vorherrschenden Kulturlandschaftstyp – abweichen. Sie stellen damit in der umgebenden Landschaft etwas Besonderes dar. Die Abb. 32 zeigt die Verteilung der mittleren Abweichungen über alle Rasterzellen in Deutschland.

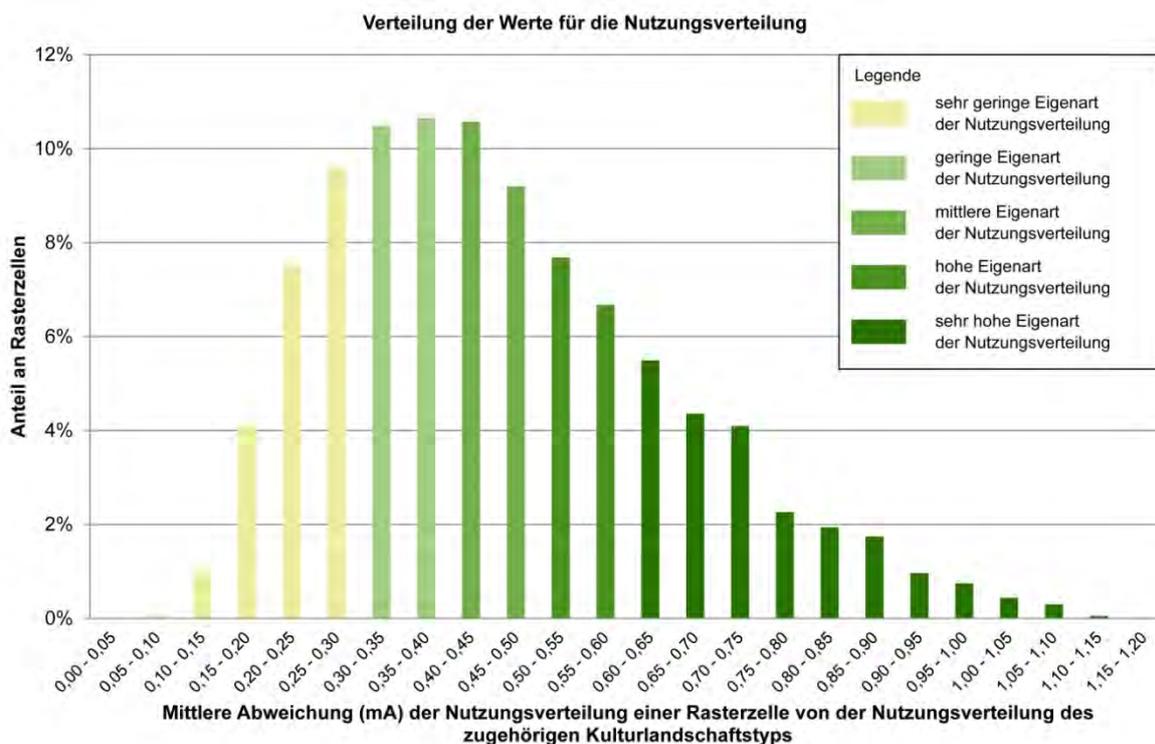


Abb. 32: Verteilung der Werte für die Nutzungsverteilung

Aus demselben Vorhaben (Schmidt et al. 2014) werden Daten zum Landschaftswandel seit 1996 verwendet. Diese werden als Maßstab für die historische Kontinuität herangezogen und zeigen insbesondere, wo bisher bereits ein starker Landschaftswandel stattgefunden hat, der die Eigenart der Landschaft verändert und abgeschwächt hat. Dabei wird zwischen einem

hohen (geringe Eigenart) und einem sehr hohen Wandel (sehr geringe Eigenart) im Zeitraum von 1996 bis 2010 differenziert. Bei letzterem kann von einer Überprägung der landschaftstypischen Ausprägung ausgegangen werden. Landschaften, in denen nach Schmidt et al. (2014) kein deutlicher Wandel stattfand, wird eine sehr hohe Eigenart zugewiesen. Die Klassen hohe und mittlere Eigenart werden durch diesen Indikator nicht erfasst, da die Einstufung des Landschaftswandels nach Schmidt et al. (2014) keine größere Differenzierung zulässt.

Im Aggregationsverfahren beider Bewertungen wird ein Mittelwert auf Basis der fünfstufigen Bewertung der einzelnen Kriterien verwendet, da beide Kriterien eigenständig und jeweils maßgeblich die Eigenart der Landschaft beeinflussen (Tab. 22).

Tab. 22: Bewertungsmodell für die Eigenart

Attribut	Aggregationsverfahren	Kriterium	Bewertung des Kriteriums	Indikator	Ausprägung des Indikators
Eigenart	Mittelwert aus <i>Eigenart der Nutzungsverteilung</i> und <i>historische Kontinuität</i>	Eigenart der Nutzungsverteilung	sehr hoch	Abweichung der Nutzungsverteilung einer definierten Flächeneinheit (1 x 1 km) von der Nutzungsverteilung des zugehörigen Kulturlandschaftstyps (mittlere Abweichung)	0,62 - 1,17
			hoch		0,49 - 0,62
			mittel		0,39 - 0,48
			gering		0,30 - 0,38
			sehr gering		0,00 - 0,29
		historische Kontinuität	sehr hoch	Einstufung des Landschaftswandels seit 1996 (nach Schmidt 2014)	kein
			-		-
			-		-
			gering		hoch
			sehr gering		sehr hoch

### Schönheit

Schönheit von Landschaft gilt mithin als nur schwierig operationalisierbar, da die Wahrnehmung besonders stark variieren kann (Roth und Bruns 2016). Versuche, das Attribut zu operationalisieren, gibt es in der Literatur mehrfach (Roth 2012). Abgeleitete Kriterien, wie Harmonie, können jedoch häufig nicht anhand von Landschaftselementen gemessen werden und ersetzen letztendlich einen unbestimmten Begriff lediglich durch einen anderen ebenso Unbestimmten. Gerade auf den übergeordneten Ebenen ist die Operationalisierung der Schönheit problematisch (Wöbse 2002; Gerhards 2003; Demuth und Fünkner 1997; Peters et al. 2009). Dennoch ist die landschaftliche Schönheit ein eigener Wert, der selbstständig neben Eigenart und Vielfalt steht (Gassner und Jedicke 1995).

Wegen des Abstraktionsgrades der Bundesebene wird sich daher bei der Bewertung der landschaftlichen Schönheit auf die Aussagekraft von Schutzgebietsausweisungen bezogen, die auch dem Ziel dienen, die Schönheit der Landschaft zu sichern. Hierbei werden Landschaftsschutzgebiete (LSG), Naturparke (NP) und Biosphärenreservate (BR) berücksichtigt.

Für die Auswahl der Gebiete ist vor allem die Großräumigkeit von Bedeutung. Die Eignung der LSG als Indikator für die Schönheit ergibt sich aus dem §26 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG, in dem festgesetzt ist, dass LSG u.a. aufgrund ihrer landschaftlichen Schönheit zu schützen sind. Auch wenn das BNatSchG für die Gebiete NP und BR nicht explizit auf die landschaftliche Schönheit als Schutzgrund hinweist, schützen diese Gebiete doch regelmäßig Landschaften, die sich durch eine besondere Schönheit auszeichnen. Zudem erfüllen BR und NP laut BNatSchG weitgehend die Funktionen von NSG und LSG, die wiederum u.a. zum Schutz der landschaftlichen Schönheit ausgewiesen werden. Naturschutzgebiete haben die Funktion, die Schönheit und Eigenart zu schützen, wenngleich ihre primäre Funktion der Erhaltung von naturnahen Lebensräumen gilt. Um eine Doppelbewertung zu vermeiden bzw. einzelnen Indikatoren nicht zu viel Gewicht zu verleihen, werden NSG, die bereits als Indikator für das Kriterium Naturnähe verwendet werden, hier nicht berücksichtigt.

Bezüglich der Bewertung der Landschaft wird bei dem Vorhandensein von BR oder NP aufgrund ihres strengeren Schutzstatus eine hohe Schönheit, bei LSG eine mittlere Schönheit angenommen (Tab. 23). Außerhalb dieser Schutzgebiete liegen keine Daten vor, aus denen sich Erkenntnisse zur Schönheit der Landschaft ableiten lassen. Diesen Bereichen wird daher die niedrigste Klasse zugewiesen. Eine geringe und eine sehr hohe Schönheit werden durch die Schutzgebiete nicht abgebildet. Die Abbildung der höchsten Klasse durch Schutzgebiete wird aufgrund der auf Bundesebene geringen Treffsicherheit dieses Indikators vermieden. Obwohl offensichtlich ist, dass auch Landschaften außerhalb von Schutzgebieten von besonderer Schönheit sein können, besteht im Rahmen des Vorhabens keine Möglichkeit der Analyse dieser Landschaften. Die wahrnehmungspsychologischen Studien (Kap. 5) werden insbesondere hierzu weitere Erkenntnisse liefern.

Tab. 23: Bewertungsmodell für die Schönheit

Attribut	Aggregationsverfahren	Kriterium	Bewertung des Kriteriums	Indikator	Ausprägung des Indikators
Schönheit			-		-
			hoch		BR und /oder NP
			mittel	<b>Vorhandensein von Schutzgebieten (BR, NP, LSG)</b>	Nur LSG
			-		-
			sehr gering		kein Schutzgebiet

### Erholungswert

Der Erholungswert einer Landschaft bezieht sich sowohl auf die Nah- als auch auf die Fernerholung. Unter ersterem wird in diesem Fall die Erholung im siedlungsnahen Bereich verstanden, so z.B. die Feierabend- und Wochenenderholung, unter Fernerholung vor allem die touristische Nutzung der Landschaft. Zudem hängt der Wert maßgeblich von der Erholungseignung und der Erholungsnachfrage ab (Fleckenstein et al. 1996).

Roth und Bruns (2016) gehen davon aus, dass vor allem die Vielfalt, Eigenart und Naturnähe den Erholungswert, in diesem Fall die Erholungseignung, einer Landschaft mitbestimmen. Darüber hinaus bezeichnet Demuth (2000) die Schönheit ebenso wie die Vielfalt und Eigenart als Voraussetzung für die Erholung.

Die zuvor dargestellten Bewertungen der Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe werden daher durch die Bildung eines Mittelwerts zur Bewertung der Erholungseignung verwendet. Über diesen Wert kann aber nur die prinzipielle Eignung einer Landschaft für die Erholung abgebildet werden. Hiermit ist gemeint, dass sichergestellt ist, dass die Landschaft das Potenzial hat, aufgrund ihrer Erscheinung als Raum für die Erholung zu dienen.

Der Erholungswert bemisst sich aber auch nach der Nutzbarkeit bzw. den Nutzungsansprüchen, die auf einer Landschaft tatsächlich liegen. Diese Nachfrage ist regelmäßig gerade mit Blick auf die Naherholung in der Nähe der dicht besiedelten Bereiche deutlich größer als in abgelegenen Gegenden. Eine potenzielle Naherholungsnachfrage wird daher in Abhängigkeit zur Siedlungsstruktur berechnet. Hierzu wird die Einwohnerdichte von Siedlungen als Grundlage verwendet. Nach Dangschat (1982) gehen Menschen in Städten mehr als 15 Minuten, um bestimmte Erholungsräume zu erreichen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Mohaupt et al. (2012), die in Bezug zur Erholungsnutzung von Wäldern bei über drei Viertel der befragten Personen eine Wegleistung von bis zu 15 Minuten feststellen. Bei zugrunde gelegten 3,6 km/h Schrittgeschwindigkeit ergibt sich eine Distanz von ca. 900 m. Da die Wegführung i.d.R. nicht der Luftlinie entspricht, wird als tatsächliche Distanz daher vereinfacht ein Umkreis von 500 m angenommen. Bei besonders hohen Bevölkerungsdichten wird von einer besonders hohen Erholungsnachfrage ausgegangen, die dazu führt, dass auch weiter von den besiedelten Bereichen entfernt gelegene Gebiete (bis zu 1.000 m) regelmäßig aufgesucht werden. Für die Abbildung der Siedlungsbereiche werden Daten des ATKIS-Modells genutzt, die mit Daten der Bevölkerungszahlen für die Ortslagen in Deutschland (Michael Bauer Research GmbH 2017) zusammengeführt werden. Aus diesen Daten werden anschließend die o.g. Radien berechnet.

Die potenzielle Nachfrage für die Fernerholung bemisst sich dagegen nicht an der Siedlungsnähe. Einen Hinweis für gut frequentierte Erholungsgebiete können Schutzgebiete darstellen, die ein hohes Vermarktungspotenzial aufweisen, also regelmäßig eine hohe Anzahl Touristen anziehen. Als Indikator dienen daher vor allem Nationalparke, denen ein sehr hoher Erholungswert zugeschrieben wird. Naturparke und Biosphärenreservate wird ein hoher Erholungswert zugrunde gelegt und dem Grünen Band wird ein mittlerer Erholungswert zugewiesen. Liegt keines der genannten Schutzgebiete vor, wird ein sehr geringer Erholungswert für die Fernerholung angenommen. Bei der Fernerholung ist die Erholungseignung bereits durch die Schutzgebiete in ausreichender Weise berücksichtigt.

Die anhand der Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe ermittelte Erholungseignung wird hier daher als Naherholungseignung betrachtet. Im Zuge der Aggregation werden zunächst die beiden Werte für die potenzielle Naherholungseignung sowie die potenzielle Naherholungsnachfrage in einem Mittelwert-Verfahren zusammengeführt, wodurch sich der Erholungswert für die Naherholung ergibt. Beides sind sich ergänzende Werte. Erst wenn sie zusammentreffen ist die Bedeutung einer Landschaft für die Naherholung besonders hoch. Anhand der Bestimmung des Maximalwerts von Nah- und Fernerholung ergibt sich der allgemeine Erholungswert der Landschaft (Tab. 24). Für einen hohen Wert genügt es, wenn das Gebiet entweder für die Nah- oder für die Fernerholung bedeutend ist.

Tab. 24: Bewertungsmodell für den Erholungswert

Attribut	Aggregationsverfahren	Kriterium	Bewertung des Kriteriums	Indikator	Ausprägung des Indikators	
Erholungswert	Mittelwert aus Eigenart der potenziellen Erholungseignung für die Naherholung und der potenziellen Erholungsnachfrage (=potenzieller Wert für die Naherholung)	<b>Potenzielle Erholungseignung für die Naherholung</b>	sehr hoch	<b>Vielfalt, Schönheit und Nähe</b>	sehr hoch	
			hoch		hoch	
			mittel		mittel	
			gering		gering	
			sehr gering		sehr gering	
	Maximalwert aus dem potenziellen Wert für die Naherholung und dem potenziellen Wert für die Fernerholung	<b>Potenzielle Erholungsnachfrage für die Naherholung</b>	<b>potenzieller Erholungswert für die Fernerholung</b>	sehr hoch	<b>Distanz zu locker besiedelten (a) und dicht besiedelten (b) Siedlungsgebieten</b>	(a)<500m (b)<1000m
				-		-
				-		-
				sehr gering		(a)>500m (b)>1000m
				sehr hoch		NatP
			hoch	<b>Vorhanden sein von Schutzgebieten (NatP, NP, BR, Grünes Band)</b>	NP/BR	
		mittel	Grünes Band			
		gering	kein Schutzgebiet			

### Naturnähe

Im Kontext der Bewertung des Schutzguts Landschaft geht es bei der Naturnähe nicht um den Begriff im streng ökologischen Sinne. Vielmehr geht es im Wesentlichen um eine durch die Öffentlichkeit wahrnehmbare Naturnähe, die sich mit der erstgenannten nur teilweise deckt (Roth 2012). Es geht also um solche Teile der Landschaft, von denen erwartet werden kann, dass ihnen durch die Öffentlichkeit eine hohe Naturnähe zugewiesen wird. Hierzu zählen im Unterschied zu einer rein ökologischen Betrachtung, z.B. bis zu einem bestimmten Grad, auch intensiv genutzte Forste oder Intensivgrünländer (Roth 2012; Kühne 2006).

Die Eigenentwicklung der Natur und das Fehlen von menschlichen Strukturen wird in der Literatur (Mönnecke 1997; Nohl 2001) häufig als Grundlage einer naturnah wahrgenommenen Landschaft angesehen. Über Daten zur Landnutzung und zu störenden, anthropogenen

Elementen lassen sich somit bereits Erkenntnisse zur wahrgenommenen Naturnähe einer Landschaft ableiten.

Zur Bestimmung der Naturnähe werden drei Indikatoren verwendet: die wahrgenommene Naturnähe der Landnutzung, die wahrgenommene Naturnähe in Schutzgebieten sowie vorhandene Störungen.

Die wahrgenommene Naturnähe der Landnutzung wird auf Basis der ATKIS-Daten bestimmt. Dazu werden den Daten zur Landnutzung im AKTKIS-Modell entsprechende Naturnähestufen zugewiesen (Tab. 25). Entsprechend der Naturbewusstseinsstudie aus dem Jahr 2009 (BfN und BMU 2009) werden bei der Frage nach „Naturbildern“ die Landnutzungstypen Wälder, Wiesen und Gewässer, sowohl Still- als auch Fließgewässer, genannt. Ode et al. (2009) ermitteln einen Zusammenhang zwischen der in einer Befragung abgefragten Naturnähe und der Formen der Grenzen (ebenso bei Nohl (2001) und Köhler (1997)). Geometrische, wenig variable Formen und harte Übergänge zwischen Nutzungstypen werden demnach als naturfern wahrgenommen. Unterstützt wird diese Annahme u.a. durch Ausführungen von Mönnecke (1997), Nohl (2001) und Köhler (1997) die eine Eigenentwicklung der Vegetation und somit eine extensivere Nutzungsweise als Indikator einer naturnah wahrgenommenen Landschaft beschreiben. Zudem wird regelmäßig der sichtbare anthropogene Einfluss als Kriterium für naturfern wahrgenommene Landschaften genannt (Nohl 2001). Aus der Naturbewusstseinsstudie vom BfN und BMU (2009) lässt sich ableiten, dass Wälder (Laub-, Nadel- und Mischwälder), Grünländer, Fließgewässer und stehende Gewässer eine relativ hohe wahrgenommene Naturnähe aufweisen. Im Detail muss man jedoch hinsichtlich der Ausprägung dieser Nutzungstypen differenzieren.

Grünländer werden größtenteils intensiv genutzt und stellen dadurch meist nicht die blütenreichen Wiesen dar, auf die sich die befragten Personen möglicherweise beziehen (BfN und BMU 2009). Zudem ist der menschliche Einfluss durch die niedrige Vegetation und die wahrnehmbare Nutzung durch Maschinen gerade bei mehrschürigen Wiesen für den Durchschnittsbetrachtenden deutlich erkennbar. Bei Wäldern dagegen, die aus ökologischer Sicht ebenfalls zu einem Großteil menschlich geprägt sind (Thünen-Institut 2012), ist der anthropogene Einfluss aufgrund der langen Umtriebszeit und der relativ unbeeinflusst gewachsenen, alten Bäume für den Betrachtenden nur in abgeschwächter Form wahrnehmbar. Dementsprechend erläutert Kühne (2006), dass Wälder Naturnähe symbolisieren, „obwohl es sich in der Regel um forstwirtschaftlich [...] genutzte Wälder handelt“ (Kühne 2006). Ihnen wird daher eine sehr hohe wahrgenommene Naturnähe zugewiesen, Grünländern dagegen eine nur hohe wahrgenommene Naturnähe.

Sümpfe und Gehölze, die sich weitestgehend aus großen Sträuchern und Bäumen zusammensetzen werden aufgrund ihres waldähnlichen Charakters, ihrer Eigenentwicklung sowie aufgrund ihrer meist unregelmäßigen Form in ihrer wahrgenommenen Naturnähe wie Wälder eingestuft. Streuobstbestände weisen Einzelbäume auf, die selbstständig gewachsene, wenig beeinflusste Elemente darstellen und somit als naturnah wahrgenommen werden (Nohl 2001). In der Studie von BfN und BMU (2009) werden sie ebenfalls in Zusammenhang mit „Naturbildern“ genannt. Jedoch treten Streuobstwiesen häufig in Kombination mit Grünland im Unterwuchs auf, sodass ihnen die gleichen Aspekte hinsichtlich der wahrgenommenen Naturnähe wie Grünland zugewiesen werden können. Heiden und Moore verkörpern in der Gesellschaft häufig Idealvorstellungen von Landschaften und sind daher auch hinsichtlich der Naturnähe nicht unwesentlich. Sie sind zumindest teilweise mit Wald bedeckt und weisen in der Regel keine geometrischen Formen auf. Heiden und Mooren, die noch als solche einzustufen sind und heute nicht (mehr) primär genutzt werden (z.B. zum Torfabbau), sind eine sehr hohe wahrgenommene Naturnähe zuzuordnen.

Wasser hat laut White et al. (2010) allgemein eine hohe Bedeutung für den Menschen. Gewässer wirken zudem als „unverändert wirkende abiotische Elemente“ (Köhler 1997) positiv auf die wahrgenommene Naturnähe. Es wird daher davon ausgegangen, dass Gewässer im Allgemeinen die höchste Stufe der wahrgenommenen Naturnähe aufweisen und erst bei deutlichen Eingriffen wie Kanalisierung diese stärker abnimmt.

Vegetationslose Flächen sind nach ATKIS Bereiche außerhalb der Siedlungen, „die dauerhaft landwirtschaftlich nicht genutzt [werden] [...], Sand- oder Eisflächen, Uferstreifen längs von Gewässern und Sukzessionsflächen“ (AdV 2008). Damit entsprechen diese Nutzungen dem Bild einer relativ unbeeinflussten Vegetation. Da die menschliche Prägung dennoch bei vielen dieser Flächen, so z.B. einjährige Brachen und regelmäßig gemähte Uferstreifen, sichtbar bleibt, wird diesem Nutzungstyp eine hohe wahrgenommene Naturnähe zugewiesen.

Legt man die u.a. von Ode et al. (2009) benannten Erkenntnisse zugrunde, sind Landnutzungsformen mit geometrischen, wenig variablen Formen (Ackerland, Plantage, Gartenland) in ihrer wahrgenommenen Naturnähe geringer einzustufen als Grünländer. Friedhöfe, die zwar meist innerstädtisch auftreten und klare geometrische Formen sowie in Teilen versiegelte Bereiche aufweisen, sind aufgrund ihrer vegetationsgeprägten Struktur und ihrer meist zahlreichen alten, gewachsenen Bäume ähnlich einzustufen. Alle weiteren innerstädtischen Flächen sind bezüglich der wahrgenommenen Naturnähe zu differenzieren. Vegetation wird, zunächst unabhängig von ihrer Ausprägung, als Basis für eine natürlich wirkende Landschaft angesehen. Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen, die größtenteils vegetationsgeprägte Bereiche aufweisen, werden demnach naturnäher wahrgenommen. Ihnen schließen sich Wohn- (Wohnbau) und Wohnmischgebiete (gemischte Nutzung) an, die zwar sehr unterschiedlich ausgeprägt sein können, aber durch Gärten und innerstädtisches Grün häufig eine gewisse natürliche Wirkung auf den Betrachtenden haben. Dies zeigt sich u.a. in der Befragung von BfN und BMU (2009), in der 9% den eigenen Garten als Naturbild angeben. Im Umkehrschluss wird den Bereichen, die keine vegetativen Strukturen aufweisen (Industrie- und Gewerbe, Platz, Straßen, Bahnverkehr, Schiffsverkehr, Flugverkehr), eine sehr geringe wahrgenommene Naturnähe zugesprochen. Weitere übermäßig vom Menschen geprägte Landschaftsbestandteile wie Halden und Tagebauten sind ebenfalls als naturfern zu charakterisieren.

Tab. 25: Zuweisung von Naturnähestufen zu den feinen Nutzungstypen

Feiner Nutzungstyp	Wahrgenommene Naturnähe
Fließgewässer	
Gehölz	
Heide	
Laubwald	
Laub- und Nadelwald	sehr naturnah
Moor	
Nadelwald	
stehendes Gewässer	
Sumpf	
Grünland	
Streuobstbestand	naturnah
vegetationslose Fläche	
Ackerland	
Friedhof	
Gartenland	mäßig naturnah
Plantage	
Gemischte Nutzung	
Wohnbaufläche	naturfern
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	
Bahnverkehr	
Flugverkehr	
Halde	
Industrie- und Gewerbe	sehr naturfern
Platz	
Schiffsverkehr	
Straßen	
Tagebau	

Weitere Indikatoren für die wahrgenommene Naturnähe sind Schutzgebiete, die insbesondere der Erhaltung und Wiederherstellung von natürlichen Landschaften dienen. Dies sind zum einen die FFH-Gebiete (FFH-G) und die Europäischen Vogelschutzgebiete (VSG) im Natura2000-Netz sowie Naturschutzgebiete (NSG) und die oftmals auch touristisch interessanten Nationalparks (NatP). Neben der Veränderung der Wahrnehmung durch die Schutzgebietsausweisung ist es z.B. gerade in den Vogelschutzgebieten auch häufig möglich, naturraumtypische Tierarten – hier besonders Vögel – zu erleben, was zu einer höheren wahrgenommenen Naturnähe führt. Liegt in einer Landschaft mindestens eines der genannten Schutzgebiete vor, wird eine sehr hohe, andernfalls eine sehr geringe Naturnähe angenommen.

Der Indikator zur Anwesenheit von Störungen bezieht sich sowohl auf visuelle als auch auf akustische Störungen. Visuelle Störungen gehen aufgrund der guten Sichtbarkeit vor allem von Hochspannungsleitungen und Windenergieanlagen aus, während akustische Störungen im Wesentlichen auf die Schienenwege und Straßen zurückzuführen sind. Hierbei wird auf die überwiegende Art der Störung Bezug genommen, z. B. gehen auch von Straßen optische Störungen aus, die Akustischen sind jedoch meist weitreichender, sodass die erstgenannten mit dem Wirkradius der akustischen Störungen abgedeckt werden. Die Reichweite der Wirkung ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig, die im Einzelnen auf der Bundesebene nicht berücksichtigt werden können. Daher wird mit pauschalisierten Wirkradien gearbeitet, die Ergebnis einer Literaturrecherche sind (Tab. 26 und Tab. 27).

Die Wirkradien von Windenergieanlagen (WEA) und Hochspannungsleitungen (HSL) basieren auf den Aussagen von Nohl (1993), die Reichweiten von Straßen und Schienenwegen resultieren dagegen aus dem Bundesverkehrswegeplan (Günnewig et al. 2016). Bei der Festlegung von Wirkradien für WEA und HSL wird von dem nach Nohl (1993) differenzierten „Typ III“ (Freileitungen im Höchstspannungsbereich; Großwindenergiewerke) ausgegangen. Nohl (1993) differenziert den Wirkradius in drei Zonen (200 m / 1.500 m / 5.000 m). Der Niedersächsischer Landkreistag e.V. (2011) geht davon aus, dass Freileitungen zumindest in einem Umkreis von 1.500 m noch zu erheblichen Beeinträchtigungen führen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird angenommen, dass die Naturnähe im Umkreis von über 1.500 m durch HSL und WEA nicht mehr so stark beeinflusst wird, dass eine Abwertung der Naturnähe in der GIS-gestützten Bewertung zu rechtfertigen wäre. Für HSL und WEA wird daher ein Wirkradius von 1.500 m festgelegt. Günnewig et al. (2016) nennen Wirkradien in Bezug zu den Verkehrsstärken (< 20.000 Kfz/Tag: 300 m; > 20.000 Kfz/Tag: 500 m), in den zugrundeliegenden ATKIS-Daten sind dagegen nur die Straßenzugehörigkeiten (Autobahn, Bundes-, Land- und Kreisstraße) angegeben. Anhand des BMVI (2015) wird mittels der durchschnittlichen Verkehrsstärken für Autobahnen (2012: 47.100 Kfz/Tag) und Bundesstraßen (2012: 9.440 Kfz/Tag) vereinfacht angenommen, dass Autobahnen generell eine Verkehrsstärke von mehr als 20.000 Kfz/Tag und somit einen Wirkradius von 500 m und alle weiteren Straßen eine Verkehrsstärke von unter 20.000 Kfz/Tag und damit einen Wirkradius von 300 m aufweisen. Da die Differenzierung von Schienenwegen gemäß Günnewig et al. (2016) in „konventionell“ (300 m) und „Hochgeschwindigkeitsverkehr“ (500 m) auf Basis der ATKIS-Daten nicht möglich ist, wird für alle Schienenwege der Wirkradius von konventionellen Strecken zugrunde gelegt, da diese den Großteil der bundesweiten Eisenbahnstrecken ausmachen.

Tab. 26: Wirkradien von optischen Störungen

Ursache der Beeinträchtigung	Wirkradien (Nohl 1993)
Windenergieanlagen	1.500 m
Hochspannungsleitungen	1.500 m

Tab. 27: Wirkradien von akustischen Störungen

Ursache der Beeinträchtigung	Wirkradien (BMVI 2015; Günnewig et al. 2016)
Straßen	Autobahn (> 20.000 Kfz/Tag): 500 m
	Bundes-, Land-, Kreisstraße (< 20.000 Kfz/Tag): 300 m
Schienenwege	Konventionell → 300 m

Im Rahmen des Aggregationsverfahrens werden die Werte der wahrgenommenen Naturnähe in Schutzgebieten und der Landnutzung anhand des Maximalwert-Verfahrens aggregiert. Da beiden Indikatoren das gleiche Ziel zugrunde liegt – die Bewertung der wahrgenommenen Naturnähe – reicht es für eine hohe Bewertung der wahrgenommenen Naturnähe aus, wenn ein Indikator als hoch eingestuft wird.

Der sich ergebende Wert für die wahrgenommene Naturnähe wird in den Bereichen, die innerhalb einer Wirkzone von visuellen oder akustischen Störungen liegen, um eine Klasse (z.B. von sehr hoch zu hoch) abgestuft. Eine deutliche Verringerung der wahrgenommenen Naturnähe, die eine Abwertung um eine Wertstufe rechtfertigt, tritt sowohl auf Flächen auf, die eine sehr hohe Naturnähe aufweisen als auch auf Flächen mit geringer Naturnähe. Gebiete, die bereits zuvor eine sehr geringe Naturnähe aufweisen, können nicht weiter abgestuft werden.

Tab. 28: Bewertungsmodell für die Naturnähe

Attribut	Aggregationsverfahren	Kriterium	Bewertung des Kriteriums	Indikatoren	Ausprägung des Indikators
Naturnähe	Mittelwert aus der wahrgenommenen Naturnähe der Landnutzung und der wahrgenommenen Naturnähe in Schutzgebieten  und  bedingte Abwertung durch die Anwesenheit von Störungen	<b>Wahrgenommene Naturnähe der Landnutzung</b>	sehr hoch	<b>Wahrgenommene Naturnähe der Nutzungstypen</b>	sehr naturnah
			hoch		naturnah
			mittel		mäßig naturnah
			gering		naturfern
			sehr gering		sehr naturfern
		<b>Wahrgenommene Naturnähe in Schutzgebieten</b>	sehr hoch	mindestens ein Schutzgebiet	
			<b>Vorhandensein von Schutzgebieten (FFH-G,VSG,NSG, NatP)</b>	sehr gering	kein Schutzgebiet
				vorhanden	Vorhanden
				Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
				<b>Vorhandensein von Störungen</b>	<b>Vorhandensein von akustischen und visuellen Beeinträchtigungen</b>

## Einbeziehung von Wirkradien

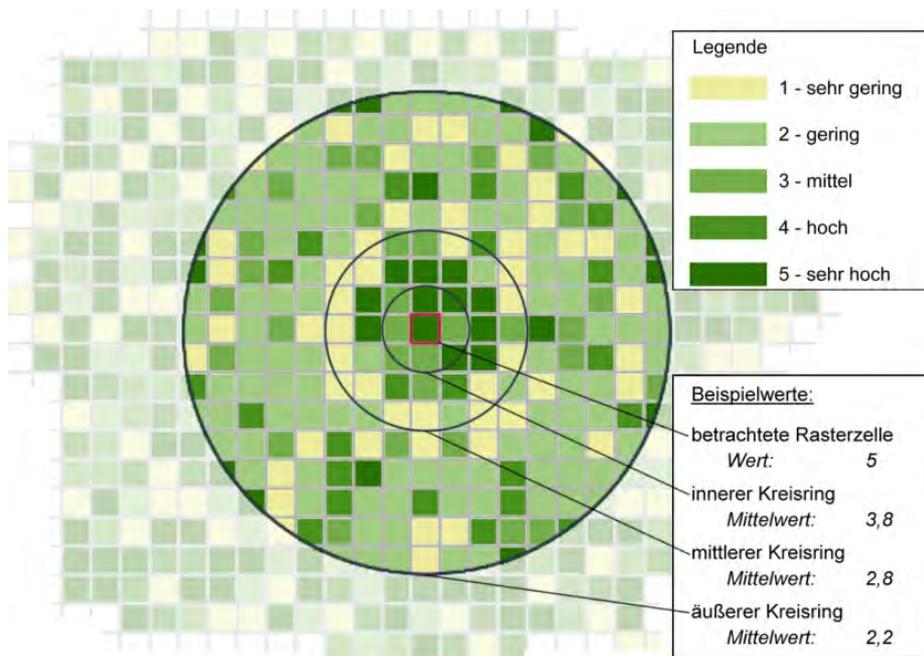
Durch das zuvor erläuterte Bewertungsmodell ergeben sich für jeden potenziellen Standort bzw. jede Rasterzelle die Ausprägungen der Vielfalt, Eigenart, Schönheit und des Erholungswerts sowie der Naturnähe. Diese Werte beziehen sich ausschließlich auf die jeweilige Rasterzelle. Zur Ermittlung von Konfliktrisiken gegenüber landschaftsverändernden Vorhaben müssen jedoch zusätzlich die von den Vorhaben ausgehenden Wirkungen einbezogen werden. So beschränken sich Konflikte für das Schutzgut Landschaft nicht auf den unmittelbaren Standort des Vorhabens, sondern wirken auf die umliegende Fläche. Bei Windenergieanlagen stellt vor allem die weitreichende optische Wahrnehmbarkeit eine landschaftsverändernde Wirkung dar. Um also das Konfliktrisiko – unter Einbeziehung der Wirkradien – gegenüber dem potenziellen Bau einer Windenergieanlage an einem Standort bzw. in einer Rasterzelle abbilden zu können, wird zunächst der Wert – die Ausprägung des Attributs – der jeweiligen Rasterzelle unter Einbeziehung der umliegenden Zellen angepasst. Jede Rasterzelle gibt folglich die Ausprägung des Attributs nicht mehr nur für die einzelne Zelle, sondern – auf Basis eines individuellen Aggregationsverfahrens – für die umliegende Landschaft an. Da die Berechnung auf den Wirkradien von Windenergieanlagen basiert, ist der Wert der Landschaft nicht mehr unabhängig vom Vorhaben und stellt keinen Wert, der für den Durchschnittsbetrachtenden wahrnehmbaren Landschaftsqualität dar. Der durch die Wirkradien berechnete Wert ist lediglich ein Zwischenschritt zur Bewertung der Konfliktrisiken (Kap. 4.5).

Welche umliegenden Rasterzellen einbezogen werden, richtet sich nach festgelegten Wirkradien. Diese Festlegung orientiert sich an den Maßstäben von Schmidt et al. (2018), die zwischen drei Abstandswerten differenziert – 2,5-fache Anlagenhöhe, 25-fache Anlagenhöhe und 55-fache Anlagenhöhe. Die Wirkradien werden somit für die drei verschiedenen Anlagentypen (Tab. 29) individuell ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Wirkintensität mit zunehmender Distanz zum Objekt abnimmt, wie es auch Nohl (1993) angibt. Dies geschieht exponentiell, mit zunehmender Distanz verringert sich die Wirkintensität deutlich langsamer. Insgesamt wird angenommen, dass das Vorhaben im näheren Umkreis der Anlage (2,5-fache Anlagenhöhe) nicht nennenswert geringer wirkt. Die Intensität wird hier somit mit dem direkten Standort gleichgesetzt. Bei einer Entfernung von 25-facher Anlagenhöhe wirkt das Vorhaben bereits deutlich geringer, die Intensität wird dort jedoch immer noch auf zwei Drittel der Wirkung am Standort festgelegt. Im äußeren Kreisring zwischen 25-facher und 55-facher Anlagenhöhe wird vereinfacht angenommen, dass die Anlage nur noch mit 10% wirkt. Die distanzabhängige Wirkintensität sowie die sich daraus ergebenden für die Berechnung notwendigen Gewichtungsfaktoren sind in Tabelle 29 dargestellt.

Die Anpassung der jeweiligen Rasterzelle erfolgt durch eine gewichtete Aggregation der Werte der umliegenden Zellen. Dabei werden die Werte für die Vielfalt, Schönheit, Eigenart und den Erholungswert sowie die Naturnähe für die entsprechenden Kreisringe zunächst gemittelt und schließlich anhand der Gewichtungsfaktoren (Tab. 28) aggregiert. Im dargestellten Beispiel (Abb. 33) ist der betrachteten Rasterzelle eine sehr hohe Vielfalt zugewiesen. Die umliegenden Kreisringe weisen im Mittel eine geringe bis hohe Vielfalt (2,2-3,8) auf. Anhand der Formel werden die Werte aggregiert, wobei die betrachtete Rasterzelle sowie der Mittelwert des inneren Kreisrings am stärksten (36%) gewichtet werden. Die Zellen des mittleren Kreisrings (24%) sowie des äußeren Kreisrings (4%) fließen mit geringerem Gewicht in die Berechnung ein. Insgesamt ergibt sich so ein Wert von 3,9 für das abgebildete Konfliktrisiko der Rasterzelle, was einer hohen Vielfalt entspricht. Das Beispiel zeigt somit eine klassische Abwertung einer Rasterzelle durch die geringer bewerteten, umliegenden Flächen.

Tab. 29: Wirkradien, angenommene Wirkintensitäten und Gewichtungsfaktoren für die Berechnung der Attribute

Anlagentyp (Anlagenhöhe)	Anlagenstandort	innerer Radius (~2,5-fache An- lagenhöhe)	mittlerer Radius (~25-fache Anla- genhöhe)	äußerer Radius (~55-fache anla- genhöhe)
A (177,5)	/	450 m	4.500 m	10.000 m
B (202,5)	/	500 m	5.000 m	11.000 m
C (227,5)	/	550 m	5.500 m	12.500 m
angenommene Wir- kintensität	100%	100%	67%	10%
Gewichtungsfaktor für die Berechnung des Attributs	0,36	0,36	0,24	0,04



Formel zur Neuberechnung des Werts für die Rasterzelle unter Einbeziehung der Wirkradien

$$Aw(R) = (A_{R0} \times 0,36) + (A_{R1} \times 0,36) + (A_{R2} \times 0,24) + (A_{R3} \times 0,04)$$

Dabei entspricht:

- $Aw(R)$  Wert des Attributs für die Rasterzelle R unter Einbeziehung der Wirkradien
- $A_{R0}$  Wert des Attributs für die Rasterzelle R
- $A_{R1}$  Mittelwert des Attributs für die im inneren Kreis der Rasterzelle R liegenden Rasterzellen
- $A_{R2}$  Mittelwert des Attributs für die im mittleren Kreisring der Rasterzelle R liegenden Rasterzellen
- $A_{R3}$  Mittelwert des Attributs für die im äußeren Kreisring der Rasterzelle R liegenden Rasterzellen

Beispielrechnung:

$$Aw(R) = (5 \times 0,36) + (3,8 \times 0,36) + (2,8 \times 0,24) + (2,2 \times 0,04)$$

$$Aw(R) = 3,9$$

Abb. 33: Schematische Darstellung und Beispiel der Neuberechnung der Werte für die Rasterzellen unter Einbeziehung der Wirkradien

## Ableitung von Flächenkategorien zum Schutzgut Landschaft

Anhand der entwickelten Vorgehensweise zur Bewertung des Schutzguts Landschaft sowie unter Einbeziehung der exponierten Lagen ergeben sich die folgenden Flächenkategorien (Tab. 30).

Tab. 30: Auflistung der Flächenkategorien zum Schutzgut Landschaft

Nummerierung	Flächenkategorie
27	Landschaft mit sehr hoher Vielfalt
28	Landschaft mit hoher Vielfalt
29	Landschaft mit mittlerer Vielfalt
30	Landschaft mit geringer Vielfalt
31	Landschaft mit sehr geringer Vielfalt
32	Landschaft mit sehr hoher Eigenart
33	Landschaft mit hoher Eigenart
34	Landschaft mit mittlerer Eigenart
35	Landschaft mit geringer Eigenart
36	Landschaft mit sehr geringer Eigenart
37	Landschaft mit hoher Schönheit
38	Landschaft mit mittlerer Schönheit
39	Landschaft mit sehr geringer Schönheit
40	Landschaft mit sehr hoher Naturnähe
41	Landschaft mit hoher Naturnähe
42	Landschaft mit mittlerer Naturnähe
43	Landschaft mit geringer Naturnähe
44	Landschaft mit sehr geringer Naturnähe
45	Landschaft mit sehr hohem Erholungswert
46	Landschaft mit hohem Erholungswert
47	Landschaft mit mittlerem Erholungswert
48	Landschaft mit geringem Erholungswert
49	Landschaft mit sehr geringem Erholungswert
50	Exponierte Lagen in der Landschaft
51	keine exponierten Lagen in der Landschaft

## **Herleitung und Begründung von Annahmen zur Empfindlichkeit des Schutzgutes Landschaft**

Um für die Flächenkategorien zum Schutzgut Landschaft die Konfliktrisiken zu bewerten, ist es zunächst notwendig, die Empfindlichkeit der durch die jeweiligen Kategorien abgebildeten Landschaften gegenüber dem Zubau durch Windenergieanlagen zu ermitteln. Da diese Empfindlichkeiten gegenüber der Flächennutzung durch Windenergieanlagen der Forschung bislang nicht ausreichend geklärt sind, werden Annahmen aufgestellt, die in den wahrnehmungspsychologischen Studien überprüft werden (Kap. 5.5). Die durch die Studien bestätigten Annahmen zur Abhängigkeit zwischen dem Wert einer Landschaft und dessen Empfindlichkeit gegenüber Windenergieanlagen sind die Basis der Bewertung der Konfliktrisiken. Sie werden im Folgenden für die Vielfalt, Eigenart, Schönheit, den Erholungswert sowie die Naturnähe erläutert.

Bei der Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Windenergieanlagen stellt sich als problematisch heraus, dass die landschaftliche Vielfalt in einem besonderen Abhängigkeitsverhältnis zur landschaftlichen Eigenart steht. So können „Vielfalt und Eigenart [...] in kongruentem (hohe Vielfalt = ausgeprägte Eigenart: tropischer Regenwald) oder kontroverserem Verhältnis (geringe Vielfalt = ausgeprägte Eigenart: Marschlandschaft) zueinander stehen“ (Haaren und Bittner 2004). Damit ist die Vielfalt einer Landschaft zwar absolut bestimmbar aber dieser Vielfalt ist kein absoluter Wert zuzuweisen, dementsprechend ist auch eine Erhöhung der Vielfalt nicht grundsätzlich eine Maßnahme, die die Landschaftsqualität verbessert (Demuth 2000).

Das Verhältnis von Vielfalt und Eigenart kann aber auf der Bundesebene kaum nachvollziehbar analysiert werden. Daher wird ein vereinfachter Ansatz gewählt: Die vorgefundene Vielfalt wird grundsätzlich als der Eigenart entsprechend bzw. für eine Landschaft als charakteristisch angenommen. Dementsprechend ist jede erhebliche Veränderung der landschaftlichen Vielfalt zunächst negativ. In Bezug auf die Empfindlichkeit gegenüber Windenergieanlagen bestehen jedoch Unterschiede. Einerseits entspräche eine steigende Wahrnehmbarkeit von Anlagen in zunehmend monotoneren Landschaften einer ebenfalls hohen Empfindlichkeit. So könnten Windenergieanlagen in Landschaften mit geringer Nutzungs- und Reliefvielfalt aufgrund weniger erkennbarer Landschaftselemente stärker ins Auge fallen. Dagegen sind besonders vielfältige Landschaften, die einen hohen ästhetischen Wert aufweisen, häufig besonders empfindlich gegenüber Eingriffen. Auf der Basis der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Vielfalt und Empfindlichkeit in der wahrnehmungspsychologischen Studie wird für die Bewertung von Konfliktrisiken vereinfacht von einem linearen Zusammenhang ausgegangen, bei dem die Empfindlichkeit einer Landschaft mit steigender Vielfalt zunimmt (Annahme 2, durch die wahrnehmungspsychologische Studie angepasst).

Die Bewertung der Empfindlichkeit sieht einen linearen Zusammenhang zwischen einer hohen Bewertung der Eigenart und einer gleichfalls hohen Empfindlichkeit vor (Annahme 3, durch die wahrnehmungspsychologische Studie verifiziert). Hierfür ist die hohe Bedeutung von Landschaften mit eigenem Charakter zur Begründung heranzuziehen. Die Errichtung von Windenergieanlagen hat in Bezug darauf das Potenzial, diese Eigenart zu verringern. Dies geschieht insbesondere durch Wirkung auf das spezifische Nutzungsmuster, dass durch das Zufügen von Windenergieanlagen verändert bzw. überdeckt wird, und durch das Unkenntlichmachen der Landschaftsentwicklung durch Überformung und Schmälerung der Sicht- und Wahrnehmbarkeit der Zeugnisse dieser Entwicklung.

Hinsichtlich der Schönheit wird ein linearer Zusammenhang zu der Empfindlichkeit einer Landschaft angenommen. Daher gilt, dass bei zunehmender Schönheit auch die Empfindlichkeit der Landschaft steigt (Annahme 4, durch die wahrnehmungspsychologische Studie verifiziert).

Die Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Windenergieanlagen gestaltet sich schwierig. So wird in der Literatur z.B. ohne eindeutiges Ergebnis diskutiert, ob der Tourismus in Großschutzgebieten unter der Errichtung von Windenergieanlagen leidet (Steinhof et al. 2012; Ziesemer und Schmücker 2014; CenTouris 2012). Allein eine Veränderung im Tourismus lässt aber wegen der Vielzahl anderer Einflussgrößen keinen Rückschluss auf eine Veränderung der Landschaftsqualität zu. So kann argumentiert werden, dass die Menschen die siedlungsnahen Erholungsbereiche auch dann aufsuchen werden, wenn in diesen Windenergieanlagen vorhanden sind, weil es insbesondere für die Feierabenderholung keine Ausweichmöglichkeiten gibt. Ziel der Erholungsvorsorge im Rahmen der Landschaftsplanung ist jedoch, eine möglichst störungsfreie Erholung im Umfeld des besiedelten Bereichs zu ermöglichen. Dass Windenergieanlage das Potenzial haben, diese Erholungseignung zu schmälern, ist zumindest wahrscheinlich (CenTouris 2012; Ziesemer und Schmücker 2014). Darüber hinaus wird vermutet, dass gerade Landschaften mit hoher Erholungseignung und -nachfrage durch Windenergieanlagen stark beeinträchtigt werden können. Bei der Bewertung wird daher angenommen, dass die Empfindlichkeit einer Landschaft mit zunehmender potenzieller Erholungseignung und auch Erholungsnachfrage steigt (Annahme 5, durch die wahrnehmungspsychologische Studie verifiziert).

Bei der Naturnähe basiert die Bewertung der Empfindlichkeit vor allem auf der Annahme, dass Windenergieanlage nicht als naturnah wahrgenommen werden, vielmehr gelten sie als naturfern. Sie wirken daher in solchen, als besonders naturnah wahrgenommenen, Landschaften deplatziert bzw. führen dort zu einer negativen Beeinflussung der Wahrnehmung der Landschaft. Daher gilt als Annahme, dass die Empfindlichkeit der Landschaft mit zunehmender wahrgenommener Naturnähe ansteigt (Annahme 6, durch die wahrnehmungspsychologische Studie verifiziert).

## **Ergebnisse des Antizipativ-Iterativen Geo-Indikatoren-Landschaftspräferenzmodells (AIGILaP)**

Als Ergebnis liegt eine Karte des Konfliktrisikos in Bezug auf das Schutzgut Landschaft vor (Abb. 34). Sie entsteht im Maximalwertverfahren durch die Überlagerung aller auf das Schutzgut Landschaft bezogener Flächenkategorien und der damit verbundenen Konfliktrisiken.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse sollen noch die folgenden Überlegungen der Autoren mit in Betracht gezogen werden:

- Die Karte hat einen klar abgegrenzten Zweck zu erfüllen. Sie soll auf der Bundesebene helfen das Schutzgut Landschaft so zu operationalisieren, dass damit dem Maßstab entsprechend hinreichend genaue Einschätzungen des Konfliktrisikos gegenüber der Errichtung von Windenergieanlagen möglich sind.
- Sie dient dementsprechend nicht dazu Einzelfallentscheidungen vorzubereiten, auch wenn die Auflösung des Bewertungsrasters von 25x25 m dies als möglich erscheinen lässt. Es ist nicht sinnvoll möglich diese Entscheidung auf der Bundesebene vorweg zu nehmen. Die Bewertung wäre dafür über alle Planungsebenen (Länder, Regionen, Gemeinden) zu konkretisieren.
- Die Bewertung muss für die Flächen plausibel sein, die in den Szenarien genutzt werden können. Für die Ausschlussflächen (Kap. 3.2) ist dies nicht notwendig, daher wurde darauf kein besonderes Augenmerk gelegt.
- Die Nutzung von Flächenkategorien, bildet auch immer die unterschiedliche Handhabung von bestimmten Kategorien auf Ebene der Länder ab (z.B. Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten in NRW). Dies ist kein Nachteil, da sich dadurch nicht die im NEP und als Grundlage für die Szenarien festgelegten Energiemengen pro Land zu Ungunsten eines anderen Landes verschieben können.
- Demnach ist die Karte ebenfalls nur mit weitreichenden Einschränkungen für den bundesweiten Vergleich von Landschaftsqualitäten einsetzbar. Wie hilfreich solche Vergleiche wären ist ohnehin noch nicht ausreichend diskutiert. Vor dem Hintergrund der Zielstellung des vorliegenden Vorhabens, muss auch klar sein, dass der Schutz der Landschaft auch mit Blick auf eine Diversität von unterschiedlichen Landschaften zielt (Bruns et al. 2005). Demnach kann z.B. die Beeinträchtigung einer mittelmäßigen Marschenlandschaft nicht durch den Erhalt einer hochwertigen voralpinen Landschaft ausgeglichen werden. Auch mit Blick auf den Erholungswert muss beachtet werden, dass für die Ortsansässige einer Landschaft angemessen Erholungsraum (z.T. auch ohne Windenergieanlagen) zur Verfügung gestellt werden muss. Dieser kann sich nicht beliebig weit von den Wohnorten entfernt befinden.

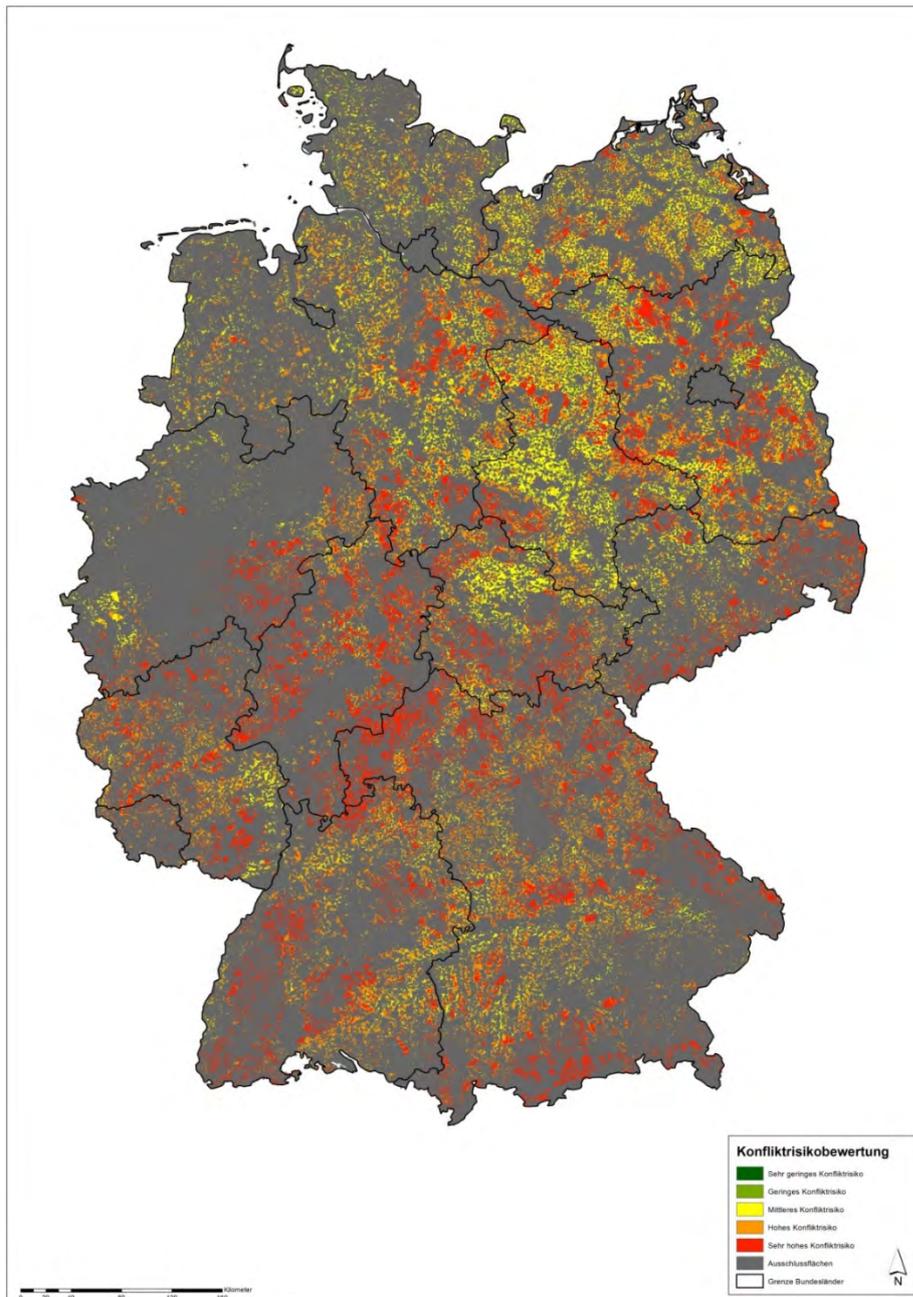


Abb. 34: Konfliktrisikobewertung AIGILaP

#### 4.5 Einschätzung der Konfliktrisiken der Flächenkategorien

Die Bewertung der Flächenkategorien mit Restriktionswirkung erfolgt durch Expertinnen und Experten. Der Bewertungsprozess orientiert sich an der Delphi-Methode (Sackman 1974). Im Vordergrund stehen dabei der iterative sowie diskursive Charakter der Bewertung. Ausgangspunkt stellen die in Kapitel 4.4 beschriebenen Voraussetzungen dar. Dabei ist zu beachten, dass die Wirkungen der Windenergieanlagen bereits auf Seite der abgebildeten Konfliktrisiken berücksichtigt werden. Die Bewertung einer Flächenkategorie erfolgt demnach sowohl im Hinblick auf die Wirkungen am Standort der Windenergieanlage selbst als auch im Hinblick auf den Wirkungsbereich der Anlagen.

Die entwickelte Bewertungsmatrix enthält alle erforderlichen Informationen. Zuerst wird jede Flächenkategorie beschrieben. Dabei werden Angaben zu ihren Eigenschaften und ggf. ihrer

normativen Zielsetzung sowie der vorhandenen Geodatenquellen gemacht. Weiterführend werden die, durch die Flächenkategorie überwiegenden und/oder teilweise abgebildeten Raum- und Umwelteigenschaften, die den Wirkungen des Vorhabentyps gegenüber empfindlich sind, beschrieben. Für jede Flächenkategorie mit Restriktionswirkung sind die spezifischen Konflikte aufgelistet, welche durch die Wirkungen der Windenergieanlage ausgelöst werden können. Die Tabelle sieht anschließend Spalten zur Bewertung des, durch die Flächenkategorie abgebildeten, konfliktbezogenen Risikos hinsichtlich jedes einzelnen potenziellen Konflikts unter Berücksichtigung der Beurteilung der Empfindlichkeit (E), der Bedeutung (B) sowie der Treffericherheit (T) vor. Eine Beurteilung dieser drei Parameter erfolgt durch die Sachverständigen hinsichtlich der abgebildeten, potenziellen Konflikte. Dazu wird eine 3-stufige Ordinalskala genutzt, die es erlaubt zwischen gering (g), mittel (m) und hoch (h) zu differenzieren. Jedem potenziellen Konflikt wird abschließend das konfliktbezogene Risiko (r-K) mittels einer 5-stufigen Ordinalskala zugeordnet (Tab. 31 und Tab. 32). Die Bewertung erfolgt nicht anhand konkreter Aggregationsregeln, sondern wird durch Fachkundige in einem iterativen Diskussionsprozess erarbeitet.

Darauf aufbauend wird zuerst das durch die Flächenkategorie abgebildete, schutzgutbezogene Konfliktrisiko (s-KR) unter Anwendung des Maximalwertprinzips je Schutzgut ermittelt. Anhand der vorliegenden Bewertung wird abschließend das schutzgutübergreifende Konfliktrisiko (KR) für die Flächenkategorie mit Restriktionswirkung, ebenfalls unter Anwendung des Maximalwertprinzips, bestimmt.

Alle bewerteten Flächenkategorien mit ihren Konfliktrisiken bilden die Grundlage für die Ermittlung des sich überlagernden Konfliktrisikos. Dieses wird regelbasiert je Flächeneinheit ermittelt (Kap. 4.6). Es gibt das auf einer Fläche herrschende Konfliktrisiko unter Berücksichtigung aller vorkommenden Flächenkategorien an.

Tab. 31: Definition der Parameter Treffsicherheit, Empfindlichkeit und Bedeutung und Hinweise zur Expertenbewertung.

Parameter	Definition	Bewertung: hoch	Bewertung: mittel	Bewertung: gering
Treffsicherheit	Einschätzung der Eignung einer Flächenkategorie (FK) (Typebene), die Empfindlichkeit und Bedeutung der konkreten Eigenschaften einer Fläche (Objektebene) und damit die daraus abzuleitenden Konflikte und das Konfliktrisiko (KR) ggü. WEA abzubilden.	Die Flächenkategorie (FK) bildet die Raum- und Umwelteigenschaften und die damit verbundenen Konflikte sehr eindeutig und genau ab.	Die Flächenkategorie (FK) bildet die Raum- und Umwelteigenschaften und die damit verbundenen Konflikte nicht ganz eindeutig und genau ab, sodass bei genauerer Betrachtung der realen Verhältnisse differenziertere oder differierende Ausprägungen möglich sind.	Die Flächenkategorie (FK) bildet die Raum- und Umwelteigenschaften und die damit verbundenen Konflikte nur sehr ungenau ab, sodass bei genauerer Betrachtung der realen Verhältnisse größere Abweichungen auftreten können.
Empfindlichkeit	Einschätzung der Empfindlichkeit der mittels der Flächenkategorie (FK) abgebildeten Eigenschaften ggü. den Wirkungen von WEA.	Die mit der Flächenkategorie (FK) abgebildeten Eigenschaften sind sehr empfindlich ggü. den Wirkfaktoren der WEA.	Die mit den Flächenkategorien (FK) abgebildeten Eigenschaften sind empfindlich ggü. den Wirkfaktoren der WEA.	Die mit den Flächenkategorien (FK) abgebildeten Eigenschaften sind wenig empfindlich ggü. den Wirkfaktoren der WEA.
Bedeutung	Einschätzung der rechtlich bzw. normativ, gesellschaftlich abzuleitenden Wertigkeit der mit der Flächenkategorie (FK) abgebildeten Belange bzw. des normativen Gehalts der Flächenkategorie (FK) (Ge- und Verbote).	Die i. d. R. mit der Flächenkategorie (FK) verbundenen Werte und normativen Gewichte sind in hohem Maße zulassungshemmend und eine ausnahmsweise Zulassung ist mit hohen Anforderungen verbunden.	Die i. d. R. mit der Flächenkategorie (FK) verbundenen Werte und normativen Gewichte sind grundsätzlich zulassungshemmend, können aber unter bestimmten Voraussetzungen überwunden werden.	Die i. d. R. mit der Flächenkategorie (FK) verbundenen Werte und normativen Gewichte sind grundsätzlich zulassungshemmend, können aber wahrscheinlich relativ leicht in der Abwägung überwunden werden.

Tab. 32: Flächenkategorien mit Indikatorfunktion für Konfliktrisiken unterschiedlicher Art und Höhe – Indikatorfunktion und Begründung sowie Datengrundlagen und fachliche Bewertung

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
Naturschutz									
1	<b>Europäisches Vogelschutzgebiet/SPA ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten:</b> RL 79/409/EWG; besonderer Schutz wildlebender ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlicher Vogelarten und ihrer Lebensräume (Brut-, Nahrungs-, Rast- oder Zuggebiete von seltenen bzw. bedrohten Arten (Anh. I VSchRL) < vMGI C); BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit, vorhabenspezifischer Mortalitätsgefährdungsindex nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>überwiegend:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlichen Vogelarten  Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlichen Vogelarten  Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten	g		g	2	Tiere 2	2
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlichen Vogelarten	g	h	g	2		
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten	g		g	2	Pflanzen 2	
2	<b>Angrenzende Bereiche zu Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten:</b> im Abstand von 0-1.000 m RL 79/409/EWG; besonderer Schutz wildlebender ggü. Windenergie besonders empfindlichen Vogelarten und ihrer Lebensräume (Brut, Nahrungs-, Rast- oder Zuggebiete von seltenen bzw. bedrohten Arten (Anh. I VSchRL) vMGI A-C); BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit; vorhabenspezifischer Mortalitätsgefährdungsindex nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>überwiegend:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten  Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h		h	5	Tiere 5	5
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h		h	5		

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
2a	Angrenzende Bereiche zu Europäischen Vogelschutzgebiet/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten: im Abstand von 1.000-2.000 m	<b>überwiegend:</b> Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		m	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	m	3			
2b	Angrenzende Bereiche zu Europäischen Vogelschutzgebiet/SPA mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten: im Abstand von 2.000-3.000 m	<b>teilweise:</b> Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	g		g	1	Tiere 1	1
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	g	g	1			
3	<b>FFH-Gebiete ohne Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten:</b> RL 92/43/EWG; Schutzgebiet zur Erhaltung natürlicher Lebensräume und wildlebender Tiere (insbesondere ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindliche Vogelarten, < vMGI C) und Pflanzen einschließlich angrenzender Bereiche zu Fauna-Flora-Habitat (FFH) Gebieten; BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit; vorhabenspezifischer Mortalitätsgefährdungsindex nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>überwiegend:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher, gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität); Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion); Standorte gefährdeter Pflanzenarten <b>teilweise:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	g		m	2	Tiere 2	2
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie <u>nicht</u> besonders empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	g	h	m	2		
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten	g		g	2	Pflanzen2	

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
4	<b>Angrenzende Bereiche zu FFH-Gebieten mit Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermäuse:</b> im Abstand von 0-1.000 m. RL 92/43/EWG; Schutzgebiet zur Erhaltung natürlicher Lebensräume und wildlebender Tiere (insbesondere ggü. Windenergie besonders empfindliche Vogelarten, vMGI A-C oder Fledermausarten) und Pflanzen; BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit; vorhabenspezifischer Mortalitätsgefährdungsindex nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>überwiegend:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher, gefährdeter Vogelarten oder Fledermausarten <b>teilweise:</b> Bruthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher, gefährdeter Vogelarten oder Fledermausarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten	h		h	5	Tiere 5	5
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	h	h	5			
4a	Angrenzende Bereiche zu FFH-Gebieten <u>mit</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten: im Abstand von 1.000-2.000 m	<b>überwiegend:</b> Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten / Fledermausarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	m		m	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	m	m				
4b	Angrenzende Bereiche zu FFH-Gebieten <u>mit</u> Vorkommen ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten / Fledermausarten: im Abstand von 2.000-3.000 m	<b>teilweise:</b> Nahrungs- und Rasthabitate ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten / Fledermausarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	g		g	1	Tiere 1	1
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten / Fledermausarten	g	g				

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**	
5	Habitats ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten des „Helgoländer Papier“ mit Mortalitätsindex A <u>außerhalb</u> von Schutzgebieten: Potenzielle Lebensräume geschützter und ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten; CORINE Landcover DDA-Datensatz: Zuweisung von CORINE Landnutzungsklassen zum Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) der Vogelarten nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>überwiegend:</b> Bruthabitats ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h		g	4		Tiere 4	4
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h	h	g	4			
5a	Habitats ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten des „Helgoländer Papier“ mit Mortalitätsindex B <u>außerhalb</u> von Schutzgebieten: Potenzielle Lebensräume geschützter und ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten; CORINE Landcover DDA-Datensatz: Zuweisung von CORINE Landnutzungsklassen zum Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) der Vogelarten nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>überwiegend:</b> Bruthabitats ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		g	2		Tiere 2	2
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	m	g	2			

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
5b	Habitats ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten des „Helgoländer Papier“ mit Mortalitätsindex C <u>außerhalb</u> von Schutzgebieten: Potenzielle Lebensräume geschützter und ggü. Windenergie besonders empfindlicher Vogelarten; CORINE Landcover DDA-Datensatz: Zuweisung von CORINE Landnutzungsklassen zum Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) der Vogelarten nach Bernotat und Dierschke (2016)	<b>teilweise:</b> Bruthabitats ggü. Windenergie besonders empfindlicher und gefährdeter Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	g		g	1		1
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	g	g	g	1	Tiere 1	
6	<b>Landschaftsschutzgebiete:</b> § 26 NatSchG; besonderer Schutz von Natur und Landschaft mit Verbot aller Handlungen unter besonderer Beachtung des § 5 Abs. 1 BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit	<b>teilweise:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitats besonders empfindlicher, gefährdeter Arten; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitats (Habitatfunktion) und mit teilweise besonders empfindlichen abiotischen Funktionen	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten	g		g	2	Tiere 2	2
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitats	g	m	g	2	Pflanzen 2	
7	<b>Naturparke:</b> § 27 BNatSchG; Schutz durch Nutzung im Sinne von Kulturlandschaften und Natur mit hoher Erholungsfunktion BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit	<b>teilweise:</b> Brut-, Nahrungs- u. Rasthabitats besonders empfindlicher, gefährdeter Arten; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitats (Habitatfunktion)	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten	g		g	2	Tiere 2	2
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitats (Habitatfunktion)	g	m	m	2	Pflanzen 2	
8	<b>Biosphärenreservate Entwicklungszone (III):</b> § 25 BNatSchG; Schutzgebiet mit wirtschaftlicher Nutzung, Modellregion nachhaltiger Entwicklung BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit	<b>teilweise:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser); Brut-, Nahrungs- u. Rasthabitats besonders empfindlicher, gefährdeter Arten; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitats (Habitatfunktion)	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten	m		g	2	Tiere 2	2
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitats (Habitatfunktion)	g	m	g	2	Pflanzen 2	

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**	
9	<b>Wasserschutzgebiete (WSG) III:</b> §§ 50–53 WHG; Schutz des gesamten Einzugsgebietes der Wasserfassung. Verbote und Nutzungseinschränkungen hinsichtlich des Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen, Massentierhaltung, Kläranlagen, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie dem Ablagern von Schutt und Abfallstoffen und weiterem. BfG-Datensatz: Wasserschutzgebiete bundesweit	<b>teilweise:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen	Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers	g	m	g	2	Wasser 2	2	
10	<b>Festgelegte und planreife Heilquellenschutzgebiete:</b> § 53 WHG; Erhalt von Heilquellen aus Gründen des Wohls der Allgemeinheit. Durch Rechtsverordnungen der Länder festzusetzen. BfG-Datensatz: Heilquellenschutzgebiete bundesweit	<b>teilweise:</b> Bereiche mit geringer GW-Schutzfunktion der Deckschichten und hoher GW-Neubildung	Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers	g	m	g	2	Wasser 2	2	
11	<b>Ramsar-Gebiete:</b> Ramsar-Konvention 1975 (Völkerrecht); Schutz von Feuchtgebieten insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung. Es besteht kein totales Nutzungsverbot. BfN-Datensatz: Schutzgebiete bundesweit	<b>überwiegend:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität); Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion); Standorte gefährdeter Pflanzenarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	m	m	3	Tiere 3	3	
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m			m			3
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	g			g			2
11a	Angrenzende Bereiche zu Ramsar-Gebieten: im Abstand von 0-1.000 m	<b>überwiegend:</b> Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher und gefährdeter Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	g	g	g	1	Tiere 1	1	
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	g			g			1

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
12	Important Bird Area (IBA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA: nationale Mitgliedsorganisation von BirdLife; Ausweisung von wichtigen Gebieten für den Arten- und Biotopschutz nach international einheitlichen Kriterien, im speziellen für Vögel. Die Gebietskulisse dient als Vorschlagsliste für die Ausweisung von Schutzgebieten. Nabu-Datensatz: IBA-Gebiete bundesweit	<b>überwiegend:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h		m	4	Tiere 4	4
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h	m	m	4		
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitate ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	g		g	2	Pflanzen 2	
12a	Angrenzende Bereiche zu Important Bird Areas (IPA) der Kategorien A1-3, A4 iv), B1 iv), B2, C1 und 2, C5 und 6, außerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten/SPA: im Abstand von 0-1.000 m	<b>überwiegend:</b> Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		g	2	Tiere 2	2
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	g	g	2		
13	<b>Angrenzende Bereiche zu Nationalparks:</b> im Abstand von 0-1.000 m § 24 BNatSchG; Schutz der ungestörten Abläufe der Naturvorgänge mit dem Ziel die Gebiete in einen natürlicheren Zustand zurückzusetzen. Schutz von Pflanzen und Tieren sowie gleichzeitig der Erholung von Menschen. BfN-Datensatz: Nationalpark bundesweit	<b>teilweise:</b> Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		m	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	m	m	3		

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**	
14	<b>Angrenzende Bereiche zu Naturschutzgebieten:</b> im Abstand von 0-1.000 m § 23 BNatSchG; besonderer Schutz von Natur und Landschaft. Ziel ist das Erreichen von festgesetzten Schutzziele i.S. der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensstätten, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten BfN-Datensatz: Naturschutzgebiete bundesweit	teilweise: Nahrungs- und Rasthabitate besonders ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m			2		Tiere 2	2
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	g	m	2			
15	<b>Flächen für den Biotopverbund der Feuchtlebensräume sowie Lebensraumnetzwerke mit länderübergreifender Bedeutung:</b> §§ 20 und 21 BNatSchG; Netzwerk von Funktionsräumen der offenlandgeprägten Feuchtlebensraumkomplexe. Dieser leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Artikels 10 der FFH-Richtlinie und insgesamt zur Verbesserung der Kohärenz des Natura 2000 Netzwerks in Deutschland. BfN-Datensatz: Flächen für den Biotopverbund und Funktionsräume Lebensraumnetzwerke	teilweise: Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher gefährdeter Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m			3		Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	m	m	3			
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und <b>Nahrungshabitate</b> ggü. Windenergie empfindlicher Vogelarten	m		m	3	Pflanzen 3		

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
16	<b>Flächen für den Biotopverbund der Trocken- und Waldlebensräume sowie Lebensraumnetzwerke mit länderübergreifender Bedeutung:</b> §§ 20 und 21 BNatSchG; Netzwerk von Funktionsräumen der Trocken- und Waldlebensraumkomplexe. Dieser leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Artikels 10 der FFH-Richtlinie und insgesamt zur Verbesserung der Kohärenz des Natura 2000 Netzwerks in Deutschland. BfN-Datensatz: Flächen für den Biotopverbund und Funktionsräume Lebensraumnetzwerke	<b>teilweise:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität); Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion); Standorte gefährdeter Pflanzenarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung oder Tötung empfindlicher und seltener Arten	g		g	1	Tiere1	1
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)	g	m	g	1	Pflanzen 1	
17	<b>Flächen des Grünen Bands Deutschland:</b> Vorhaben mehrere Bundesländer: Flächen besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung mit hoher Arten- und Lebensraumvielfalt entlang der ehemaligen Grenze zwischen Ost- und Westdeutschland. BfN-Datensatz: Grünes Band Deutschland	<b>teilweise:</b> Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher, gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität); Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion); Standorte gefährdeter Pflanzenarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		g	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	h	g	3		
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Biotopen	g		g	3	Pflanzen 3	
Flächennutzung									
18	<b>Laubwald:</b> Wald- und Forstflächen BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>überwiegend:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) <b>teilweise:</b> Gebiete, die als Treibhausgas-senken und Kaltluftschneisen fungieren und Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	h		h	4	Tiere 4	4
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen	h		h	4	Pflanzen 4	
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen	m	m	g	2	Boden2	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers	m		g	2	Wasser 2	

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO <sub>2</sub> -Speicher	m		m	3	Klima 3	
18a	Angrenzende Bereich zu Laubwald: im Abstand von 0-200 m	<b>überwiegend:</b> Gebiete des Waldsaums mit besonders empfindlichen Biotopen; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	m	m	m	3	Tiere 3	3
19	<b>Nadelwald:</b> Wald- und Forstflächen BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>teilweise:</b> Gebiete, die als Treibhausgas-senken und Kaltluftschneisen fungieren; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) und mit erosionsempfindlichen Böden	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	g		m	3	Tiere 3	3
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen	m		h	3	Pflanzen 3	
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen	m	m	g	2	Boden 2	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers	m		g	2	Wasser 2	
			Bau- und Anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO <sub>2</sub> -Speicher	m		m	3	Klima 3	
19a	Angrenzende Bereiche zu Nadelwald: im Abstand von 0-200 m	<b>teilweise:</b> Gebiete des Waldsaums mit besonders empfindlichen Biotopen; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	g	m	m	2	Tiere 2	2
20	<b>Mischwald:</b> Wald- und Forstflächen BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>überwiegend:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen; Gebiete, die als Treibhausgas-senken fungieren; <b>teilweise:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) und mit erosionsempfindlichen Böden	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	h		m	4	Tiere 4	4
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen	h		m	4	Pflanzen 4	
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen	m	m	g	2	Boden 2	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers	m		g	2	Wasser 2	

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
			Bau- und Anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO <sub>2</sub> -Speicher	m		m	3	Klima 3	
20a	Angrenzende Bereiche zu Mischwald: im Abstand von 0-200 m	<b>überwiegend:</b> Gebiete des Waldsaums mit besonders empfindlichen Biotopen; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	m	m	m	3	Tiere 3	3
21	<b>Historische Waldstandorte:</b> Waldstandorte mit besonderem naturschutzfachlichen Wert BfN-Datensatz: Historisch Waldstandorte Deutschlands (2003)	<b>überwiegend:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen; Gebiete, die als Treibhausgassenken und Kaltluftschneisen fungieren; Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) <b>teilweise:</b> Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	h		m	4	Tiere 4	5
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Veränderung von Waldbiotopen	h		h	5	Pflanzen 5	
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen	m	h	m	3	Boden 3	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushaltsfunktionen / des Grundwassers	m		g	3	Wasser 3	
			Bau- und Anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust der CO <sub>2</sub> -Speicher	h		h	5	Klima 5	
21a	Angrenzende Bereiche zu historischen Waldstandorten: im Abstand von 0-200 m	<b>überwiegend:</b> Gebiete (Waldsaum) mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)	Bau- und betriebsbedingte Störung und Tötung empfindlicher und seltener Arten	m	m	m	3	Tiere 3	3
22	<b>Ackerland:</b> Landwirtschaftliche Nutzfläche BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>teilweise:</b> Nahrungshabitat besonders empfindlicher gefährdeter Arten (z. B. Tiere mit geringer Mobilität); Gebiete mit erosionsempfindlichen Böden	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		g	1	Tiere 1	1
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	g	g	1		
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Verlust abiotischer Bodenfunktionen	g		g	1	Boden 1	

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushalts- funktionen / des Grundwassers	g		g	1	Wasser 1	
23	<b>Dauergrünland:</b> Landwirtschaftliche Nutzfläche BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>überwiegend:</b> Gebiete, die als Treib- hausgassenken und Kaltluftschneisen fungieren; Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher, gefährdeter Ar- ten  <b>teilweise:</b> Gebiete mit erosionsempfindli- chen Böden; Gebiete mit besonders feuchten und nassen Böden	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	m	g	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie emp- findlichen Vogelarten	h		g	3		
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Ver- lust abiotischer Bodenfunktionen	h		g	2	Boden 2	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushalts- funktionen / des Grundwassers	g		m	2	Wasser 2	
24	<b>Offenland außerhalb landwirtschaftlicher Nutzfläche:</b> alle verbleibenden Offenlandflächen, wie z. B. Ruderalfluren, unbestimmte und vegetati- onslose Fläche BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>teilweise:</b> Brut-, Nahrungs- und Rastha- bitate besonders empfindlicher Vogelarten; Gebiete mit besonders emp- findlichen Biotopen	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	g	m	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie emp- findlichen Vogelarten	m		m	3		
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Verände- rung von Biotopen sowie besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion)	m		m	3	Pflanzen 3	
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Ver- lust abiotischer Bodenfunktionen	m		m	3	Boden 3	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushalts- funktionen / des Grundwassers	m		g	2	Wasser 2	
25	<b>250 m Korridore an großen Gewässerach- sen:</b> Große Gewässerachsen (Flüsse ab einem Einzugsgebiet von 1000 km²) sowie Seen an	<b>überwiegend:</b> Zugkorridore sowie Nah- rungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	h	m	m	4	Tiere 4	4

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
	fließenden Gewässern stellen Bereich dar, die besonders als Vogelzugkorridor genutzt werden BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)		Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie emp- findlichen Vogelarten	h		m	4		
25a	<b>Angrenzende Bereiche zu Korridoren an großen Gewässerachsen:</b> im Abstand von jeweils 250-1.000 m BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	<b>überwiegend:</b> Zugkorridore sowie Nah- rungs- und Rasthabitate besonders empfindlicher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m	g	m	2	Tiere 2	2
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie emp- findlichen Vogelarten	m		m	2		
26	<b>Flussauen:</b> Bereiche der rezenten Aue und der Altaue BfN-Datensatz: Flussauen	<b>überwiegend:</b> Gebiete mit besonders empfindlichen Biotopen; Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate besonders empfindli- cher Vogelarten	Bau- und betriebsbedingte Störung und Vergrämung von ggü. Windenergie empfindlichen Vogelarten	m		m	3	Tiere 3	3
			Betriebsbedingte Tötung von ggü. Windenergie emp- findlichen Vogelarten	m		m	3		
			Bau- und anlagenbedingte Zerstörung oder Verände- rung von Biotopen sowie Brut-, Rast- und Nahrungshabitate ggü. Windenergie empfindlicher Vo- gelarten	m	m	m	3	Pflanzen 3	
			Bau- und anlagenbedingte Beeinträchtigung oder Ver- lust abiotischer Bodenfunktionen	g		m	2	Wasser 2	
			Baubedingte Beeinträchtigung der Wasserhaushalts- funktionen / des Grundwassers	g		m	2	Boden 2	
Landschaftsbild – Eigens entwickelte Bewertung des Landschaftsbildes									
27	Landschaft mit sehr hoher Vielfalt; Erhalt der landschaftlichen Relief- und Nut- zungsvielfalt; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Relief des DGM25	Landschaften mit insgesamt sehr hohem Wert für die Vielfalt. Die Landschaft wird von vielen, sich deutlich unterscheiden- den Nutzungen und einem ausgeprägten Relief bestimmt.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung	Die Aspekte der Empfindlich- keit, Bedeutung, Treffericherheit sind bereits bei der Erstellung der Flächenka- tegorien berücksichtigt.					5

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
28	Landschaft mit hoher Vielfalt; Erhalt der landschaftlichen Relief- und Nutzungsvervielfalt; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Relief des DGM25	Landschaften mit insgesamt hohem Wert für die Vielfalt. Die Landschaft wird größtenteils von vielen, sich teilweise deutlich unterscheidenden Nutzungen und einem größtenteils ausgeprägten Relief bestimmt.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung	Es wird jeweils nur der Konflikt mit dem Landschaftsbild beurteilt.					4
29	Landschaft mit mittlerer Vielfalt; Erhalt der landschaftlichen Relief- und Nutzungsvervielfalt; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Relief des DGM25	Landschaften mit insgesamt mittlerem Wert für die Vielfalt. Die Landschaft wird von verschiedenen, sich teilweise deutlich unterscheidenden Nutzungen und einem teilweise ausgeprägten Relief bestimmt.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung						3
30	Landschaft mit geringer Vielfalt; Erhalt der landschaftlichen Relief- und Nutzungsvervielfalt; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Relief des DGM25	Landschaften mit insgesamt geringem Wert für die Vielfalt. Die Landschaft wird größtenteils von wenigen, ähnlichen Nutzungen und einem größtenteils monotonen Relief bestimmt.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung						2
31	Landschaft mit sehr geringer Vielfalt; Erhalt der landschaftlichen Relief- und Nutzungsvervielfalt; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Relief des DGM25	Landschaften mit insgesamt sehr geringem Wert für die Vielfalt. Die Landschaft wird von wenigen, ähnlichen Nutzungen und einem monotonen Relief bestimmt.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung						1
32	Landschaft mit sehr hoher Eigenart; Erhalt der landschaftlichen Eigenart; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Daten zum gravierenden Landschaftswandel der letzten 20 Jahre (Schmidt et al. 2014)	Landschaften mit insgesamt sehr hohem Wert für die Eigenart. Die Nutzungsverteilung entspricht nicht denen der umliegenden Regionen und weist daher eine sehr hohe Eigenart auf. Der Landschaftswandel seit 1996 ist sehr gering.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Eigenart der Landschaft durch visuelle Störung						Die Aspekte der Empfindlichkeit, Bedeutung, Treffsicherheit sind bereits bei der Erstellung der Flächenkategorien berücksichtigt.

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**															
33	Landschaft mit hoher Eigenart; Erhalt der landschaftlichen Eigenart; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Daten zum gravierenden Land- schaftswandel der letzten 20 Jahre (Schmidt et al. 2014)	Landschaften mit insgesamt hohem Wert für die Eigenart. Die Nutzungsverteilung entspricht größtenteils nicht denen der umliegenden Regionen und weist daher eine hohe Eigenart auf. Der Landschafts- wandel seit 1996 ist zumeist sehr gering.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Ei- genart der Landschaft durch visuelle Störung	Es wird jeweils nur der Kon- flikt mit dem Landschaftsbild beurteilt.					4															
34	Landschaft mit mittlerer Eigenart; Erhalt der landschaftlichen Eigenart; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Daten zum gravierenden Land- schaftswandel der letzten 20 Jahre (Schmidt et al. 2014)	Landschaften mit insgesamt mittlerem Wert für die Eigenart. Die Nutzungsvertei- lung entspricht in Teilen denen der umliegenden Regionen und weist daher eine mittlere Eigenart auf. Der Land- schaftswandel seit 1996 ist teilweise hoch.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Ei- genart der Landschaft durch visuelle Störung											3										
35	Landschaft mit geringer Eigenart; Erhalt der landschaftlichen Eigenart; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Daten zum gravierenden Land- schaftswandel der letzten 20 Jahre (Schmidt et al. 2014)	Landschaften mit insgesamt geringem Wert für die Eigenart. Die Nutzungsvertei- lung entspricht zumeist denen der umliegenden Regionen und weist daher eine geringe Eigenart auf. Der Land- schaftswandel seit 1996 ist hoch.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Ei- genart der Landschaft durch visuelle Störung																2					
36	Landschaft mit sehr geringer Eigenart; Erhalt der landschaftlichen Eigenart; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); Daten zum gravierenden Land- schaftswandel der letzten 20 Jahre (Schmidt et al. 2014)	Landschaften mit insgesamt sehr gerin- gem Wert für die Eigenart. Die Nutzungsverteilung entspricht denen der umliegenden Regionen und weist daher eine sehr geringe Eigenart auf. Der Land- schaftswandel seit 1996 ist sehr hoch.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Ei- genart der Landschaft durch visuelle Störung																					1
37	Landschaft mit hoher Schönheit; Erhalt der landschaftlichen Schönheit; BfN-Datensätze: Biosphärenreservate; Land- schaftsschutzgebiete; Naturparke	Landschaften mit insgesamt hohem Wert für die Schönheit. Biosphärenreservate o- der Naturparke, deren Ziel u.a. die Erhaltung der landschaftlichen Schönheit ist, sind vorhanden.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Schönheit der Landschaft durch visuelle Störung																					Die Aspekte der Empfindlich- keit, Bedeutung, Treffsicherheit sind bereits bei der Erstellung der Flächenka- tegorien berücksichtigt.

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
38	Landschaft mit mittlerer Schönheit; Erhalt der landschaftlichen Schönheit; BfN-Datensätze: Biosphärenreservate; Land- schaftsschutzgebiete; Naturparke	Landschaften mit insgesamt mittlerem Wert für die Schönheit. Landschafts- schutzgebiete, deren Ziel u.a. die Erhaltung der landschaftlichen Schönheit ist, sind vorhanden.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Schönheit der Landschaft durch visuelle Störung	Es wird jeweils nur der Kon- flikt mit dem Landschaftsbild beurteilt.					3
39	Landschaft mit sehr geringer Schönheit; Erhalt der landschaftlichen Schönheit; BfN-Datensätze: Biosphärenreservate; Land- schaftsschutzgebiete; Naturparke	Landschaften mit insgesamt sehr gerin- gem Wert für die Schönheit. Schutzgebiete, deren Ziel u.a. die Erhal- tung der landschaftlichen Schönheit ist, sind nicht vorhanden.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Schönheit der Landschaft durch visuelle Störung						1
40	Landschaft mit sehr hoher Naturnähe; Erhalt der naturnah wahrgenommenen Land- schaft; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); BfN-Datensätze: FFH-Gebiete; Vo- gelschutzgebiete; Nationalparke; Naturschutzgebiete; OSM-Datensätze: Be- stehende Windenergieanlagen; Freileitungen	Landschaften mit insgesamt sehr hohem Wert für die wahrgenommene Naturnähe. Die als naturnah wahrgenommenen Landnutzungen nehmen einen sehr ho- hen Anteil ein. Schutzgebiete, die eine gewisse Naturnähe erhalten, sind vorhan- den. Umliegende Straßen, Schienen, Windenergieanlagen oder Freileitungen sind nicht vorhanden.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Naturnähe der Landschaft durch visuelle Störung	Die Aspekte der Empfindlich- keit, Bedeutung, Treffericherheit sind bereits bei der Erstellung der Flächenka- tegorien berücksichtigt. Es wird jeweils nur der Kon- flikt mit dem Landschaftsbild beurteilt.					5
41	Landschaft mit hoher Naturnähe; Erhalt der naturnah wahrgenommenen Land- schaft; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); BfN-Datensätze: FFH-Gebiete; Vo- gelschutzgebiete; Nationalparke; Naturschutzgebiete; OSM-Datensätze: Be- stehende Windenergieanlagen, Freileitungen	Landschaften mit insgesamt hohem Wert für die wahrgenommene Naturnähe. Die als naturnah wahrgenommenen Landnut- zungen nehmen einen hohen Anteil ein. Schutzgebiete, die eine gewisse Natur- nähe erhalten, sind zumeist vorhanden. Selten wirkt die Landschaft durch umlie- gende Straßen, Schienen, Windenergieanlagen oder Freileitungen naturfern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Naturnähe der Landschaft durch visuelle Störung						4

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
42	Landschaft mit mittlerer Naturnähe; Erhalt der naturnah wahrgenommenen Land- schaft; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); BfN-Datensätze: FFH-Gebiete; Vo- gelschutzgebiete; Nationalparke; Naturschutzgebiete; OSM-Datensätze: Be- stehende Windenergieanlagen; Freileitungen	Landschaften mit insgesamt mittlerem Wert für die wahrgenommene Naturnähe. Die als naturfern und die als naturnah wahrgenommenen Landnutzungen neh- men einen ähnlich hohen Anteil ein. Schutzgebiete, die eine gewisse Natur- nähe erhalten, sind teilweise vorhanden. Teilweise wirkt die Landschaft durch um- liegende Straßen, Schienen, Windenergieanlagen oder Freileitungen zunehmend naturfern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Naturnähe der Landschaft durch visuelle Störung						3
43	Landschaft mit geringer Naturnähe; Erhalt der naturnah wahrgenommenen Land- schaft; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); BfN-Datensätze: FFH-Gebiete; Vo- gelschutzgebiete; Nationalparke; Naturschutzgebiete; OSM-Datensätze: Be- stehende Windenergieanlagen; Freileitungen	Landschaften mit insgesamt geringem Wert für die wahrgenommene Naturnähe. Die als naturfern wahrgenommenen Landnutzungen nehmen einen hohen An- teil ein. Schutzgebiete, die eine gewisse Naturnähe erhalten könnten, gibt es zu- meist nicht. Zumeist wirkt die Landschaft durch umliegende Straßen, Schienen, Windenergieanlagen oder Freileitungen zunehmend naturfern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Naturnähe der Landschaft durch visuelle Störung						2
44	Landschaft mit sehr geringer Naturnähe; Erhalt der naturnah wahrgenommenen Land- schaft; BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012); BfN-Datensätze: FFH-Gebiete; Vo- gelschutzgebiete; Nationalparke; Naturschutzgebiete; OSM-Datensätze: Be- stehende Windenergieanlagen; Freileitungen	Landschaften mit insgesamt sehr gerin- gem Wert für die wahrgenommene Naturnähe. Die als naturfern wahrgenom- menen Landnutzungen nehmen einen sehr hohen Anteil ein. Schutzgebiete, die eine gewisse Naturnähe erhalten könn- ten, gibt es nicht. Durch umliegende Straßen, Schienen, Windenergieanlagen oder Freileitungen wirkt die Landschaft zunehmend naturfern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Naturnähe der Landschaft durch visuelle Störung						1

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
45	Landschaft mit sehr hohem Erholungswert; Erhalt von Gebieten zur naturgebundenen Erholung; Total Population 2015 (Michael Bauer Research GmbH); BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	Landschaften mit insgesamt sehr hohem Wert für die Nah- oder Fernerholung. Durch eine sehr hohe Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe ist die Land- schaft sehr gut für Erholungszwecke geeignet. Die Flächen sind in der Nähe von Siedlungen, daher ist die Naherho- lungsnachfrage sehr hoch und/oder es sind Schutzgebiete vorhanden, die die touristische Vermarktung verbessern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung des Erholungswertes der Landschaft durch visuelle Störung						5
46	Landschaft mit hohem Erholungswert; Erhalt von Gebieten zur naturgebundenen Erholung; Total Population 2015 (Michael Bauer Research GmbH); BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	Landschaften mit insgesamt hohem Wert für die Nah- oder Fernerholung. Durch eine hohe Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe ist die Landschaft gut für Erholungszwecke geeignet. Die Flächen sind zumeist in der Nähe von Siedlungen, daher ist die Naherholungsnachfrage oft sehr hoch und/oder es sind zumeist Schutzgebiete vorhanden, die die touristi- sche Vermarktung verbessern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung des Erholungswertes der Landschaft durch visuelle Störung						4
47	Landschaft mit mittlerem Erholungswert; Erhalt von Gebieten zur naturgebundenen Erholung; Total Population 2015 (Michael Bauer Research GmbH); BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	Landschaften mit insgesamt mittlerem Wert für die Nah- oder Fernerholung. Durch eine mittlere Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe ist die Land- schaft durchaus für Erholungszwecke geeignet. Die Flächen sind teilweise in der Nähe von Siedlungen, daher kann die Naherholungsnachfrage sehr hoch sein und/oder es sind teilweise Schutzgebiete vorhanden, die die touristische Vermark- tung verbessern.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung des Erholungswertes der Landschaft durch visuelle Störung						3

Nr.	Flächenkategorie (Indikator): Zweck und Datenquelle	Überwiegend / teilweise abgebildete Raum- bzw. Umwelteigenschaften, die ggü. der Windenergienutzung empfindlich sind	Potenzielle Konflikte durch Windenergieanlagen	E*	B*	T*	k-R**	s-KR**	KR**
48	Landschaft mit geringem Erholungswert; Erhalt von Gebieten zur naturgebundenen Erholung; Total Population 2015 (Michael Bauer Research GmbH); BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	Landschaften mit insgesamt geringem Wert für die Nah- oder Fernerholung. Durch eine geringe Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe ist die Land- schaft kaum für Erholungszwecke geeignet. Die Flächen sind nicht in der Nähe von Siedlungen, daher ist die Nah- erholungsnachfrage sehr gering und/oder es sind zumeist keine Schutzgebiete vor- handen, die die touristische Vermarktung verbessern könnten.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung des Erholungswertes der Landschaft						2
49	Landschaft mit sehr geringem Erholungswert; Erhalt von Gebieten zur naturgebundenen Erholung; Total Population 2015 (Michael Bauer Research GmbH); BKG-Datensatz: ATKIS-AAA-Basis-DLM (2012)	Landschaften mit insgesamt sehr geringem Wert für die Nah- und Fernerholung. Durch eine sehr geringe Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe ist die Land- schaft nicht für Erholungszwecke geeignet. Die Flächen sind nicht in der Nähe von Siedlungen, daher ist die Nah- erholungsnachfrage sehr gering und es sind keine Schutzgebiete vorhanden, die die touristische Vermarktung verbessern könnten.	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung des Erholungswertes der Landschaft						
50	Exponierte Lagen in der Landschaft; Identifizierung besonders exponierter Flä- chen mit potenziell erhöhter Sichtbarkeit für Windenergieanlagen; BKG-Datensatz: Relief des DGM25	Im Verhältnis zum Umfeld deutlich höher gelegene Fläche	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung	Die Aspekte der Empfindlich- keit, Bedeutung, Treffsicherheit sind bereits bei der Erstellung der Flächenka- tegorien berücksichtigt. Es wird jeweils nur der Kon- flikt mit dem Landschaftsbild beurteilt.					
51	keine exponierten Lagen in der Landschaft; Identifizierung nicht bzw. wenig exponierter Flächen ohne potenziell erhöhte Sichtbarkeit für Windenergieanlagen. BKG-Datensatz: Relief des DGM25	Im Verhältnis zum Umfeld nur geringfügig höher, gleich hoch oder niedriger gele- gene Fläche	Anlagen- und betriebsbedingte Beeinträchtigung der Vielfalt der Landschaft durch visuelle Störung						

#### **4.6 GIS-gestützte Analyse der räumlichen Verteilung natur- und landschaftsschutzbezogener Konfliktrisiken**

Grundlage der GIS-gestützten Berechnung der räumlichen Verteilung natur- und landschaftsschutzbezogener Konfliktrisiken sind die in Kapitel 4.4 beschriebenen und bewerteten Flächenkategorien mit Restriktionswirkung. Im teilautomatisierten GIS-Modell werden die einzelnen Flächenkategorien räumlich überlagert und alle Konfliktrisiken je Flächeneinheit (25m-Rasterzelle) aggregiert. Ziel ist es, eine flächendeckende Gesamtbewertung des Konfliktrisikos zu erhalten. Gleichzeitig werden im Prozess schutzgutbezogene Konfliktrisiken ermittelt. Die GIS-Arbeitsschritte zur Überlagerung und Aggregation von Konfliktrisiken umfassen dabei:

- Die Rasterung der Flächenkategorien.
- Die Überlagerung aller Flächenkategorien mit ihren spezifischen Konfliktrisiken.
- Die Berechnung des Konfliktrisikos (KR) je Flächeneinheit anhand der entwickelten Aggregationsregel.

Die auf diese Weise ermittelte bundesweite natur- und landschaftsschutzbezogene Konfliktrisikobewertung dient im weiteren Verlauf als Grundlage der dargestellten natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung der Ausbauszenarien. Weiterführend wird das Ergebnis als Grundlage für die Berücksichtigung der Belange von Natur und Landschaft bei der Entwicklung von Ausbauszenarien verwendet.

Im Folgenden wird das GIS-Modell näher erläutert. Wie in Kapitel 4.5 dargestellt, liegt für jede Flächenkategorie mit Restriktionswirkung sowohl die Bewertung des Konfliktrisikos (KR), als auch eine schutzgutbezogene Risikobewertung (s-KR) in Form der Konfliktrisikoklasse vor. Die Konfliktrisikoklasse dient dem GIS-Modell als Grundlage für die Berechnung des flächenkategorienübergreifenden Gesamt-Konfliktrisikos.

In einem ersten Schritt werden die einzelnen Flächenkategorien mit Restriktionswirkung, die als Vektor-Daten vorliegen, in das Rasterformat umgewandelt. Die Umwandlung des Dateiformats von Vektor zu Raster erfolgt, da das Rasterformat mit GIS mit erheblich geringerem Aufwand weiterverarbeitet werden kann, und eine einfachere mathematische Aggregation erlaubt. Im zweiten Schritt wird der Konfliktrisikowert der jeweiligen Flächenkategorie in die 25 m-Rasterzellen geschrieben.

Im darauffolgenden Schritt werden die einzelnen gerasterten Flächenkategorien räumlich überlagert. Das GIS-Modell berechnet für jede Rasterzelle das aggregierte Konfliktrisiko. Dieses ergibt sich je Rasterzelle aus den sich überlagernden Konfliktrisiken der einzelnen Flächenkategorien mit Restriktionswirkung. Die Aggregationsregel zur Berechnung des sich überlagernden Konfliktrisikos folgt zunächst dem Maximalwert-Verfahren (Abb. 35).

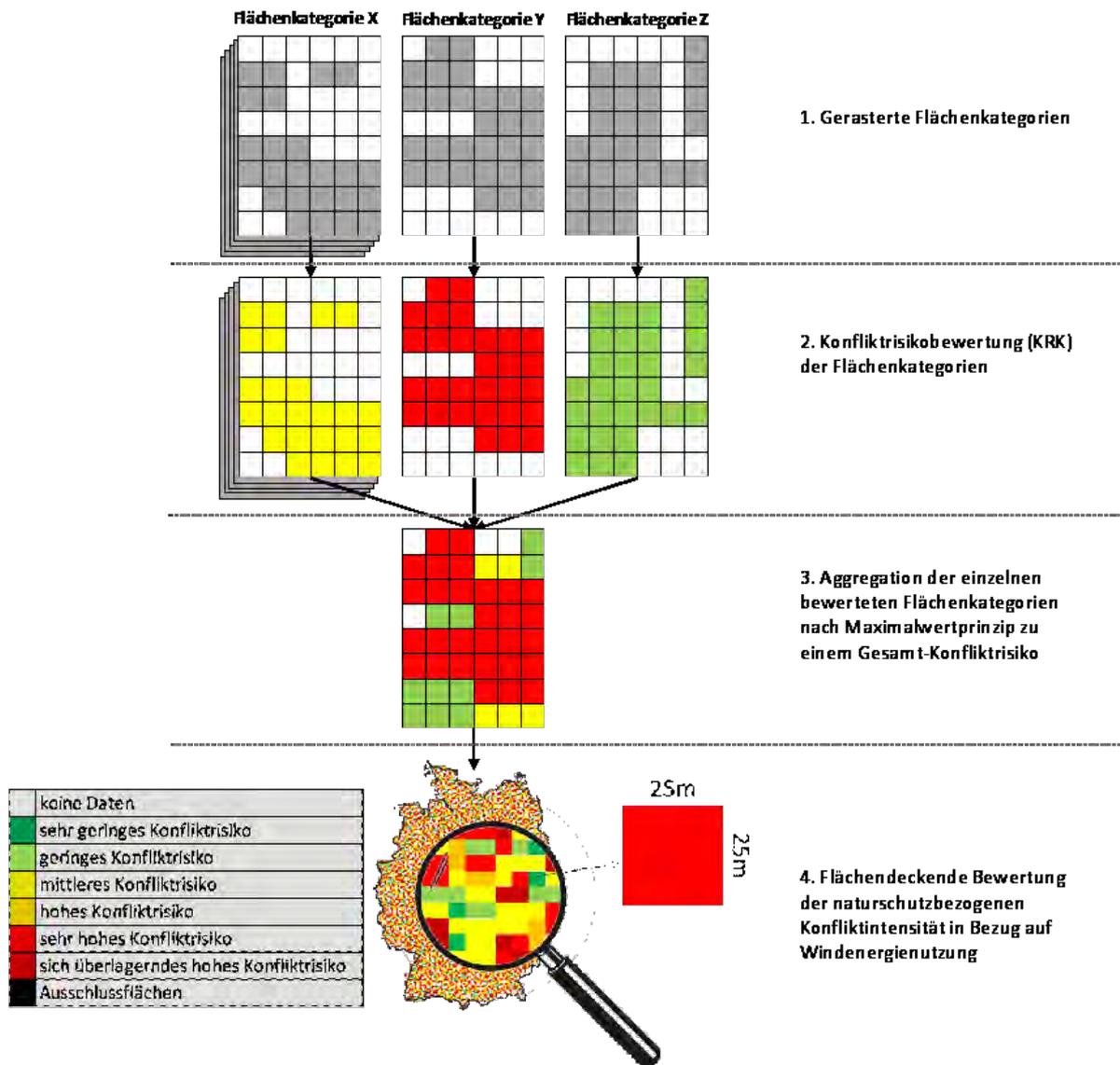


Abb. 35: Schema zur Aggregation einzelner Flächenkategorien zu einer aggregierten Konfliktrisikobewertung

Durch die Berechnung des Maximalwerts, der sich überlagernden Konfliktrisiken wird sichergestellt, dass im Ergebnis stets das höchste Konfliktrisiko pro Rasterzelle abgebildet wird. Gleichzeitig wird durch die Berechnungsvorgabe vermieden, dass Doppelwertungen mehrerer Flächenkategorien vorgenommen werden, die ein und denselben Konflikt abbilden. Denn z. B. Konflikte mit Vogelvorkommen werden von einer Reihe unterschiedlicher Flächenkategorien abgebildet. Da es sich stets um denselben Konflikt handelt, der durch die unterschiedlichen Kategorien indiziert wird, muss das Konfliktrisiko an dieser Stelle gleichbleiben.

Allerdings soll berücksichtigt werden, wenn auf einer Fläche mehrere unterschiedliche Konfliktrisiken auftreten. Bilden die sich überlagernden Flächenkategorien verschiedene Schutzgüter und somit mehrere unterschiedliche potenzielle Konflikte ab, erhöht sich das Konfliktrisiko. Aus diesem Grund berechnet das Modell neben dem maximalen Konfliktrisiko auch die Konfliktdichte. Diese wird als Anzahl der betroffenen Schutzgüter je Rasterzelle angegeben.

Als Aggregationsvorgabe wird das Maximalwert-Verfahren um folgende Regel ergänzt: Weist eine Rasterzelle eine hohe Konfliktrisikoklasse (KRK > 3) auf und sind zudem mehr als drei unterschiedliche Schutzgüter betroffen, wird die berechnete Konfliktrisikoklasse der Zelle um eine Klasse erhöht. Dabei soll auch abgebildet werden, wenn eine Zelle mit der bisher höchsten Konfliktrisikoklasse gemäß der erweiterten Aggregationsregel ein höheres Konfliktrisiko aufweist. Dafür wird im Ergebnis der Bewertung die zusätzliche Konfliktrisikoklasse mit dem Wert „sich überlagerndes hohes Konfliktrisiko“ eingeführt. Insgesamt gibt es nach der Berücksichtigung von sich überlagernden schutzgutbezogenen hohen Konfliktrisiken sechs KRK.

Um darüber hinaus eine differenziertere Auswertung und Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen, werden innerhalb des GIS-Modells neben der oben beschriebenen Gesamtbewertung auch schutzgutbezogene Analysen durchgeführt. Dazu werden Berechnungen der schutzgutbezogenen Konfliktrisiken nach dem Maximalwert-Verfahren durchgeführt (Abb. 36). Das Ergebnis dieser Berechnung sind die räumlich differenzierten Konfliktrisiken je Schutzgut. Auf diese Weise können, die sich überlagernden Konfliktrisiken hinsichtlich der jeweils betroffenen Schutzgüter untersucht und die Ergebnisse gezielt analysiert werden.

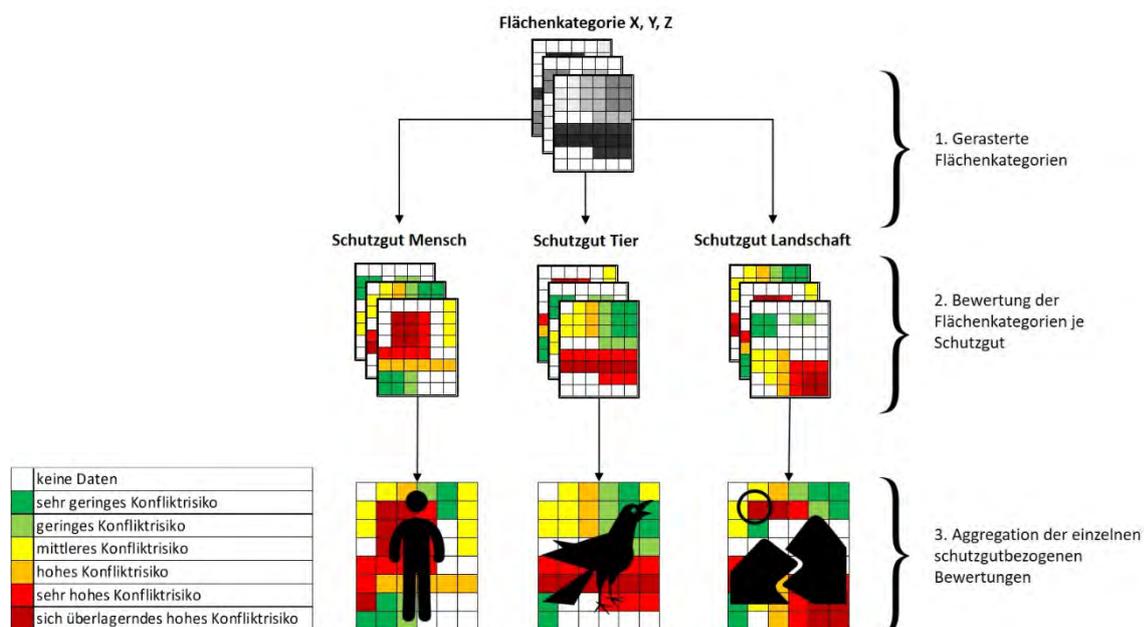


Abb. 36: Schema zur schutzgutbezogenen Konfliktrisikobewertung für weitere Analysen

## 5 Pilotstudie zur Wahrnehmung und Bewertung von Windenergieanlagen in „Stellvertreter-Landschaften“

### 5.1 Einordnung in den Projektkontext

Die natur- und landschaftsschutzbezogene Bewertung auf Bundesebene erfolgt grundsätzlich GIS-gestützt, so auch für das Schutzgut Landschaft. Die Bewertung der Konfliktrisiken der Szenarien in Bezug auf die Landschaft basieren auf Literaturlauswertungen zu aktuellen Herangehensweisen der Landschaftsbildbewertung und der hieraus abgeleiteten fachlichen Einschätzungen der Bearbeiter. Sie stellen daher eine klassische Expertenbewertung dar (Kap. 7).

Diese steht mindestens teilweise in einem Widerspruch zur aktuellen konstruktivistischen Landschaftstheorie (Kühne 2006). Demnach setzt sich die Landschaft aus den vier Dimensionen gesellschaftlicher, individuell gesellschaftlich aktualisierter, individuell angeeigneter und physischer Raum zusammen, von denen sich nur der physische Raum mit GIS-Methoden tatsächlich erfassen lässt (Abb. 37) (Stemmer 2016).

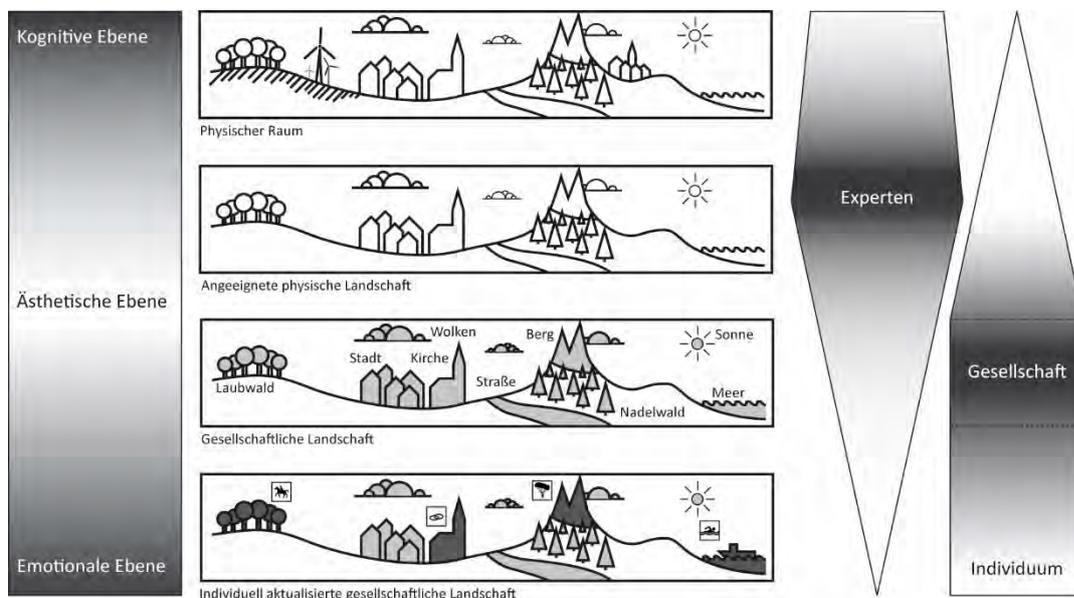


Abb. 37: Sozial- Konstruktivistische-Landschaftstheorie

Die anderen Ebenen einer Landschaft entstehen daher durch die Verarbeitung der mit allen Sinnen erfassten Informationen erst im Gehirn des Betrachtenden. Die Wahrnehmung und Bewertung einer Landschaft hängt somit stark vom jeweiligen Betrachtenden ab. Ipsen definiert in Kühne (2008) die Landschaft als Begriff, der die Beziehung zwischen Mensch und Umwelt beschreibt und daher nur durch Erforschung der Betrachtenden erklärt werden kann.

Daher ist die wahrnehmungspsychologische Studie im Rahmen des Vorhabens besonders wichtig. Sie dient dazu, den Versuch zu machen ein Dilemma aufzulösen, das bei vielen Planungen der übergeordneten Ebene vorgefunden werden kann: Aktuelle Theorien deuten auf die Bedeutung der Landschaftserfahrungen und -bewertungen von individuellen oder gesellschaftlichen Gruppen hin. Es besteht aber kein Weg die individuellen oder gruppenspezifischen Erfahrungen aller betroffenen Personen für die Bearbeitung von übergeordneten Planwerken zu sammeln, auszuwerten, und zu einer Gesamtbewertung zusammenzuführen.

Letztendlich muss bei diesen Plänen sowie in diesem Vorhaben also wieder auf die nachweisbaren Zusammenhänge zwischen physischem Raum und der Landschaftswahrnehmung der Öffentlichkeit abgestellt werden. Um diese Zusammenhänge zu begründen, werden die wahrnehmungspsychologischen Studien durchgeführt.

Die gewählte Herangehensweise sieht vor, dass die wahrnehmungspsychologischen Studien der Überprüfung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung für das Schutzgut Landschaft dienen, die mit bestimmten Annahmen zur Wahrnehmung und Bewertung arbeitet (Abb. 38). Darüber hinaus ist das Ziel der Studien, auch neue Erkenntnisse zur Wahrnehmung und Bewertung von Landschaft zu gewinnen. Daher wird auch die Methode Eye-Tracking eingesetzt, um die Vielfalt der Instrumente zu erhöhen. Nicht zuletzt durch die Ergänzung der Szenarienbewertung aus Natur- und Landschaftsschutzsicht durch die wahrnehmungspsychologischen Studien besitzt das Forschungsvorhaben ein Alleinstellungsmerkmal, dies hebt den Pilotcharakter der Studien hervor. Im folgenden Abschnitt werden die Herangehensweise der Online- und der Eye-Tracking-Studie sowie deren Erkenntnisse vorgestellt. Zudem wird die Vorgehensweise bei der Überprüfung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung durch die Online-Studie erläutert und die wesentlichen Ergebnisse dieses Abgleichs dargestellt. Zuletzt erfolgen eine kritische Reflektion der verwendeten Methoden sowie Diskussionen zu den Ergebnissen und zu dem zukünftigen Forschungsbedarf.

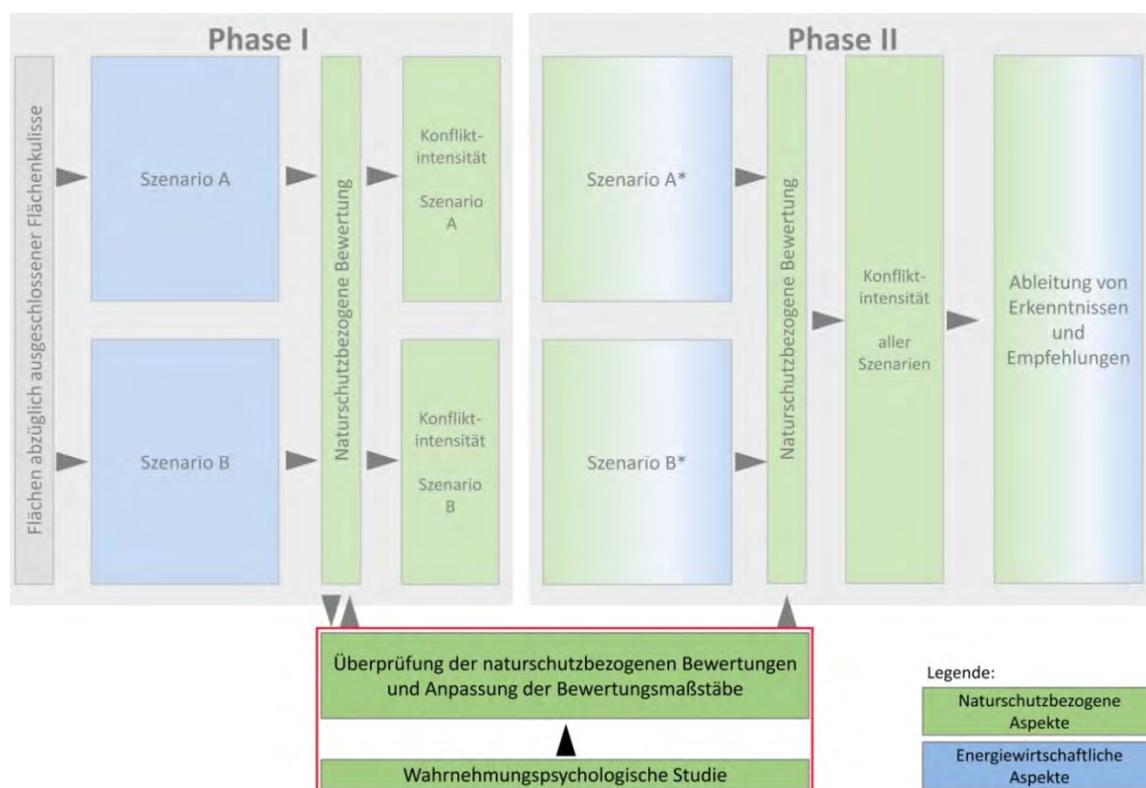


Abb. 38: Einordnung der wahrnehmungspsychologischen Studien in den Projektkontext

## 5.2 Vorbereitung der Pilotstudien

Für die empirische Datenerhebung werden zwei getrennte Studien durchgeführt, eine Online-Studie sowie anschließend eine Befragungsstudie mit Eye-Tracking. Dieses Vorgehen weicht von der ursprünglichen Planung des Forschungsantrages ab, alle Fragen und Bewertungen bezüglich der Landschaftsbildbewertung in einer einzigen Studie durchzuführen. Ein

solches Vorgehen hätte jedoch eine sehr lange Befragungsdauer und damit einhergehend eine mögliche Ermüdung der Teilnehmenden zur Folge (Moczek et al. 2017). Es wurde auch befürchtet, dass sich dies negativ auf die Teilnahmequote auswirken könnte. Die Aufteilung in zwei Studien hatte zur Folge, dass deutlich mehr Personen befragt werden konnten, allerdings erhöht dies auch den Durchführungs- und Auswertungsaufwand erheblich.

Für beide Studien wird Fotomaterial von Stellvertreter-Landschaften benötigt, welches später sowohl in einer Original- (Bestandsfotos) als auch in einer manipulierten Version (Visualisierungen von Windenergieanlagen) eingesetzt wird.

### **Auswahl von Stellvertreter Landschaften**

Die Auswahl der Stellvertreter-Landschaften wird hierarchisch anhand von Parametern getroffen. Diese Parameter unterscheiden sich in ihrer Gewichtung (abfallende Bedeutung) und werden im Folgenden detaillierter erläutert.

- Räumliche Betroffenheit einer Landschaft durch Ausbauszenarien A oder B
- Räumliche Betroffenheit der Kulturlandschaftstypen (nach Schmidt et al. 2014) durch die Ausbauszenarien A und B
- Abwesenheit von Windenergieanlagen im Bestand
- Einheitliche Verteilung der Stellvertreter-Landschaften im Bundesgebiet
- Berücksichtigung unterschiedlicher topographischer Ausprägungen

Um möglichst verschiedene Landschaften für die Studien auszuwählen und so die Landschaftsvielfalt Deutschlands gut abbilden zu können, werden gleichmäßig über das Bundesgebiet verteilte Stellvertreter-Landschaften ausgewählt, die zudem verschiedene topographische Ausprägungen aufweisen.

Durch die Berücksichtigung der räumlichen Betroffenheit einer Landschaft durch die Ausbauszenarien A „Effizienz“ oder B „Effizienz / Lastnähe“ ist sichergestellt, dass in einer Landschaft Windenergieanlagen tatsächlich vorkommen und die Windenergieanlagen entsprechend der Szenarien visualisiert werden können.

Zusätzlich wird in einer GIS-Analyse ermittelt, wie viele potenzielle Windenergieanlagen der beiden Szenarien in den verschiedenen Kulturlandschaftstypen nach Schmidt et al. (2014) liegen. Ziel ist es, mit den Stellvertreter-Landschaften die Kulturlandschaftstypen zu repräsentieren, die besonders von dem Zubau durch Windenergieanlagen betroffen wären, also in denen entsprechend der Szenarien besonders viele Windenergieanlagen liegen (Tab. 33). Der Kulturlandschaftstyp „Windenergieanlagendominierte Landschaften“ ist trotz einer hohen Betroffenheit durch die Szenarien im Rahmen der hier beschriebenen Studien ausgeklammert. Für diese Herangehensweise sprechen zwei wesentliche Gründe. Zum einen wäre bei der Nutzung von Bildern von Landschaften mit Bestandsanlagen und visualisierten, also potenziellen Anlagen die Auswertung der Ergebnisse wesentlich schwieriger als beim Vergleich von Fotos mit und ohne Windenergieanlagen. Zum anderen wird bei der Erarbeitung der Szenarien auch davon ausgegangen, dass die gesamte Fläche Deutschlands für neue Anlagen zur Verfügung steht. Bestandsanlagen werden daher bei der Verteilung nicht berücksichtigt. Somit würde die räumliche Anordnung der neuen Windenergieanlagen nicht den Bestand berücksichtigen, wodurch eine Visualisierung schwierig oder gar unmöglich wäre.

Tab. 33: Betroffenheit der Landschaftstypen durch die Szenarien A und B

Kulturlandschaftstyp (nach Schmidt et al. 2014)	Anzahl der Windenergieanlagen in Szenario A „Effizienz“	Anzahl der Windenergieanlagen in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“	Anzahl der Windenergieanlagen in Szenario A „Effizienz“ und B
Windenergieanlagendominierte Landschaft	7.728	3.285	11.013
Walddominierte Landschaft	3.470	6.639	10.109
Grünlanddominierte Offenlandschaft	2.447	1.997	4.444
Ackerdominierte Offenlandschaft	2.404	1.108	3.512
Halboffenlandschaft	1.178	2.009	3.187
Suburbane Landschaft/ Landschaft mit einer hohen Siedlungsdichte	272	2.849	3.121
Infrastrukturdominierte Landschaft	292	2.131	2.423
Obstbaudominierte Halboffenlandschaft	83	547	630
Urbane Landschaft	131	346	477
Biomasseanlagendominierte Landschaft	7	59	66
Gewässerdominierte Landschaft	18	41	59
Bergbaudominierte Landschaft	0	14	14
Gesamtanzahl der Windenergieanlagen	18.030	21.025	39.055

Im Rahmen der oben dargestellten Kriterien erfolgte die detaillierte Auswahl von Stellvertreter-Landschaften auf Basis fachlicher Abschätzungen. So sollten für den jeweiligen ausgewählten Kulturlandschaftstyp charakteristische Landschaftselemente in der Stellvertreter-Landschaft vorhanden und diese auch in Fotos abbildbar sein. Dies wird z. B. mit Hilfe von Luftbildern und Landnutzungsdaten überprüft und zusätzlich bei der konkreten Festlegung der Fotostandorte vor Ort berücksichtigt.



Abb. 39: Übersicht der sechs ausgewählten Stellvertreter-Landschaften sowie der zugehörigen Kulturlandschaftstypen (Schmidt et al. 2014)

Die Auswahl umfasst das Sauerland, den Darß (außerhalb des Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft), Uelzen, die Schwäbische Alb, Hamburg und das Erzgebirge (Abb. 39). So sind die sechs in den Szenarien am meisten betroffenen Kulturlandschaftstypen (mit Ausnahme von Windenergieanlagendominierten Landschaften) abgedeckt und außerdem eine gleichmäßige räumliche Verteilung im Bundesgebiet erreicht.

Die Stellvertreter-Landschaft Erzgebirge steht für die infrastrukturdominierten Landschaften. Es gibt Landschaften dieser Gruppe, die eine deutlich typischerer Ausstattung zeigen als die nun gewählte Landschaft. Zu dieser typischen Ausstattung zählen regelmäßig Windenergieanlagen in größerer Zahl. Da diese aber für die wahrnehmungspsychologischen Studien nicht hilfreich sind, wurde entschieden auf eine weniger typische Landschaft auszuweichen.

Eine Abstimmung mit dem BfN-Forschungsvorhaben „Landschaftsbild und Stromnetze“ hinsichtlich der Bewertungen in den Stellvertreter-Landschaften konnte aufgrund der angesetzten Parameter und mit Blick auf die Zweckdienlichkeit im Vorhaben nicht erfolgen.

### **Anforderungen an die Fotodokumentation und Durchführung**

Im Vorfeld wurden konkrete Anforderungen formuliert, die eine reproduzierbare und nachvollziehbare Fotodokumentation ermöglichen. Diese Anforderungen stellen somit zugleich den Rahmen für die Festlegung der Reiseroute einerseits und für die Bestimmung der konkreten Fotostandorte andererseits dar.

Um eine Reiseroute für die Fotodokumentation zu planen, werden die sechs ausgewählten Stellvertreter-Landschaften im Detail betrachtet. Im Folgenden sind die Anforderungen sowie die dementsprechende Durchführung dargestellt.

- Vermeidung von Gegenlicht und einheitliche Sonneneinstrahlung: Der Fotograf fotografiert zwischen 10 und 18 Uhr an Standorten südlich der potenziellen Windenergieanlagen.
- Freier Blick auf den Windpark / die Windenergieanlagen: Standorte sind im Gelände so gewählt, dass sowohl die Landnutzung als auch die Topographie einen freien Blick auf den „Windpark“ zulassen.
- Freie Zugänglichkeit: Standorte von denen Fotos aufgenommen werden, müssen frei zugänglich sein.
- Anzahl sichtbarer Windenergieanlagen: In der fotobasierten Visualisierung sollen später mindestens 2 Windenergieanlagen sichtbar sein.
- Verteilung sichtbarer Windenergieanlagen: Die Windenergieanlagen sollen in der fotobasierten Visualisierung später realistisch angeordnet und verteilt liegen und keine extremen Zahlen oder Anordnungen zeigen.
- Visuelle Dominanz: Um sicherzustellen, dass die Windenergieanlagen als Ganzes dargestellt und wahrgenommen werden können, diese aber visuell nicht dominieren, wird ein Abstand zur nächsten Windenergieanlage von etwa 1 - 2 km festgelegt.
- Keine Bestandsanlagen: Im Vorder- und Mittelgrund sollen keine Windenergieanlagen sichtbar sein, dies wird mit Hilfe von Kartenmaterial und schließlich anhand der Begehung überprüft.
- Prägende Landschaftselemente: Die Landschaften sollen typisch für die Kulturlandschaftstypen sein. Hierzu wird auch das Vorhandensein prägender Landschaftselemente anhand von Luftbildern überprüft.

Mithilfe eines GIS werden anhand von Satelliten- und Landnutzungsdaten sowie Geländedaten vorab mindestens zehn Standorte pro Stellvertreter-Landschaft identifiziert. Sie werden während der Fotodokumentation zuerst angefahren und dokumentiert und evtl. vor Ort ergänzt bzw. ersetzt.

Im Gelände sind diese übergeordneten Anforderungen konkretisiert und ergänzt:

- Wahl der exakten Position und Blickrichtung: Maßstabsbezogene Konkretisierung der oben genannten Anforderungen wie z.B. „Keine Bestandsanlagen“, „Prägende Elemente des Landschaftstyps“, „Zugänglichkeit“ oder „Freier Blick auf den Windpark“.
- Alltäglichkeit: Die Standorte sind so gewählt, dass die Fotos alltägliche und realistische Blicke in die Landschaft zeigen.
- Emotional belegte Elemente: Potenziell positiv oder negativ besetzte Strukturen sollen im Vordergrund möglichst nicht zu sehen sein, um die Komplexität in den Studien nicht unnötig zu erhöhen.
- Bildaufteilung / Horizontlinie: Beim Fotografieren wird auf eine waagerechte Ausrichtung der Kamera und auf ein in allen Bildern gleichmäßiges Verhältnis von Himmel und Land geachtet.

Die Fotodokumentation wurde, den regionalen Wettervorhersagen für klares und sonniges Wetter folgend, in der Zeit vom 5.-12. Juli 2017 durchgeführt. Im Sauerland und auf der Schwäbischen Alb sind kurzfristige Wetterumschwünge zu berücksichtigen. Aufgrund eines

engen Projektzeitplans wurde die Reise in diese beiden Stellvertreter-Landschaften nicht verschoben oder wiederholt. Die sich daraus ergebenden Abweichungen in den Fotos werden bei dem Unterpunkt Auswahl der Fotografien für die Studien diskutiert. Alle weiteren Fotos wurden wie geplant bei klarem und sonnigem Wetter durchgeführt.

Zum Fotografieren wurde eine Nikon D610 Vollformat-Spiegelreflexkamera mit einem 50 mm Objektiv (Festbrennweite) und Stativ verwendet. Palmer et al. (2017) haben nachgewiesen, dass landschaftliche Gegebenheiten bei einer Brennweite knapp über 50 mm am besten vermittelt werden. Diese Brennweite wird generell in der Visualisierungspraxis als Standard angesehen (z.B. Scottish Natural Heritage 2017) und ist dementsprechend auch für die hier beschriebene Studie ausgewählt. Die Fotos wurden in 1,7 m Höhe aufgenommen. Jeder Fotostandort wurde per GPS eingemessen.



Abb. 40: Foto aus dem Erzgebirge (links) und die dazugehörigen und erhobenen Daten (rechts)

### **Auswahl der Fotografien für die Studien**

Pro Stellvertreter-Landschaft sind zwischen 15 und 30 Fotostandorte dokumentiert. Dies ermöglichte es, wie im Folgenden beschrieben, die besten Fotos für die Studien auszuwählen.

In einem ersten Arbeitsschritt wurden die Fotos gesichtet und im GIS die Blickrichtungen mit den Daten und den Standorten der Windenergieanlagen abgeglichen. Fotos, in denen aufgrund der Topographie oder Blickrichtungen keine Windenergieanlagen zu sehen sein würden, werden aussortiert. Gleiches gilt auch für Fotos mit ungünstigen Wetterbedingungen.

Die an den Studien beteiligten Projektpartnerinnen und Projektpartner wählen in einem mehrschrittigen Verfahren die zehn am besten geeigneten Fotos pro Stellvertreter-Landschaft anhand der oben genannten Kriterien aus. Für diese 60 Fotos sind vorläufige Visualisierungen zu erstellen, die als Grundlage für die Auswahl von vier Fotos pro Stellvertreter-Landschaft für die Eye-Tracking-Studie (Kap. 5.4) dienen. Die verbleibenden vier Fotos pro Stellvertreter-Landschaft und insgesamt 24 in der gesamten Studie werden abschließend bearbeitet und stehen somit jeweils als Foto (Bestand ohne Manipulation) und als Visualisierung (Simulation mit Manipulation) für die Studien zur Verfügung, sodass insgesamt 48 Darstellungen (Original und Visualisierungen) genutzt werden.

## Aufbereitung der Szenarien für die Visualisierung

Um Windenergieanlagen der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ visualisieren zu können, müssen die Ergebnisse der Szenarienmodellierung weiter aufbereitet werden (Kap. 3).

Die Berechnung der Szenarien erfolgte mit drei Nennleistungen von Windenergieanlagen für schwache (3,15 MW), mittlere (4,05 MW) und starke (5,01 MW) Windstandorte. Diese Unterscheidung wird jedoch nur bei der Berechnung der Energiemenge der Szenarien herangezogen. Um die Konfliktrisiken und unterschiedlichen Gebiete besser vergleichen zu können, werden als Grundlage der räumlichen Verteilung von Windenergieanlagen jedoch nur die Maße der Anlage für mittlere Standorte (135m Rotordurchmesser) verwendet. Dies führt dazu, dass in den bundesweiten Datensätzen der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ die Abstände der Windenergieanlagen zueinander immer auf den Dimensionen von Windenergieanlagen für mittlere Standorte basieren. Um realitätsnahe und plausible Visualisierungen von Windenergieanlagen auch an Stark- und Schwachwindstandorten anfertigen zu können, müssen diese Verteilungen in den sichtbaren Bereichen der Stellvertreter-Landschaften auf den Fotos und Visualisierungen angepasst werden. Es wird zunächst identifiziert, welche Windenergieanlagen in Bereichen mit starkem und schwachem Wind liegen. Diese Analyse wird mit Hilfe des Regionalmodells COSMO-DE vom DWD (2018) vorgenommen. Aus demselben Modell wird auch die Windrichtung für die Ausrichtung der Windenergieanlagen in Hauptwindrichtung ausgelesen.

In Bereichen mit unterschiedlichen Windstärken müssen Windenergieanlagen verschiedener Typen dargestellt werden:

- starker Wind: Nabenhöhe 110 m (Stahlurm), Rotor Ø: 125 m (entspricht 4,3 MW)
- mittlerer Wind: Nabenhöhe 135 m (Stahlurm), Rotor Ø: 135 m (4,05 MW, d. h. identisch mit dem Wert aus der Szenarienberechnung)
- schwacher Wind: Nabenhöhe 160 m (Hybridurm), Rotor Ø: 150 m (entspricht 3,9 MW)

Die Information zu den Typen und den vorherrschenden Windrichtungen liegen als Punktdaten bezogen auf die Standorte vor, sodass im nächsten Schritt die Abstände der Windenergieanlagen zueinander angepasst werden müssen. Wie in der zugrundeliegenden Szenarienberechnung, wird zur Verteilung von Windenergieanlagen eine plausible Methode verwendet. Danach muss der Abstand von Windenergieanlagen innerhalb eines Windparks in Hauptwindrichtung mindestens das Fünffache und in Nebenwindrichtung mindestens das Dreifache des Rotordurchmessers betragen (Kap. 3.5). Durch die Anpassung der Anlagentypen für die Visualisierung müssen sich zur Szenarienerstellung abweichende Anordnungen ergeben (v.a. die Abstände der Anlagen untereinander).

Für die Visualisierung werden drei Windenergieanlagentypen genutzt, die auf identischen Bauteilen basieren, um Einflüsse unterschiedlicher Bauformen auf die Befragungsergebnisse auszuschließen. Als Ausgangspunkt dient das Modell Senvion 3.6M mit einem Rotordurchmesser von 140m. Davon ausgehend werden drei 3D-Modelle der Windenergieanlagentypen entsprechend der oben benannten Werte modelliert, texturiert und nach Anpassung der Abstände zwischen den Anlagen (s.o.) über die Attribute der Punktdatensätze der Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ verknüpft.

## **Visuelle Simulation der Szenarien in den Fotos**

Für die wesentlichen Arbeitsschritte der Visualisierung wird die Software Biosphere3D, ein digitaler Open-Source Globus, eingesetzt. Biosphere3D wird seit dem Jahr 2008 intensiv für die fotobasierte visuelle Simulation von landschaftsverändernden Bauwerken und Maßnahmen verwendet. Vorbereitende Arbeiten z. B. an Geodaten werden in QGIS und 3D-Modellierungsarbeiten in SketchUp oder Cinema4D durchgeführt.

Es wird eine virtuelle 3D-Szene aufgebaut (Computermodell), welche die visuelle Simulation der Fotoperspektiven ermöglicht. Hierfür werden die Stellvertreter-Landschaften virtuell und dreidimensional mit Hilfe von Geodaten generiert. Als wichtigste Datenquellen wird das Geländemodell DGM25 mit einer Auflösung von 25 m sowie Landnutzungsdaten und Satellitenbilder herangezogen.

Im nächsten Schritt wird ein vorbereiteter Punktdatensatz, jeweils von Szenario A oder B, in die 3D-Szene geladen. Dieser wiederum lädt über die Attributtabelle die referenzierten 3D-Modelle der Windenergieanlagen mit dem definierten Rotationswert. Anschließend sind die Koordinaten der Fotostandorte, Datum und Uhrzeit sowie die verwendete Brennweite von 50 mm einzustellen. Auch die Atmosphäre der virtuellen Szene wird über verschiedene Parameter, wie die Lichttemperatur, die Beschaffenheit und Stärke von Luftschichten sowie die Trübung und Zerstreuung eben dieser, den Bedingungen des Fototages nachempfunden. Nachdem alle entscheidenden Parameter der virtuellen 3D-Szene vorliegen, wird die Perspektive eingerichtet. Dabei ist der Blick in die virtuelle 3D-Szene mit dem tatsächlichen Foto überlagert und als Bild pro Standort in hoher Auflösung exportiert.

Die zwei – je Fotostandort vorliegenden – Bilder (tatsächliches Foto sowie exportiertes Bild) werden im nächsten Schritt zusammengeführt. Dazu wird das simulierte Bild in einer Bildbearbeitungssoftware als Ebene über das tatsächliche Foto gelegt und über eine Maske in das Foto montiert.

Im Anschluss wird eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Hierzu soll mit Hilfe des GIS und den darin vorhandenen Geobasisdaten ermittelt werden, ob die Windenergieanlagen an den erwarteten Stellen im Bild liegen und korrekte Dimensionen aufweisen. Auch das Verhältnis von Licht- und Schatten (Helligkeit und Kontrast) zwischen den simulierten Windenergieanlagen und den Fotos wird überprüft.

## **5.3 Online-Studie**

### **5.3.1 Herangehensweise**

Die Durchführung der wahrnehmungspsychologischen Studien hat das vorrangige Ziel, Erkenntnisse zur Wahrnehmung und Bewertung von Landschaften bzw. Landschaftsfotos durch Fachkundige zu gewinnen und diese Bewertungen in einem weiteren Arbeitsschritt mit der GIS-gestützten Bewertung des Schutzguts Landschaft zu vergleichen (Kap. 5.5) um diese ggf. zu optimieren.

Im Zuge der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung der Szenarien, insbesondere der Ermittlung von Konfliktrisiken, werden Annahmen zur Empfindlichkeit der Landschaft (Kap. 4.4.2) gegenüber dem Zubau von Windenergieanlagen aufgestellt. Sie stellen Annahmen dar, wie sich der Wert der Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Erholungswert und der Naturnähe in Abhängigkeit von deren Ausprägung durch das Hinzufügen von Windenergieanlagen verändern.

- Annahme 1: Der Zubau von Windenergieanlagen in einer Landschaft beeinflusst die Vielfalt, Eigenart, Schönheit, den Erholungswert und die Naturnähe negativ.
- Annahme 2: Je vielfältiger eine Landschaft ist, desto unempfindlicher ist sie gegenüber Eingriffen durch Windenergieanlagen.
- Annahme 3: Je größer die Eigenart einer Landschaft ist, desto empfindlicher ist sie gegenüber Eingriffen durch Windenergieanlagen.
- Annahme 4: Je schöner eine Landschaft ist, desto empfindlicher ist sie gegenüber Eingriffen durch Windenergieanlagen.
- Annahme 5: Je größer der Erholungswert in einer Landschaft ist, desto empfindlicher ist sie gegenüber Eingriffen durch Windenergieanlagen.
- Annahme 6: Je natürlicher eine Landschaft ist, desto empfindlicher ist sie gegenüber Eingriffen durch Windenergieanlagen.

Für die empirische Überprüfung sind die allgemeinen Annahmen in konkrete Hypothesen umformuliert und teilweise zusammengefasst.

- Hypothese 1: Die Landschaftsfotos mit (visualisierten) Windenergieanlagen werden in Bezug auf Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe und Erholungswert kritischer bewertet als die Originalbilder („Bestand“) (abgeleitet aus Annahme 1).
- Hypothese 2: Je positiver die Landschaften auf den Dimensionen Eigenart, Schönheit, Naturnähe und Erholungswert im Bestand bewertet werden, desto kritischer werden sie in den manipulierten Versionen bewertet (abgeleitet aus Annahme 3, 4, 5 und 6).
- Hypothese 3: Bei der Bewertungsdimension Vielfalt wird ein umgekehrter Effekt erwartet. Je niedriger die Vielfalt einer Landschaft (in den Bestandsfotos) bewertet wird, desto kritischer fallen die Bewertungen für die manipulierten Fotos aus (abgeleitet aus Annahme 2).

### **Zusammenstellung der Befragungsinstrumente für die Online-Studie**

Für die Gestaltung und Programmierung des Fragebogens und die Durchführung der Online-Befragung wurde das Softwarepaket „SoSci Survey“ ausgewählt. Der Begriff steht für „Sozialwissenschaftliche Umfragen“, das Programm ist speziell für wissenschaftliche Befragungen konzipiert. Die Vorteile sind eine relativ komfortable Bedienung nach nur kurzer Einarbeitungszeit, hohe Flexibilität bei der grafischen Gestaltung und die Datenspeicherung auf einem deutschen Server nach deutschem Recht. Damit ist ein hoher Datenschutz gewährleistet.

Aus jeder der sechs Stellvertreter-Landschaften werden in mehreren aufeinanderfolgenden Beratungsschritten durch das Forscherteam vier Fotos ausgewählt (24 Fotos Bestand) und anschließend manipuliert (24 Fotos mit Windenergieanlagen, zusammen 48 Darstellungen (Kap. 5.2). Um bei der Befragungssituation Ermüdungseffekte zu vermeiden, werden jedem Betrachtenden nur zwölf Fotos präsentiert. Daher werden insgesamt vier Sets Fotos zusammengestellt. In jedem Set befinden sich aus je drei Landschaften entweder Bestandsfotos oder manipulierte Bilder mit Windenergieanlagen der Szenarien A „Effizienz“ oder B „Effizienz / Lastnähe“. Die Programmierung des Fragebogens und die zufällige Zuordnung zu einer der vier Gruppen stellen sicher, dass eine Testperson das gleiche Bild nicht zweimal sieht, also nie eine manipulierte und originale Version präsentiert bekommt

Die Struktur der Befragung ist in Abb. 41 dargestellt. Sie gliedert sich in zwei wesentliche Blöcke. Zunächst wird eine der Gruppen mit jeweils 12 Bildern gezeigt und diese jeweils für Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe und Erholungswert bewertet. Im zweiten Block werden weitere Informationen zu den Testpersonen (Soziodemografische Daten), sowie Einstellungen zu Natur und Windenergie erfasst.

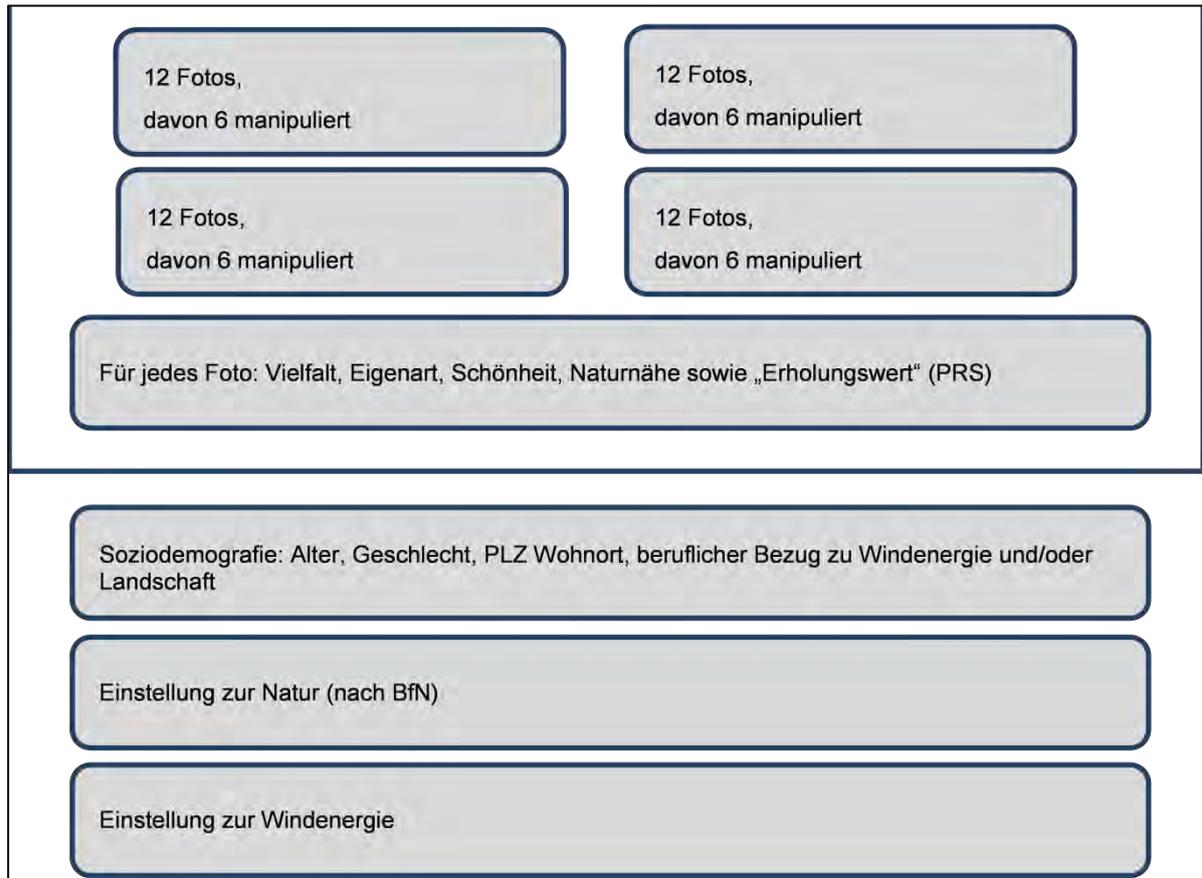


Abb. 41: Inhaltliche Struktur der Online-Befragung

### Semantisches Differential

Jedes Foto wird hinsichtlich der Dimensionen Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe bewertet. Zusammengefasst werden diese als ästhetischer Gesamtwert bezeichnet (Roth 2012). Dazu greift die hier dargestellte Vorgehensweise auf eine von Roth (2012) abgewandelte Form des Semantischen Differentials zurück. Acht Adjektive beschreiben vier Kriterien zur Bewertung eines Landschaftsbildes, wobei die Begriffe Vielfalt, Eigenart und Schönheit explizit in §1 Abs. 1 Nr. 3 des BNatSchG genannt werden. Vielfalt wird durch die beiden Begriffe abwechslungsreich und vielgestaltig operationalisiert, Eigenart durch unverwechselbar und charakteristisch, Schönheit durch schön und ästhetisch, und Natürlichkeit durch naturbelassen und ursprünglich.

Die von Roth (2012) zur Erfassung des ästhetischen Gesamtwerts verwendete neunstufige Skala wird für die vorliegende Studie auf 10 Stufen erweitert, um wegen des Ambivalenz-Indifferenz-Problems (Döring und Bortz 2016) bewusst auf eine neutrale Mittelkategorie zu verzichten. Es wird davon ausgegangen, dass die Ratingskala intervallskaliert ist. In der Online-Umfrage werden verbale und grafische Marken benutzt, um ein möglichst hohes Verständnis zu erzielen und ein zügiges Antworten zu erleichtern (Abb. 42).

2. Diese Landschaft empfinde ich als ...	
	trifft gar nicht zu  trifft voll zu
abwechslungsreich	<input type="radio"/>
ästhetisch	<input type="radio"/>
unverwechselbar	<input type="radio"/>
schön	<input type="radio"/>
charakteristisch	<input type="radio"/>
vielgestaltig	<input type="radio"/>
natürlich	<input type="radio"/>
ursprünglich	<input type="radio"/>

Abb. 42: Auszug zur Bewertung des ästhetischen Gesamtwerts aus der Online-Befragung

### Perceived Restorativeness Scale (PRS)

Die Items der Perceived Restorativeness Scale (PRS) messen zusammen den wahrgenommenen Erholungswert einer Landschaft (Hartig et al. 1997). Es werden zehn Items der deutschen Übersetzung verwendet (Hug et al. 2008), wobei in diesem Projekt der Begriff „Ort“ in „Landschaft“ geändert wird. Diese sprachliche Änderung ist im Rahmen einer anwendungsorientierten Studie zu vertreten. Die Items erfassen wiederum vier Subfaktoren:

- Faszination (Diese Landschaft fasziniert mich; In dieser Landschaft gibt es vieles zu erkunden und zu entdecken),
- Kompatibilität (Diese Landschaft löst positive Gefühle in mir aus; In dieser Landschaft kann ich Aktivitäten nachgehen, die ich gern tue; Ich habe das Gefühl, dass ich mich dieser Landschaft innerlich verbunden fühle),
- Kohärenz (Es gibt in dieser Landschaft nichts, was mich stört; Es gibt in dieser Landschaft nichts, das mich beunruhigt; Ich empfinde diese Landschaft als übersichtlich und geordnet)
- sowie Alltagsferne (Ein Aufenthalt in dieser Landschaft lässt mich den Alltagsstress vergessen; Diese Landschaft ist zum Entspannen geeignet).

Die Abfrage erfolgte ebenfalls mit einer zehnstufigen Skala (Abb. 43).



an bestimmten Seiten. Es wird vermutet, dass die Präsentation von zwölf Fotos mit ergänzender Befragung für viele Teilnehmende zu lang und zu langweilig ist oder zu „durchschaubar“ und sie daher abgebrochen wird.

### Analyse und Bewertung der Stichprobe

Insgesamt sind 216 Fragebögen abgeschlossen, 215 sind in die Auswertung aufgenommen. Als Aufnahmekriterium wird festgelegt, dass im Fragebogen keine fehlenden Werte innerhalb der beiden Hauptmessinstrumente (ästhetischer Gesamtwert und PRS) vorliegen dürfen, das ist nur bei einem Datensatz nicht der Fall, daher ist dieser nicht in die weitere Auswertung aufgenommen.

### Geschlecht und Alter

In der Stichprobe sind Frauen und Männer fast gleich verteilt, 113 Frauen (52,6%) und 102 (47,4%) Männer. Das Durchschnittsalter aller befragten Personen beträgt 46,6 Jahre (SD = 13,8). Im Mittel sind die weiblichen Teilnehmerinnen mit 45,1 Jahre (SD = 13,2) etwas jünger als die männlichen Teilnehmer (48,3 Jahre, SD = 14,4). Die Expertinnen und Experten sind durchschnittlich 49,0 Jahre alt (SD = 12,6), demnach im Schnitt rund vier Jahre älter als die Laiinnen und Laien (43,9 Jahre, SD = 14,7) (Tab. 34).

Tab. 34: Altersverteilung

Alter in Jahren	bis 19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	Summe
Häufigkeit	0	26	54	35	63	26	8	2	214

Der grafische Vergleich (Abb. 44) der Altersverteilung der Stichprobe mit den Daten der Bundesrepublik Deutschland zeigt große Abweichungen. Im Vergleich zur Bundesrepublik sind in der Studie die bis 19-Jährigen sowie die über 70-Jährigen deutlich unterrepräsentiert, und die beiden Gruppen der 30- bis 39-Jährigen und die 50- bis 59-Jährigen deutlich überrepräsentiert.

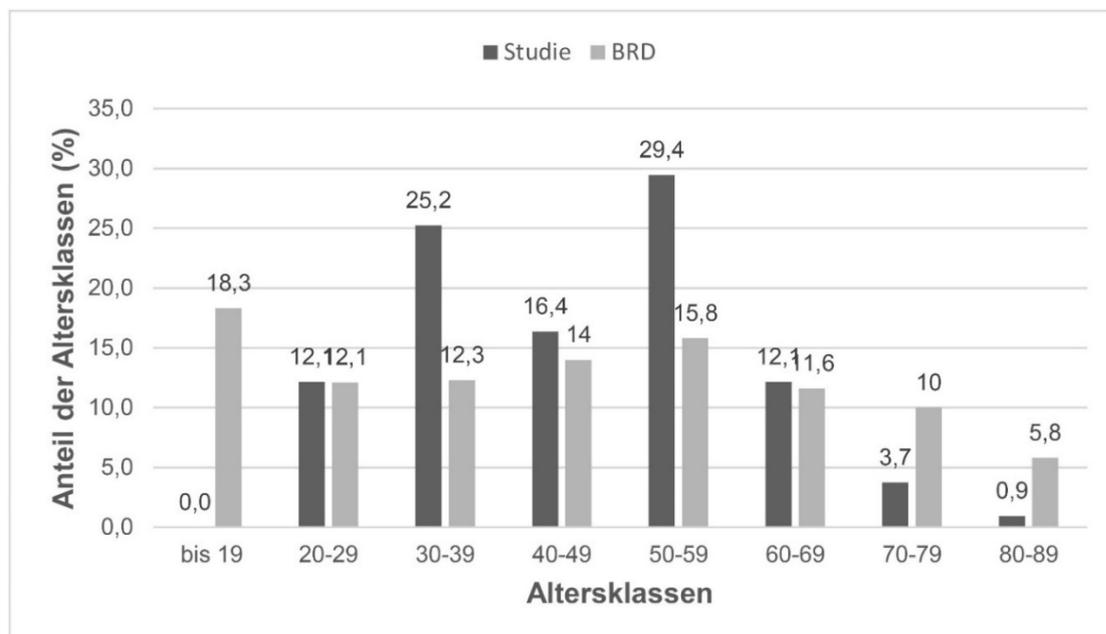


Abb. 44: Vergleich der prozentualen Altersverteilungen der Bundesrepublik Deutschland (destatis 2016) mit der Stichprobe (N=215)

## Bildungsabschluss

Gefragt wurde nach dem jeweils höchsten Bildungsabschluss, nicht nach dem höchsten Schulabschluss. 90% der Teilnehmenden sind im Studium oder haben ein solches bereits abgeschlossen, können also als Akademikerinnen oder Akademiker eingestuft werden. Auffällig ist auch der hohe Anteil an promovierten Teilnehmenden mit 15%.

In Tab. 35 ist der Vergleich zum Bundesdurchschnitt an ausgewählten Bildungsabschlüssen dargestellt. Deutlich erkennbar sind dabei die großen Abweichungen bei den Anteilen, die eine Ausbildung oder ein Studium abgeschlossen haben.

Tab. 35: Höchster Bildungsabschluss (destatis 2016)

	Häufigkeit	%	% BRD
kein Abschluss	1	0,47	
Hauptschule/Volksschule	1	0,47	
Mittlere Reife/Realschulabschluss	2	0,93	
Abitur/Matura/Fachhochschulreife	10	4,67	
Ausbildung (Lehre) abgeschlossen	6	2,80	47,7
Meister	2	0,93	
studierend (Bachelor)	11	5,14	
Bachelor (Vordiplom) abgeschlossen	8	3,74	
studierend (Master)	11	5,14	
Master (Diplom) abgeschlossen	129	60,28	11,9
Promotion	33	15,42	0,7

## Expertinnen und Experten sowie Laiinnen und Laien

Die befragten Personen werden gebeten, ihren Bezug zu Landschaften einzuschätzen, und zwar getrennt nach Beruf und Ehrenamt oder Freizeit. Alle Personen, die in diesen Rubriken Angaben dazu machen, die auf eine professionelle Perspektive schließen lassen (wie z.B. Landschaftsplanerinnen und Landschaftsplaner, -architektinnen und -architekten, -gärtnerinnen und -gärtner, -fotografierende, Landespflegende, beauftragte Personen für Umwelt, Referentinnen und Referenten für ländliche Entwicklung, Tätigkeit im Gartentourismus etc.), werden in die Kategorie Fachkundige aufgenommen. Alle anderen Personen werden als Laiinnen und Fachunkundige eingestuft. In der Stichprobe sind Expertinnen und Experten sowie Laiinnen und Laien annähernd gleich verteilt, 114 Personen sind Landschaftsexpertinnen und Landschaftsexperten, 101 haben den Laienstatus (Tab. 36).

Tab. 36: Die Kategorien Fachkundige und Fachunkundige in der Befragung

Geschlecht	Fachkundige	Fachunkundige	Gesamt
Weiblich	57	56	113
Männlich	57	45	102
Gesamt	114	101	215

Das Ziel, überwiegend Personen anzusprechen, die keinen beruflichen Bezug zu Landschaften haben, wurde nicht erreicht. Allerdings ergeben sich aus der Tatsache, dass die beiden

Gruppen der „Fachkundigen“ und „Fachkundigen“ ähnlich groß und zumindest in Bezug auf das Geschlecht auch annähernd gleich verteilt sind, neue Möglichkeiten einer vertieften Auswertung, auf die später noch eingegangen wird.

### Wohnort, PLZ

Die Teilnehmenden werden gebeten, die Postleitzahl ihres Wohnortes anzugeben. In der folgenden Karte ist die Verteilung grafisch dargestellt, farblich markiert wird jeweils das Gebiet, welches zu einer Postleitzahl gehört (Abb. 45). Bis auf Mecklenburg-Vorpommern und Bremen stammen die befragten Personen aus allen Bundesländern.

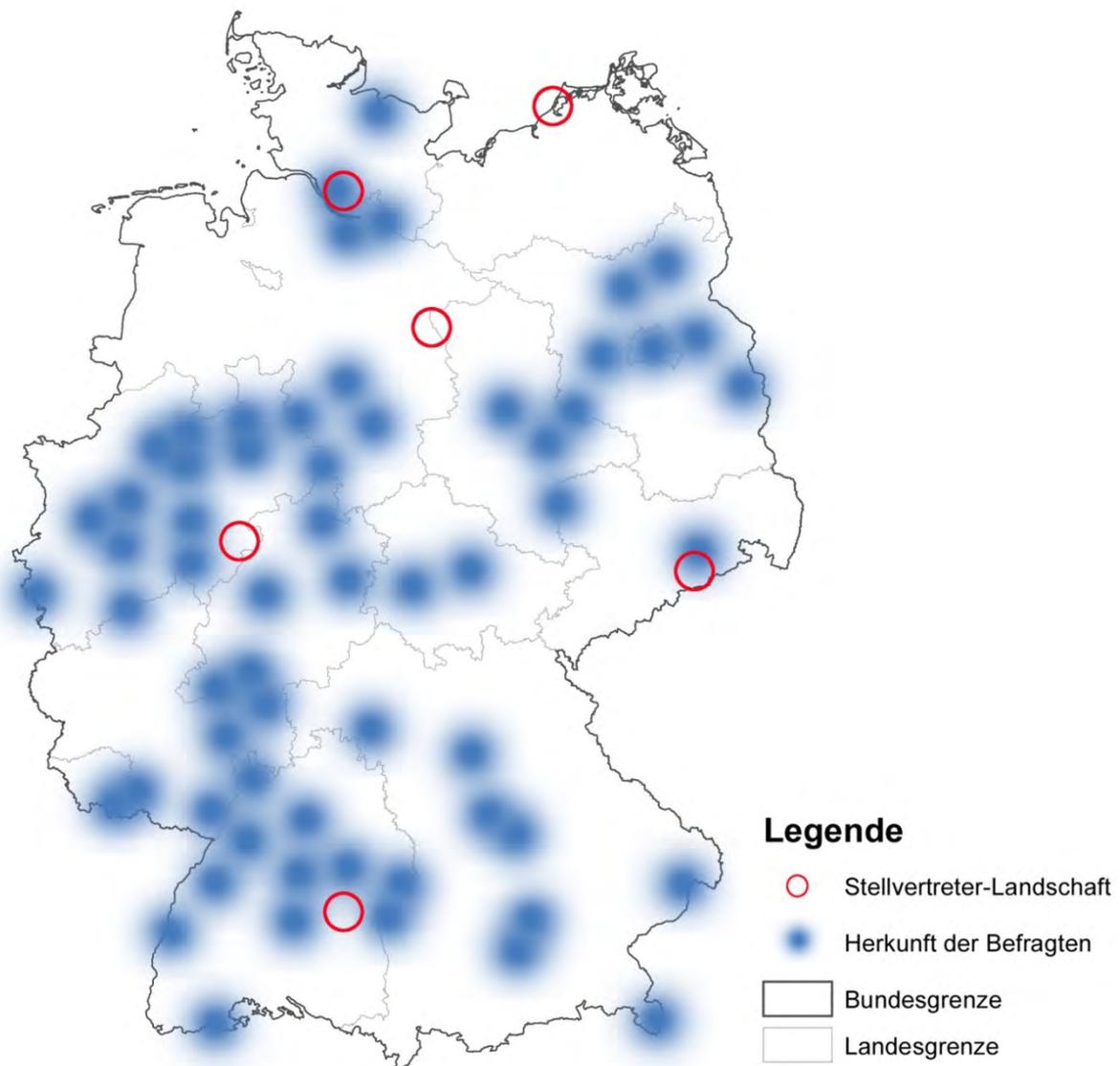


Abb. 45: Herkunft der befragten Personen und Lage der Stellvertreter-Landschaften

## Windenergie in der Nähe der Wohnorte der befragten Personen

Mit drei Fragen wird erfasst, wie nah die befragten Personen an Windenergieanlagen wohnen, wie häufig sie in den vergangenen vier Wochen eine Windenergieanlage in der Nähe ihres Wohnortes gesehen haben und ob bzw. wie stark sie sich durch die Anlagen gestört fühlen. Etwa ein Drittel der befragten Personen geben an, dass sie in einer Gegend wohnen, in der keine Windenergieanlagen in der Nähe sind, knapp 38 % wohnen mehr als fünf Kilometer entfernt. 22,3 % haben im Umkreis von bis zu drei Kilometern eine oder mehrere Anlagen, immerhin 5,6 % wissen es nicht (Abb. 46).

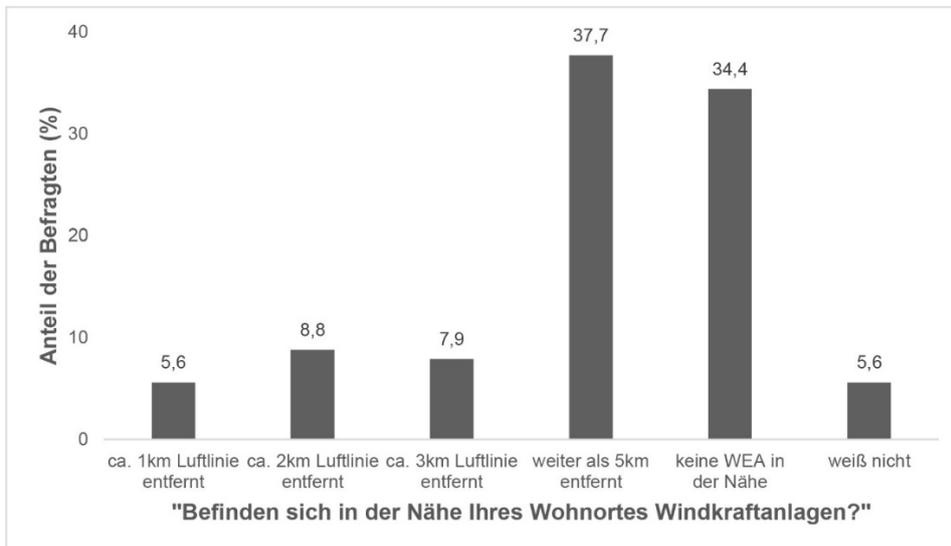


Abb. 46: Prozentuale Verteilung des Bestandes von Windenergieanlagen in der Nähe der Wohnungen der befragten Personen, N = 215

Hinsichtlich der Frage, wie häufig die Testpersonen Windenergieanlagen in der Nähe ihres Wohnorts sehen, geben ca. ein Drittel der befragten Personen an, dass sie "mehrmals pro Woche" oder "täglich" Windenergieanlagen sehen. Knapp 40 % sehen sie ein- bis dreimal im Monat, immerhin fast 21 % sehen nie eine Windenergieanlage (Abb. 47). Erneut antworten (konsequenterweise) 5,6 %, dass sie es nicht wüssten.

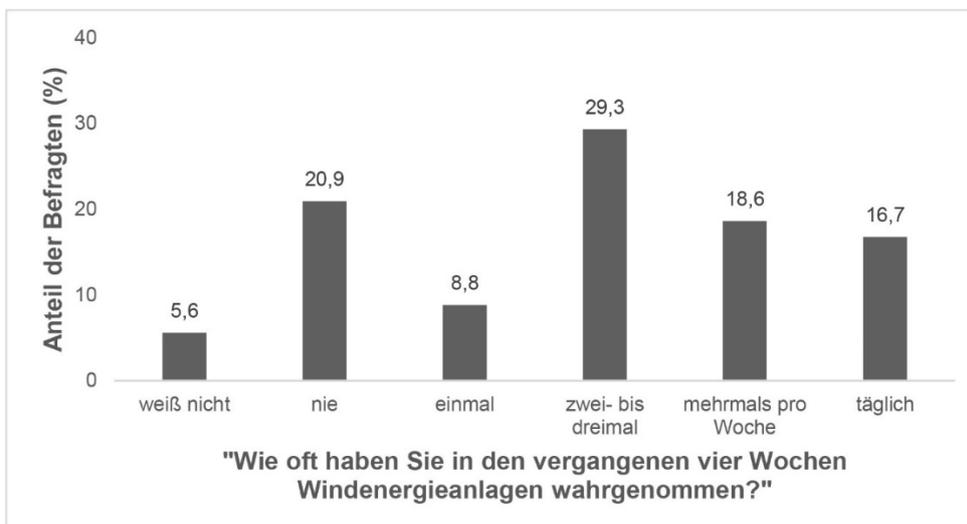


Abb. 47: Prozentuale Verteilung der Antworten zur Sichtung von Windenergieanlagen in den vergangenen vier Wochen, N = 215

Darüber hinaus werden die Testpersonen gefragt, ob sie sich durch die Windenergieanlage in der Nähe ihrer Wohnung gestört fühlen. Die Antwort kann mit Hilfe eines Schiebereglers gegeben werden, um eine sehr feine Abstufung zu ermöglichen, die Skala reicht von 1 („stört mich überhaupt nicht“) bis 101 („stört mich sehr“). Die Skala ist zugleich farbig von Grün nach Rot kodiert.

Die durch die Umfragen ermittelten Werte werden kategorisiert, sodass eine fünfstufige Bewertung –keine / sehr geringe Störung (1-21), geringe Störung (22-41), mittlere Störung (42-61), starke Störung (62-81) und sehr starke Störung (82-101) – festgelegt werden kann. Der Mittelwert der empfundenen Störungen beträgt 30,49 und fällt damit deutlich in die Kategorie „geringe Störung“. Die hohe Standardabweichung (SD = 32,27) zeigt aber die große Varianz der Antworten.

Über 50 % der befragten Personen geben einen Wert unter 22 Punkten an, das entspricht keiner bzw. einer sehr geringen Störung. Weitere 15,6% berichten von einer geringen, 11,6% von einer mittleren Störung durch die Windenergieanlagen. 6,5% der befragten Personen fühlen sich stark und 13,2% sehr stark gestört (Abb. 48).

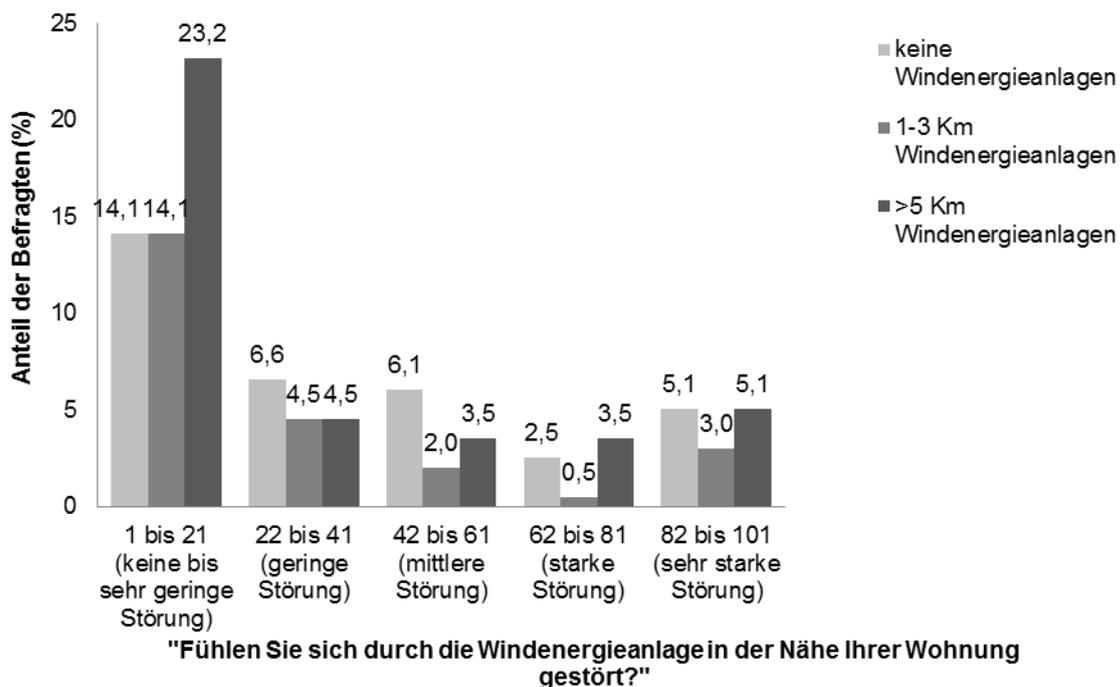


Abb. 48: Prozentuale Verteilung der empfundenen Störung durch Windenergieanlagen in unmittelbarer Wohnungsnähe der befragten Personen, Einstufung auf einer Skala von 1 („stört mich überhaupt nicht“) bis 101 („stört mich sehr“), Angaben in Prozent; N = 198

### Zusammenhang zwischen Nähe des Wohnortes zu Windenergieanlagen und empfundener Störung

Zur weiterführenden statistischen Analyse werden die Angaben zur Nähe von Windenergieanlagen zum Wohnort in drei Gruppen zusammengefasst: Gruppe 1 sind alle Personen, die nicht in der Nähe einer Windenergieanlagen leben (74 Personen, 34,4%), Gruppe 2 sind alle Personen, die zwischen einem und drei Kilometer Entfernung zu einer Anlage leben (48 Personen, zusammen 22,3%) und Gruppe 3 lebt weiter als fünf Kilometer von einer Anlage entfernt (81 Personen, 37,7%) (Tab. 37).

Tab. 37: Entfernung zwischen Wohnort und Windenergieanlage sowie die resultierende wahrgenommene Störung

	Anteil der Personen (%)	Mittelwert der wahrgenommenen Störung durch Windenergieanlagen	Standardabweichung der wahrgenommenen Störung durch Windenergieanlagen
keine Windenergieanlagen in der Nähe		36,47	33,92
ca. 1 km Luftlinie entfernt	5,6		
ca. 2 km Luftlinie entfernt	8,8	27,64	31,71
ca. 3 km Luftlinie entfernt	7,9		
weiter als 5 km entfernt	37,7	29,13	32,44
weiß nicht	5,6		
Gesamt	100		

Nach der aktuellen und repräsentativen Studie der Fachagentur Windenergie an Land (FA Wind 2017) leben rund 45 Prozent der Bevölkerung mit Windenergieanlagen im direkten Wohnumfeld. In unserer Stichprobe ist dieser Anteil der Personen also etwas höher.

Ein Vergleich dieser drei Gruppen in Bezug auf „Empfundene Störung durch Windenergieanlagen“ zeigt, dass Personen, die selber nicht in der Nähe einer Windenergieanlage wohnen (keine Windenergieanlage in der Nähe oder mehr als 5 Kilometer entfernt), im Durchschnitt höhere Störungswerte angeben. Diese Zahlen passen zu den Ergebnissen zur Akzeptanz von Windenergieanlagen im Wohnumfeld, die zeigen, dass die Zustimmung für die Windenergienutzung vor Ort höher ist, wenn dort bereits Windenergieanlagen stehen. Diese Zustimmungswerte bewegen sich in den vergangenen Jahren auf konstant hohem Niveau (FA Wind 2017).

### Einstellung zu Windenergie

Zur Abfrage der Einstellung zur Windenergie werden neun Aussagen präsentiert, von denen die befragten Personen jeweils drei (gleichrangig) auswählen können, die ihre Meinung am besten widerspiegelt: „Welche Meinung haben Sie zu Windenergieanlagen?“

24,8% der Teilnehmenden beantworten diese Frage nicht. Von den anderen 75,2% wählen 16,9% „Befürworter der Windenergie“ aus, weitere 16,1% „Windenergieanlagen sind ein positives Symbol der Energiewende“. 8,7% halten Windenergieanlagen für einen gravierenden Eingriff in die Landschaft, 2% lehnen einen weiteren Ausbau ab (Abb. 49).

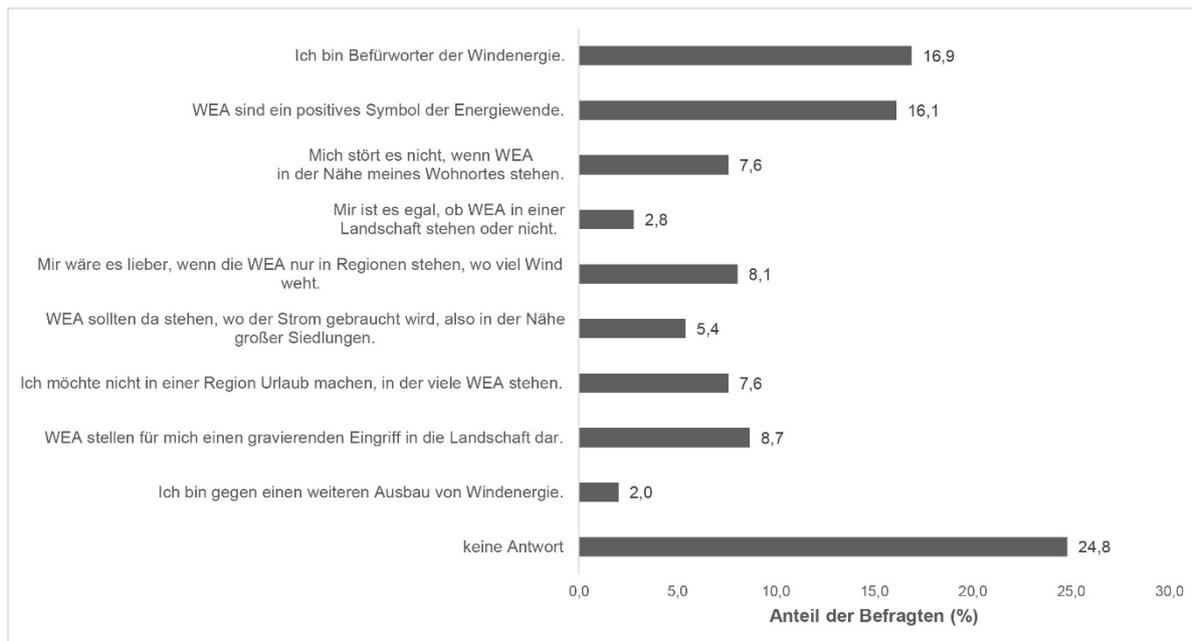


Abb. 49: Prozentuale Verteilung der Zustimmungen zu Aussagen zur Windenergie, N=215

### Einstellung zu Natur

Zur Erfassung des Naturbewusstseins werden sechs Aussagesätze aus zwei verschiedenen Naturbewusstseinsstudien entlehnt (BfN 2015). Diese Items werden aufgrund ihrer thematischen Nähe zu Natur ausgewählt und sprachlich leicht modifiziert. Die Aussage: „Wildnisgebiete bieten wichtige Rückzugsräume für Tiere und Pflanzen“ wird geändert in „Geschützte Naturflächen bieten wichtige Lebensräume für Tiere und Pflanzen“. Die Änderung geht auf eine Studie zurück, in der Fokusgruppenteilnehmende kritisierten, dass die beiden Konzepte Wildnis und Rückzugsräume auch in der Fachwelt nicht unumstritten sind und diese daher vermuteten, dass die Begriffe auch bei Fachkundigen zu Irritationen führen könnten (Moczek et al. 2018).

Die Antworten können wie bei der Naturbewusstseinsstudie auf einer fünfstufigen Skala gewichtet werden (1 = stimmt gar nicht, 2 = stimmt wenig, 3 = stimmt teils-teils, 4 = stimmt ziemlich, 5 = stimmt völlig). Die Zustimmungswerte (und damit das selbstberichtete Naturbewusstsein) sind in der Stichprobe sehr hoch (Tab. 38). Es gibt auch nur geringe Unterschiede zwischen Laiinnen und Laien sowie Expertinnen und Experten (Abb. 50). Aufgrund dieser einheitlichen Ergebnisse können keine sinnvollen Gruppen für weitere Analysen gebildet werden.

Tab. 38: Mittelwerte und Standardabweichung der Skala Naturbewusstsein

	M	SD
An der Natur schätze ich ihre Vielfalt.	4,567	0.706
Wir dürfen die Natur nur so nutzen, dass dies auch für kommende Generationen im gleichen Umfang möglich ist.	4,762	0.584
Es ist die Pflicht des Menschen, die Natur zu schützen.	4,637	0.709
Es macht mich glücklich, in der Natur zu sein.	4,660	0.656
Geschützte Naturflächen bieten wichtige Lebensräume für Tiere und Pflanzen.	4,829	0.502
Ich möchte, dass es mehr Wildnis in Deutschland gibt.	4,260	0.960

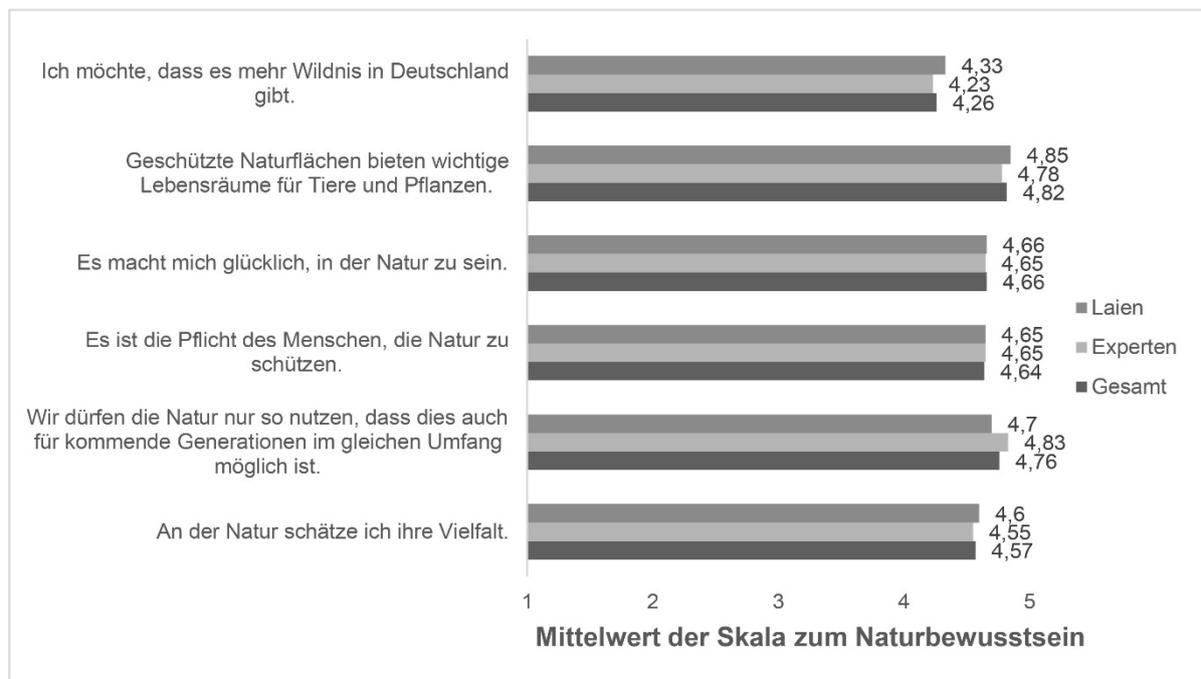


Abb. 50: Einstellung zur Natur, N=215, davon 114 Expertinnen und Experten, 101 Laiinnen und Laien

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zwei annähernd gleich große Teilstichproben von „Fachkundige“ und „Fachunkundige“ vorliegen und damit auch bei der Beurteilung der Landschaftsfotos getrennte und vergleichende Analysen möglich sind.

Für die Verallgemeinerung auf die „die breite Öffentlichkeit“ wäre aber die Voraussetzung, dass die beiden Teilstichproben keine absichtliche oder unabsichtliche Selektion darstellen und damit repräsentativ sind. Diese Voraussetzung ist zumindest für die Gruppe der „Fachunkundigen“ nicht erfüllt. Sie weichen sowohl in Bezug auf die Altersverteilung als auch beim sehr hohen Bildungsniveau deutlich vom Bundesdurchschnitt ab. Sie zeigen ein sehr hohes Naturbewusstsein und sind insgesamt der Windenergie positiv gegenüber eingestellt. Alle nachfolgend gemachten Aussagen zu den Ergebnissen müssen also vor dem Hintergrund gelesen werden, dass sie nicht verallgemeinerbar sind, damit wird der schon mehrfach benannte Pilotcharakter der Studie betont.

## 5.3.2 Ergebnisse

### Bewertung der Befragungsergebnisse

Bevor die Ergebnisse vorgestellt werden, werden zunächst die beiden eingesetzten Instrumente Perceived Restorativeness Scale und Semantisches Differential kritisch betrachtet.

### Korrelationen der Subskalen der Perceived Restorativeness Scale

Korrelationen können Werte zwischen 0 (kein Zusammenhang) und 1 (vollständiger Zusammenhang) annehmen. Anhand der durchweg mittelhohen bis hohen positiven Korrelationen zwischen den Subskalen des PRS lässt sich belegen, dass diese vier Faktoren der Skala ähnliche Aspekte erfassen und man sie zusammen als den „Erholungswert“ bezeichnen kann. Einzig der Faktor „Kohärenz“ weist eher mittlere Korrelationen mit den drei anderen Faktoren auf (Tab. 48).

Tab. 39: Korrelationen der vier Subskalen des Erholungswerts

	Kompatibilität	Kohärenz	Alltagsferne
Faszination	0.895	0.548	0.858
Kompatibilität	1.000	0.653	0.918
Kohärenz		1.000	0.656
Alltagsferne			1.000

### Korrelationen der Subskalen des ästhetischen Gesamtwerts

Anders als beim Instrument PRS wird bei der Verwendung des Instruments von Roth (2012) davon ausgegangen, dass die acht Adjektive jeweils vier verschiedene Kriterien einer Landschaft differenzieren können. Sie sollten also nicht hoch miteinander korrelieren. Die Ergebnisse zeigen – entgegen dieser Annahme – in der Stichprobe eine hohe bis sehr hohe Korrelation. Diese ist zwischen Vielfalt und Schönheit sehr hoch, zwischen Eigenart, Vielfalt und Schönheit hoch und ist etwas niedriger bei allen Zusammenhängen mit der Naturnähe (Tab. 40). Gerhards (2003) Ausführungen unterstützen diese Erkenntnis. Er hält fest, dass in mehreren Studien ein Zusammenhang zwischen Vielfalt, Eigenart und Naturnähe festgestellt werden kann, und bezieht sich dabei u.a. auf Nohl und Neumann (1986).

Tab. 40: Korrelationen zwischen Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe

	Schönheit	Eigenart	Naturnähe
Vielfalt	0.828	0.780	0.644
Schönheit		0.790	0.748
Eigenart			0.673

Anmerkungen: N=215, alle Korrelation sind bei Niveau  $p = 0,001$  signifikant; 95% Konfidenzintervall; einseitige Testung

Auf der Ebene der Kriterien betrachtet, korrelieren die jeweiligen Adjektivpaare zwar am höchsten miteinander, aber auch hoch mit allen anderen Begriffen. In der nachfolgenden Tab. 41 sind die Paarungen hervorgehoben. Die niedrigste Korrelation zeigt sich beim Kriterium Eigenart (charakteristisch und unverwechselbar,  $r = .76$ ). Es gibt also insgesamt hohe bis sehr hohe Zusammenhänge zwischen den acht Begriffen und den dahinterliegenden Konzepten.

Tab. 41: Korrelationen der acht Adjektive

	Abwechslungsreich	Vielgestaltig	Charakteristisch	Unverwechselbar	Ästhetisch	Schön	Natürlich	Ursprünglich
Abwechslungsreich	1.00	0.87	0.64	0.73	0.8	0.78	0.63	0.55
Vielgestaltig		1.00	0.72	0.75	0.78	0,78	0.66	0.58
Charakteristisch			1.00	0.76	0.7	0,72	0.62	0.57
Unverwechselbar				1.00	0.74	0.74	0.65	0.60
Ästhetisch					1.00	0.92	0.74	0.65
Schön						1.00	0.76	0.68
Natürlich							1.00	0.87
Ursprünglich								1.00

Dieses Ergebnis ist in dieser Form nicht erwartet worden. Als weiteren Schritt der Analyse wird daher die Stichprobe in die beiden Gruppen „Fachkundige“ und „Fachunkundige“ getrennt (Kap. 5.3.1) und die Berechnung wiederholt. Es wird erwartet, dass die 114 Expertinnen und Experten aufgrund ihrer professionellen Erfahrung besser als die 101 Laiinnen und Laien in der Lage sind, die Adjektive und damit die Konzepte Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe differenziert zu nutzen. Das Ergebnis ist in der nachfolgenden Tabelle (Tab. 42) dargestellt.

Tab. 42: Korrelationen zwischen Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe getrennt nach Fachkundigen und Fachunkundigen

	Viel-falt	Schönheit (Fachkundige/Fachun-kundige)	Eigenart (Fachkundige/Fachun-kundige)	Naturnähe (Fachkundige/Fachun-kundige)
Vielfalt	1.00	0.85/ 0.81	0.82/ 0.73	0.68/ 0.64
Schön-heit		1.00	0.83/ 0.74	0.74/ 0.77
Eigenart			1.00	0.72/ 0.64
Natur-nähe				1.00

Anmerkungen: N=114 Expertinnen und Experten und N=101 Laiinnen und Laien; alle Korrelation sind bei Niveau p = 0,001 signifikant; 95% Konfidenzintervall; einseitige Testung

Auch diese Ergebnisse fallen nicht erwartungsgemäß aus. Ganz im Gegenteil liegen die Korrelationen zwischen den vier Bewertungsdimensionen bei den Expertinnen und Experten sogar noch höher als bei den Laiinnen und Laien (mit Ausnahme der Korrelationen zwischen der Schönheit und der Naturnähe).

Aus diesen Berechnungen folgt, dass die einzelnen Dimensionen nicht zu einem differenzierten Urteil führen, und zwar weder bei der Gruppe der „Fachunkundigen“ noch bei der Gruppe der „Fachkundigen“. Daher wird im Folgenden meistens mit einem Summenwert (Aufsummieren aller Einzelwerte) gearbeitet, der zusammenfassend als ästhetischer Gesamtwert bezeichnet wird.

## Bewertung von Landschaftsfotos durch die Testpersonen

Im Folgenden werden die, mit Hilfe der soeben diskutierten Instrumente, erhobenen Daten dargestellt. Alle Ergebnisse auf der Ebene der einzelnen Fotografien und der Landschaften sind im Anhang zusammengestellt (Kap. 10.2).

### Skalenmittelwerte der Landschaften

Für die Berechnung der Skalenmittelwerte werden jeweils die Werte der vier Fotos der gleichen Landschaft addiert, und dies getrennt nach den Bildern im Bestand und der manipulierten Variante. Da jede Testperson zwölf Fotos angesehen hat, kommt es zu der hohen Anzahl der Bildbetrachtungen (n) pro Landschaft. Die Anzahl der Bildbetrachtungen ist pro Foto nicht gleich, da nicht gleich viele Personen per Zufall in eine der vier Gruppen verteilt sind (vergleiche Rücklaufstatistik).

### Vergleich der Fotos im Bestand mit den manipulierten Versionen

Bei dem ästhetischen Gesamtwert sind Skalenmittelwerte zwischen 1 (sehr niedrig) und 10 (sehr hoch) möglich. Die Fotos von Landschaft 1 (Sauerland) werden hinsichtlich der Kriterien Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe am positivsten bewertet (M = 6,72). Alle anderen Landschaften werden signifikant schlechter als das Sauerland bewertet. Landschaft 2 (Darß; M = 6,15) erhält im Bestand ebenfalls noch eine überdurchschnittliche Bewertung.

In der manipulierten Variante erreichen die Bilder aus dem Sauerland immer noch einen leicht überdurchschnittlichen Wert (M = 5,61) und dieser ist sogar höher, als der Wert, den die Landschaften 3 bis 6 im Bestand erreichen (M = 3,03 bis M = 4,68). Bei den Landschaften 1 bis 4 und 6 sind die Bewertungen der manipulierten Fotos niedriger. Nur in Landschaft 5 (Hamburg) dreht sich die Bewertung: die manipulierten Versionen werden leicht positiver bewertet als der Bestand (Tab. 43).

Tab. 43: Mittelwerte und Standardabweichung des ästhetischen Gesamtwerts

Landschaft	Manipulation	n	M	SD	min	Median	max
L1 - Sauerland	Bestand	213	6,72	1,73	2,5	6,88	10,00
L2 - Darß	Bestand	188	6,15	2,12	1,0	6,38	10,00
L3 - Uelzen	Bestand	280	4,27	1,84	1,0	4,00	8,88
L4 - Schwäbische Alb	Bestand	205	4,68	2,15	1,0	4,38	10,00
L5 - Hamburg	Bestand	170	3,03	1,59	1,0	2,75	8,00
L6 - Erzgebirge	Bestand	208	4,42	2,18	1,0	4,06	10,00
L1 - Sauerland	manipuliert	187	5,61	1,97	1,0	5,88	9,00
L2 - Darß	manipuliert	283	4,80	2,21	1,0	4,38	9,88
L3 - Uelzen	manipuliert	186	4,03	1,77	1,0	4,00	8,50
L4 - Schwäbische Alb	manipuliert	167	3,75	1,91	1,0	3,25	8,38
L5 - Hamburg	manipuliert	206	3,15	1,55	1,0	2,88	9,12
L6 - Erzgebirge	manipuliert	163	3,42	1,77	1,0	3,12	8,25

Anmerkungen: n = Anzahl der Betrachtungen der Fotos, die unterschiedlichen Häufigkeiten ergeben sich durch die Zuteilung der Teilnehmenden zu vier Gruppen; M = addierte Skalenmittelwerte über alle Fotos in der gleichen Landschaft; SD = Standardabweichung; min = niedrigste addierte und max = höchste addierte Skalenmittelwerte; Skala = 1 sehr niedriger bis 10 sehr hoher ästhetischer Gesamtwert.

Bei der Bewertung des wahrgenommenen Erholungswerts sind Skalenmittelwerte zwischen 1 (sehr niedriger Erholungswert) und 10 (sehr hoher) möglich. Den Landschaften 1 (Sauerland), 2 (Darß), 3 (Uelzen) und 4 (Schwäbische Alb) werden im Bestand ein mittlerer bis

hoher Erholungswert zugeschrieben. Bei allen Landschaften ist die Bewertung der Erholungsfunktion auf der Basis der manipulierten Fotos schlechter als in der Variante Bestand. Aber das Sauerland und der Darß werden auch mit Windenergieanlagen noch eher als erholsam empfunden (Tab. 44).

Tab. 44: Mittelwerte und Standardabweichung der Skala Erholungswert

Landschaft	Manipulation	n	M	SD	min	Median	max
L1 - Sauerland	Bestand	213	7,06	1,63	1,7	7,30	10,0
L2 - Darß	Bestand	188	6,83	1,94	1,7	7,00	10,0
L3 - Uelzen	Bestand	280	5,33	1,95	1,2	5,35	9,4
L4 - Schwäbische Alb	Bestand	205	5,38	2,31	1,0	5,40	10,0
L5 - Hamburg	Bestand	170	3,73	1,62	1,0	3,60	8,2
L6 - Erzgebirge	Bestand	208	4,96	2,21	1,0	4,65	10,0
L1 - Sauerland	manipuliert	187	5,81	1,96	1,7	6,20	9,8
L2 - Darß	manipuliert	283	5,23	2,10	1,0	5,30	10,0
L3 - Uelzen	manipuliert	186	4,75	1,96	1,3	4,60	9,9
L4 - Schwäbische Alb	manipuliert	167	4,20	1,96	1,0	3,90	9,6
L5 - Hamburg	manipuliert	206	3,70	1,74	1,0	3,60	9,7
L6 - Erzgebirge	manipuliert	163	3,64	1,76	1,0	3,30	8,5

Anmerkungen: n = Anzahl der Betrachtungen der Fotos, die unterschiedlichen Häufigkeiten ergeben sich durch die Zuteilung der Teilnehmenden zu vier Gruppen; M = addierte Skalenmittelwerte über alle Fotos in der gleichen Landschaft; SD = Standardabweichung; min = niedrigste addierte und max = höchste addierte Skalenmittelwerte; Skala = 1 sehr niedriger bis 10 sehr hoher Erholungswert.

Zum besseren Überblick werden in der Tab. 45 die Differenzen der Skalenmittelwerte zwischen den Fotos im Bestand und in der Version mit Windenergieanlagen dargestellt, und zwar getrennt nach den Werten des ästhetischen Gesamtwerts und dem Erholungswert. Der negative Wert bei der Landschaft nördlich von Hamburg zeigt an, dass die Fotos mit Windenergieanlagen leicht positiver bewertet werden als die unmanipulierten Bestandsfotos. Bei den Landschaften Uelzen und Schwäbische Alb sind die Differenzen ebenfalls nicht hoch, das Urteil fällt also bei den manipulierten Fotos nur wenig kritischer aus.

Tab. 45: Differenzen der Skalenmittelwerte zwischen den Versionen Bestand und Manipulation

Landschaft	ästhetischer Gesamtwert	Erholungswert
L1 - Sauerland	1,11	1,25
L2 - Darß	1,35	1,60
L3 - Uelzen	0,24	0,58
L4 - Schwäbische Alb	0,33	0,56
L5 - Hamburg	-0,12	0,03
L6 - Erzgebirge	1,00	1,32

Die nachfolgende Abb. 51 stellt die gerade vorgestellten Skalenmittelwerte des ästhetischen Gesamtwerts und des Erholungswerts als Säulendiagramm dar. Die Sortierung erfolgt absteigend nach den Mittelwerten des ästhetischen Gesamtwertes. Das Sauerland und der Darß werden in der Version „Bestand“ als am ästhetischsten und am erholsamsten bewertet. Auf Platz drei und vier sind die beiden gleichen Landschaften diesmal repräsentiert durch Fotos, in denen Windenergieanlagen visualisiert sind. Es schließen danach die (nicht manipulierten Landschaftsfotos) der Schwäbischen Alb, dem Erzgebirge, Uelzen an. Dann folgen die manipulierten Fotos aus Uelzen, der Schwäbischen Alb, dem Erzgebirge und Hamburg. Das Schlusslicht bildet die Landschaft nördlich von Hamburg im Bestand.

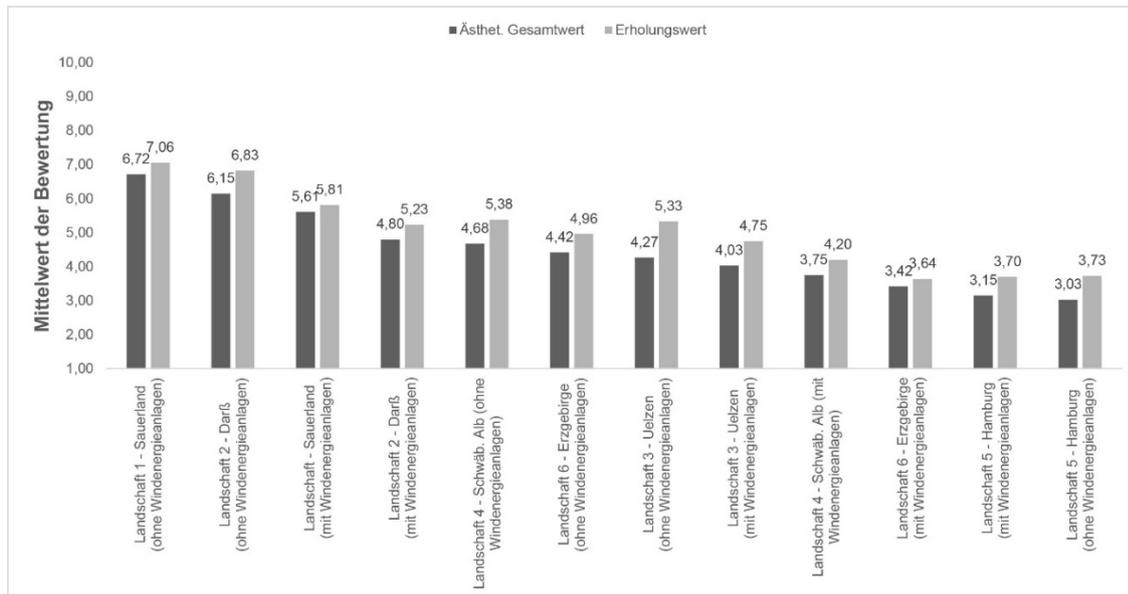


Abb. 51: Skalenmittelwerte ästhetischer Gesamtwert und Erholungswert (Skalen reichen von 1 = sehr niedrig bis 10 = sehr hoch), N = 215

Das Säulendiagramm (Abb. 51) veranschaulicht, dass in fünf der sechs Landschaften die Bewertung hinsichtlich der Kriterien Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe sowie Erholungswert in den manipulierten Bildern kritischer sind. Dieser Effekt ist für die Landschaften Sauerland, Darß, Uelzen, Schwäbische Alb und Erzgebirge statistisch signifikant (Tab. 46). In der Landschaft nördlich von Hamburg zeigt sich dagegen kein signifikanter Unterschied zwischen Originalbildern und der manipulierten Versionen.

## Überprüfung der Hypothesen

**Hypothese 1: Die Landschaften mit (visualisierten) Windenergieanlagen werden hinsichtlich der Kriterien des ästhetischen Gesamtwerts (Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe) sowie des Erholungswertes kritischer bewertet als die Originalbilder („Bestand“).**

Die inferenzstatistische Überprüfung der ersten Hypothese erfolgte durch mehrere t- und Welch-Tests, wobei letzterer nur zum Einsatz kommt, wenn sich die Varianzen in den Gruppen „Manipuliert“ und „Bestand“ unterscheiden. Mithilfe der Tests wird überprüft, ob die relativ höheren Mittelwerte in der Gruppe der Bestandsbilder (welche einer besseren Bewertung entsprechen) signifikant verschieden von den Mittelwerten der manipulierten Bilder sind. Alle Tests sind auf einem Niveau von mindestens  $p = 0,0001$  signifikant (Tab. 46). Bei einem vorab definierten Alpha-Niveau von 0,05 kann erwartungsgemäß eine signifikant bessere Bewertung der Bestandsbilder gegenüber den manipulierten Bildern festgestellt werden. Folglich wird die Hypothese 1 als bestätigt angenommen.

Tab. 46: Welsh-Tests zum statistischen Vergleich des Erholungswertes/ ästhetischen Gesamtwertes zwischen originalen und manipulierten Landschaftsfotos

Landschaft	Erholungswert	ästhetischer Gesamtwert
1 Sauerland	t(362,37) = 6,855 p < 0,001	t(372,88) = 5,906 p < 0,001
2 Darß	t(422,68) = 8,426 p < 0,001	t(412,14) = 6,671 p < 0,001
3 Uelzen	t(395,07) = 3,1221 p = 0,002	t(406,78) = 1,4484 p = 0,148
4 Schwäbische Alb	t(369,49) = 5,326 p < 0,001	t(367,21) = 4,4043 p < 0,001
5 Hamburg	t(368,49) = 0,187 p = 0,85	t(357) = -0,7757 p 0,4385
6 Erzgebirge	t(368,87) = 6,394 p < 0,001	t(368,44) = 4,852 p < 0,001

**Hypothese 2: Je positiver die Landschaften hinsichtlich der Kriterien des ästhetischen Gesamtwertes (Eigenart, Schönheit, Naturnähe) sowie des Erholungswertes im Bestand bewertet werden, desto kritischer werden sie in den manipulierten Versionen bewertet.**

Statistisch wird diese Hypothese durch die Korrelation der Bewertung der Landschaften im Original mit der Differenz zwischen Originalbild und manipuliertem Bild überprüft. Die Tab. 47 zeigt, dass diese Korrelation stark positiv ausfällt. Daraus folgt, dass je positiver ein Bild im Bestand bewertet wird, desto größer ist die Differenz bei der Bewertung des manipulierten Bildes. Bei Vielfalt zeigt sich ein vergleichsweise geringer Zusammenhang. Die Korrelationen für die Skalen Erholungswert und Naturnähe sind bei einem Alpha-Niveau von 0,1 signifikant.

Tab. 47: Korrelation der Bewertung im Bestand mit dem Betrag der Differenz zwischen Originalversion und manipulierter Version

Skala	Korrelation zwischen Bestand und Differenz	P-Wert
Erholungswert	0,78	0,07
ästhetischer Gesamtwert	0,73	0,1
Vielfalt	0,39	0,44
Eigenart	0,63	0,18
Naturnähe	0,84	0,04
Schönheit	0,63	0,18

In den folgenden Diagrammen (Abb. 52 bis Abb. 55) werden die Mittelwerte pro Landschaft in der originalen und manipulierten Version sowie die Differenzen zwischen beiden Bedingungen zunächst für den ästhetischen Gesamtwert insgesamt und anschließend für die einzelnen Dimensionen getrennt dargestellt.

Über alle Kriterien hinweg werden die Landschaften Sauerland und Darß am positivsten bewertet. Die Bewertungen der Landschaften Sauerland, Darß, Schwäbische Alb und Erzgebirge fallen in den manipulierten Versionen deutlich kritischer aus. In der Landschaft Uelzen werden die manipulierten Versionen ebenfalls kritischer bewertet, allerdings fällt die

Stärke des Effektes im Vergleich zu den anderen Landschaften deutlich schwächer aus. In der Landschaft nördlich von Hamburg gibt es nur sehr geringe Differenzen zwischen Manipulation und Original. Hinsichtlich Eigenart und Vielfalt fällt die Bewertung in der manipulierten Version sogar deutlich positiver aus.

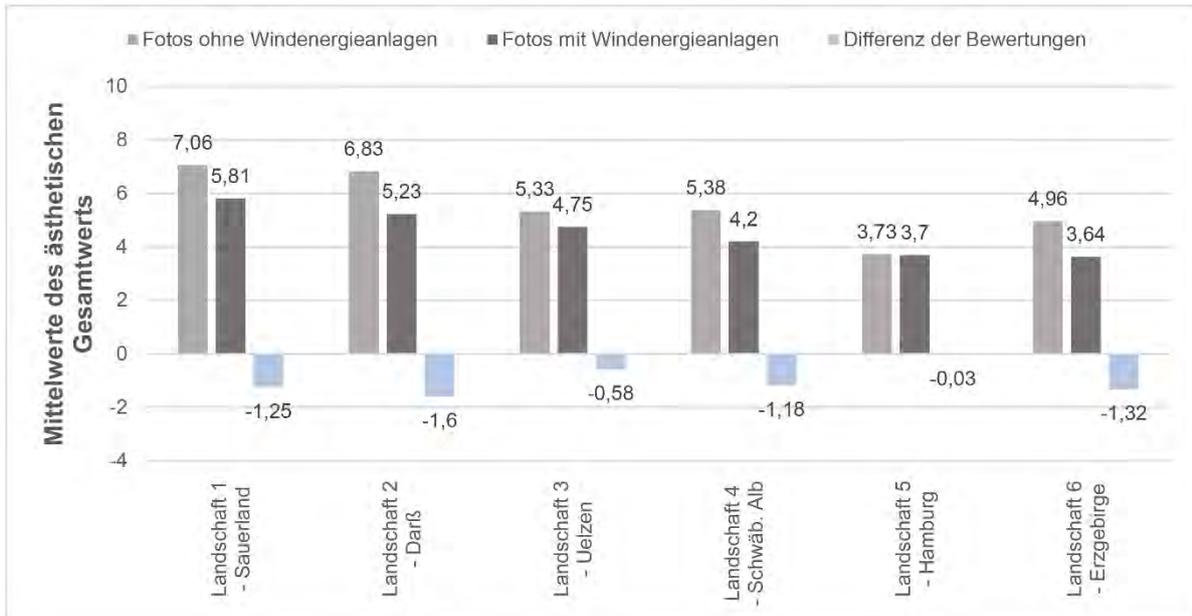


Abb. 52: Vergleich der Mittelwerte des ästhetischen Gesamtwerts der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215

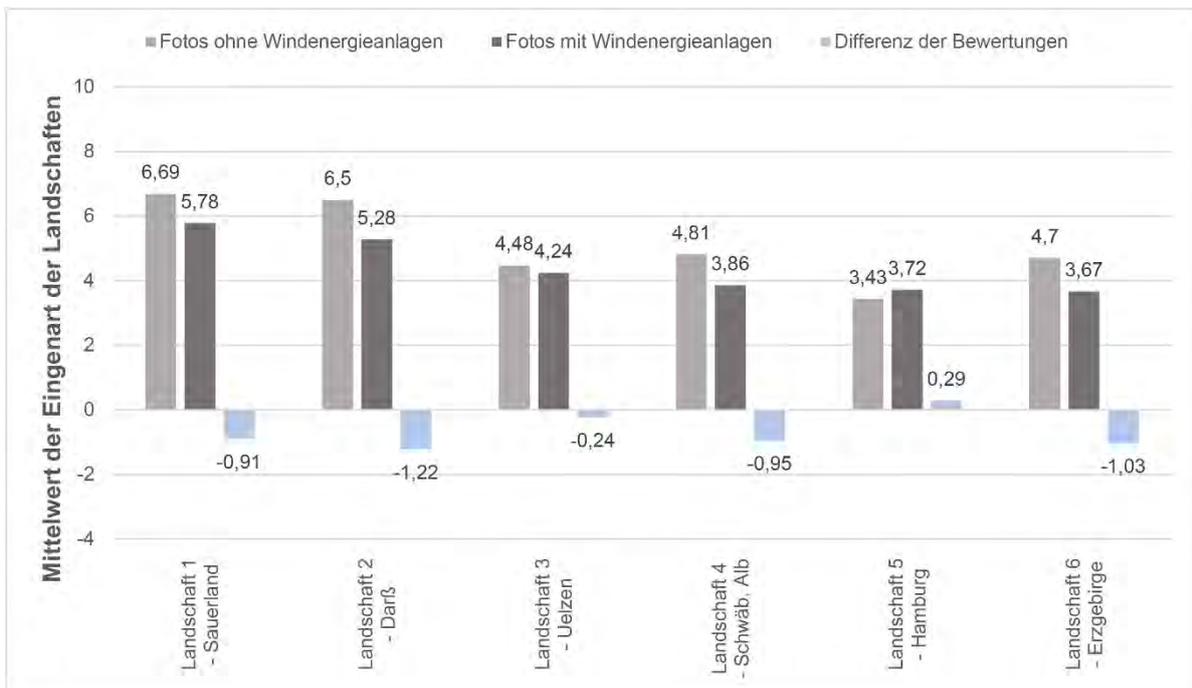


Abb. 53: Vergleich der Mittelwerte der Eigenart der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215

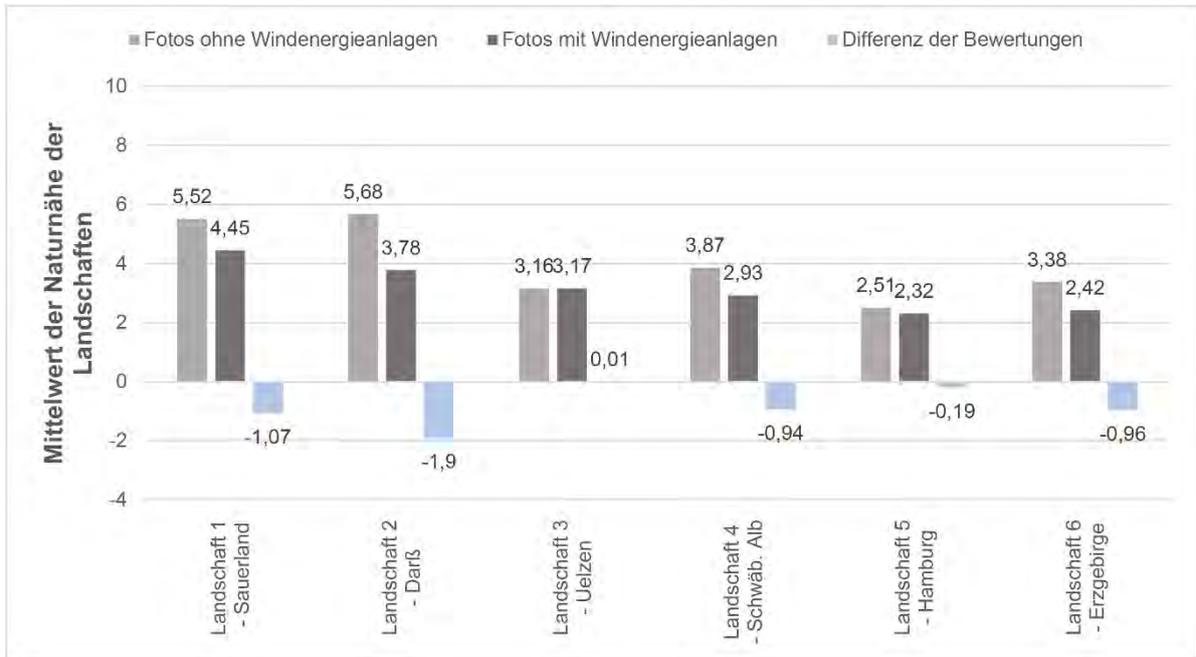


Abb. 54: Vergleich der Mittelwerte der Naturnähe der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215

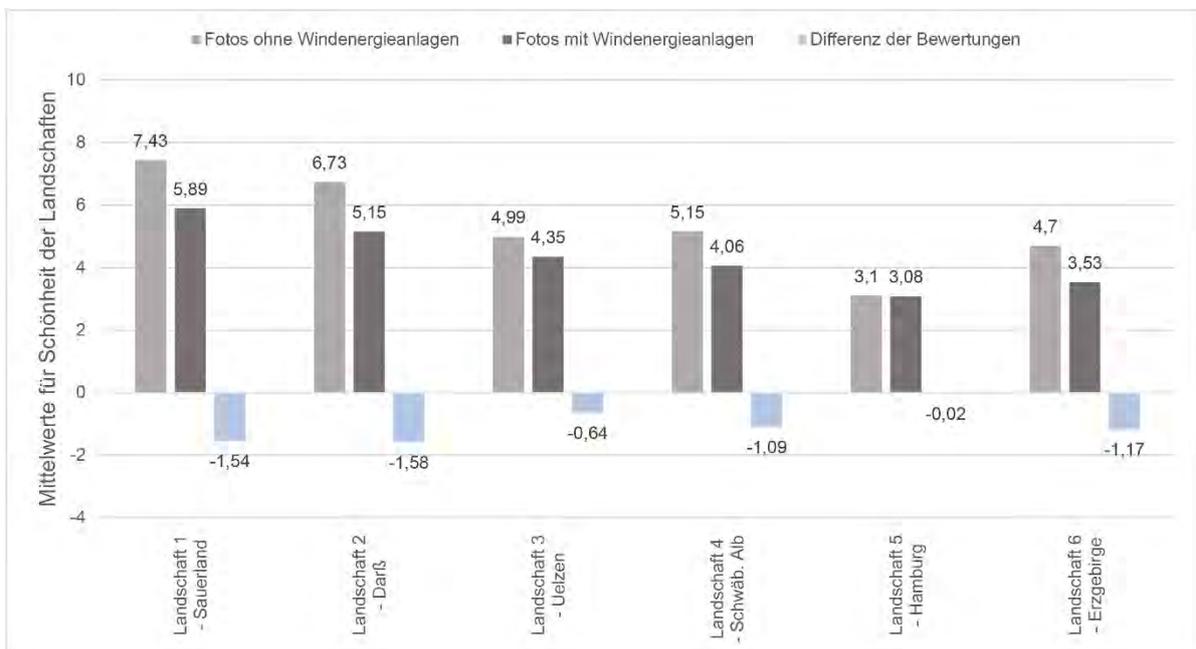


Abb. 55: Vergleich der Mittelwerte für Schönheit der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215

**Hypothese 3: Bei der Bewertungsdimension Vielfalt erwarten wir einen umgekehrten Effekt. Je niedriger die Vielfalt einer Landschaft (in den Bestandsfotos) bewertet wird, desto kritischer fallen die Bewertungen für die manipulierten Fotos aus.**

Die Vielfalt der Landschaften Sauerland, Darß, Uelzen, Schwäbische Alb und Erzgebirge wird in den originalen Versionen positiver bewertet als in der manipulierten Version. Es ist allerdings zu erkennen, dass der Effekt in der Landschaft Uelzen marginal ausfällt und sich in der Landschaft Hamburg sogar umdreht (Abb. 56).

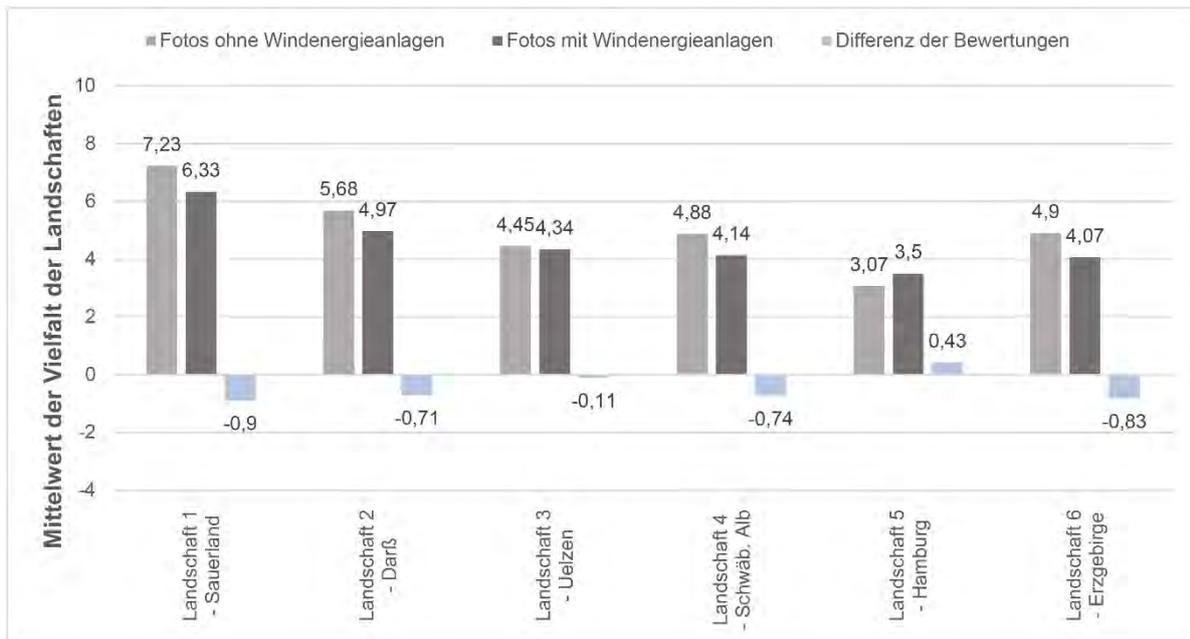


Abb. 56: Vergleich der Mittelwerte der Vielfalt der Landschaften in den unterschiedlichen Bedingungen, N=215

Für die Hypothese H3 findet sich keine Evidenz in den vorliegenden Daten. Obwohl in der Skala Vielfalt ein deutlich geringerer korrelativer Zusammenhang zwischen Bestandsbewertung und Betrag der Differenz besteht, ist der Zusammenhang positiv. Dementsprechend wird die Hypothese falsifiziert.

## 5.4 Eye-Tracking-Studie

Eye-Tracking-Techniken und Methoden werden zum Zweck der Markt- und Werbeforschung sowie zu Usability-Untersuchungen von Websites entwickelt. In einem vorangegangenen Projekt der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe (Fachgebiete Software & Internet sowie Landschaftsplanung) im Jahr 2013/14 wurde das Eye-Tracking bereits zur Analyse der Blickbewegungen in Landschaftsfotos getestet. Die Erkenntnisse aus der Studie fließen in dieses Forschungsvorhaben ein.

Für eine Eye-Tracking-Studie ist die Blickbewegung bei der Wahrnehmung eines Stimulus von besonderer Bedeutung. Zwei bedeutsame Verhaltensweisen der Augen werden beim Eye-Tracking aufgezeichnet und in einer Datenbank gespeichert, das sind die Fixationen und die Sakkaden. Mit Fixation ist die gezielte Betrachtung eines Objektes gemeint, in diesem Forschungsvorhaben z. B. die Betrachtung einer Windenergieanlage oder eines Strommasts auf dem Landschaftsfoto. Diese Fixation definieren Joos et al. (2008) als Zustand, bei dem das Auge sich in Bezug auf ein Sehobjekt in relativem Stillstand befindet. Die Dauer dieser Phase variiert, bewegt sich meist aber zwischen 200 und 600 Millisekunden (Bollmann 2018). Zwischen zwei Fixationen kommt es zu teils sehr schnellen Augenbewegungen, die als Sakkaden bezeichnet werden. Während dieser Augenbewegungen ist das Sehvermögen weitgehend reduziert (Bollmann 2018).

### 5.4.1 Herangehensweise

Die Interpretation der Ergebnisse der Online-Studie wird durch die Analyse der Blickbewegungen im Eye-Tracking ergänzt und unterstützt. Im Rahmen dieser Studie soll festgestellt werden, wohin die Betrachtenden schauen und wie lange sie einzelne Elemente fixieren.

Für das Eye-Tracking wird aus den gleichen sechs Landschaften je zwei Fotos als Stimuli ausgewählt (12 Fotos „Bestand“, 12 Fotos mit Windenergieanlagen). Die Übersicht über die verwendeten Stimuli ist dem Anhang zu entnehmen.

### **Programmierung und Anwendung der Hard- und Software**

Für die in diesem Forschungsvorhaben angewandte Eye-Tracking-Studie wird ein System der Firma Interactive Minds eingesetzt. Es besteht aus einer Infrarotkamera (EAS Monocular mit 60 Hz), die an einem Computermonitor mit ergonomischem Monitorarm (19 Zoll LCD Monitor) befestigt ist. Die Infrarotkamera sendet zur Messung ein Infrarotlicht aus, welches von der Netzhaut des Auges reflektiert wird. Die zur Eye-Tracking-Kamera zurückgesendeten Informationen werden durch mathematische Algorithmen umgerechnet und in einer Datenbank gespeichert. Die Aufnahme der Daten wird über einen angeschlossenen Computer gesteuert und überwacht. Als Analyse-Software wird NYAN® 2.0XT von Interactive Minds eingesetzt (im Folgenden als NYAN bezeichnet).

Mit Hilfe der Software werden die insgesamt 24 Stimuli in zwei Gruppen (je 12 Stimuli) als Bildershow zusammengefasst. Jede Gruppe umfasst dabei sechs Stimuli im Original und sechs in der manipulierten Version. Alle Stimuli weisen die gleiche Größe und Auflösung auf und werden jeweils für eine Anzeigedauer von acht Sekunden programmiert. Die Übergänge werden durch einfaches Erscheinen definiert, die Reihenfolge der Darstellung ist zufällig. Wie bei der Online-Studie wird darauf geachtet, dass in keiner Gruppe beide Varianten (original und manipuliert) des selben Stimuli enthalten ist.

Anschließend werden hypothesengestützt die so genannten Areas of Interest (AOI) festgelegt. Das sind pixelgenau definierte Bildbereiche in der Form von Polygonen. Die Programmierung von AOI vor der eigentlichen Befragung hat den Vorteil, dass bei der Datenerhebung Dauer und Häufigkeit der Fixationen der AOI gesondert erfasst werden und damit eine spätere Auswertung erleichtert wird. Die Entscheidung für AOI wird anhand der Stimuli mit visualisierten Windenergieanlagen getroffen. Mit dem in Abbildung 57 gezeigtem Stimuluspaar kann die Vorgehensweise illustriert werden. Im linken Stimulus wird die AOI definiert, denn hier befinden sich auch die hinzugefügten Windenergieanlagen. Die AOI können schließlich lagegetreu in den Originalstimulus kopiert werden, in dem die Windenergieanlagen fehlen. Mit Hilfe der späteren empirischen Untersuchung kann überprüft werden, ob die entsprechenden Flächen in den jeweiligen Stimuli unterschiedlich lange und häufig betrachtet werden.



Abb. 57: Areas of Interest (AOI) im Foto L2-20, Darß; links die Landschaft mit visualisierten Windenergieanlagen, rechts die Landschaft im Bestand

NYAN lässt eine beliebige Anzahl an AOI je Stimulus zu. Um jedoch eine Vergleichbarkeit der Stimuli zu schaffen und die spätere Auswertung zu systematisieren, werden in dieser Studie immer mindestens drei oder maximal vier AOI pro Stimulus festgelegt (Tab. 48).

Tab. 48: Anzahl und Bezeichnung der Areas of Interest (AOI) in den Landschaftsfotos

Foto	Landschaft	AOI 1	AOI 2	AOI 3	AOI 4	Anzahl der AOI
L1-08	Sauerland	Windenergieanlagen	Kirchturm	Blumen	Windenergieanlagen	4
L1-09	Sauerland	Skilift	Wiese	Windenergieanlagen		3
L2-10	Darß	Windenergieanlagen	Strommast	Windenergieanlagen	Windenergieanlagen	4
L2-20	Darß	Meer	Windenergieanlagen	Gebäude		3
L3-12	Uelzen	Windenergieanlagen	Blumen	Wolken		3
L3-14	Uelzen	Industrie	Strommast	Gebäude	Windenergieanlagen	4
L4-04	Schwäbische Alb	Windenergieanlagen	Baum	Windenergieanlagen		3
L4-14	Schwäbische Alb	Bus	Windenergieanlagen	Strommast		3
L5-06	Hamburg	Gebäude	Windenergieanlagen	Windenergieanlagen	Windenergieanlagen	4
L5-14	Hamburg	Stromleitung	Windenergieanlagen	Strommast	Windenergieanlagen	3
L6-04	Erzgebirge	Landschaft	Windenergieanlagen	Windenergieanlagen		3
L6-09	Erzgebirge	Gebäude	Windenergieanlagen	Strommast		3

Bei der Festlegung der AOI werden neben den Windenergieanlagen vor allem weitere horizontaldurchschneidenden Elemente wie hohe Bäume, Kirchtürme, markante Gebäude und Strommasten ausgewählt. Zum einen hat sich in der vorangegangenen Studie der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe gezeigt, dass solche Elemente besonders häufig fixiert werden, zum anderen wird von einigen Forschern vermutet, dass insbesondere die Horizontdurchschneidung von großen vertikalen Anlagen als Störung wahrgenommen wird und damit einen Einfluss auf die Akzeptanz haben kann (Bauer et al. 2014).

### Durchführung der Eye-Tracking-Studie

Bei der Durchführung der Studie wird die Kamera auf die Pupille eines Auges des Betrachtenden ausgerichtet. Um eine Kalibrierung der Software auf das Auge durchzuführen, werden nacheinander neun durch die Software definierte Fixationspunkte auf dem Bildschirm angezeigt. Diese müssen nacheinander mit einer hohen Genauigkeit fokussiert werden und nur bei einer erfolgreichen Messung wird das Eye-Tracking gestartet. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass diese Kalibrierung nicht erfolgreich verläuft, so z.B. bei Personen mit Brillengläsern, die stark spiegeln, oder bei Versuchsteilnehmenden mit Augenbewegungsstörungen.

Die Testpersonen tragen bei der Eye-Tracking-Untersuchung keine spezielle Eye-Tracking-Brille wie in Studien mit Virtual Reality, sondern sitzen mit einem Abstand, der einer üblichen Situation an einem Schreibtisch entspricht vor dem Monitor. Falls die Testpersonen bei der

Betrachtung den Kopf stark bewegen oder aus anderen Gründen die Position der Augen auf dem Bildschirm nicht gemessen werden können, unterbricht die Software die Messung mit einem Testbild. Es wird damit ausgeschlossen, dass fehlerhafte Datensätze in die Auswertung aufgenommen werden. In drei Fällen konnte dies vor oder während der Studie beobachtet werden, die Datensätze wurden anschließend gelöscht. Der Versuchsaufbau wird in den folgenden Abbildungen 58 und 59 veranschaulicht.



Abb. 58: Darstellung des Monitors mit Infrarotkamera (Interactive Minds GmbH, Dresden)



Abb. 59: Versuchsaufbau im mobilen Labor

Die Studie wurde vom 9. bis 11. November 2017 in Kassel auf dem Königsplatz in einem Wohnmobil durchgeführt, welches zu einem mobilen Labor umgebaut wird. Befragt wurde am Donnerstag zwischen 16:00 und 18:00 Uhr, Freitag zwischen 10:30 und 17:00 Uhr und am Samstag zwischen 10:30 und 15:30 Uhr.



Abb. 60: Standort des mobilen Labors auf dem Königsplatz, Kassel

Rund um den Königsplatz befinden sich viele große Kaufhäuser und eine Shoppingmall, zudem befindet sich in Platzmitte eine große Straßenbahnhaltestelle. Der Platz ist insbesondere zu Geschäftszeiten sehr stark belebt, viele Fußgänger queren ihn. Der Standort des Wohnmobils lag auf der nördlichen Seite in der Fußgängerzone. Zum Zeitpunkt der Befragung lagen die Tageshöchsttemperaturen zwischen 6° und 9° Celsius, teilweise regnete es ergiebig und es wehte ein böiger Wind.

An der Vorbereitung und Durchführung der Befragung waren Christian Westarp, Nicola Moczek (PSY:PLAN), Boris Stemmer und Sven Philipper (beide Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe) sowie Jochen Müller (Lenné 3D) beteiligt. Vor Ort wurden sie von drei studentischen Mitarbeitenden unterstützt. Die Interviews wurden von Nicola Moczek zusammen mit den studentischen Mitarbeitenden durchgeführt.

Die Ansprache der Teilnehmenden fand auf der Grundlage eines vorher festgelegten Quotenplans (Tab. 49) direkt in der Nähe des Wohnmobils statt. Es gab dazu ein Skript, welches nicht unbedingt wortwörtlich gehalten werden musste:

„Guten Tag, dürfen wir Sie um Ihre Meinung zu Landschaften bitten? Wir führen im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz" eine Befragung durch (spontane Reaktion abwarten, dann weiter). Sie sehen sich dazu 12 Fotos von Landschaften in unserem mobilen Labor an. Anschließend können wir über die Fotos und Ihre Bewertungen sprechen. Das Ganze dauert zwischen 5 und 15 Minuten, je nachdem wie viel Zeit Sie haben.“

Die Ansprache erwies sich in vielerlei Hinsicht als schwierig: Die Wetterbedingungen erschwerten die Befragungen, weil deutlich weniger Menschen als üblich unterwegs waren und Niemandem auch nur eine kurze Wartezeit vor dem Wohnmobil zugemutet werden konnte. Von den Angesprochenen lehnen rund 90% eine Befragung ab, oft mit dem Hinweis auf fehlende Zeit, andere Verpflichtungen oder mangelndem Interesse.

## Analyse und Bewertung der Stichprobe

Für jede der beiden programmierten Stimuli-Gruppen A und B wurden 45 Personen befragt. Die Zuordnung zu einer der beiden Befragungsgruppen erfolgte zunächst ebenfalls nach dem Zufall, im weiteren Verlauf dann nach der Quotierung. Von den insgesamt 90 Teilnehmenden wurden 72 Personen in Kassel und 18 Personen in Höxter bei einer Nachbefragung rekrutiert.

Die Stichprobe setzt sich aus 40 Frauen (44,4%) und 50 Männern (55,6%) zusammen. Das Durchschnittsalter aller befragten Personen beträgt 36,47 Jahre (SD = 16,09). Im Mittel sind die weiblichen Teilnehmerinnen mit 34,3 Jahren (SD = 15,64) etwas jünger als die männlichen Teilnehmer mit 38,2 Jahre (SD = 16,4). Die Teilnehmenden wurden nach ihrem höchsten Bildungsabschluss befragt. Eine Person machte dazu keine Angaben. Der Anteil der Akademikerinnen und Akademiker liegt in der Stichprobe bei 48,3%, sie sind in der Tabelle (Tab. 50) hervorgehoben.

Anhand des Quotenplans (Tab. 49) lässt sich erkennen, dass die gewünschte Anzahl an Teilnehmenden erreicht wurde. Geringe Abweichungen zeigen sich bei der geringeren Anzahl der Frauen in Gruppe A. Außerdem konnten weniger ältere Personen als geplant für die Befragung gewonnen werden. Dafür wurden in den Altersgruppen 15 bis 19 Jahre und 20 bis 29 Jahre im Schnitt deutlich mehr Personen erreicht.

Tab. 49: Vergleich der geplanten (Quotenplan) und tatsächlich erreichten Stichprobe

Frauen	Gruppe A		Gruppe B	
	IST	SOLL	IST	SOLL
15-19 Jahre	5	2	5	1
20-29 Jahre	7	4	3	4
30-59 Jahre	6	12	12	12
>60 Jahre	0	5	2	5
Summe	18	23	22	22
Männer	Gruppe A		Gruppe B	
	IST	SOLL	IST	SOLL
15-19 Jahre	3	1	0	2
20-29 Jahre	14	4	6	4
30-59 Jahre	8	12	12	12
>60 Jahre	2	5	5	5
Summe	27	22	23	23
Gesamtsumme	45	45	45	45

Tab. 50: Höchster Bildungsabschluss in der Stichprobe

	Häufigkeit	%
Noch in der Schule	5	5,62
Hauptschule/Volksschule	4	4,49
Mittlere Reife/Realschulabschluss	11	12,36
Abitur/Matura/Fachhochschulreife	13	14,61
Ausbildung (Lehre)	3	3,37
Ausbildung (Lehre) abgeschlossen	7	7,87
Meister	3	3,37
studierend (Bachelor)	14	15,73
Bachelor (Vordiplom) abgeschlossen	8	8,99
studierend (Master)	5	5,62
Master (Diplom) abgeschlossen	15	16,85
Promotion	1	1,12
Gesamt	89	100

### 5.4.2 Ergebnisse

Die Datenaufbereitung erfolgt zunächst automatisiert über die Software NYAN in Form von exportierten Bildern und Ausgabe der Rohdaten im Textformat.

Jede Person betrachtet einen Stimulus mit einem eigenen, spezifischen Blickmuster. Die Abbildung (Abb. 61) zeigt beispielhaft sechs zufällig aus der Stichprobe ausgewählte Blickmuster (Scanpaths). Die Größe der orangefarbenen Kreise zeigt die Dauer der Fixationen auf dieser Fläche an, je größer der Kreis ist, desto länger wird der Punkt fixiert. Die Scanpaths zeigen auch, in welcher Reihenfolge die Elemente betrachtet werden.

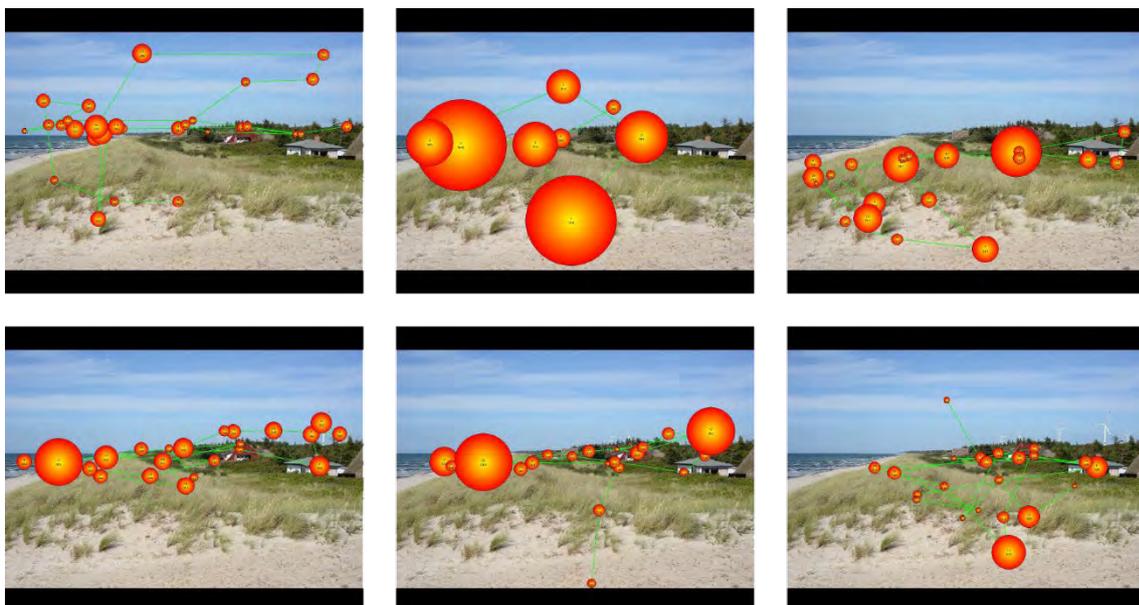


Abb. 61: „Scanpath“: Blickmuster von sechs verschiedenen Teilnehmenden auf das gleiche Stimulus - in der oberen Reihe ist das Foto im Bestand, in der unteren Reihe das Foto mit visualisierten Windenergieanlagen.

Werden die Blickbewegungen der Teilnehmenden addiert, so können die Ergebnisse als sogenannte Sinnbilder dargestellt werden (Abb. 62). Hier werden die Areale hell hervorgehoben, die besonders häufig und lange betrachtet wurden. Der Rest des Stimulus wird geschwärzt. Am Beispiel ist zu erkennen, dass auf diesem Stimulus insbesondere die Horizontlinie mit den Augen abgetastet wurde. Auf dem linken Stimulus (Bestand) sind fünf, auf den rechten sechs helleren Bereichen erkennbar. Zudem liegen sie auf der rechten Bildhälfte deutlich auf den drei in dem Stimulus montierten Windenergieanlagen.



Abb. 62: Sinnbild (oder Heatmap): Blickmuster von je 45 Teilnehmenden auf den gleichen Stimulus - links der Stimulus im Bestand, rechts mit visualisierten Windenergieanlagen

Nicht in der Abbildung sichtbar sind die so genannten „hit rates“ auf den vorher definierten AOI. Damit werden die Trefferquoten in den definierten Bereichen bezeichnet. Für diese Bereiche liegen ebenfalls statistisch auswertbare Daten zur Fixationsdauer und -häufigkeit vor.

Die Auswertung der Eye-Tracking-Daten orientiert sich an den folgenden Forschungsfragen:

- Wie lange und wie häufig werden die AOI fixiert?
- Gibt es Unterschiede zwischen den AOI mit und ohne Windenergieanlagen?

Alle detaillierten Ergebnisse sind im Anhang zusammengestellt (Kap. 10).

### **Dauer und Häufigkeit der Fixation**

In Abb. 63 ist die durchschnittliche Fixationsdauer in den AOI ohne und mit Windenergieanlagen dargestellt. Hier wird die Fixationsdauer für die einzelnen Landschaften abgebildet. In Abb. 64 ist die Fixationsdauer dagegen für alle Stimuli im Mittel dargestellt.

In Abb. 63 zeigt der oberste, schraffierte Abschnitt der Säulen die Dauer in Sekunden, in der keine Fixation des Stimulus gemessen werden kann. Das ist dann der Fall, wenn der Betrachtende blinzelt (und damit kurz die Augen geschlossen hat) oder aber aufgrund von schnell erfolgendem Hin- und Herspringen der Augen, den so genannten Sakkaden, keine Fixation stattfindet.

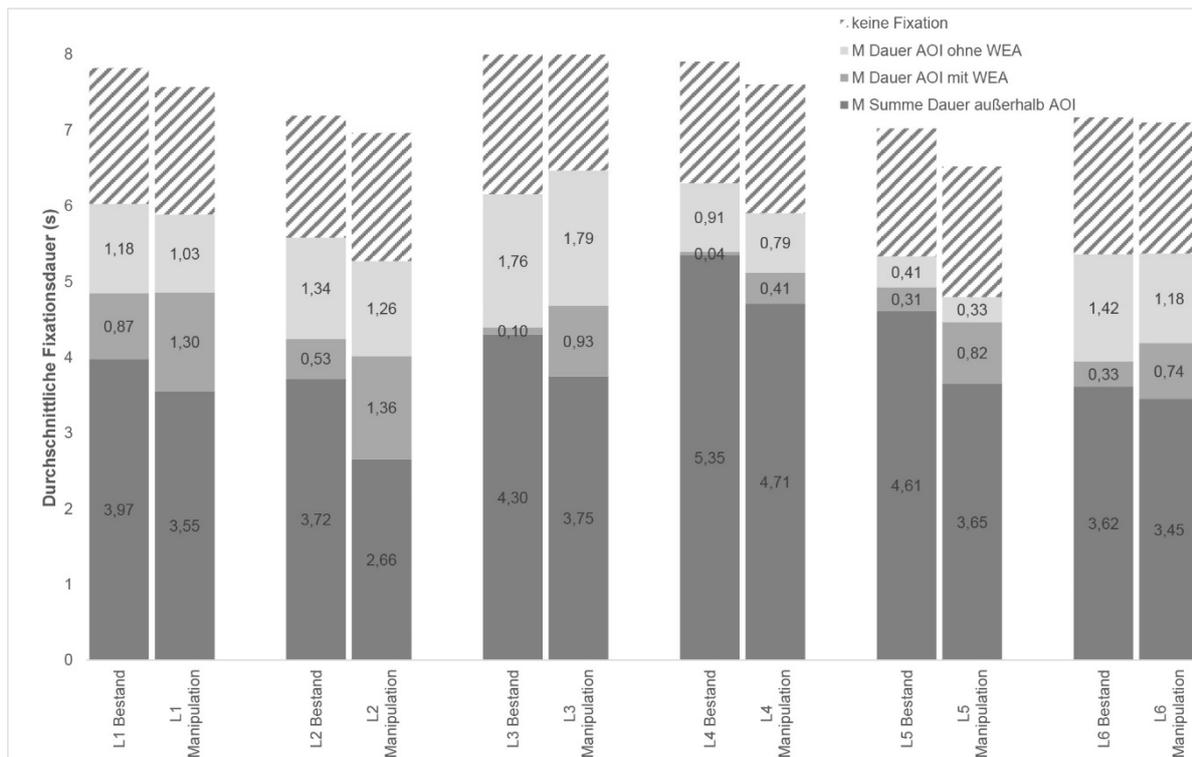


Abb. 63: Durchschnittliche Fixationsdauer in Sekunden im Vergleich zwischen jeweils zwei Fotos einer Landschaft im Bestand und in manipulierter Version, N=90

Die Grafiken zeigen zunächst die gesamte Fixationsdauer im Mittel. Jeder Stimulus wird zwar acht Sekunden lang präsentiert, nicht jeder Stimulus wird aber auch die gesamte Zeit von den Testpersonen fixiert, daher ergeben die Fixationen in ihrer Summe nicht immer acht Sekunden.

Es ist erkennbar, dass in den Versionen mit visualisierten Windenergieanlagen die gesamte Fixationsdauer niedriger ist. Zudem werden die AOI mit Windenergieanlagen im Durchschnitt in jeder Landschaft länger fixiert, während die Bereiche außerhalb der AOI deutlich kürzer fixiert werden. Die gemittelte Fixationsdauer für alle Stimuli unterstützt die zuvor genannten Ergebnisse (Abb. 63). Insgesamt zeigt sich eine geringere Fixationsdauer bei Stimuli mit visualisierten Windenergieanlagen. Wie bereits zuvor in Abb. 63 zu sehen, ist die Dauer der Fixationen auch im Mittel innerhalb der AOI mit Windenergieanlagen höher und außerhalb der AOI geringer.

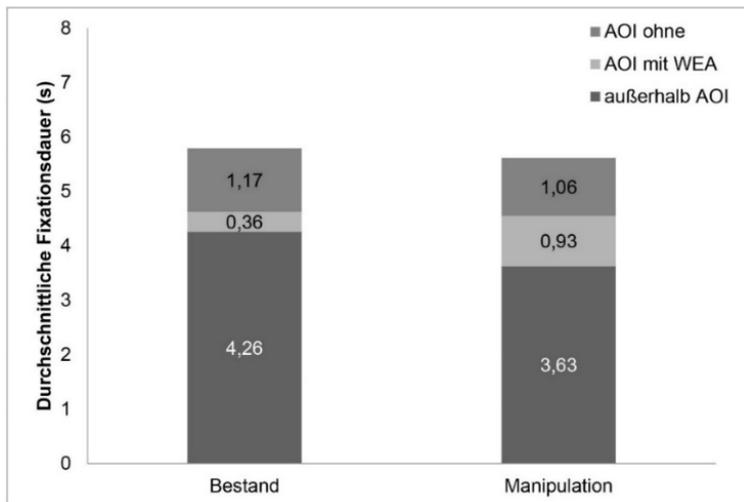


Abb. 64: Durchschnittliche Fixationsdauer in Sekunden im Vergleich zwischen Bestand und in manipulierter Version, N=90

Zusätzlich zu der höheren Fixationsdauer in AOI mit Windenergieanlagen ist auch die Anzahl an Fixationen in diesen AOI höher (Abb. 65). Gemittelt pro Landschaft zeigt sich zudem eine geringere Anzahl Fixationen außerhalb der AOI.

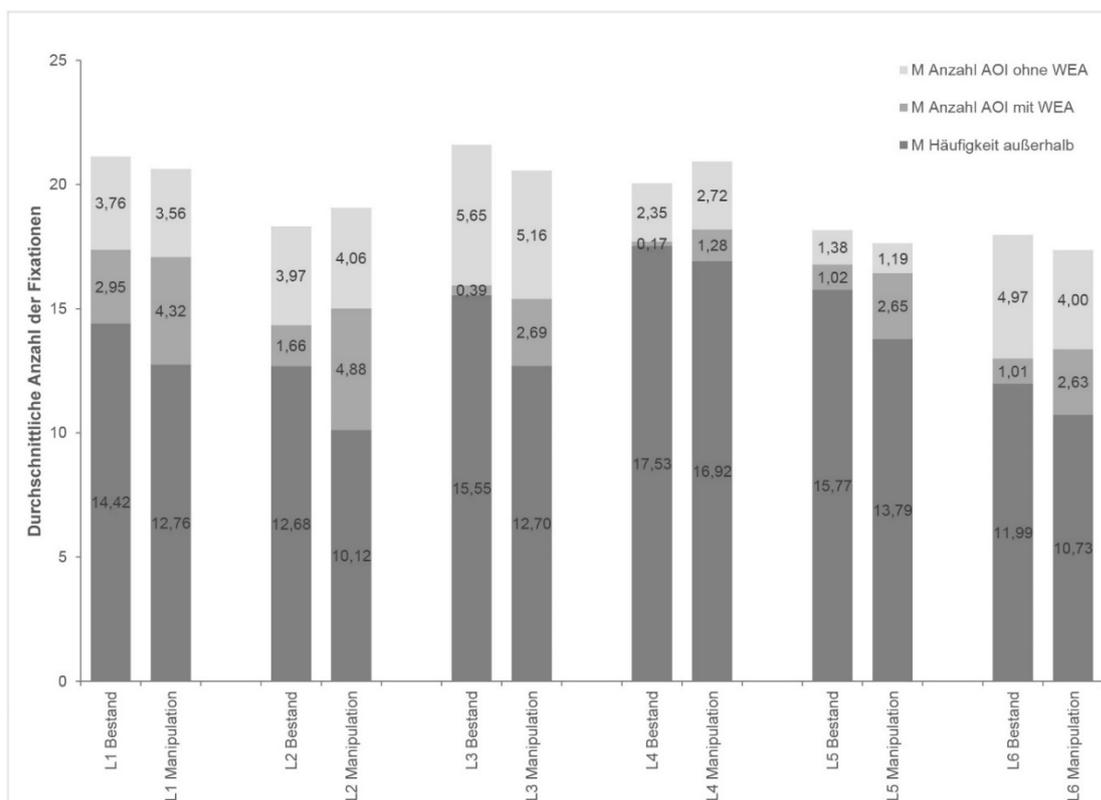


Abb. 65: Durchschnittliche Anzahl der Fixationen im Vergleich zwischen jeweils zwei Fotos einer Landschaft im Bestand und in manipulierter Version, N=90

### Qualitative Bewertung der Fotos

Ergänzend zu der Eye-Tracking-Methode werden die Fotos (in beiden Versionen) auch in ausgedruckter Version präsentiert. Die befragten Personen werden gebeten, die Stellen im Foto rot zu markieren, die ihnen gar nicht gefallen und die Stellen blau zu markieren, die

ihnen gut gefallen. Sie sollen ihre Präferenzen und wenn möglich eine Begründung nennen. Dieses Vorgehen ermöglicht Informationen zu Areas of Interest, wie sie durch die Personen selbst gesetzt würden und ergänzt sie um die qualitative Ebene der Bewertung.

Dieser Teil der Befragung kann nur mit einem Teil der Testpersonen durchgeführt werden, 40 Personen nehmen daran teil. Die anderen befragten Personen geben an, keine zusätzliche Zeit für das Interview zu haben.



Abb. 66: Vergleich von zwei Ergebnissen der qualitativen Befragung (blaue Bereiche „gefallen“, rote Bereiche „gefallen nicht“, N=40)

Bei dieser Erhebung interessierte vor allem die Bewertung der Windenergieanlagen. Diese werden in 12,3% der Fälle explizit als positiv (u.a. benannte Gründe: Verschönerung der Landschaft, Produktion sauberer Energie, Sichtbarkeit des Fortschritts), in 38,6% negativ bewertet (u.a. benannte Gründe: Beeinträchtigung der Natur und Landschaft). Zu den restlichen 49,1% liegt keine Bewertung vor, d.h. sie werden durch die befragten Personen nicht markiert. Interessant ist in diesem Zusammenhang der Auswertung, dass 100% der in den Bildern gezeigten Strommasten und -trassen als störend bewertet werden. Die Äußerungen beziehen sich zumeist auf die Beeinträchtigung der Landschaft durch die fehlende Eingliederung der Masten.

## **5.5 Überprüfung der natur- und landschaftsbezogenen Bewertung durch die Studien zur Wahrnehmung und Bewertung von Windenergieanlagen in „Stellvertreter-Landschaften“**

Die wahrnehmungspsychologischen Studien dienen neben der Gewinnung von Erkenntnissen zur Wahrnehmung und Bewertung von Landschaft vor allem der Überprüfung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung und stellen somit einen wichtigen Baustein in der Szenariobewertung dar. Diese Überprüfung bezieht sich auf zwei Aspekte der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung. Zum einen werden die zur Bewertung der Konfliktrisiken aufgestellten Annahmen für die Vielfalt, Eigenart, Schönheit, den Erholungswert sowie die Naturnähe (Kap. 4.3) hinsichtlich ihrer Gültigkeit überprüft. Zum anderen wird die Validität der in der GIS-gestützten Bewertung verwendeten Attribute, Kriterien und Indikatoren anhand der Online-Studie untersucht und so die GIS-gestützte Bewertung des Schutzguts Landschaft überprüft. Dies geschieht durch den Vergleich der Ergebnisse beider Bewertungsschritte.

Dieser Arbeitsschritt ist dementsprechend nicht als Überprüfung der gesamten Szenariobewertung anzusehen, sondern als Herangehensweise zur Einschätzung der Realitätsabbildung der Bewertung des Schutzguts Landschaft sowie der Ableitung von Flächenkategorien.

### **5.5.1 Überprüfung der GIS-gestützten Bewertung des Schutzguts Landschaft**

Die GIS-gestützte Bewertung des Schutzguts Landschaft (Kap. 4.4.2) soll dem Anspruch genügen, auf gesellschaftlich anerkannten Werten zu beruhen bzw. den Wert der Landschaft für den Durchschnittsbetrachtenden widerzugeben. Mit der Online-Studie wird das Ziel verfolgt, die Meinung des Durchschnittsbetrachtenden zu bestimmten Bildern von Landschaften abzubilden. Aus den so gewonnen empirischen Ergebnissen sollen verallgemeinerbare Aussagen abgeleitet werden, die für die Optimierung der GIS Bewertung genutzt werden können. Es ist jedoch grundsätzlich schwierig anhand von Befragungen den Wert einer Landschaft für den Durchschnittsbetrachtenden abbilden zu können. Dahingehend ist auch die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführte Studie zu reflektieren. Die Überprüfung der GIS-gestützten Bewertung ist somit stets vor dem Hintergrund der in Kapitel 5.6 dargestellten kritischen Reflexion der Herangehensweise und Ergebnisse der wahrnehmungspsychologischen Studien zu betrachten.

#### **Herangehensweise**

Die Bewertung der Landschaft in der Online-Studie bezieht sich im Gegensatz zum AIGILaP auf einzelne Fotos, also die auf dem jeweiligen Foto sichtbaren Flächen. Um diese beiden Bewertungen vergleichen zu können, muss ermittelt werden, welche Flächen, auf die sich das AIGILaP bezieht in den Fotos tatsächlich zu sehen sind. Mithilfe einer Sichtfeldanalyse (Abb. 67), die die Daten zum Fotostandort, zur Blickrichtung, zum Blickwinkel, zur Betracht erhöhe, zur maximalen Sichtweite und zum umliegenden Relief (Digitales Geländemodell - DGM) nutzt, wird dies ermittelt. Die hierfür erforderlichen Informationen werden während der Fotodokumentation aufgezeichnet, die maximale Sichtweite wird pauschal auf 5 km begrenzt. Ergebnis der Berechnung ist die Auswahl derjenigen Rasterzellen, die vom jeweiligen Fotostandort aus einsehbar sind. Die Genauigkeit der Berechnung dieser Flächen hängt unmittelbar mit der verwendeten Datengrundlage, in diesem Fall dem Geländemodell, und deren Datenqualität, hier eine Auflösung von 25x25 m, zusammen. Die rasterbasierte Methode stellt daher eine Annäherung dar und entspricht mit eben dieser Genauigkeit von 25 m dem tatsächlichen Sichtfeld.

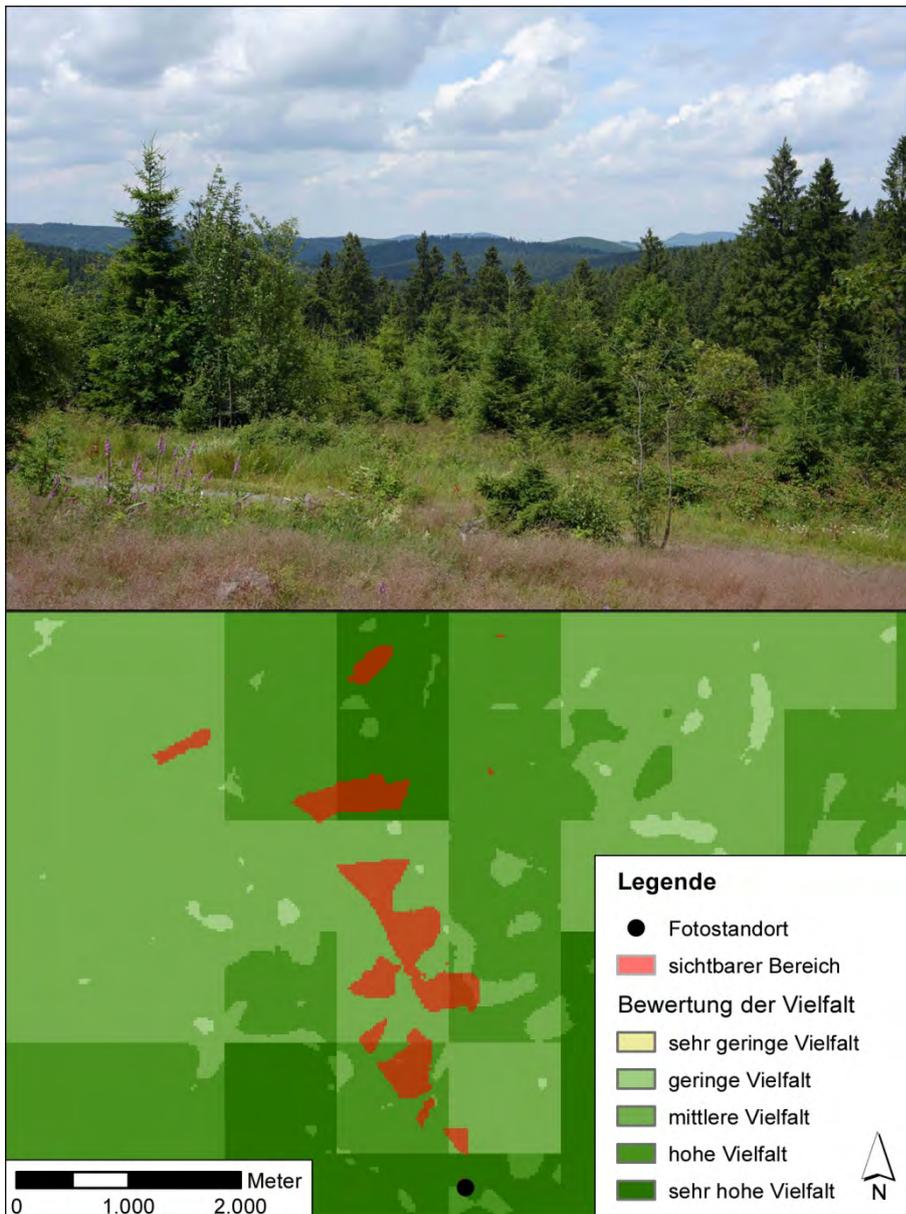


Abb. 67: Darstellung der Sichtfeldanalyse am Beispiel eines Fotos aus dem Sauerland

Anschließend wird für jedes Attribut (Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Erholungswert, Naturnähe) auf Basis der bundesweiten flächendeckenden GIS-Bewertung der Mittelwert für die auf den Landschaftsfotos sichtbaren Flächen berechnet. Es ergibt sich demnach ein Wert pro Foto und Kriterium, dessen Bedeutung dem Mittelwert der Fotobewertung durch alle Teilnehmenden in der Online-Studie entspricht. Die beiden nun vergleichbaren Bewertungen werden im Folgenden als GIS-gestützte (AIGILaP) und empirische Fotobewertung bezeichnet.

Um die Werte vergleichen zu können, müssen die Skalen angeglichen werden. Die Fotobewertungen in der Online-Studie sind auf einer Skala von 1 bis 10 eingeordnet, in der GIS-gestützten Bewertung wird dagegen eine Skala von 1 bis 5 verwendet. Zur Angleichung der Skalen werden die Werte in beiden Fällen um 1 reduziert und die Bewertungen der Online-Studie mit 4/9 multipliziert. Dadurch ergibt sich eine vergleichbare Skala von 0 bis 4.

Tab. 51: Ursprüngliche und angepasste Bewertungsskala der Online-Studie

Bewertungsskala in der Online-Studie	Angepasste Skala zum Vergleich der Ergebnisse der Online-Studie mit den Ergebnissen der GIS-Bewertung
1	0,00
2	0,44
3	0,89
4	1,33
5	1,78
6	2,22
7	2,67
8	3,11
9	3,56
10	4,00

Zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen der GIS-gestützten und der empirischen Fotobewertung wird eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Da eine lineare Beziehung zwischen der empirischen Bewertung und der Bewertung im GIS angenommen wird, erfolgt die Analyse durch Anwendung des Pearson-Korrelationskoeffizienten und unter Berücksichtigung des 90%-Konfidenzintervalls. Darüber hinaus werden die ermittelten Korrelationen mit einem t-Test auf ihre signifikante Verschiedenheit zu Null überprüft. Das Alpha-Niveau wird dabei auf 0,1 angesetzt, da in diesem Fall zwei grundsätzlich verschiedene Bewertungsansätze verglichen werden.

Durch die Korrelation allein kann jedoch lediglich der Zusammenhang, nicht aber die tatsächlichen, absoluten Unterschiede zwischen zwei Wertgruppen ermittelt werden. Auch bei einer hohen Korrelation können starke Unterschiede in den Bewertungen auftreten. Um die absoluten Differenzen zwischen den Bewertungen zu berücksichtigen, wird die durchschnittliche Abweichung der Attributwerte von GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung pro Foto ermittelt (Abb. 68). Weitere Ergebnisse werden auf der Ebene der einzelnen Fotos sowie der Stellvertreter-Landschaften verglichen.

$$D = \sum_{k=1}^n |G_k - E_k| \div n$$

Dabei entspricht:

D	Durchschnittliche Abweichung des Attributwerts zwischen GIS-basierter und empirischer Fotobewertung pro Foto
$G_k$	Attributwert des Fotos k auf Basis der GIS-basierten Fotobewertung
$E_k$	Attributwert des Fotos k auf Basis der empirischen Fotobewertung
k	Fotonummer
n	Anzahl der Fotos

Abb. 68: Formel zur Berechnung der Summe der Abweichungen zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung

Die Ergebnisse des Vergleichs werden analysiert, diskutiert und interpretiert. Wesentlicher Bestandteil dieses Arbeitsschritts ist das Herausarbeiten von Parametern, durch die sich die Korrelationen und die absoluten Differenzen zwischen den Bewertungen und somit die GIS-gestützte Bewertung des Schutzguts Landschaft optimieren lassen. Einige dieser Parameter werden gezielt betrachtet und anhand konkreter Anpassungen in einem exemplarischen, zweiten Berechnungsdurchgang überprüft. Die neuen Ergebnisse werden schließlich mit denen des ersten Durchgangs verglichen und erneut interpretiert.

### Erster Berechnungsdurchgang

Wird die Bewertungen der Attribute für alle Fotos zusammen betrachtet, zeigen sich die in der nachfolgenden Tabelle 52 dargestellten Korrelationen zwischen der GIS-gestützten und der empirischen Fotobewertung. Des Weiteren wird für jeden Korrelationskoeffizienten das 90%-Konfidenzintervall (KI) berechnet. Auffällig ist dabei zunächst, dass für alle Kriterien eine positive Korrelation vorliegt, was bedeutet, dass bei zunehmendem Wert einer Landschaft in der Online-Studie auch der Wert in der GIS-gestützten Fotobewertung tendenziell zunimmt. Insgesamt liegen die Werte zwischen  $r = .23$  und  $r = .56$ . Die Bewertungen für den Erholungswert zeigen die geringste Korrelation, die der Naturnähe die Höchste.

Tab. 52: Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung für die Attribute, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests, nur Bestandsfotos

Kriterium	Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen GIS-gestützter Fotobewertung und empirischer Fotobewertung	90%-Konfidenzintervall	p-Werte des t-Tests auf einem Signifikanzniveau von 0,10
Vielfalt	$r = .35$	KI [0.00, 0.63]	$p = 0.10^*$
Schönheit	$r = .37$	KI [0.02, 0.64]	$p = 0.08^*$
Eigenart	$r = .28$	KI [-0.08, 0.57]	$p = 0.20$
Erholungswert	$r = .23$	KI [-0.13, 0.54]	$p = 0.28$
Naturnähe	$r = .56$	KI [0.26, 0.76]	$p = 0.01^*$

Tab. 53: Summe der Abweichungen und mittlere Abweichung zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung

Attribut	Durchschnittliche Abweichung der Attributwerte zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung pro Foto
Vielfalt	0,73
Eigenart	1,31
Schönheit	0,91
Erholungswert	0,87
Naturnähe	0,79

Zusätzlich zu den Korrelationen sind in Tab. 53 die durchschnittlichen Abweichungen der Attributwerte zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung pro Foto dargestellt. Auffällig sind hier die hohen Abweichungen bei der Eigenart und die niedrigen Abweichungen bei der Vielfalt. Die Naturnähe, für die die Bewertungen am stärksten korrelieren, zeigt hier den zweitniedrigsten Wert.

Die Abb. 69 stellt die Differenzen zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung auf der Ebene der Landschaften dar. Dabei werden zunächst die Bewertungen pro Stellvertreter-Landschaft gemittelt, bevor die Differenz berechnet wird. Positive Differenzen stehen für eine Überbewertung, negative für eine Unterbewertung im AIGILaP. Es ist erkennbar, dass die Werte sowohl zwischen den Landschaften als auch zwischen den Kriterien deutlich variieren. Auffällig ist, dass die Naturnähe in der GIS-gestützten Fotobewertung in allen Landschaften positiver bewertet wird als in der empirischen Fotobewertung. Für Landschaften 1 bis 5 liegt ein gegenteiliger Effekt für die Eigenart vor. Diese sind somit – Landschaft 6 ausgenommen – in der GIS-gestützten Fotobewertung fast immer schlechter bewertet. Bei dem Vergleich der Differenzen innerhalb der Landschaften wird deutlich, dass Landschaft 6 (Erzgebirge) hinsichtlich jedes Attributs im AIGILaP positiver bewertet wird. Bei Landschaften 1, 4 und 5 wird lediglich die Eigenart im GIS negativer bewertet. Gegenteiliges zeigt sich in den Landschaften 2 und 3, in denen bis auf die Naturnähe jedes Attribut im AIGILaP negativer bewertet wird. Zudem zeigt sich, dass die Unterschiede in den Bewertungen in Landschaft 1, 3 und 6 relativ hoch sind, die Bewertungen in Landschaften 5, 4 und 2 variieren dagegen weniger.

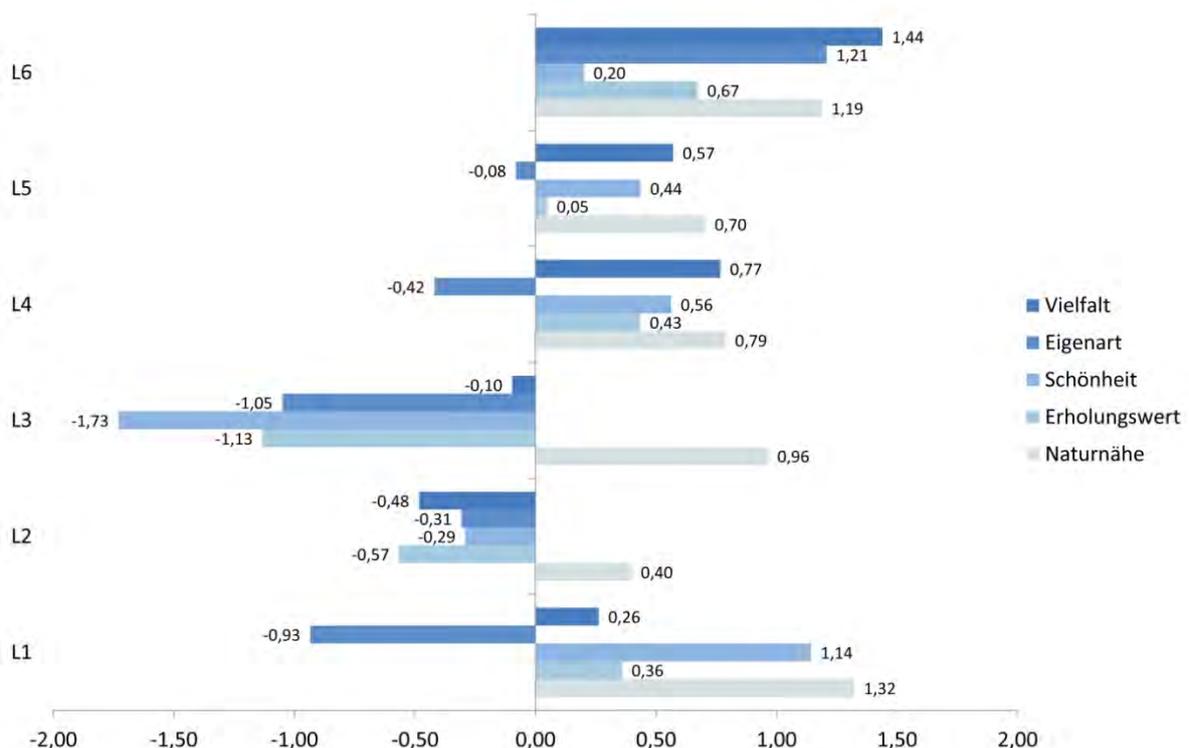


Abb. 69: Differenzen zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung in den Stellvertreter-Landschaften für Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Erholungswert und Naturnähe

## Analyse und Anpassung

Die GIS-gestützte Bewertung des Schutzguts Landschaft (AIGILaP) soll anhand der Ergebnisse der wahrnehmungspsychologischen Studien optimiert werden damit diese dem Anspruch näherkommt, auf von der Öffentlichkeit anerkannten Werten zu beruhen. Hierzu werden Parameter identifiziert, die als besonders relevant für diese Anpassung erscheinen und an unterschiedlichen Stellen des Bewertungsprozesses ansetzen. Durch die Veränderung der Erfassung und Klassifizierung der Indikatoren, also den messbaren Eigenschaften der Landschaft zur Bewertung der Attribute, kann die GIS-gestützte Bewertung grundlegend verändert werden.

Die bei der GIS-gestützten Fotobewertung verwendeten Parameter – z.B. die maximale Sichtweite – ändern zwar nichts an der eigentlichen Bewertung des Schutzguts Landschaft, durch sie kann jedoch die Auswertung der sichtbaren Bereiche der Fotos verbessert und somit die Vergleichbarkeit mit der Online-Studie optimiert werden. Wesentliche Parameter, die für die Sichtfeldanalyse relevant sind, sind die Geländedaten sowie die maximale Sichtweite. Durch eine Gewichtung von Vorder-, Mittel- und Hintergrund der im Sichtfeld liegenden Bereiche ließe sich die Vergleichbarkeit von AIGILaP und Online-Studie möglicherweise zusätzlich erhöhen. Aktuell ist aber noch weitgehend unklar, welche Bildbereiche welche Bedeutung für die Bewertung eines Bildes durch die Betrachtenden haben. In der Überprüfung sollen daher die folgenden Parameter im Bewertungsprozess genauer untersucht werden:

- Parameter in der GIS-gestützten Bewertung des Schutzguts Landschaft
  - Erfassung und Klassifikation der Indikatoren
    - Naturnähe
    - Erholungswert
- Parameter in der GIS-gestützten Fotobewertung
  - Daten zum Gelände
  - Maximale Sichtweite
  - Gewichtung der Bildbereiche

Mit Hilfe von Anpassungen an diesen Parametern kann die GIS-gestützte Bewertung (AIGILaP) verändert und die Auswirkungen auf die Korrelationen und absoluten Differenzen untersucht werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird dies für die Erfassung und Klassifikation von zwei Indikatoren sowie für die der Sichtbarkeitsanalyse zugrundeliegenden Geländedaten exemplarisch durchgeführt. Beide Parameter weisen bei vergleichbar geringem Aufwand ein besonders hohes Potenzial zur Optimierung auf.

## Zweiter Berechnungsdurchgang

Hinsichtlich einer möglichen Verbesserung der GIS-gestützten Bewertung werden das Attribut Naturnähe aufgrund der einheitlichen Überbewertung im GIS und das Attribut Erholungswert durch die niedrige Korrelation als besonders interessant erachtet und daher exemplarisch angepasst.

Es ist naheliegend, dass die flächig auftretenden Schutzgebiete hinsichtlich der Naturnähe zu stark vereinheitlichend wirken und einen wesentlichen Grund für die Überbewertung des Attributs Naturnähe sind. Daher werden die zuvor zur Ermittlung des Wertes für die Naturnähe herangezogenen Schutzgebiete (NatP, NSG, VSG, FFH-Gebiete) (Kap. 4.4.2) in der

zu Testzwecken erfolgten Neuberechnung nicht mehr berücksichtigt. Die so testweise angepasste Bewertung beruht nur noch auf der wahrgenommenen Naturnähe der Nutzung und der Anwesenheit von Störungen (Straßen, Schienen, Windenergieanlagen, Freileitungen).

Im Rahmen der menschlichen Wahrnehmung von Landschaften werden häufig Idealvorstellungen als Referenz für Werturteile herangezogen. Dies kann dazu führen, dass im Rückgriff auf diese Ideale bei Befragungen anhand von alltäglichen Landschaften seltener die hohen und höchsten Bewertungsstufen vergeben werden. Daher wird im Zuge der Anpassung die Einstufung der wahrgenommenen Naturnähe der Nutzungen in der GIS-Bewertung verändert. Im zweiten Berechnungsdurchgang der GIS-gestützten Bewertung wird die höchste Stufe der Naturnähebewertung der Nutzungen seltener vergeben. Nadelwälder und Gehölze, die zuvor in Kategorie 5 (sehr hohe wahrgenommene Naturnähe) eingeordnet sind, werden eine Klasse herabgestuft.

Eine Neuberechnung der Naturnähe ohne Berücksichtigung der Schutzgebiete und mit der zum Teil abgestuften wahrgenommenen Naturnähe der Landnutzung führt im Vergleich mit der empirischen Fotobewertung zu einer Korrelation von  $r = .58$  ( $p = 0.001$ , 90% KI für  $r$  [0.28, 0.77]), die lediglich einer geringen Steigung entspricht. Die durchschnittliche Abweichung pro Foto wird dagegen durch die Anpassung deutlich auf 0,73 reduziert, was mit der Vielfalt zusammen der geringsten Abweichung entspricht (Tab. 54).

Ein weiterer potenziell zu verbessernder Parameter ist das Attribut Erholungswert und innerhalb dessen die Bewertung der Naherholungsnachfrage. Der Indikator der GIS-Bewertung dafür ist die Nähe zu Siedlungsbereichen (Kap. 4.4.2). Die Befragungen können zur Erholungsnachfrage, die durch die Nähe zu Siedlungen abgebildet wird, keine Ergebnisse liefern, weil diese auf den Bildern für die Testpersonen nicht ersichtlich ist. Daher wird der Erholungswert ohne Berücksichtigung der Naherholungsnachfrage für die gesamte Fläche neu berechnet. Die sich daraus ergebende Korrelation zeigt eine deutliche Steigerung von  $r = .23$  auf  $r = .42$  und die Übereinstimmung ist statistisch signifikant. Die Summe der Abweichungen zwischen den Bewertungen ist dagegen höher als zuvor (Tab. 54).

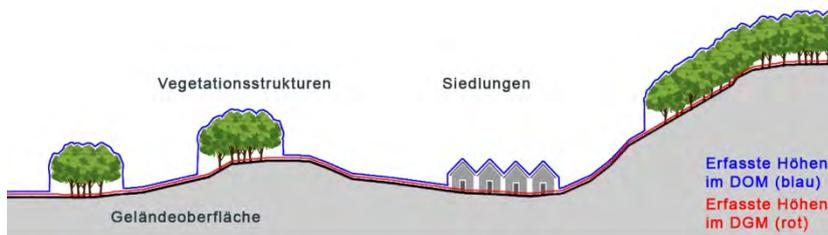
Tab. 54: Übersicht über die Veränderungen bei den Attributen Naturnähe und Erholungswert nach der Neuberechnung

Attribut	Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests		Durchschnittliche Abweichung der Attributwerte zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung pro Fotos	
	Erster Berechnungsdurchgang	Zweiter Berechnungsdurchgang	Erster Berechnungsdurchgang	Zweiter Berechnungsdurchgang
Naturnähe	$r = .56$ 90% KI [0.26, 0.76] $p = 0.01^*$	$r = .58$ 90% KI [0.28, 0.77] $p = 0.001^*$	0,91	0,73
Erholungswert	$r = .23$ 90% KI [-0.13, 0.54] $p = 0.28$	$r = .42$ 90% KI [0.08, 0.67] $p = 0.05^*$	0,87	0,94

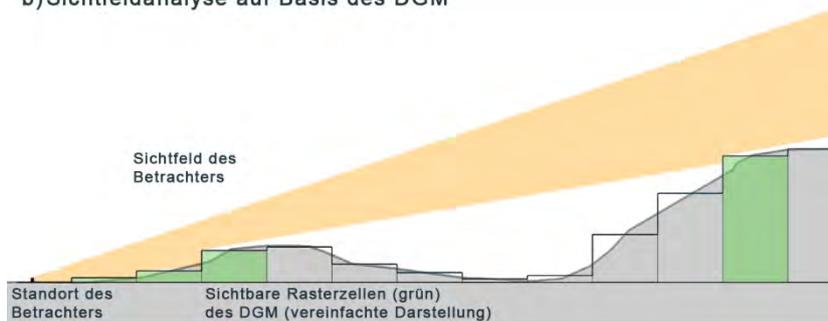
Die Berechnung der von einem Standort aus sichtbaren Flächen (Sichtbarkeitsanalyse) basiert im Wesentlichen auf Daten zur Geländeoberfläche. Damit kann mit Hilfe eines GIS ermittelt werden, ob eine Fläche von einer Erhebung verdeckt und nicht sichtbar ist (Sichtverschattung). Tatsächlich spielt neben dem Relief vor allem die Landnutzung bei der

Sichtverschattung eine Rolle. Grundsätzlich stehen für Sichtfeldanalysen mittels GIS verschiedene Daten zur Verfügung – das Digitale Geländemodell (DGM) und das Digitale Oberflächenmodell (DOM). Während das DGM nur die tatsächliche Geländeoberfläche darstellt sind im DOM auch die Nutzungen mit entsprechenden Höhen enthalten. Die Unterschiede der Geländemodelle sowie die potenziellen Abweichungen bei einer Sichtfeldanalyse sind in Abb. 70 schematisch dargestellt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Nutzung des DOM für die Sichtfeldanalyse genauere Ergebnisse liefert. Dies müsste dementsprechend die Vergleichbarkeit von GIS-Bewertung und empirischer Fotobewertung erhöhen und somit Abweichungen aufgrund von Ungenauigkeiten der Sichtfeldanalyse minimieren. Leider liegt das DOM nicht flächendeckend für das Bundesgebiet vor, sodass bei der Gesamtbewertung auf das DGM zurückgegriffen werden muss. Um aber exemplarisch zu ermitteln, welche Auswirkungen die Verwendung des DOM hat, werden die GIS-gestützte Fotobewertung und schließlich die Berechnung der Korrelationen mit dem DOM als Berechnungsgrundlage für 20 Fotos neu berechnet.

a) Funktionsprinzip des DGM und DOM



b) Sichtfeldanalyse auf Basis des DGM



c) Sichtfeldanalyse auf Basis des DOM



Abb. 70: Schematische Darstellung der Unterschiede zwischen den Sichtfeldanalysen mit einem DGM und einem DOM

Eine Abbildung der auf den Fotos sichtbaren Flächen mittels des einen oder anderen Modells ist mit bestimmten Unsicherheiten verbunden. Die Ermittlung der sichtbaren Bereiche erfolgt rasterbasiert. Die im Geländemodell angegebenen Höhen sind daher stets – in diesem Fall pro 25x25m-Zelle – gemittelt.

Die anschließende Neuberechnung der Korrelationen für die 20 Bilder bzw. Bereiche zeigt zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung bei vier Kriterien eine Verbesserung. Bei der Eigenart ist die Korrelation dagegen deutlich niedriger (Tab. 55). Es liegt somit insgesamt keine eindeutige Verbesserung vor. Dass nicht das DOM sondern ein unpassendes Bewertungsmodell für die Eigenart die Ursache für die fehlende Verbesserung bei der Neuberechnung ist, ist nicht auszuschließen.

Tab. 55: Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests auf Basis der Sichtfeld-Analyse mit dem DGM und dem DOM

Kriterium	Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests auf Basis der Sichtfeld-Analyse mit dem DGM	Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung, 90%-Konfidenzintervall und p-Werte des t-Tests auf Basis der Sichtfeld-Analyse mit dem DOM
Vielfalt	r= .35 90% KI [0.00, 0.63] p=0.10*	r= .47 90% KI [0.11, 0.72] p=0.04*
Schönheit	r= .37 90% KI [0.02, 0.64] p=0.08*	r= .40 90% KI [0.02, 0.68] p=0.08*
Eigenart	r= .28 90% KI [-0.08, 0.57] p=0.20	r= .17 90% KI [-0.23, 0.51] p=0.48
Erholungswert	r= .23 90% KI [-0.13, 0.54] p=0.28	r= .31 90% KI [-0.07, 0.62] p=0.18
Naturnähe	r= .56 90% KI [0.26, 0.76] p=0.01*	r= .59 90% KI [0.27, 0.79] p=0.01*

### 5.5.2 Überprüfung der Annahmen zur Empfindlichkeit der Landschaft

Die Überprüfung der Annahmen hinsichtlich ihrer Gültigkeit ist neben der zuvor dargestellten Untersuchung der Validität der GIS-Bewertung das wesentliche Ziel der wahrnehmungspsychologischen Studien. Die Annahmen dienen der Bewertung der Konfliktrisiken zur natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung der Szenarien (Kap. 4.5).

Die Annahmen werden nicht unmittelbar überprüft, sondern zunächst in Hypothesen übertragen (Kap. 5.3.1). Diese konkreter formulierten Hypothesen können schließlich anhand der Online-Studie überprüft werden. Inwiefern die Hypothesen verifiziert werden können, ist in der Auswertung der Online-Studie explizit erläutert (Kap. 5.3.2).

Ergebnis der Überprüfung ist die Verifizierung der Hypothesen 1 und 2. Demnach werden die Landschaftsfotos mit visualisierten Windenergieanlagen in Bezug auf die Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe und den Erholungswert kritischer bewertet als die Bilder ohne

Windenergieanlagen (Hypothese 1). Bezogen auf die Annahme wird somit vereinfacht abgeleitet, dass der Zubau von Windenergieanlagen zu einer kritischeren Bewertung der Landschaften führt. Zudem zeigt sich in der Online-Studie, dass die Fotos mit Windenergieanlagen hinsichtlich der Eigenart, Schönheit, Naturnähe und des Erholungswerts umso kritischer bewertet werden, je positiver die Originalbilder bewertet sind (Hypothese 2). Auf Basis dieser Hypothese wird vereinfacht angenommen, dass bei zunehmender Eigenart, Schönheit, Naturnähe und zunehmendem Erholungswert, ebenfalls die Empfindlichkeit der Landschaft zunimmt. Gleiches wird für die Vielfalt angenommen, da die Hypothese 3 falsifiziert wird. Die Annahme, dass bei abnehmender Bewertung der Vielfalt auf den Fotos ohne Windenergieanlagen die Bewertungen der Fotos mit Windenergieanlagen zunehmend kritischer werden, kann nicht bestätigt werden.

## 5.6 Diskussion

In den wahrnehmungspsychologischen Studien werden verschiedene Methoden trianguliert, um eine Interpretation unterschiedlicher Datensätze möglich zu machen. Dies wäre in der Form nicht möglich, wenn nur einzelne der drei Methoden zur Anwendung kommen. Alle drei zusammen – die Online-Befragung, das Eye-Tracking und die ergänzende qualitative Befragung – bilden insgesamt ein konsistentes Ergebnis.

In der Online-Studie werden die Landschaftsfotos in der manipulierten Version durchschnittlich kritischer bewertet als die gleichen Fotos ohne Windenergieanlagen. Je positiver die Landschaften hinsichtlich der Kriterien des ästhetischen Gesamtwerts (Eigenart, Vielfalt, Schönheit, Naturnähe) sowie des Erholungswerts im Bestand bewertet werden, desto kritischer sind sie in den manipulierten Versionen bewertet. Dieser Effekt ist für die Landschaften Sauerland, Darß, Uelzen, Schwäbische Alb und Erzgebirge statistisch signifikant. Die Effekte sind in den verschiedenen Landschaften unterschiedlich. Die Fotos der Landschaften Sauerland und Darß werden auch mit Windenergieanlagen als ästhetischer und erholsamer als alle anderen Landschaften im Bestand bewertet. Daraus folgt, dass das Hinzufügen von Windenergieanlagen meist, aber nicht immer, zu einer Verringerung der Landschaftsqualität führt. Die Landschaft bei Hamburg wird mit Windenergieanlagen sogar leicht positiver bewertet als ohne. Die Unterschiede zwischen den beiden Bewertungen sind in den Landschaften Darß, Sauerland und Erzgebirge am größten, bei den anderen Landschaften nur noch sehr gering.

Mit Hilfe der Eye-Tracking-Studie wird überprüft, inwiefern die kritischeren Bewertungen mit dem Vorhandensein der Windenergieanlagen zusammenhängen. Die Testpersonen werden gebeten, die Landschaften auf sich wirken zu lassen. Es gibt keinen Auftrag bestimmte Elemente in den Fotos zu suchen. Jedes der Fotos wird für acht Sekunden präsentiert. Auffällig ist, dass viele Personen die Horizontlinie abtasten und alle Elemente fixieren, die diese durchbrechen, wie Kirchtürme, Strommasten, Bäume, hohe Häuser oder Windenergieanlagen. Diese Erkenntnis ist nicht neu (Bauer et al. 2014), daher werden solche Elemente auch als besondere Bereiche (Areas of Interest) markiert und in der Auswertung kontrolliert. Es zeigt sich, dass die manipulierten Fotos (mit visualisierten Windenergieanlagen) trotz gleich langer Präsentationszeit insgesamt etwas kürzer fixiert werden, und dass die Bereiche mit Windenergieanlagen länger und häufiger betrachtet werden. Die Windenergieanlagen scheinen also die Blicke unwillkürlich anzuziehen. In der ergänzenden qualitativen Befragung werden diese Anlagen aber nur in knapp 39% auch als das Landschaftsbild störend bewertet. 49% äußern sich gar nicht zu den Anlagen, 12% bewertet sie positiv.

## Stichproben

In der Online-Studie mit 215 Teilnehmenden sind Männer und Frauen annähernd gleichverteilt (53% zu 47%), auch das Verhältnis zwischen Landschaftsexpertinnen und Landschaftsexperten und Laiinnen und Laien ist ausgewogen. Das Durchschnittsalter aller befragten Personen beträgt 46,6 Jahre, Personen der mittleren Altersgruppen sind überrepräsentiert. Rund 90% der Teilnehmenden sind Akademikerinnen und Akademiker. Sie zeigen eine sehr positive Einstellung zu Natur, sind insgesamt eher positiv gegenüber Windenergie eingestellt. Diejenigen, die in der Nähe von Windenergieanlagen wohnen, fühlen sich im Mittel wenig durch diese gestört.

Die Stichprobe der Eye-Tracking-Studie setzt sich aus 40 Frauen (45%) und 50 Männern (56%) zusammen. Das Durchschnittsalter aller befragten Personen beträgt 36,45 Jahre. Der Anteil der Akademikerinnen und Akademiker liegt in dieser Stichprobe bei knapp 50%. Bei beiden Stichproben sind die Frauen im Mittel etwas jünger als die Männer.

In diesen beiden Studien kommt es zu einer Selbstselektion der Teilnehmenden. Auf die Online-Studie werden nur die Personen aufmerksam, die über entsprechende Verteiler erreichbar sind. Der Versuch, über kurze redaktionelle Beiträge in Lokalzeitungen aller sechs Regionen zusätzlich die Bevölkerung vor Ort anzusprechen und damit das Spektrum der befragten Personen zu erweitern, ist fehlgeschlagen, da keine der Redaktionen die Beiträge abdrucken oder online veröffentlichen wollte. Bei der Eye-Tracking-Studie handelt es sich um eine so genannte Gelegenheitsstichprobe, da nur die Personen mitmachen, die an den Befragungstagen auf dem Königsplatz in Kassel angesprochen werden. Es ist aus vielen anderen Zusammenhängen bekannt, dass an Studien tendenziell mehr Akademikerinnen und Akademiker teilnehmen. Weiter ist auch bekannt, dass an Befragungen zu speziellen Themen, hier zu „Landschaften“, überwiegend die Personen teilnehmen, die eine (sehr) positive Einstellung dazu mitbringen (hier gemessen als „Einstellung zu Natur“) oder aus anderen Gründen ein hohes Interesse an der Thematik haben. Eine hohe Umweltmotivation und entsprechende positive Umwelteinstellungen sind nach Kaiser et al. (2011) die Voraussetzung, dass Menschen aktiv z. B. an aufwändigen Partizipationsverfahren oder wie in unserem Fall auch an längeren Umfragen teilhaben: „Je höher die Verhaltenskosten, desto ausgeprägter ist die für dieses Verhalten benötigte Motivation“, so deren Fazit. Die Autoren nennen diese konzeptuelle Koppelung zwischen Einstellung bzw. Motivation und Verhalten auch Campbell-Paradigma (nach deren ideologischem Vorbild) (Kaiser et al. 2011). Sie postulieren, dass Umwelteinstellung und Umweltverhalten identisch seien. Aus diesen Überlegungen folgt für die Interpretation der bisherigen und zukünftigen Studien, dass die Engagierten in aller Regel eine hoch selektierte Gruppe sind und deren Umwelteinstellung kein Merkmal darstellt, mit der eine Differenzierung zwischen den Teilnehmenden möglich ist.

Es soll noch einmal angemerkt werden, dass nicht allen Teilnehmenden jedes Bild präsentiert wird, um zu vermeiden, dass direkt zwischen Bestandsversion und manipulierter Version verglichen wird und um eine angemessene Durchführungsdauer nicht zu überschreiten. Dadurch könnten Effekte auch durch eine zufällige, aber unausgeglichene Verteilung der Versuchspersonen auf die unterschiedlichen Gruppen zustande kommen. Jedoch sind diese Untergruppen angemessen groß und heterogen hinsichtlich soziodemografischer Faktoren, sodass diese mögliche Verzerrung zu vernachlässigen ist.

Es wäre möglich, repräsentative Stichproben zu erreichen. Im Rahmen des in diesem Forschungsvorhaben zur Verfügung stehenden zeitlichen und finanziellen Budget ist ein solches Ziel aber von vornherein ausgeschlossen und für eine Pilotstudie in diesem Umfang auch nicht notwendig. Für die Zwecke der Studie können beide Stichproben zusammenfassend

als angemessen bewertet werden. Bei der Interpretation der Daten muss allerdings darauf geachtet werden, dass eine Generalisierung auf die bundesdeutsche Bevölkerung oder „die Öffentlichkeit“ nicht angebracht ist.

### **Befragungsinstrumente**

Bei der Verwendung des sogenannten semantischen Differentials nach Roth (2012), bei dem die vier Kriterien Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe jeweils durch zwei Adjektive operationalisiert werden, werden in der Online-Stichprobe sehr hohe Korrelationen zwischen den Subskalen sowohl bei Laiinnen und Laien als auch bei Expertinnen und Experten festgestellt. Daher kann nach wissenschaftlichen Kriterien in dieser Studie nicht von unterschiedlichen oder unabhängigen Faktoren gesprochen werden.

Es ist daher fraglich, ob die Bevölkerung (Expertinnen und Experten und Laiinnen und Laien) mit Hilfe der Dimensionen Vielfalt, Eigenart, Schönheit und Naturnähe eine Landschaft differenziert bewerten kann. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Interessant ist, dass Landschaften hinsichtlich der Vielfalt vergleichsweise kritisch bewertet werden, kaum oder sogar positiv durch die Manipulation beeinflusst werden. Das Hinzufügen von Windenergieanlagen führt also sogar zu positiveren Urteilen. Ob hierfür vielleicht ein Schwellenwert definiert werden kann, wann diese Umkehrung zu erwarten ist, könnte Gegenstand künftiger Forschung sein.

### **Stimulusmaterial**

In der Vorbereitung der beiden Studien wurden mit einem besonders hohen Aufwand Fotos von Landschaften erstellt. Zusätzlich wurden höchste Anforderungen an die Fotos hinsichtlich einer professionellen und standardisierten Aufnahmetechnik, einer Bestimmung des exakten Standortes und einer präzisen Manipulation gestellt. Das Ergebnis ist ein Set von 24 Fotografien (jeweils in den Versionen Bestand und Manipulation), mit denen zukünftig weitere Forschung betrieben werden kann.

Im Laufe der Studie erscheint die Frage, wie viele Fotos benötigt werden, um eine Landschaft angemessen zu repräsentieren und ob es zulässig ist Ergebnisse mehrerer Fotos zu addieren, um einen „Landschaftswert“ zu bestimmen. Im Rahmen der Studie werden schließlich im Eye-Tracking nur zwei und in der Online-Studie je vier Fotos aus einer Landschaft zu einem Landschaftswert zusammengefasst. Eine andere Herangehensweise erscheint nicht als sinnvoll. Jede Erhöhung der Anzahl der Fotos pro Landschaft würde die jeweils benötigte Stichprobe um ein Vielfaches erhöhen, was im Rahmen der Studien nicht leistbar ist. Insgesamt wird dies daher als zulässige Vorgehensweise angesehen, darüber hinaus besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf.

Eine Problematik bei der Festlegung der Areas of Interest (AOI) ist, dass sie unterschiedlich große Flächen im Stimulus einnehmen. Je größer eine AOI ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese betrachtet wird. Ebenso sind im Zentrum des Stimulus platzierte AOI deutlich häufiger im Bereich der Blickbewegungen als die an den Rändern befindlichen. Diese Besonderheiten werden bei der Programmierung so weit wie möglich berücksichtigt, lassen sich aber nicht vollständig kontrollieren.

### **Eignung der GIS-gestützten Bewertung (AIGILaP) zur Abbildung des Werts der Landschaft für den Durchschnittsbetrachtenden**

Die Interpretation der Erkenntnisse, die sich aus dem Vergleich zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung ergeben, erweist sich als schwierig. Ziel der Überprüfung ist die Beantwortung der Frage, ob die GIS-Bewertung auf gesellschaftlichen Werten basiert, also

den Wert der Landschaft für den Durchschnittsbetrachtenden abbildet. Als Maß für die Erfüllung dieses Anspruchs können der Pearson-Korrelationskoeffizient sowie die durchschnittlichen Abweichungen beider Bewertungen pro Foto gelten. Fehlende Erfahrungswerte in der Literatur erschweren allerdings die Einschätzung der Korrelationen und der Abweichungen.

Insgesamt kann hinsichtlich der Korrelation zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung festgehalten werden, dass für alle Attribute positive Zusammenhänge bestehen und die Bewertungen in gewissem Maße korrelieren. Unter Berücksichtigung der Planungsebene, die stark pauschalisierende Herangehensweisen erfordert und die Auswahl verfügbarer Datengrundlagen wesentlich einschränkt, sowie die größtenteils unabhängig voneinander entwickelten Bewertungsmethoden, die auf grundlegend verschiedenen Ansätzen (landschaftsplanerisch und sozialwissenschaftlich) basieren, liefert vor allem die Naturnähe bereits einen im Kontext des Pilotcharakters zufriedenstellenden Korrelationskoeffizienten. Der Anspruch zukünftiger Planung – vor allem auf untergeordneten Planungsebenen – sollte jedoch darüber hinausgehen. In der weiteren Forschung ist die hier vorgestellte Herangehensweise daher weiterzuentwickeln. Dies trifft in besonderem Maße auf die Bewertungen von Schönheit und Eigenart zu.

Bei den durchschnittlichen Abweichungen zwischen der GIS-gestützten und empirischen Bewertung fällt auf, dass die Attribute, die auf Schutzgebiete als Indikatoren zurückgreifen, höhere Abweichungen aufweisen als solche ohne Schutzgebiete. Die Schönheit, die ausschließlich durch diesen Indikator bewertet wird, hat dabei mit deutlichem Abstand die höchsten Abweichungen. Die Naturnähe und der Erholungswert, die zusätzlich zu den Schutzgebieten durch weitere Indikatoren untersetzt sind, folgen dahinter. Der Grund dieser scheinbar negativen Beeinflussung der Bewertung durch die Schutzgebiete ist möglicherweise auf deren großflächige Ausdehnung und geringere Differenzierung zurückzuführen. Dadurch ergeben sich in den Fotobewertungen häufig besonders hohe oder niedrige Zahlen, die somit im Vergleich zu den Mittelwerten der Befragung deutlich abweichen können. Unterstützt wird diese Annahme durch die Ergebnisse der exemplarischen Anpassung des Indikators Naturnähe. Nachdem u.a. die Schutzgebiete aus der Bewertung ausgeschlossen werden, sinkt die durchschnittliche Abweichung zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung deutlich. Schutzgebiete als Indikatoren für die Bewertung der Landschaft sind jedoch nicht generell als ungeeignet, lediglich als zu undifferenziert einzustufen. Die jeweiligen Kriterien sollten daher durch weitere Indikatoren unterstützt werden. Dies ist vor allem mit Blick auf die Maßstabebene und mangelnde Alternativen – so z.B. bei der Bewertung der Schönheit – jedoch nicht immer möglich.

Die exemplarische Anpassung einiger Parameter in der GIS-Bewertung bzw. der Sichtfeldanalyse liefert darüber hinaus bereits Erkenntnisse zu möglichen Ursachen relativ niedriger Korrelationen bzw. hoher Abweichungen. Die Ergebnisse, die aus dem zweiten Berechnungsdurchgang gewonnen werden können, variieren dabei stark.

Bei der Anpassung des Erholungswertes wird deutlich, dass die Berücksichtigung der Naherholungsnachfrage in der GIS-Bewertung – bei gleichzeitig unmöglicher Umsetzung in der Online-Studie – zu einer deutlich geringeren Korrelation führt. Dies zeigt, dass die Bewertungsinstrumente möglichst genau aufeinander abgestimmt werden müssen. Die starke Zunahme der Korrelation von  $r = .23$  auf  $r = .42$  zeigt wie der Vergleich zwischen den Instrumenten verbessert werden kann. Die GIS-gestützte Bewertung der Erholungsnachfrage ist somit nicht durch die Online-Studie überprüfbar. Letztendlich kann dieses Erkenntnis aber nicht dazu führen, dass die Erholungsnachfrage nicht mehr Teil der bundesweiten Bewertung ist, denn der gesetzliche Auftrag der Erholungsvorsorge besteht ungeachtet dessen.

Weniger deutliche Auswirkungen zeigen sich bei der exemplarischen Neuberechnung der GIS-gestützten Fotobewertung mit dem DOM, bei der sich sowohl eine relativ deutliche Zunahme (Vielfalt:  $r = .35$  auf  $r = .47$ ), eine relativ deutliche Abnahme (Eigenart:  $r = .28$  auf  $r = .17$ ) als auch relativ geringe Änderungen (Schönheit:  $r = .37$  auf  $r = .40$ ) in der Korrelation ergeben. Es kann daher aufgrund der exemplarischen Bewertung nicht davon ausgegangen werden, dass die Verwendung des DOM generell eine Verbesserung der Korrelationen zur Folge hat. Aus fachlicher Sicht ist dagegen davon auszugehen, dass anhand des DOM durch die Berücksichtigung von Vegetations- und Gebäudestrukturen ein realitätsnäheres Sichtfeld ermittelt werden kann. Weiterhin ist somit die Frage, wie der kaum belegbare Unterschied zwischen DOM und DGM in der Bewertung zu begründen ist. Eine mögliche Ursache ist das Verfahren der rasterbasierten Sichtfeldanalyse mit einer Zellengröße von 25x25m. Die sowohl im DOM als auch im DGM pro Rasterzelle gemittelten Werte verändern den ermittelten sichtbaren Bereich unter Umständen so stark, dass in beiden Fällen deutliche Abweichungen vom tatsächlichen Sichtfeld entstehen. Der Einfluss des DOM ist daher möglicherweise so gering, dass andere Faktoren – so z.B. die Rasterzellengröße – die Wirkung des DOM überlagern.

Die Anpassungen der Parameter zeigen zum Teil keine oder nur geringe Auswirkungen, so z.B. bei der Überarbeitung der Naturnähe. Die Anpassungen der Naturnähe wirken sich kaum auf die Korrelation aus, die Steigerung ist hier vernachlässigbar. Dennoch ist zu betonen, dass die Korrelation auf einem relativ hohen Niveau bleibt. Die Summe der Abweichungen sinkt dagegen deutlich, wodurch sich die Veränderung der Indikatoren positiv auf die Bewertung der Naturnähe auszuwirken scheint. Da sich im ersten Berechnungsdurchgang eine generelle Überbewertung der Naturnähe gezeigt hat, liegt die Vermutung nahe, dass ein Großteil von Abstufungen – so z.B. auch fachlich nicht begründbare oder schlicht falsche Abstufungen – in der wahrgenommenen Naturnähe denselben Effekt zur Folge gehabt hätte wie die vorgenommenen Änderungen. Da bei der Aggregation der wahrgenommenen Naturnähe der Landnutzung und der wahrgenommenen Naturnähe in Schutzgebieten ein Maximalwert zugrunde gelegt wird, ist ebenfalls zu erwarten gewesen, dass bei der Nichtberücksichtigung der Schutzgebiete zumindest keine Verbesserung der Naturnähe eintritt. Die fachliche Rechtfertigung und Bestätigung genau dieser Anpassungen erweist sich daher als schwierig.

### **Potenzial empirischer Sozialforschung zur Optimierung GIS-gestützter Bewertungen des Schutzguts Landschaft**

In der Studie bestand der Auftrag, den Wert der Landschaft vor dem Hintergrund der Bedeutung für die Gesellschaft und ihres Eigenwertes zu ermitteln. Auf der Bundesebene ist die dargestellte GIS-gestützte Herangehensweise naheliegend, da sie mit einem viel geringeren Aufwand erstellt werden kann als eine Durchführung empirischer Studien für die Bundesebene. Um eine solche von Landschaftsexpertinnen und Landschaftsexperten entwickelte, computergestützte Herangehensweise so auszugestalten, dass es den gesellschaftlichen Anforderungen an das Schutzgut Landschaft entspricht, bedarf es weiteren empirischen Studien, die den Grad der Übereinstimmung zwischen beiden Herangehensweisen weiter optimieren könnten. Mit der dargestellten Herangehensweise wird gezeigt, wie eine Entwicklung und Optimierung einer solchen GIS-gestützten Bewertung des Schutzguts Landschaft aussehen kann.

Ein zentraler Schritt der Überprüfung der GIS-gestützten Bewertung ist die Analyse von Parametern, die der Optimierung der Ergebnisse dienen. Die exemplarische Anpassung einzelner Parameter in einem zweiten Berechnungsdurchgang zeigt, dass durch die gezielte Veränderung der Parameter, die Bewertung variieren und auch optimiert werden kann.

Das Forschungsvorhaben zeigt auf, wie empirische Studien und GIS-gestützte Modellierungen verknüpft werden können, um eine validierte GIS-gestützte Bewertung des Schutzguts zu entwickeln. Durch exemplarische Anpassungen sind erste Erkenntnisse und Optimierungen erkennbar. Um jedoch eine solche reproduzierbare Methode anhand einer empirischen Studie vollständig optimieren zu können, sind mehrfache Anpassungen und Berechnungsdurchgänge notwendig.

## 5.7 Fazit

Die wahrnehmungspsychologischen Studien als wesentlicher Bestandteil des Forschungsvorhabens lassen sich in drei Teile differenzieren – Online-Studie, Eye-Tracking-Studie und ergänzende qualitative Befragung. In der Online-Studie werden 215 Testpersonen hinsichtlich der Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe sowie des Erholungswerts einzelner auf Fotos abgebildeter Landschaften befragt. Diese Ergebnisse werden durch eine Eye-Tracking-Studie mit 90 Personen ergänzt, bei der die Fixationen der Testpersonen in Bezug zu Windenergieanlagen untersucht werden. Eine qualitative Befragung zu den einzelnen Fotos lässt Rückschlüsse zu den Hintergründen der Bewertung zu.

Ziel der Studien ist zum einen die Überprüfung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung für das Schutzgut Landschaft und der Annahmen zur Empfindlichkeit der Landschaft, die der Bewertung der Konfliktrisiken dienen. Zum anderen wird angestrebt, durch die Studien neue Erkenntnisse zur Wahrnehmung und Bewertung von Landschaft zu gewinnen.

Der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung der Szenarien hinsichtlich des Schutzguts Landschaft liegt der Anspruch zugrunde, dass die Bewertung auf gesellschaftlichen Werten beruhen und somit der Wert der Landschaft für den Durchschnittsbetrachtenden abgebildet werden soll. Die wahrnehmungspsychologischen Studien – hier besonders die Online-Studie – dienen dabei der Überprüfung dieses Anspruchs. Anhand des Pearson-Korrelationskoeffizienten sowie der durchschnittlichen Abweichungen zwischen der GIS-gestützten (AIGILaP) und der empirischen Fotobewertung eines Fotos können die Bewertungen aus GIS-Analyse (AIGILaP) und Online-Studie verglichen werden.

Hierbei zeigt sich für alle Attribute ein positiver Zusammenhang zwischen GIS-gestützter und empirischer Fotobewertung. Besonders für die Naturnähe wird unter Berücksichtigung der Maßstabsebene und der grundsätzlich verschiedenen Ansätze (landschaftsplanerisch und sozialwissenschaftlich) die Korrelation ( $r = .56$ ) als zufriedenstellend angesehen, auch wenn mit Blick auf untergeordnete Planungsebenen weiterer Optimierungsbedarf besteht.

Bei der Betrachtung der Bewertungsunterschiede zwischen GIS-Analyse (AIGILaP) und Online-Studie fällt auf, dass vor allem die Attribute, die durch Schutzgebiete als Indikatoren erfasst werden, relativ hohe Abweichungen aufweisen. Dies ist letztlich auf die Eigenschaft der Schutzgebiete zurückzuführen, dass sie auf Bundesebene ohne zusätzlichen Aufwand keine Differenzierung in der Bewertung ermöglichen.

Die exemplarische Anpassung der GIS-Bewertung zeigt deutlich, wie unterschiedlich sich einzelne Parameter auf das Ergebnis der Bewertung auswirken. Auch wenn im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur einzelne Optimierungen benannt werden können, zeigt die Herangehensweise eindrucksvoll, wie sich eine solche GIS-gestützte Bewertung durch die Erarbeitung von Parametern und einer mehrfachen exemplarischen Anpassung optimieren lässt.

Zur Überprüfung der Annahmen zur Empfindlichkeit der Landschaft werden die Bewertungen der Fotos mit und ohne Windenergieanlagen auf Landschaftsebene verglichen. Dabei zeigt sich, dass die Landschaftsfotos, in die Windenergieanlagen visualisiert werden, durchschnittlich schlechter bewertet sind als solche ohne Windenergieanlagen. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass dieser Effekt in den Landschaften unterschiedlich stark ausfällt. So werden z.B. die Fotos der Landschaften Sauerland und Darß mit Windenergieanlagen immer noch besser bewertet als die Fotos der anderen Landschaften ohne Windenergieanlagen. Die Fotos der Landschaft nördlich von Hamburg sind dagegen sogar mit Windenergieanlagen leicht besser bewertet als ohne Windenergieanlagen. Die Beeinträchtigung einer Landschaft durch den Zubau von Windenergieanlagen ist somit nicht einheitlich zu bewerten, sondern stets auf die jeweilige Landschaft zu beziehen. Hervorzuheben ist aber, dass der überwiegende Teil der Landschaften eine Verschlechterung des ästhetischen Gesamtwerts sowie des Erholungswertes erfährt und dass besonders hochwertige Landschaften besonders empfindlich sind, allerdings im Vergleich nicht vollständig entwertet werden.

Für den ästhetischen Gesamtwert (Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Naturnähe) – für die Landschaften Sauerland, Darß, Uelzen, Schwäbische Alb und Erzgebirge statistisch signifikant – festgestellt werden, dass bei zunehmend positiv bewerteten Landschaftsfotos ohne Windenergieanlagen auch die Differenz zu den Bewertungen der Fotos mit Windenergieanlagen größer werden. Daraus abgeleitet kann die Annahme, dass bei zunehmendem Wert der Eigenart, Schönheit und Naturnähe auch die Empfindlichkeit der Landschaft gegenüber dem Zubau durch Windenergieanlagen zunimmt, verifiziert werden. Hinsichtlich der Vielfalt wird die Annahme, dass die Empfindlichkeit bei zunehmender Vielfalt abnimmt, dagegen angepasst. Für dieses Attribut ist die Signifikanz am geringsten ausgeprägt, sodass vermutet werden kann, dass die erhöhte Wahrnehmbarkeit von Windenergieanlagen in monotonen Landschaften hinsichtlich der Empfindlichkeit einer Landschaft eine nicht unwichtige Bedeutung hat.

Die Auswirkungen von Windenergieanlagen in Landschaftsfotos werden in der Eye-Tracking-Studie sowie der qualitativen Befragung in unterschiedlicher Art und Weise erkennbar. So zeigt sich deutlich, dass Windenergieanlagen die Blicke des Betrachtenden auf sich ziehen. Dagegen bezeichnen nur 39 Prozent der Testpersonen die Windenergieanlagen bei der qualitativen Befragung als negativ. Zur Bedeutung der Fixationen von Windenergieanlagen und weiteren Auswertung der Eye-Tracking-Studie besteht somit weiterer Forschungsbedarf.

Insgesamt wird durch die Kombination aus GIS-Analyse (AIGILaP) und Online-Studie deutlich, wie empirische Studien und GIS-gestützte Modellierungen verknüpft werden können, um eine validierte GIS-gestützte Bewertung des Schutzguts zu entwickeln. Darüber hinaus liefern die Studien neue Erkenntnisse zur Wahrnehmung und Bewertung von Landschaft und benennen dabei vor allem neuen Forschungsbedarf.

Die Verknüpfung der drei Ansätze – Online-Studie, Eye-Tracking-Studie und ergänzende qualitative Befragung – als Teile der wahrnehmungspsychologischen Studien ermöglicht eine Interpretation verschiedener Datensätze. Zusammen ergibt sich durch alle drei Ansätze ein konsistentes Ergebnis.

## 6 Bewertung der Ausbauszenarien

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der exemplarischen Entwicklung von Ausbauszenarien sowie deren Bewertung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes vorgestellt. Dazu wird zunächst auf die Verteilungen der Windenergieanlagen in den vier Szenarien eingegangen. Es wird jeweils angeführt, welches natur- oder landschaftsschutzbezogene Konfliktrisiko mit dem Szenario verbunden ist und welche besonderen Effekte zu beobachten sind. Außerdem wird dargestellt welche Anlagentypen verwendet werden. In Tab. 56 sind nochmal die technischen Daten der verschiedenen Windenergieanlagen-Typen dargestellt. Abschließend erfolgt ein Vergleich der Szenarien, bei dem ebenfalls ein Fokus auf die natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken gelegt wird.

Tab. 56: Technische Daten der Windenergieanlagen-Typen für die Szenarienentwicklung

	Leistungs- dichte [W/m <sup>2</sup> ]	Rotordurch- messer [m]	Leistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Gesamthöhe [m]
<b>Anlagentyp A Schwach- windanlage</b>	220	135	3,15	160	227,5
<b>Anlagentyp B mittlere An- lagen</b>	285	135	4,08	135	202,5
<b>Anlagentyp C Starkwindan- lage</b>	350	135	5,01	110	177,5

### 6.1 Szenario A „Effizienz“

In Szenario A „Effizienz“ werden je Bundesland innerhalb der möglichen Anlagenstandorte die zu nutzenden Standorte danach ausgewählt, welche Windverhältnisse vorliegen. Den Erwartungen entsprechend werden die Küstenbereiche und andere windhöfliche Standorte intensiv genutzt, es findet eine starke Ballung des Ausbaus statt. In Abb. 71 ist die Verteilung der Windenergieanlagen als Heatmap dargestellt. Die Heatmap visualisiert die räumliche Dichte der WEA-Standorte, eine dunkle Einfärbung entspricht dabei einer größeren Anlagenanzahl. Neben der Karte ist zur Einordnung die zur Erreichung der Zielenergiemenge benötigte Anlagenzahl, das damit verbundene durchschnittliche Konfliktrisiko je Anlage und das aufsummierte Gesamt-Konfliktrisiko angegeben. Insbesondere Norddeutschland und dort vor allem die Küstenregionen werden in Anspruch genommen. Besonders hohe Konzentrationen liegen zudem im Harz, im Sauerland und an der Grenze zwischen Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.



Anlagenanzahl: 18.040  
 Zielenergiemenge: 269 TWh  
 ø Konfliktrisiko je Anlage: 4,43  
 Gesamt-Konfliktrisiko: 79.995

Abb. 71: Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario A „Effizienz“

Die Tab. 57 zeigt die Anzahl verteilter Windenergieanlagen je Anlagentyp sowie die mit deren Platzierung verbundenen natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken. Entsprechend der Verteilung anhand der Windhöflichkeit, wird eine Fokussierung auf Starkwindbereiche deutlich. Die genutzten Flächen weisen verschiedene Konfliktrisikoklassen auf. Bereiche mit sehr geringen Konfliktrisiken (KRK 1) sind grundsätzlich möglich, in der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung jedoch nicht vertreten. Etwas weniger als die Hälfte der rund 18.000 Windenergieanlagen befinden sich in Bereichen mit sehr hohem (KRK 5) oder sich überlagerndem Konfliktrisiko (KRK 6). Davon ist der maßgebende Anteil des Typen B also mittlerer Windenergieanlagen, die zumindest eine durchschnittliche Windhöflichkeit benötigen. Von den hier präferierten Starkwindanlagen (Typ C) befinden sich nur etwa 10 % in Gebieten mit KRK 6 und weitere rund 23 % in solchen mit sehr hohem Konfliktrisiko (KRK 5). Die Starkwindanlagen belegen damit im Mittel weniger konfliktträchtige Standorte als die Anlagentypen A und B.

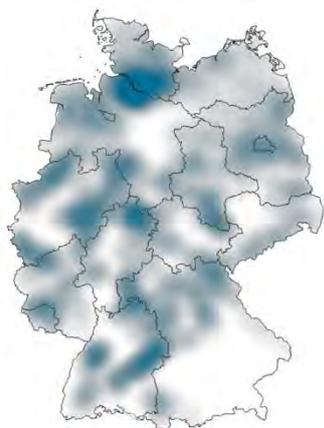
Tab. 57: Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario A „Effizienz“

	Konfliktrisikoklasse						Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
<b>Anlagentyp A Schwach-windanlage</b>	-	-	-	5	10	-	15
<b>Anlagentyp B mittlere Anlagen</b>	-	117	1.543	3.476	1.646	3.683	10.465
<b>Anlagentyp C Starkwindanlage</b>	-	294	2.041	2.753	1.725	747	7.560
<b>Gesamt</b>	-	411	3.584	6.234	3.381	4.430	18.040

## 6.2 Szenaria B „Effizienz / Lastnähe“

In Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ ist – wie zu erwarten – eine Inanspruchnahme von Standorten unterschiedlicher Windhöflichkeit erfolgt (Tab. 58). Aufgrund der zentralen Anforderung der Lastnähe werden Windenergieanlagen verstärkt an windschwächeren Standorten platziert. Damit verbunden ist die Nutzung höherer Windenergieanlagen mit geringerer Leistungsdichte. Die Heatmap zeigt die dezentrale Verteilung der Anlagen über weite Bereiche der Bundesrepublik. Eine Interpretation ist stets unter Berücksichtigung der Gesamtzahl platzierter Windenergieanlagen vorzunehmen. Im Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ werden etwa 21.250 Anlagen benötigt, um die Zielenergiemenge zu erreichen. Konzentrationen von

Windenergieanlagen treten im Umfeld Hamburgs, im Sauerland, in Nordhessen, dem nördlichen Schwarzwald und der Schwäbischen Alb auf (Abb. 72). Die Nutzung dieser Regionen wird durch die Bewertungsgröße Lastnähe wesentlich befördert. Durch das Kriterium der Lastnähe werden die Anlagen aus den windstärksten Regionen heraus in andere Regionen verlagert, sobald die Last gedeckt ist.



Anlagenanzahl: 21.254  
 Zielenergiemenge: 269 TWh  
 ø Konfliktrisiko je Anlage: 4,85  
 Gesamt-Konfliktrisiko: 103.015

Abb. 72: Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“

Im Szenario wird auf alle drei Anlagentypen zurückgegriffen. Die Nutzung von etwa 4.700 Anlagen des Typ A zeigt eine klare Tendenz zur Nutzung windschwächerer Standorte. Etwa drei Viertel der beanspruchten windschwachen Standorte befindet sich in Gebieten mit sehr hohen (KRK 5) oder sich überlagernden Konfliktrisiken (KRK 6). Insgesamt befinden sich etwa 60 % der platzierten Windenergieanlagen in Gebieten mit Konfliktrisikoklasse 5 oder 6. Nur ein geringer Prozentsatz von knapp 16 % der Windenergieanlagen ist mit einem geringen oder mittleren Konfliktrisiko verbunden.

Tab. 58: Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“

	Konfliktrisikoklasse						Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
<b>Anlagentyp A Schwachwindanlage</b>	-	3	232	932	914	2.613	4.694
<b>Anlagentyp B mittlere Anlagen</b>	-	116	2.675	3.624	2.562	5.799	14.776
<b>Anlagentyp C Starkwindanlage</b>	-	26	388	516	424	430	1.784
<b>Gesamt</b>	-	145	3.295	5.072	3.900	8.842	21.254

### 6.3 Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“

Zur Entwicklung des Szenarios A\* „Naturschutz / Effizienz“ wird neben dem Energieertrag (als Zuteilungskriterium kann die Windhöffigkeit hier nicht genutzt werden) zusätzlich der Natur- und Landschaftsschutz als Bewertungsgröße zur Anlagenverteilung genutzt (Kap. 3.5.2). Dabei gibt die natur- und landschaftsschutzbezogene Konfliktrisikoklasse die entscheidende Zuteilung vor. Im Rahmen der vorgegebenen Rahmenzahlen für jedes Bundesland werden also zunächst die effizientesten Standorte genutzt, die jeweils die niedrigste Konfliktrisikoklasse aufweisen – es sei denn, die Nutzung einer höheren Klasse führt durch den

entscheidend höheren Energieertrag zu einem insgesamt geringeren Konfliktrisiko. Das Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ stellt somit – unter den gegebenen Randbedingungen der bundesweiten Zuteilung, der vorgegebenen Energiemengen, und dem zugrunde liegenden Anlagen- und Ertragsmodell – das absolute Minimum (59.153) der Gesamt-Konfliktrisiko-Bewertung dar.

Die folgende Abbildung 73 zeigt die räumliche Verteilung der Windenergieanlagen des Szenarios A\* „Naturschutz / Effizienz“ in einer Heatmap. Zur Windenergieerzeugung genutzt werden insbesondere die Küstenbereiche an Nord- und Ostsee. Dabei erstreckt sich die genutzte Fläche weit ins Landesinnere bis Bremen, Hamburg und Schwerin. Eine weitere starke Konzentration von Windenergieanlagen weist die Region zwischen der Arendseer Hochfläche (Sachsen-Anhalt), des Brandenburgischen Elbtal und der Prignitz (Brandenburg) auf.



Anlagenanzahl: 20.305  
 Zielenergiemenge: 269 TWh  
 ø Konfliktrisiko je Anlage: 2,91  
 Gesamt-Konfliktrisiko: 59.153

Abb. 73: Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“

Die folgende Tabelle 59 zeigt die Anlagenanzahl von Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ differenziert nach Anlagentyp und in Bezug zu den auftretenden Konfliktrisikoklassen. Es wird deutlich, dass die niedrigen Konfliktrisikoklassen (2 und 3) häufig vertreten sind. Über drei Viertel der insgesamt rund 20.300 platzierten Windenergieanlagen befinden sich in Bereichen mit einem mittleren Konfliktrisiko (Klasse 3). Die Verteilung der Windenergieanlagen unter der Prämisse des Natur- und Landschaftsschutzes erlaubt, dass etwa 3.100 Windenergieanlagen an besonders windhöffigen Standorten platziert werden. Dies entspricht 15% aller benötigten Windenergieanlagen zur Erreichung der Zielenergiemenge. Etwa die gleiche Anzahl von Windenergieanlagen wird in windschwachen Gebieten platziert.

Tab. 59: Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“

	Konfliktrisikoklasse						Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
<b>Anlagentyp A Schwachwindanlage</b>	-	1.134	2.164	95	-	-	3.393
<b>Anlagentyp B mittlere Anlagen</b>	-	1.307	11.648	849	31	-	13.835
<b>Anlagentyp C Starkwindanlage</b>	-	365	2.685	16	11	-	3.077
<b>Gesamt</b>	-	2.806	16.497	960	42	-	20.305

## 6.4 Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“

In Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ werden alle drei Bewertungsgrößen berücksichtigt: die Windhöffigkeit durch den Energieertrag, der Natur- und Landschaftsschutz sowie die Lastnähe. Es ist somit das Szenario, welches die meisten Bewertungsgrößen beinhaltet. Im Ergebnis führt die Berücksichtigung aller drei Bewertungsgrößen vor allem dazu, dass die windstärksten Standorte seltener genutzt werden. Erwartungsgemäß zeigt sich in diesem Szenario mit rund 23.800 Windenergieanlagen die in diesem Vergleich höchste Anzahl erforderlicher Anlagen.

Die Heatmap der Anlagen zeigt eine dezentrale Verteilung der Anlagen innerhalb Deutschlands (Abb. 74). Auffällig ist, dass in den Küstenregionen lediglich die Region nordwestlich von Hamburg intensiver beansprucht wird. Ballungen von Windenergieanlagen weisen die Regionen westlich von Köln, südlich von Mainz sowie bei Ulm und westlich von München auf.



Anlagenanzahl: 23.788  
 Zielenergiemenge: 269 TWh  
 ø Konfliktrisiko je Anlage: 3,04  
 Gesamt-Konfliktrisiko: 72.326

Abb. 74: Räumliche Verteilung der Windenergieanlagen in Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“

Bei der Betrachtung der Verteilung der Anlagentypen sowie der mit den Anlagenstandorten verbundenen Konfliktrisiken zeigt sich ein geringes Auftreten der höheren Konfliktrisikoklassen (Tab. 60). Bei knapp drei Viertel der insgesamt rund 23.800 platzierten Windenergieanlagen tritt ein mittleres Konfliktrisiko auf. Wie aufgrund der Verteilung zu erwarten ist, werden nur wenige besonders windhöffige Standorte für Anlagen des Typ C genutzt.

Tab. 60: Verteilung der platzierten Anlagentypen und damit verbundene Konfliktrisikoklassen in Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“

	Konfliktrisikoklasse						Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
<b>Anlagentyp A Schwachwind- anlage</b>	-	1.116	8.703	1.226	36	-	11.081
<b>Anlagentyp B mittlere Anla- gen</b>	-	1.269	8.190	1.761	275	-	11.495
<b>Anlagentyp C Starkwindan- lage</b>	-	359	769	71	13	-	1.212
<b>Gesamt</b>	-	2.744	17.662	3.058	324	-	23.788

## 6.5 Vergleich der Szenarien

Um Aussagen über den Einfluss der berücksichtigten Bewertungsgrößen auf die räumliche Verteilung sowie das Erreichen der Zielenergiemenge treffen zu können, werden die Szenarien miteinander verglichen.

Die Szenarien beinhalten bewusst weder heutige Anlagenstandorte – eine Berücksichtigung des aktuellen Ausbaustands findet allerdings indirekt über die Einbeziehung der Rahmenzahlen zum Ausbau der Windenergie an Land je Bundesland des Netzentwicklungsplans 2030 statt – noch sollen sie eine Prognose für den realistischen Ausbau der Windenergienutzung darstellen. Vielmehr wird anhand von alternativen Ausprägungen räumlicher Verteilungen der Einfluss von drei klar definierten Bewertungsgrößen deutlich gemacht. Durch die natur- und landschaftsschutzbezogene Bewertung der stereotypischen Verteilungen lassen sich auch Aussagen zu deren Natur- und Landschaftsverträglichkeit treffen.

Für den Vergleich sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass der Rotordurchmesser der unterschiedlichen Anlagentypen aus modellierungstechnischen Gründen als identisch angenommen wird. Die Nabenhöhen der Anlagentypen unterscheiden sich jedoch entsprechend der Windhöufigkeit am Standort. Unter Annahme von Schwachwindanlagen mit größeren Rotoren würden sich folgende Aspekte ändern bzw. gleichbleiben:

- Die Volllaststunden, die installierte Gesamtleistung und die Energiemenge bleiben gleich bzw. ähnlich.
- Die Anzahl der benötigten Windenergieanlagen würde, bei in etwa gleichbleibender Rotor-Gesamtfläche (für alle Anlagen zusammengerechnet), dementsprechend z.B. bei Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ sinken.
- Die gesamte Nennleistung würde dabei aber etwa gleich bleiben, bei einer Leistungserhöhung einer einzelnen Anlage dementsprechend die Anlagenanzahl antiproportional fallen.
- Rechenbeispiel: Wird der Rotordurchmesser um 10% erhöht (Faktor 1,1), steigt die Rotorfläche um 21% (Faktor 1,21). Bei gleichbleibender Leistungsdichte würde damit also auch die Leistung der Anlage um 21% steigen. Bei gleicher Nabenhöhe und ähnlichen Standorten ist mit ähnlichen Volllaststunden und damit auch mit rund 21% höheren Energieerträgen zu rechnen. Damit würden rund 17% weniger Anlagen für den gleichen Energieertrag benötigt (Faktor  $1/1,21 = \sim 0,83$ ), die aber einen ähnlichen Flächenverbrauch aufgrund der höheren Rotordurchmesser hätten.

### 6.5.1 Einfluss der Bewertungsgrößen Windhöufigkeit und Lastnähe

Die Ausprägungen der energiewirtschaftlichen Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ werden in Kapitel 3.4 und 0 ausführlich beschrieben. Im Vergleich zeigen sich wesentliche Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen sowie der Anzahl genutzter Konfigurationen des Windenergieanlagentyps A, B und C.

Auffällig ist, dass sich die Räume mit hohen Anlagendichten bei einer lastnahen Verteilung (Szenario B „Effizienz / Lastnähe“) im Vergleich zu Szenario A „Effizienz“ in weiten Bereichen unterscheiden (Abb. 75). Lediglich in einzelnen Regionen stimmen die Gebiete mit hoher Anlagendichte in den Szenarien A und B überein, wie z. B. westlich von Hamburg oder im östlichen Oberfranken. Die Bewertungsgröße Lastnähe besitzt einen relevanten Einfluss auf die Allokation von Windenergieanlagen, welcher nicht mit einer möglichst effizienten Nutzung der Windenergie vereinbar scheint.

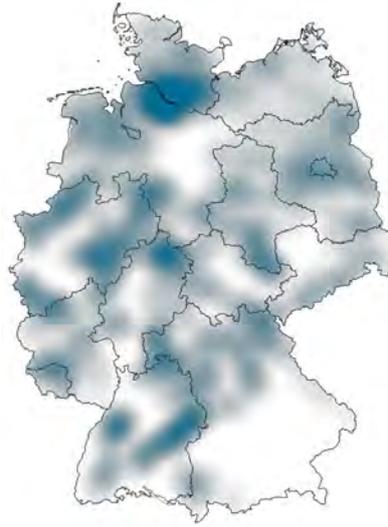
Dieser Schluss bestätigt sich auch, durch den Vergleich der jeweils in Szenario A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ genutzten Anlagentypen (Tab. 61). Während in Szenario A „Effizienz“ rund 7.600 WEA an besonders windhöffigen Standorten (Typ C) platziert werden, sind es in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ nur rund 1.800 WEA. Gleichzeitig werden in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ etwa 4.700 WEA des Typ A, an Schwachwind-Standorten platziert. Im Szenario A „Effizienz“ sind es lediglich 15 WEA. Die Gesamtschau verdeutlicht, dass bei der lastnahen Verteilung in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ rund 1/6 mehr Anlagen benötigt werden, um nahezu den gleichen elektrischen Energieertrag zu erzeugen. Lässt man die höhere Nabenhöhe der Schwachwindanlagen zunächst außen vor, entspricht dies aufgrund der gleichen Rotordurchmesser auch dem Anstieg des beanspruchten Raums.

Szenario A „Effizienz“



Anlagenanzahl: **18.040**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **4,43**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **79.995**

Szenario B „Effizienz / Lastnähe“



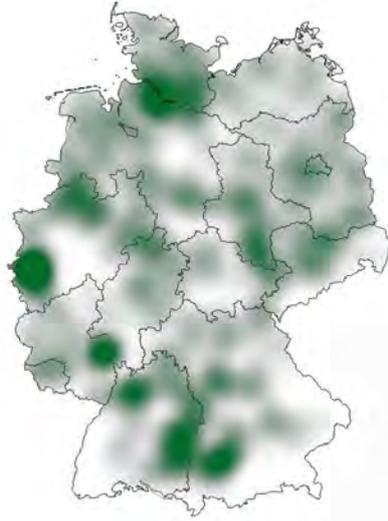
Anlagenanzahl: **21.254**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **4,85**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **103.015**

Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“



Anlagenanzahl: **20.305**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **2,91**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **59.153**

Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“



Anlagenanzahl: **23.788**  
Zielenergiemenge: **269 TWh**  
Ø Konfliktrisiko je Anlage: **3,04**  
Gesamt-Konfliktrisiko: **72.326**

Abb. 75: Vergleich der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen in den Szenarien, farblich hervorgehoben: Grün = aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes günstigste Werte; Rot = aus Sicht des Natur und Landschaftsschutz ungünstigste Werte.

Die installierte Leistung steigt in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ gegenüber Szenario A „Effizienz“ dagegen nur geringfügig, da die verstärkte Nutzung von Schwachwindanlagen – mit jeweils niedrigerer Leistung und größeren Nabenhöhen – die entsprechend etwas weniger windreichen Standorte gut nutzen. Die Volllaststundenzahl sinkt in der Folge nur relativ geringfügig. Unter Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes steigt die installierte Leistung im Vergleich von A „Effizienz“ zu A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ zu B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ ebenfalls nur geringfügig. Der Trend zur Inanspruchnahme von Schwachwindstandorten wird durch die Berücksichtigung der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz verstärkt. Auffällig ist, dass ein lastnaher Ausbau (Szenario B „Effizienz / Lastnähe“) eine stärkere Beanspruchung von mittleren und schwachen Windstandorten bedeutet als ein möglichst naturverträglicher Ausbau (Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“). In der Kombination des lastnahen und naturverträglichen Ausbaus (Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“) verstärkt sich demnach der Trend zur Nutzung von Schwachwindanlagen.

Tab. 61: Kennzahlen für die berechneten Szenarien A „Effizienz“ und A\* „Naturschutz / Effizienz“ sowie B „Effizienz / Lastnähe“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“

	Szenario A „Effizienz“	Szenario A* „Natur- schutz / Effizienz“	Szenario B „Effizienz / Lastnähe“	Szenario B* „Natur- schutz / Effizienz / Lastnähe“
Installierte Onshore-Windleistung [GW]	80,6	82,6	84,0	87,9
Durchschnittliche Volllaststunden* [h] (auf Zehnerstelle gerundet)	3.340	3.260	3.200	3.060
Anzahl Windenergieanlagen	18.040	20.305	21.254	23.788
davon Schwachwindanlagen (Typ A)	15	3.393	4.694	11.081
davon mittlere Anlagen (Typ B)	10.465	13.835	14.776	11.495
davon Starkwindanlagen (Typ C)	7.560	3.077	1.784	1.212

\* die hohen Volllaststunden sind vor dem Hintergrund des „grüne Wiese“ Ansatzes und der Gestaltung der Szenarien zu sehen. Sie stellen keine Prognose für reale Volllaststunden im Jahr 2035 dar.

Anhand einiger Kennzahlen sind in Tabelle 62 die Ausprägungen der Szenarien in Hinblick auf deren Konfliktrisiko mit dem Natur- und Landschaftsschutz dargestellt.

In Bezug zu dem Gesamt-Konfliktrisiko führt die höhere Anlagenzahl in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ zu einer schlechteren Bewertung aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes. Bei Betrachtung der durchschnittlichen Konfliktrisiken pro Anlage fällt jedoch auf, dass auch je genutzten Standort im Durchschnitt ein höheres Risiko besteht als in Szenario A „Effizienz“. Demnach ist die geringere Naturverträglichkeit des Szenarios B „Effizienz / Lastnähe“ nicht allein auf die zusätzlich benötigte Anlagenanzahl zurückzuführen.

Tab. 62: Vergleich der Anlagenanzahl, des durchschnittlichen Konfliktrisikos je Anlage und des Gesamt-Konfliktrisikos der Szenarien A „Effizienz“ und A\* „Naturschutz / Effizienz“ sowie B „Effizienz / Lastnähe“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“

	Szenario A „Ef- fizienz“	Szenario A* „Naturschutz / Effizienz“	Szenario B „Ef- fizienz / Lastnähe“	Szenario B* „Naturschutz / Effizienz / Last- nähe“
<b>Anlagenanzahl</b>	18.040	20,305	21.254	23.788
<b>Ø Konfliktrisiko je Anlage</b>	4,43	2,91	4,85	3,04
<b>Gesamt-Konfliktrisiko</b>	79.995	59.153	103.015	72.326

Aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes ist festzustellen, dass eine Optimierung der Windenergienutzung aus Effizienz­sicht geeigneter erscheint als ein besonders lastnaher Ausbau. Diese Aussage kann sich ändern, wenn weitere Folgen des effizienten Windenergieausbaus, insbesondere erforderlicher Ausbau von Stromübertragungsnetzen und damit verbundene Auswirkungen auf Natur- und Landschaft berücksichtigt werden. Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass das im Rahmen dieser Studie ermittelte Konfliktrisiko sich ausschließlich auf den Ausbau der Windenergienutzung selbst bezieht. Ein möglicherweise positiver Effekt der Lastnähe durch weniger Konfliktpotenzial beim Netzausbau wird in dieser Zahl nicht abgebildet und konnte im vorliegenden Vorhaben nicht untersucht werden.

### 6.5.2 Einfluss der Bewertungsgröße Naturschutz

In den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ wird der Natur- und Landschaftsschutz als zentrale Bewertungsgröße angesetzt. Gegenüber den Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ sind jeweils Veränderungen sichtbar, die einen Rückschluss auf den Einfluss des Natur- und Landschaftsschutzes zulassen.

In beiden Fällen führt die Einbeziehung der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz zu einer Dezentralisierung der Verteilung von WEA (Abb. 75). Im Vergleich des Szenario A „Effizienz“ und A\* „Naturschutz / Effizienz“ fällt auf, dass die Lage der Schwerpunkträume im Küstenbereich sowie der Region Prignitz größtenteils ähnlich ist. Für den Küstenbereich der Ost- und Nordsee ist anzumerken, dass eventuelle Konfliktrisiken im Zusammenhang mit dem Vogelzug in diesen Gebieten aufgrund fehlender Rauminformationen nicht berücksichtigt werden konnten. Deshalb kann es im Zuge einer ergänzten Raumbewertung und erneuten Prüfung der Natur- und Landschaftsverträglichkeit zu abweichenden Ergebnissen kommen, wenn die Küstenbereiche im Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ (oder auch B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“) zunächst nicht in Anspruch genommen werden. Gleichzeitig werden andere Konzentrationsräume des Szenario A „Effizienz“ teilweise komplett aufgelöst. Dazu zählt insbesondere das Gebiet um den Harz. Weiterführend zeigt der Vergleich der Szenarien B „Effizienz / Lastnähe“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“, dass die Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz dazu führt, dass zum Teil bisher kaum in Anspruch genommene Regionen maßgeblich für die Windenergieerzeugung genutzt werden. Vor allem die Region um den Landkreis Heinsberg (NRW) und den Regierungsbezirk Schwaben (Bayern) verdeutlichen diesen Aspekt.

Da in den Szenarien mit maßgeblicher Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes jeweils eine größere Anzahl von Anlagen benötigt wird (Tab. 61), ist nicht auszuschließen, dass keine Verlagerung sondern eine zusätzliche Beanspruchung dieser Räume erfolgt. Zumindest die Aussparung des Harzes scheint aber auf die hohe Bedeutung dieser Region für den Natur- und Landschaftsschutz zurückführbar.

Werden die erforderliche Anzahl an WEA in den Szenarien verglichen, wird deutlich, dass neben der Bewertungsgröße Lastnähe auch die Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz zu einem gesteigerten Bedarf an WEA führt. Ausgehend vom effizienten Ausbau in Szenario A „Effizienz“ führt die Berücksichtigung der Lastnähe als Bewertungsgröße in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ zu einem Mehrbedarf von etwa 18 %, während der Natur- und Landschaftsschutz in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ etwa 13 % mehr Windenergieanlagen benötigt. Auffällig ist, dass in Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ gegenüber Szenario A „Effizienz“ etwa 32 % mehr WEA benötigt werden, um die Zielenergiemenge zu erreichen. Es ist naheliegend, dass die Bewertungsgrößen Lastnähe und Natur- und Landschaftsschutz in Hinblick auf die Allokation von Windenergieanlagen zum Teil entgegengesetzte Ansprüche darstellen. Die Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz verstärkt dabei jedoch den Effekt der Dezentralisierung, der maßgeblich durch die Bewertungsgröße Lastnähe hervorgerufen wird. Nähere Einblicke erlaubt der anschließende Vergleich der Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“.

Die Berücksichtigung der Konfliktrisikoklassen (Natur- und Landschaftsschutz) als Bewertungsgröße bewirkt in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ gegenüber den Szenarien A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“ erwartungsgemäß ein deutlich geringeres durchschnittliches Konfliktrisiko je Anlage (Tab. 62 und Abb. 76). Auch das ermittelte Gesamt-Konfliktrisiko ist jeweils geringer als in den Vergleichsszenarien. Die Erreichung der Zielenergiemenge ist also in beiden Szenarien, trotz der deutlich gesteigerten Anzahl von WEA, mit wesentlich geringen Konfliktrisiken gegenüber dem Natur- und Landschaftsschutz verbunden.

Das folgende Diagramm (Abb. 76) verdeutlicht den erheblich positiven Einfluss der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz auf die Gesamt-Konfliktrisiken sowie die durchschnittlichen Konfliktrisiken je Anlage. Auffällig ist, dass unabhängig von der zusätzlichen Berücksichtigung der Bewertungsgrößen Energiemenge oder Lastnähe, eine wesentliche natur- und landschaftsschutzbezogene Reduzierung des durchschnittlichen Konfliktrisikos möglich ist. Gleichwohl dem zusätzlichen Bedarf an Windenergieanlagen trägt die Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes zur deutlichen Vermeidung von Konfliktrisiken bei.

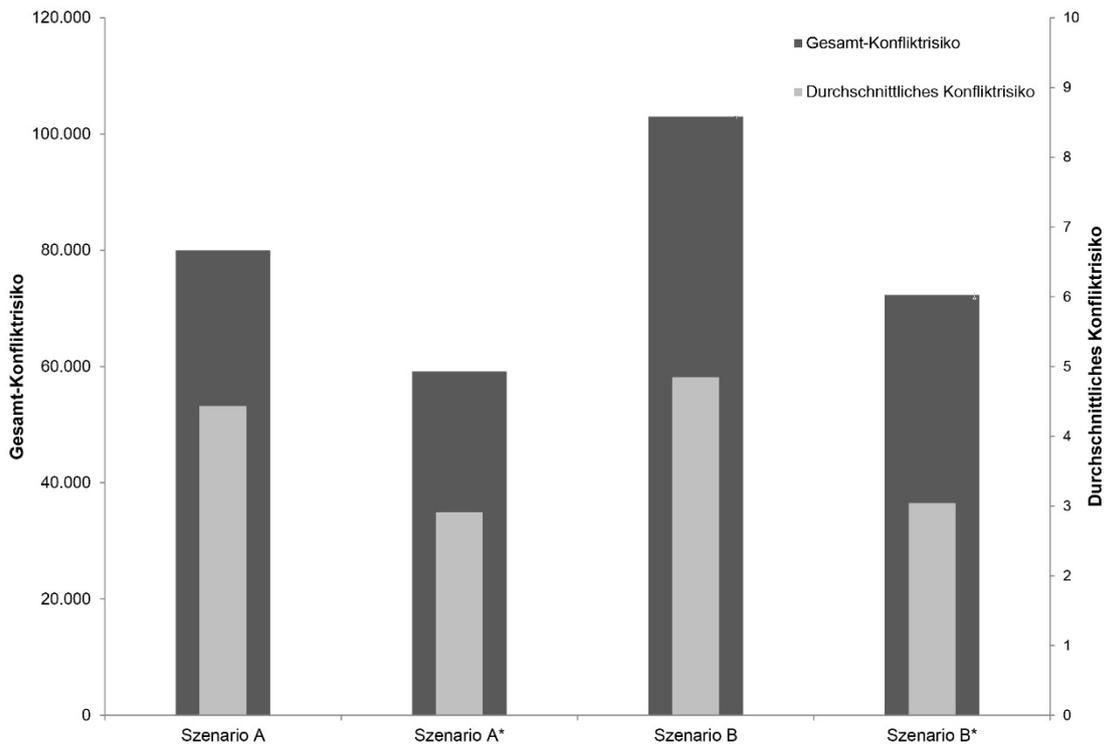


Abb. 76: Gesamt-Konfliktrisiko und durchschnittliches Konfliktrisiko der Szenarien

Ersichtlich wird auch, dass eine rein auf die Lastnähe ausgerichtete Verteilung von Windenergieanlagen mit besonders hohen Konflikten mit den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes verbunden wäre. Sowohl hinsichtlich des Gesamt- als auch des durchschnittlichen Konfliktrisikos zeigt sich in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“ der höchste Wert. Die Zunahme des Gesamt-Konfliktrisikos ist allerdings direkt mit der Anzahl der Windenergieanlagen verknüpft und erlaubt nur mittelbar Rückschlüsse (Abb. 77).

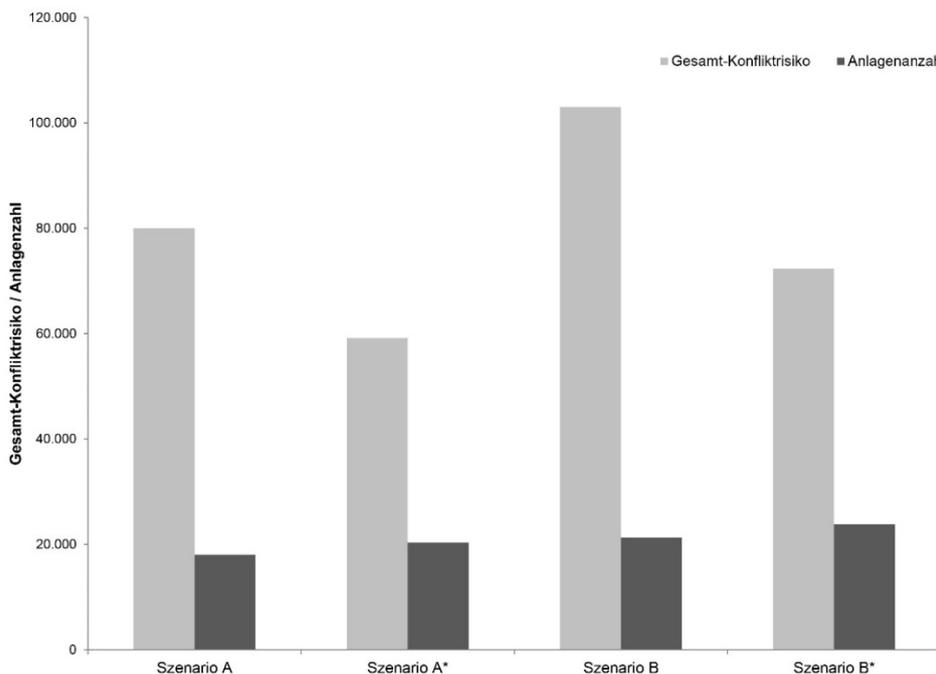


Abb. 77: Gesamt-Konfliktrisiko und Anlagenanzahl der Szenarien

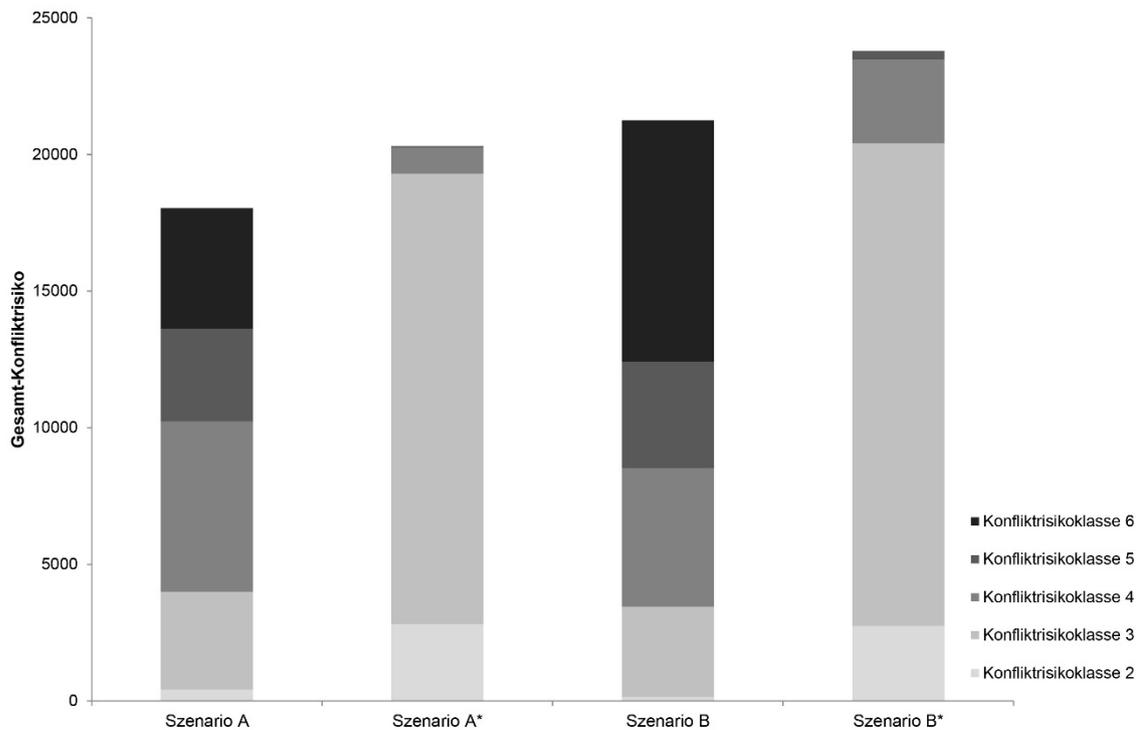


Abb. 78: Verteilung der in den Szenarien platzierten Windenergieanlagen auf die Konfliktrisikoklassen

Bei dem Vergleich der mit den platzierten Windenergieanlagen verbundenen Konfliktrisiken wird deutlich, dass in den natur- und landschaftsschutzoptimierten Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ trotz höherer Anlagenanzahl nur selten hohe Konfliktrisiken auftreten. Das Diagramm verdeutlicht, wie bereits angeführt, dass ein rein auf die Lastnähe ausgerichtetes Szenario verstärkt zur Inanspruchnahme von sich überlagernden Konfliktrisiken führt (Abb. 78).

Die Ausprägungen der natur- und landschaftsschutzoptimierten Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ werden in Kapitel 3.4 und 0 ausführlich beschrieben. Im Vergleich zeigen sich wesentliche Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen sowie der Anzahl genutzter Konfigurationen der Windenergieanlagen-Typen.

Wie bei dem Vergleich der energiewirtschaftlichen Szenarien (A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“) festgestellt, wirkt die Bewertungsgröße Lastnähe besonders dezentralisierend. Dieser Effekt ist auch im Vergleich der natur- und landschaftsschutzbezogenen Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ festzustellen. Es erfolgt eine räumliche Verschiebung von Schwerpunkträumen aus den Küstenregionen sowie der Prignitz nach Süddeutschland.

Die Verschiebung der Anlagen aus den windhöffigen in die lastnäheren Gebiete wird durch den Vergleich der platzierten Anlagentypen in den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ deutlich (Tab. 61 und Abb. 79).

Während die Schwachwindanlagen (Typ A) in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ knapp 18 Prozent ausmachen, liegt deren Anteil in Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ bei ca. 47 Prozent. Dies hat zur Folge, dass in der lastnäheren Verteilung eine höhere Anlagenzahl (ca. 17 % mehr als in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“) benötigt wird, um die entsprechende Energiemenge zu erreichen. Dabei spielen auch die geänderten Rahmenzahlen eine Rolle.

Bei der Betrachtung der Konfliktrisiken ist erkennbar, dass das Gesamt-Konfliktrisiko der in Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ platzierten Windenergieanlagen deutlich höher ist als in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“. Dies ist vorrangig durch die höhere Anlagenanzahl zu erklären, da das durchschnittliche Konfliktrisiko pro Anlage mit 3,04 nur geringfügig höher als in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“ (2,91) ausfällt. Es ist naheliegend, dass die in B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ gegenüber A\* „Naturschutz / Effizienz“ gesteigerte Inanspruchnahme von Gebieten mit höherer Konfliktrisikoklasse dem zusätzlichen Bedarf an Windenergieanlagen zur Erreichung der Zielenergiemenge zuzuschreiben ist. In Abb. 78 wird deutlich, dass die Konfliktrisikoklassen 4 und 5 deutlich häufiger auftreten.

Es ist feststellbar, dass durch die Einbeziehung der Bewertungsgrößen Lastnähe und Natur- und Landschaftsschutz Windenergieanlagen zunehmend an Schwachwindstandorten platziert werden müssen. Dieser Effekt wird vor allem bei der Kombination aller drei Bewertungsgrößen (Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“) deutlich (Abb. 79).

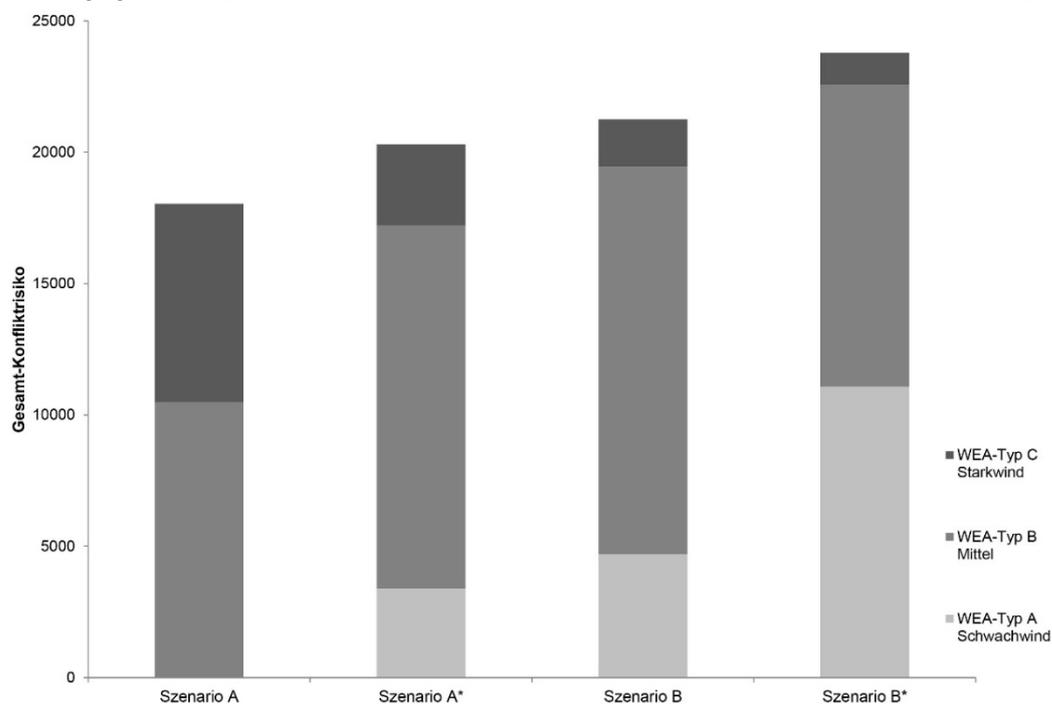


Abb. 79: Gesamt-Konfliktrisiko der Windenergieanlagen-Typen der Szenarien

Bei der Betrachtung der jeweiligen Schutzgüter zeigt sich, dass die Gesamt-Konfliktrisiken ähnlich ausfallen wie bei der aggregierten Bewertung (Tab. 63). So sind mit den natur- und landschaftsschutzoptimierten Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ bzw. B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ hinsichtlich jedes Schutzguts geringere Gesamt-Konfliktrisiken verbunden als mit den energiewirtschaftlichen Szenarien A „Effizienz“ bzw. B „Effizienz / Lastnähe“. Die höchsten Konfliktrisiken treten mit den Schutzgütern Fauna und Landschaft auf.

Tab. 63: Schutzgutbezogene Gesamt-Konfliktrisiken der Szenarien

<b>Schutzgut</b>	<b>Gesamt-Konfliktrisiko in Szenario A „Effizienz“</b>	<b>Gesamt-Konfliktrisiko in Szenario A* „Naturschutz / Effizienz“</b>	<b>Gesamt-Konfliktrisiko in Szenario B „Effizienz / Lastnähe“</b>	<b>Gesamt-Konfliktrisiko in Szenario B* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“</b>
<b>Fauna</b>	67.131	49.396	80.318	59.871
<b>Flora</b>	37.084	9.631	60.669	14.532
<b>Wasser</b>	32.940	25.598	43.789	30.775
<b>Boden</b>	32.353	24.255	43.031	28.376
<b>Klima und Luft</b>	24.787	1.170	48.497	2.352
<b>Landschaft</b>	67.167	58.869	86.250	71.666

### 6.5.3 Zusammenfassung zum Einfluss der Bewertungsgrößen

Der Vergleich der Szenarien zeigt, dass die Bewertungsgrößen die räumliche Verteilung der Windenergieanlagen unterschiedlich beeinflussen.

Die Bewertungsgröße Windgeschwindigkeit (Energiermenge) führt zu einer besonders ausgeprägten Konzentration der Windenergieanlagen in wenigen sehr windhöffigen Regionen. Damit sind zum einen ein vergleichsweise kleiner beanspruchter Raum sowie eine geringe Gesamtzahl benötigter Windenergieanlagen verbunden.

Die Bewertungsgröße Lastnähe führt zur Dezentralisierung der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen. Gleichzeitig wird durch die Bewertungsgröße ein zusätzlicher Bedarf an Windenergieanlagen hervorgerufen, da aufgrund der notwendigen Nähe zu den Lastzentren, nur noch vereinzelt besonders effektive Standorte in Anspruch genommen werden können.

Die Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz führt grundsätzlich zu einer deutlichen Reduzierung der Konfliktrisiken des Ausbaus der Windenergienutzung. Dabei führt sie zu einer gewissen Dezentralisierung des Ausbaus und ist mit einem höheren Bedarf an Windenergieanlagen verbunden.

Es ist nicht möglich allen Bewertungsgrößen in einem Szenario gerecht zu werden. Die Berücksichtigung der Bewertungsgröße Natur- und Landschaftsschutz führt jeweils zu einer Beanspruchung anderer, konfliktärmerer Räume, die verstärkt in windschwächeren und lastferneren Regionen liegen. Festzustellen bleibt, dass in allen Szenarien die Zielenergiemenge erreicht werden kann. Potenzialflächen sind demnach zumindest bis 2035 ausreichend vorhanden. Im Hinblick auf eine mögliche Steuerung des Ausbaus der Windenergie sind die, durch die Bewertungsgrößen abgebildeten Interessen als überwiegend entgegenlaufend zu bewerten.

Aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes ist aber vor allem festzustellen, dass eine Optimierung der Windenergienutzung aus Effizienzsicht geeigneter erscheint als ein besonders lastnaher Ausbau. Diese Aussage kann sich ändern, wenn weitere Folgen des effizienten Windenergieausbaus, insbesondere erforderlicher Ausbau von Stromübertragungsnetzen und damit verbundene Auswirkungen auf Natur- und Landschaft berücksichtigt werden. Diese Untersuchung konnte aber im Rahmen des vorliegenden Vorhabens nicht gemacht werden.

Zudem muss für die Bewertungsgröße Naturschutz für die Küstenbereiche der Ost- und Nordsee davon ausgegangen werden, dass eventuelle Konfliktrisiken mit dem Vogelzug in diesen Gebieten aufgrund fehlender Rauminformationen nicht berücksichtigt werden konnten und so auch nicht in den aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes optimierten Szenarien eingehen konnten. Auch hier könnten sich mit entsprechenden Informationen Veränderungen in der räumlichen Verteilung und dem Gesamtkonfliktrisiko der entsprechenden Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ ergeben.

## **7 Diskussion**

### **7.1 Anwendung und Einsatzfelder**

Mit Hilfe der bundesweiten Informationen über natur- und landschaftsschutzbezogene Konfliktrisiken kann die Aufgabe erfüllt werden, die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes im Zuge von strategischen Entscheidungen auf Bundesebene zu berücksichtigen.

Die bundesweiten und räumlich differenzierten natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken gegenüber der Windenergienutzung werden im Forschungsvorhaben exemplarisch in zwei Feldern eingesetzt. Zum einen dient das Ergebnis der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung von Szenarien des Windenergieausbaus (Kap. 6). Für die Bewertung der Ausbauszenarien wird die jeweils ermittelte Verteilung der Windenergieanlagen in der Bundesrepublik (Szenario A „Effizienz“ und B „Effizienz / Lastnähe“) mit den Konfliktrisiken überlagert. Anhand der Konfliktrisiken von Windenergieanlagen betroffener Flächen werden die Szenarien hinsichtlich ihrer relativen Natur- und Landschaftsverträglichkeit miteinander verglichen.

Zum anderen wird der Natur- und Landschaftsschutz, anhand der vorliegenden Informationen über Räume mit geringeren und höheren natur- und landschaftsschutzbezogenen Konfliktrisiken, im Zuge der Entwicklung von Ausbauszenarien als Bewertungsgröße berücksichtigt (Kap. 4). In den Szenarien A\* „Naturschutz / Effizienz“ und B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ werden die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes entsprechend berücksichtigt. Dabei erfolgt die Verteilung von Windenergieanlagen im Raum so, dass im Ergebnis möglichst geringe Konfliktrisiken mit dem Natur- und Landschaftsschutz auftreten.

Weitere Einsatzfelder der Vorgehensweise stellen bundesweite Planungen anderer Vorhabentypen, wie z.B. Netzausbau oder PV-Freiflächenanlagen, dar. Darüber hinaus ist die Herangehensweise zur Raumbewertung grundsätzlich auch auf untergeordnete Planungsebenen wie etwa der Regional- und Landschaftsrahmenplanung übertragbar. Dann ist vor allem eine Anpassung an die Datenlage und geforderte Aussageschärfe dieser Planebenen vorzunehmen.

### **7.2 Methodenkritik**

Die entwickelte Vorgehensweise bietet einen praktikablen und dem Maßstab angepassten Weg zur natur- und landschaftsschutzbezogenen Raumbewertung auf der Bundesebene. Gleichzeitig hat das Forschungsvorhaben aufgezeigt, dass verschiedene Punkte diskussionswürdig sind. Zu diesen zählen vor allem die Themen Datenverfügbarkeit und Expertenbewertung, die im Folgenden genauer betrachtet werden.

#### **7.2.1 Datenverfügbarkeit**

Das Ergebnis der Bewertung ist u.a. vor dem Hintergrund der verfügbaren Rauminformationen zu beurteilen. Ausgehend von der gegenwärtig geringen thematischen Breite natur- und landschaftsschutzbezogener Datengrundlagen auf der Bundesebene, ermöglicht die Vorgehensweise dennoch eine, der Ebene adäquate, räumlich differenzierte Abbildung von Konfliktrisiken mit dem Ausbau der Windenergienutzung.

Zum Teil weisen die verwendeten Eingangsdaten lediglich schwache Indikatorfunktionen auf. Die gesuchten Raumeigenschaften können nur mit größeren Unsicherheiten abgebildet werden. Zudem hat die Diskussion mit Expertinnen und Experten im Forschungsvorhaben eindeutig aufgezeigt, dass spezifische Konflikte überwiegend zwar bis ins Detail bekannt, aufgrund fehlender Datengrundlagen in ihrer räumlichen Ausprägung jedoch nicht abbildbar

sind. Dazu zählen z. B. der Vogelzug, insbesondere im Küstenbereich der Nord- und Ostsee (Kap. 6.5.2), das Vorkommen von Fledermäusen und solche für den Natur- und Landschaftsschutz wertvolle Waldgebiete. Aber auch hinsichtlich weiterer Konflikte, wie mit dem Landschaftsbild, fehlen Rauminformationen. Damit verbunden sind Unsicherheiten bei den Aussagen zu den Konfliktrisiken, die auch in der Einstufung des Konfliktrisikos unter dem Begriff der Treffsicherheit berücksichtigt wurden (Kap. 3.5).

Trotz des jüngst positiven Trends der Datenverfügbarkeit im Bereich des Natur- und Landschaftsschutzes (BfN 2015), ist mittelfristig nicht mit entscheidenden Verbesserungen zu rechnen. Um Aussagen zum Natur- und Landschaftsschutz auf eine fundierte Grundlage zu stellen, sind zusätzliche Rauminformationen erforderlich. Relevante bundesweit homogene Daten sind in der folgenden, nicht abschließenden Liste aufgeführt:

- Zugkorridore von ggü. Windenergienutzung empfindlichen Vogelarten,
- Lebensräume von ggü. Windenergienutzung empfindlichen Vogelarten,
- Lebensräume von ggü. Windenergienutzung empfindlichen Fledermausarten,
- ökologische Waldfunktionen (z.B. Lebensräume, Wasserrückhaltung, Bodenschutz usw.),
- Besonders wertvolle Waldgebiete,
- Besonders wertvolle Landschaftsbildgebiete,
- Angebot und Nachfrage zu Räumen natur- und landschaftsschutzbezogener Erholung,
- Gebiete mit ggü. Windenergienutzung empfindlichen Landschaften.

### **7.2.2 Expertenbewertung**

Als zentraler Baustein der Vorgehensweise besitzt die Bewertung der Flächenkategorien großen Einfluss auf das Ergebnis sowie dessen Interpretation. Im Rahmen des Forschungsvorhabens erfolgte eine fundierte Expertenbewertung.

Dabei wurde grundsätzlich iterativ und diskursiv vorgegangen. An der Bewertung war das Projektteam, das Bundesamt für Naturschutz und weitere Expertinnen und Experten aus der Forschung und Praxis der Landschafts- und Raumplanung beteiligt. Ausgehend von einer ersten Einschätzung durch das Projektteam vollziehen die Expertinnen und Experten alle Bewertungen und geben, sofern abweichend, ihre eigenen Bewertungen ab. Anschließend wurden die unterschiedlichen Bewertungen in der Sitzung der projektbegleitenden Arbeitsgruppe sowie mit einzelnen Expertinnen und Experten diskutiert.

Die Vorgehensweise ist durch die Kapazitäten des Forschungsvorhabens begrenzt. Innerhalb dieser Grenzen können sich die externen Expertinnen und Experten sowie die Vertreterinnen und Vertreter des BfN in der Regel nur mit deutlich beschränkter Zeit der Bewertung von Flächenkategorien widmen.

Einer Bewertung auf Bundesebene, die zu einem gemeinschaftlich anerkannten Ergebnis führt, muss ein ebenso allgemein anerkannter Prozess zugrunde liegen. Diesem Anspruch kann das Forschungsvorhaben nicht in Gänze gerecht werden.

Der an die Delphi-Methode angelehnte Prozess muss dazu eine Reihe von Anforderungen erfüllen:

- Einbeziehung aller relevanten Expertinnen und Experten in der Bundesrepublik
- Ausreichende Kapazitäten für eine intensive Auseinandersetzung der Expertinnen und Experten mit den Flächenkategorien.
- Ausreichend Raum für einen iterativen Diskurs.

### 7.2.3 Gewichtung der Bewertungsgrößen für die Regionalisierung des Zubaus

Die vorgestellte Methodik stellt einen möglichen Ansatz dar, wie die Bewertungsgrößen bei der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen zu gewichten und damit zu berücksichtigen sind. Die einzelnen Gewichte der Bewertungsgrößen Windressource/Ertrag, Lastnähe sowie Natur- und Landschaftsschutz wurden jedoch nicht empirisch ermittelt, sondern nach Ermessen der Studierstellerinnen und Studiersteller festgelegt. Eine abweichende Gewichtung der Bewertungsgrößen hätte zum Teil deutlichen Einfluss auf die resultierenden Verteilungen. Sensitivitäten wurden im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet.

## 7.3 Einordnung der Szenarien anhand einer Verbrauchsprognose

Um die Ergebnisse der berechneten Szenarien des Ausbaus der Windenergienutzung interpretieren und Rückschlüsse auf die Sensitivität der berücksichtigten Bewertungsgrößen ziehen zu können, ist die Einordnung in die aktuellen Ausbaupfade erforderlich. Ein maßgebliches Steuerungsinstrument für die Energiewende sind die politischen Vorgaben, so vor allem die Klimaschutzziele. Das erklärte Ziel, bis 2030 50 % des Bruttostromverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken, wird in dem Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD vom 14. März 2018 weiter auf einen 65 %-Anteil erneuerbarer Energien angehoben (Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 2018). Momentan werden 36,2 % des Bruttostromverbrauchs durch erneuerbare Energien erzeugt (Abb. 80).

### Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

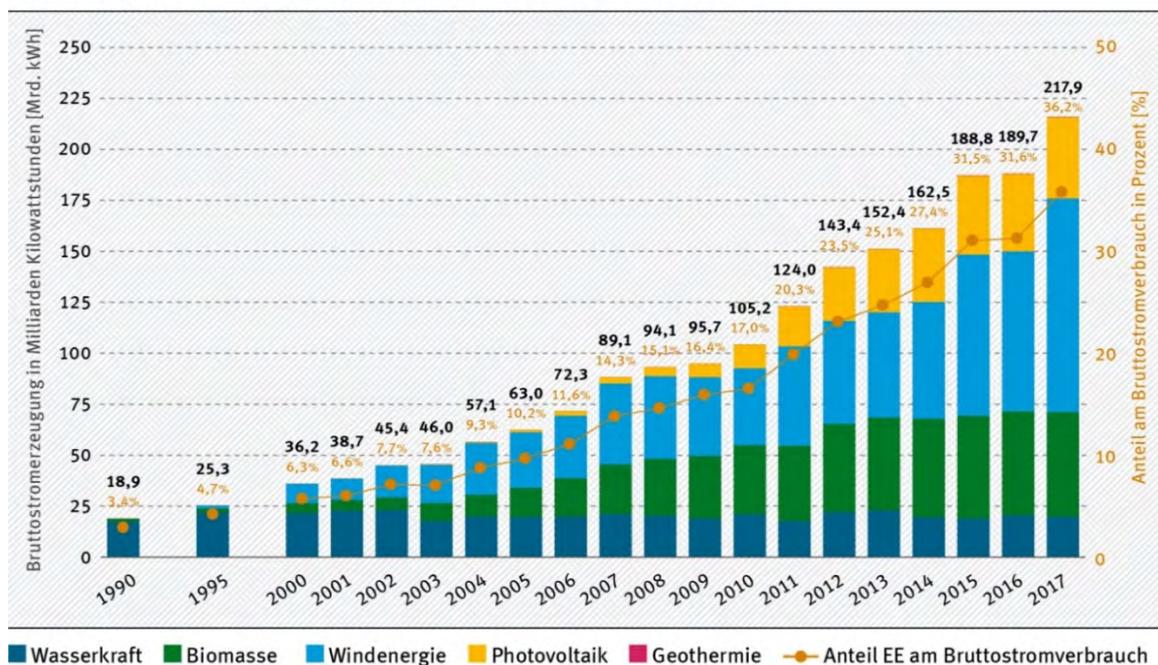


Abb. 80: Entwicklung der Stromerzeugung bzw. des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien in Deutschland (UBA 2018)

Der bis zum Zieljahr der Szenarien (2035) zu erreichende Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch wird im Forschungsvorhaben durch Hochrechnung des im Koalitionsvertrag genannten Ziels (65 % im Jahr 2030) auf 73 % festgelegt. Dieser Wert liegt dem potenziellen Energiemix für das Jahr 2035 (Szenario 2035 B, NEP 2030) zugrunde, in welchen sich die Szenarien einordnen lassen.

Da u.a. bewusst kein aktueller Anlagenbestand als Ausgangssituation herangezogen wird, stellen die Szenarien keine Prognose dar und sind damit auch nicht abschließend mit einem möglichen Gesamtausbau der erneuerbaren Energien gleichzusetzen.

Die Volllaststunden und Energiemengen sind in den Szenarien relativ hoch. Zum einen könnte dies auf die Verteilung der Windenergieanlagen nach einem „grüne Wiese“-Ansatz – ohne Berücksichtigung der Bestandsanlagen – zurückzuführen sein. Zum anderen kann trotz Überprüfungen eine überschätzende Ertragsberechnung nicht gänzlich ausgeschlossen werden (Kap. 3.2). Hinsichtlich der Modelle zur Ertragsberechnung besteht daher weiterer Forschungsbedarf.

Die Verwendung der in den Szenarien bestimmten Zielenergiemengen von 269 TWh im Gesamt-Energiemix würde damit zu einer Unterschätzung des benötigten Ausbaus der Nutzung von PV-FFA führen. Als Konsequenz wird in dem Energiemix in der folgenden Tabelle nicht die Energiemenge der Szenarien (269 TWh) genutzt, sondern eine geringere Energiemenge von rund 232,9 TWh. Diese basiert auf den angenommenen Leistungen bei 2.650 Volllaststunden, die auch dem Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ zugrunde liegen. Die Volllaststunden ergeben sich aus dem Mittelwert der Volllaststunden für Neuanlagen aus dem NEP (2.300 h) und den Volllaststunden aus dem Szenario B\* „Naturschutz / Effizienz / Lastnähe“ (ca. 3.000 h).

Der entworfene Energiemix (Tab. 64) setzt einen ambitionierten und realitätsnahen Ausbau der erneuerbaren Energien insgesamt voraus. Dabei zeigt sich, dass die Szenarien Extremfälle des Ausbaus der Windenergieanlagen darstellen. Ein rein nach Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit, der Lastdeckung oder des Natur- und Landschaftsschutzes ausgerichteter Ausbau wird in der Realität nicht erfolgen. Die Modellierung von Extremfällen ermöglicht, unterschiedliche Einflüsse der Bewertungsgrößen auf die Verteilung der Windenergieanlagen im Raum und damit verbundene Wirkungen auf den Natur- und Landschaftsschutz zu identifizieren.

Tab. 64: Energiemix für das Jahr 2035

Verbrauch	Energiemenge [TWh]	Quelle / Anmerkungen		
<b>Nettostromverbrauch</b>	561,9	eigene Berechnung, orientiert am Szenario C aus dem NEP 2019 (Szenario C nur für 2030, für 2035 deswegen eigene Berechnung)		
<b>Netzverluste &amp; Kraftwerkseigenverbrauch</b>	70,0	inklusive Verbrauch Pumpspeicherkraftwerke		
<b>Bruttostromverbrauch</b>	631,9			
	Energiemenge [TWh]	Volllaststunden [h]	Leistung [GW]	Quelle / Anmerkungen
<b>Biomasse</b>	27,5	5000	5,5	
<b>Wasserkraft</b>	20,4	4000	5,1	entsprechend NEP, und keine weitere Leistungssteigerung
<b>Sonstige (inklusive Müll, Anteil regenerativ)</b>	2,0	4000	0,5	
<b>Wind, Offshore</b>	81,7	4300	19,0	entsprechend NEP plus Leistungssteigerung 2030 (15 GW) bis 2035
<b>Wind, Onshore</b>	232,9	2650	87,9	Erläuterung im Text, s.o.
<b>PV</b>	93,7	950	98,6	Volllaststunden siehe NEP; Leistung: eigene Annahme
<b>Summe durch erneuerbare Energien</b>	458,2			73 % des Bruttostromverbrauchs; passend zum 65 %-Ziel für 2030

## 8 Empfehlung und Fazit

Die entwickelte Herangehensweise zur Berechnung regionalisierter Ausbauszenarien der Windenergienutzung und deren natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung dienen im Ergebnis der Identifikation von Optionen strategischer Steuerung auf der Bundesebene. Wie dargestellt, sind die Szenarien keine Prognosen einer realen zukünftigen Verteilung von Windenergieanlagen, sondern mögliche exemplarische Entwicklungen, die einen Rückschluss auf den Einfluss unterschiedlicher Treiber (Bewertungsgrößen) der räumlichen Verteilung des weiteren Ausbaus der Windenergienutzung zulassen. Auf der Bundesebene bestehen verschiedene strategische Steuerungsansätze mit denen unter Berücksichtigung der zuvor in der Szenarientwicklung behandelten Bewertungsgrößen Windhöffigkeit (Energie menge), Lastnähe und Natur- und Landschaftsschutz auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien sowie deren regionaler Verteilung Einfluss genommen werden kann.

### **Flächen und daran gebundene Natur- und Landschaftsschutzbelange von Beginn an in die Strategien der Energiewende einbeziehen!**

Ein Ziel des FuE-Vorhabens ist es (Kap. 1) mit Hilfe von systematisch, vergleichbar und nachvollziehbar aufgebauten Szenarien die Steuerungsspielräume identifizieren und darstellen zu können, an denen sich der Grad der Natur- und Landschaftsverträglichkeit beim weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien entscheidet. Es kann am Beispiel der Windenergieanlagen – dem erneuerbaren Energiesektor mit den landschaftlich weitreichendsten Auswirkungen (Kap. 2) – gezeigt werden, dass in Szenarien des weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien auf der Bundesebene neben technischen und wirtschaftlichen Aspekten die Natur- und Landschaftsschutzbelange als gleichrangiger Anspruch technisch und konzeptionell einbezogen werden können und sollen. Dabei zeigt sich ebenfalls, dass Optimierungspotenziale aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes bestehen, die mit den Ausbauzielen der Windenergienutzung – zumindest bis 2035 – vereinbar sind. So würde eine priorisierte Berücksichtigung von Natur- und Landschaftsschutzbelangen wie in Szenario A\* „Naturschutz / Effizienz“, zwar insgesamt zu mehr Windenergieanlagen, aber gleichzeitig zu deutlich geringeren Konfliktrisiken führen. Die Studie zeigt somit, dass sich die Interessen von Energiewirtschaft/-versorgung (Ausbau an windhöffigen Standorten) und Natur- und Landschaftsschutz (Ausbau an möglichst konfliktarmen Standorten) leichter vereinbaren lassen als dies häufig angenommen wird.

Für die weitere Diskussion dieses Befundes ist zu bedenken, dass es sich hier um ein hoch aggregiertes Ergebnis auf Bundesebene handelt, das auf einer flächenbezogenen Bewertung von Konfliktrisiken beruht und keine Aussagen über die tatsächliche Konfliktintensität am konkreten Standort treffen soll, wie dieses z.B. auf der Ebene der Regionalplanung und insbesondere Genehmigung möglich und erforderlich ist (Abschichtung, s. u.).

Es wird daher grundsätzlich empfohlen, die räumliche Ausprägung von Natur- und Landschaftsschutzbelangen und daraus resultierende Konfliktrisiken zukünftig auch bereits bei strategischen Planungen oder Entscheidungen zur Energiewende auf der Bundesebene, wie z. B. dem Szenariorahmen zum NEP, differenziert als gleichrangige Bewertungsgröße zu berücksichtigen. Nur so kann die erforderliche Balance zwischen wirtschaftlich-technischen und an die Fläche gebundenen natur- und landschaftsschutzbezogenen Anforderungen gewährleistet werden. Mit der räumlich differenzierten und damit flächenbezogenen Bewertung von Konfliktrisiken steht dafür eine grundsätzlich geeignete Methodik zur Verfügung.

## **Bundespolitische Entscheidungen über Förderstrategien und Investitionen auch an der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung von Szenarien ausrichten!**

Wenngleich der Bund im föderalen System nicht die Planungs- und Entscheidungshoheit für konkrete Einzelprojekte besitzt, ist es ein Ziel des Vorhabens, Anhaltspunkte für z.B. bundespolitische Förderinstrumente oder Investitionsentscheidungen aufzuzeigen, die räumlich und inhaltlich auf die Natur- und Landschaftsverträglichkeit der Umsetzung der Klimaschutz- bzw. erneuerbare Energie-Ziele Einfluss nehmen könnten. Die verglichenen Szenarien zeigen die räumlichen Disparitäten auf, die sich aus den unterschiedlichen Verteilungsmustern ergeben würden. Diese Befunde liefern eine sehr fundierte umwelt-, natur- und landschaftsschutzpolitische Diskussionsgrundlage, wenn etwa die Frage der gerechten Verteilung der Lasten der Energiewende auf die Bundesländer oder die Frage der Konzentration von Windenergieanlagen in bestimmten Regionen im Raum steht.

Für die Verwertung der Ergebnisse des Szenarienvergleichs ist diesbezüglich zu bedenken, dass die Methodenentwicklung zunächst nur am Beispiel der Windenergienutzung erfolgte. Erst in der Gesamtschau (Sektorkoppelung / Energiemix) kann aber die Natur- und Landschaftsverträglichkeit von Szenarien der Energiewende konsequent in den Blick genommen werden.

Im Sinne einer möglichst natur- und landschaftsverträglichen Energiewende wird empfohlen, bei bundespolitischen Investitionsentscheidungen gezielt Optionen der räumlichen Steuerung zu integrieren. Hinsichtlich der inhaltlichen Dimension wird weiterführend empfohlen, die natur- und landschaftsschutzrelevanten Innovationspotenziale innerhalb der einzelnen erneuerbaren Energiesektoren gezielt durch Forschungs- und Investitionsprogramme zu fördern. Das Handlungsfeld sollte also nicht nur von den Konfliktrisiken her (reagierend), sondern auch aus der Perspektive „natur- und landschaftsverträgliche Technikentwicklung“ (aktivierend) angegangen wird.

## **Methodik der Szenarientwicklung und -bewertung für eine bundesweite Energieplanung (z.B. Bundesenergieplanung analog zur Bundesnetzplanung) und nachgelagerte Planungsebenen nutzbar machen!**

Wie bereits zuvor beschrieben, bieten die Szenarien eine gute Entscheidungsgrundlage für Steuerungsmöglichkeiten auf Bundesebene, wie sie z. B. durch ein Bundesraumordnungsprogramm geboten würden. Aus dem Vorhaben gewonnene Erkenntnisse könnten direkt in die Erarbeitung eines möglichen Bundesenergieplans einfließen. Zudem können aus der entwickelten Herangehensweise grundlegende methodische Aspekte für die planerische Steuerung auf nachgelagerten Ebenen, wie z.B. der Landesentwicklungsplanung oder sogar der Regionalplanung bereitgestellt werden.

Um die entwickelten Szenarien in die Aufstellung eines möglichen Bundesraumordnungsprogramms integrieren zu können, wären allerdings realitätsnähere Szenarien des Ausbaus der Windenergienutzung zu erarbeiten und natur- und landschaftsschutzbezogen zu bewerten. Die beiden energiewirtschaftlichen Szenarien „Windhöffigkeit / Effizienz“ (A) und „Lastnähe / Effizienz“ (B) liefern aufgrund der bewusst gewählten Extreme allenfalls Leitplanken für die möglichen Entwicklungen. Gleichzeitig bedarf es einer weiteren fachlichen Validierung der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung, um sie als bundesweit anerkannte Bewertungsgrundlage zu etablieren.

Bei der Ableitung von methodischen Hinweisen für nachgeordnete Planungsebenen rückt die Frage ins Blickfeld, wie es gelingen kann, die auf der Bundesebene erkannte natur- und landschaftsverträgliche Planung in einem iterativen Prozess zunächst auf der Ebene der Landesplanung und anschließend der Regionalplanung sowie zuletzt der lokalen Ebene zu überprüfen, anzupassen und weiter zu optimieren.

Es wird empfohlen, die in diesem Vorhaben erarbeitete Herangehensweise zu nutzen, um die Szenarientwicklung ggf. anzupassen und so Herangehensweisen zur Integration in bundesweite Strategien aufzuzeigen. Diese Ergebnisse stünden dann auch den Bundesländern als Hintergrundinformation für Entscheidungen auf Landesebene zur Verfügung. Gleichzeitig bietet es sich an, die entwickelte Herangehensweise in ihren Grundzügen auch auf den nachgelagerten Planungsebenen der Bundesländer und Planungsregionen anzuwenden. Zentrale Anforderung für die erforderliche zunehmende Detaillierung ist das Vorhandensein adäquater Rauminformationen. Dies sollte für die Bundesländer und insbesondere für die Planungsregionen bzw. Landkreise aufgrund der deutlich detaillierteren Datengrundlagen im Allgemeinen gewährleistet sein. Aus regionaler Sicht können andere Entscheidungskriterien hinzukommen, die gegenüber den hier dargestellten, zu abweichenden und konkretisierenden Ergebnissen führen können.

Zur genaueren Einschätzung der Übertragbarkeit und der erforderlichen methodischen Anpassungen ist es sinnvoll, an kontrastierenden Beispielräumen (z.B. Magdeburger Börde und Harz) Regionalstudien anzuschließen, die mit dann feiner auflösenden Inputdaten die hier entwickelte Herangehensweise anwenden. Hierfür sollten Kooperation zwischen dem BMU bzw. BfN und der LANA gesucht werden.

### **Vergleichsmöglichkeiten mit dem Ist-Zustand nutzen!**

Die Entwicklung der Szenarien ohne Berücksichtigung der bestehenden Windenergieanlagen dient hier vor allem der Fokussierung der Untersuchungen auf den spezifischen Einfluss der Bewertungsgrößen. Darüber hinaus eröffnen sich durch diese Szenarien Vergleichsmöglichkeiten mit dem tatsächlichen Bestand an Windenergieanlagen. So könnten Verteilungsunterschiede herausgearbeitet und deren Ursachen analysiert werden, sodass mögliche, aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvolle oder notwendige Umverteilungen – im Rahmen von Repowering – identifiziert werden könnten. Darüber hinaus bietet das Instrument der natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertung auch die Möglichkeit den aktuellen Anlagenbestand in Deutschland zu bewerten. Darauf aufbauend ist es außerdem möglich ein bundesweites natur- und landschaftsschutzbezogenes Monitoring der Entwicklungen im Bereich des Ausbaus der Windenergienutzung durchzuführen.

Derartige Handlungsoptionen erfordern jedoch eine auf dieser Ebene im Vergleich zur heutigen Situation nur mit erheblich höherem Aufwand leistbare Bereitstellung von aktuellen, verlässlichen und flächendeckenden Daten von gleichbleibender Qualität. Außerdem wären weitere Faktoren, wie andere erneuerbare Energien und der Netzausbau einzubeziehen. Zur Evaluation des bisherigen Ausbaus würde beispielsweise ein Vergleich zwischen einer natur- und landschaftsschutzoptimierten Verteilung von Windenergieanlagen und der aktuellen Verteilung wichtige Erkenntnisse liefern können. Für eine sachgerechte Durchführung ist es jedoch notwendig, die auf Bundesebene entwickelten Szenarien und natur- und landschaftsschutzbezogenen Bewertungen hinsichtlich ihrer Datengrundlagen bzw. ihrer Aussagekraft zu optimieren. Wesentliche Ansatzpunkte dazu sind das Zusammenführen und das Erarbeiten spezifischer für die Planungsebene nutzbarer Rauminformationen sowie das Vorhandensein von gemeinschaftlich anerkannten, auf diese Rauminformationen bezogenen Wertsysteme zur Anwendung im Rahmen der Bewertung durch Expertinnen und Experten. Darüber hinaus sollten die so im bundesweiten Maßstab erarbeiteten Ergebnis durch einen

Abgleich mit solchen, die auf nachgeordneten Ebenen mit umfangreicheren und verlässlicheren Daten erarbeitet wurden, abgeglichen und ggf. validiert werden.

### **Soziale und landschaftliche Fragestellungen in Bezug zum Ausbau der erneuerbaren Energien stärker in den Fokus der Forschung rücken!**

Ein besonderes Augenmerk wird im Forschungsvorhaben auf den ästhetischen Gesamtwert sowie die Erholungsfunktion der Landschaften gelegt. Die Ergebnisse der explorativen, empirischen Studien offenbaren einerseits die Präferenzen für bestimmte Landschaften (hier walddominierte und grünlanddominierte Landschaften) und andererseits einen Zusammenhang zwischen der Bewertung der Landschaft und dem Vorhandensein von Windenergieanlagen. Allerdings wird auch deutlich, dass beiden bevorzugten Landschaftstypen auch mit Windenergieanlagen ein überdurchschnittlicher ästhetischer Gesamtwert und Erholungswert zugeschrieben wird. Anders ausgedrückt: Die Windenergieanlagen entwerten die Landschaften zwar nicht vollständig, gleichwohl stellen sie eine Störung und Verminderung beider Werte der Landschaft dar.

Im Wesentlichen weisen die Ergebnisse darauf hin, dass mit Expertenbewertungen Ergebnisse gewonnen werden können, die mit Bewertungen durch die Öffentlichkeit korrelieren (wenngleich im vorliegenden Fall die Stichprobe für verlässliche Aussagen zu klein war). Dennoch zeigen auch die Versuche der Anpassung der Bewertungsherangehensweise und -maßstäbe, dass ohne weitere intensive Forschung kaum Verbesserungen möglich sind. Dies sollte als Hinweis darauf gewertet werden, dass aktuelle sozialkonstruktivistische Theorien hierfür die Grundlage sein müssen. Dies stellt letztendlich die planungspraktische Frage wie allgemeingültige Bewertungen für Landschaften auf der Bundesebene erreicht werden können, wenn gleichzeitig bekannt ist, dass die Landschaftswahrnehmung hoch individualisiert sein kann. Die sozialkonstruktivistischen Theorien gehen jedoch auch von einem großen Teil bereits ausgehandelter Landschaftswerte aus, die zumindest innerhalb bestimmter gesellschaftlicher Gruppen geteilt werden. Die Planung wird dem Anspruch unterschiedlicher Gruppen letztendlich durch die Entwicklung und Gestaltung diverser Landschaften gerecht werden müssen. Diese werden sich selbstverständlich in Bezug auf Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie Erholungswert unterscheiden und dementsprechend mehr oder weniger für den Ausbau der Windenergie und anderer erneuerbarer Energien geeignet sein. Allzu universelle Maßstäbe werden sich in Bezug auf die im §1 Nr. 3 BNatSchG genannten Attribute daher nicht anlegen lassen. Die wahrnehmungspsychologischen Studien zeigen ohnehin, dass die differenzierte Bewertung von Landschaften anhand der Attribute für die Öffentlichkeit kaum möglich ist, weswegen auch in Betracht gezogen werden muss andere Wege der Operationalisierung als die bisher hierfür bekannten einzuschlagen.

Die hier dargestellte Herangehensweise der wahrnehmungspsychologischen Studien, die zur Optimierung eines GIS-Modells (AIGILaP) genutzt werden, zeigt, dass die Bewertungsansätze noch stärker von der Seite der Landschaftsnutzer gedacht werden müssen und können. Gerade auch zur Identifizierung der Gruppen mit unterschiedlichen Landschaftsansprüchen sowie zur Frage der Operationalisierung von im Gesetz genannten Attributen kann eine Fortführung und Ausweitung der durchgeführten Pilotstudie wesentlich beitragen. So wird es letztendlich auch möglich werden durch nachvollziehbare und auf einer breiten Basis der Öffentlichkeit aufgebaute Bewertungsmethoden, -maßstäbe und Wertsysteme planerische natur- und landschaftsbezogene Entscheidungen so zu verbessern, dass sie von der Öffentlichkeit als gesellschaftlicher Konsens angesehen werden.

## 9 Quellenverzeichnis

### Literatur

- 50Hertz Transmission GmbH; Amprion GmbH; TenneT TSO GmbH; TransnetBW GmbH (2017): Netzentwicklungsplan Strom 2030, Version 2017. Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber.
- Adam, K.; Nohl, Werner; Valentin, W. (1986): Naturschutz und Landschaftspflege in Nordrhein-Westfalen. Bewertungsgrundlagen für Kompensationsmaßnahmen bei Eingriffen in die Landschaft. Forschungsauftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Agora Energiewende; Consentec GmbH; Fraunhofer IWES (2013): Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland. Ein Vergleich möglicher Strategien für den Ausbau von Wind- und Solarenergie in Deutschland bis 2033.
- AL-Pro (2011): Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts zur Windpotenzialstudie Saarland. Online verfügbar unter [https://www.saarland.de/dokumente/thema\\_energie/Kurzfassung\\_Windpotenzialanalyse.pdf](https://www.saarland.de/dokumente/thema_energie/Kurzfassung_Windpotenzialanalyse.pdf), zuletzt geprüft am 18.07.2018.
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2008): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDoc). ATKIS-Katalogwerke, zuletzt geprüft am 18.12.2017.
- Augenstein, I. (2002): Die Ästhetik der Landschaft. Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge. In: Berliner Beiträge zur Ökologie, Bd. 3.
- Baldauf, M.; Förstner, J.; Klink, S.; Reinhardt, T.; Schraff, C.; Seifert, A.; Stephan, K. (2016): Kurze Beschreibung des Lokal-Modells Kurzzeitfrist COSMO-DE (LMK) und seiner Datenbanken auf dem Datenserver des DWD. Hg. v. Deutscher Wetterdienst (DWD).
- Bauer, N.; Baasch, S.; Röderer, K. (2014): Drei Interviews zum Thema regenerative Energien und ihr Einfluss auf Landschaft. In: Umweltpsychologie 1 (18), S. 104–125.
- Bernotat, D.; Dierschke, V. (2016): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen. 3. Fassung.
- Bollmann, J. (2018): Visualisierung und Kartographische Wissensbildung. Teil A. Online verfügbar unter <http://www.geowissensbildung.de/>, zuletzt geprüft am 10.12.2018.
- Bruns, D.; Mengel, A.; Weingarten, E. (2005): Beiträge der flächendeckenden Landschaftsplanung zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Ergebnisse des F+E-Vorhabens 803 82 030 des Bundesamtes für Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (Naturschutz und Biologische Vielfalt, 25).
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2015): Naturbewusstsein 2015. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt, zuletzt geprüft am 12.12.2017.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2009): Naturbewusstsein 2009. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Unter Mitarbeit von Kleinhüchelkotten, S.; Neitzke, P.H.; Küchler-Kirschun, J.; Schell, C. und Mues, A. Online verfügbar unter [https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/gesellschaft/Naturbewusstsein\\_2009.pdf](https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/gesellschaft/Naturbewusstsein_2009.pdf), zuletzt geprüft am 14.05.2019.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hg.) (2018): Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

- (BMU). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2018>, zuletzt geprüft am 25.06.2019.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2015): Naturschutz-Offensive 2020. Für die biologische Vielfalt. Broschüre (Referat für Öffentlichkeitsarbeit). Paderborn: Bonifatius-Verlag.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2015): Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland. Unter Mitarbeit von Peters, W. und Einig, K. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (BMVI-Online-Publikation, 2015,8).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2015): Marktanalyse Wasserkraft. Online verfügbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/marktanalyse-freiflaeche-photovoltaik-wasserkraft.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/marktanalyse-freiflaeche-photovoltaik-wasserkraft.pdf?__blob=publicationFile&v=1), zuletzt geprüft am 25.06.2019.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2018): Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand: Januar 2018.
- Centrum für marktorientierte Tourismusforschung der Universität Passau (CenTouris) (Hg.) (2012): Akzeptanz von Windenergieanlagen in deutschen Mittelgebirgen. Bundesverband Deutsche Mittelgebirge e.V.
- Damm, C. (2011): Auenschutz - Hochwasserschutz - Wasserkraftnutzung. Beispiele für eine ökologisch vorbildliche Praxis ; Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3508 21 0100) des Bundesamtes für Naturschutz (Naturschutz und Biologische Vielfalt).
- Dangschat, J. S. (1982): Aktionsräume von Stadtbewohnern. Eine empirische Untersuchung in der Region Hamburg. Opladen: Westdeutscher Verlag (Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Forschung, Bd. 36).
- Demuth, B. (2000): Das Schutzgut Landschaftsbild in der Landschaftsplanung. Methodenüberprüfung anhand ausgewählter Beispiele der Landschaftsrahmenplanung.
- Demuth, B. und Fünkner, R. (1997): Landschaftsbildbewertung und Multimedia. Berlin: TU, Fachbereich 7 (Landschaftsentwicklung und Umweltforschung : [...], CD, Nr. 1).
- Deutsche WindGuard (2013): Windenergie-Statistik: Jahr 2013. Online verfügbar unter <https://www.windguard.de/jahr-2013.html>, zuletzt geprüft am 10.12.2018.
- Deutsche WindGuard (2016): Windenergie-Statistik: Jahr 2016. Online verfügbar unter <https://www.windguard.de/jahr-2016.html>, zuletzt geprüft am 10.12.2018.
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2014): 200m x 200m Rasterdaten der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in 10 m bis 100 m Höhe (in 10m Stufen) und Weibullparameter für Deutschland. Version V0.1.
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2018): Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland, Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981-2010. Online verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/lstrahlungskarten\\_mi.html?nn=16102](https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/lstrahlungskarten_mi.html?nn=16102), zuletzt geprüft am 22.10.2020.
- Dieterich, M.; Heintschel, S.; Hausberg, M.; Mück, J.; Bauer, T.; Berger, J. et al. (2017): Biomassekulturen der Zukunft aus Naturschutzsicht. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten, 442).
- Döring, N.; Bortz, J. (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Unter Mitarbeit von Poschl, S. 5., vollst. überarb., akt. u. erw. Aufl. 2016. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).

- DWD (2013): Informationen zur Errichtung von Windenergieanlagen im Nahbereich der Messsysteme des Deutschen Wetterdienstes. Abstandsforderungen und Höhenbeschränkungen.
- FA Wind (2017): Analyse der Ausbausituation der Windenergie an Land im Frühjahr 2017. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_Zubauanalyse\\_Wind-an-Land\\_Fruehjahr\\_2017.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Zubauanalyse_Wind-an-Land_Fruehjahr_2017.pdf).
- Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2018): Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Online verfügbar unter <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf>, zuletzt geprüft am 18.07.2018.
- Fleckenstein, K.; Reiss, S.; Schwoerer-Böhning, B. (1996): Methoden zur Bewertung von Eingriffen in das Landschaftsbild bei Freileitungen. In: *Anliegen Natur* 20, S. 305–315.
- Fraunhofer IEE (2018): Windenergie Report Deutschland 2017.
- Gareis-Grahmann, F.-J. (1993): Landschaftsbild und Umweltverträglichkeitsprüfung. Analyse, Pronogse und Bewertung des Schutzgutes „Landschaft“ nach dem UVPG. Berlin: Schmidt.
- Gassner, E.; Jedicke, E. (1995): Das Recht der Landschaft. Gesamtdarstellung für Bund und Länder.
- Gerhards, I. (2003): Die Bedeutung der landschaftlichen Eigenart für die Landschaftsbildbewertung. dargestellt am Beispiel der Bewertung von Landschaftsbildveränderungen durch Freileitungen. In: *Culterra* 33.
- Gremminger, T.; Keller, V.; Roth, U.; Schmitt, H.-M.; StremLOW, M.; Zeh, W. (2001): Landschaftsästhetik. Wege für das Planen und Projektieren. In: *Leitfaden Umwelt* (9).
- Günnewig, D.; Balla, S.; Rohr, A.; Hochgürtel, D.; Steigner, W.; Bühringer, C. et al. (2016): Umweltbericht zum Bundesverkehrswegeplan. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Online verfügbar unter [http://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/BVWP/bvwp-2030-umweltbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/BVWP/bvwp-2030-umweltbericht.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 18.07.2018.
- Haaren, C. von; Bittner, C. (Hg.) (2004): Landschaftsplanung. 1. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB Landschaftsplanung, Ökologie, Biologie, Geographie, 8253). Online verfügbar unter <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838582535>.
- Hartig, T.; Kaiser, F.; Bowler, P. (1997): Further Development of a Measure of Perceived Environmental Restorativeness. Uppsala.
- Hug, S.-M.; Hansmann, R.; Monn, C.; Krütli, P.; Seeland, K. (2008): Restorative effects of physical activity in forests and indoor settings. In: *International Journal of Fitness* (4), S. 25–37.
- International Civil Aviation Organization (ICAO) (2015): European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas. Third Edition November 2015 (EUR Doc. 15). Online verfügbar unter <https://www.icao.int/EURNAT/EUR%20and%20NAT%20Documents/EUR%20Documents/015%20-%20Building%20Restricted%20Areas/ICAO%20EUR%20Doc%20015%20Third%20Edition%20Nov2015.pdf>, zuletzt aktualisiert am 10.12.2018.
- Jessel, B. (1994): Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft als Objekte der naturschutzfachlichen Bewertung. In: *NNA Berichte* (1), S. 76–89.
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen-Institut) (2012): Dritte Bundeswaldinventur 2012. Online verfügbar unter <https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=1.13%20Natur%20C3%A4he%20der%20Baumartenzusammensetzung%20in%20der%20Hauptbestockung&prInV=BWI2012&prKapitel=1.13>, zuletzt geprüft am 18.12.2017.

- Joos, M.; Rötting, M.; Velichkovsky, B. M. (2008): Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden und innovative Anwendungen. Online verfügbar unter <https://tu-dresden.de/mn/psychologie/iaosp/applied-cognition/ressourcen/dateien/publikationen/pdf/joos2002.pdf?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 10.12.2018.
- Kaiser, F. G.; Woelki, D.; Vlasaliu, L. (2011): Partizipative Interventionsmaßnahmen und partizipatives umweltpolitisches Handeln: Ausdruck intrinsischer Umweltmotivation, nicht deren Ursache. In: *Umweltpsychologie* 2 (29), S. 77–92.
- Kiemstedt, H. (1967): Zur Bewertung natürlicher Landschaftselemente für die Planung von Erholungsgebieten. Dissertation.
- Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD (2018). Online verfügbar unter [https://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=DA31D720C55E08A3A7729CF24D4C2FC2.s7t1?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=DA31D720C55E08A3A7729CF24D4C2FC2.s7t1?__blob=publicationFile&v=5).
- Köhler, B. (1997): Bewertung des Landschaftsbildes. In: *NNA Berichte* 10 (3), S. 23–33.
- Köhler, B.; Preiß, A. (2000): Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes. Grundlagen und Methode zur Bearbeitung des Schutzguts „Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft“ in der Planung. In: *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 20 (1), S. 1–60.
- Konermann, M. (2001): Das Schutzgut Landschaftsbild in der Landschaftsrahmenplanung Rheinland-Pfalz. In: *Natur und Landschaft* 76 (7), S. 311–317.
- Kühne, O. (2006): *Landschaft in der Postmoderne. Das Beispiel des Saarlandes*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Kühne, O. (2008): *Distinktion - Macht - Landschaft. Zur sozialen Definition von Landschaft*. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Leitl, G. (1997): Landschaftsbilderfassung und -bewertung in der Landschaftsplanung. Dargestellt am Beispiel des Landschaftsplans Breitung-Wernshausen. In: *Natur und Landschaft* 72 (6), S. 282–290.
- Lütkehus, I.; Salecker, H.; Adlunger, K. (2013): Potenzial der Windenergie an Land. Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotenzials der Windenergienutzung. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/potenzial-windenergie-an-land>, zuletzt geprüft am 27.06.2019.
- Michael Bauer Research GmbH (2017): Datensatz: 2015 Total Population. Zur Verfügung gestellt durch ESRI ArcGISOnline., zuletzt geprüft am 07.2017.
- Moczek, N.; Stemmer, B.; Mülder, J.; Westarp, C. (2017): Wahrnehmung und Bewertung von Landschaften mit und ohne Windenergieanlagen durch Laien. Bericht aus dem FuE-Vorhaben „Szenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien aus Naturschutzsicht“, gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) aus Mitteln des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Deutscher Kongress für Geographie. Eberhardt Karls Universität Tübingen; Deutsche Gesellschaft für Geographie e. V. Tübingen, 01.10.2017.
- Moczek, N.; Stemmer, B.; Röttger, J.; Philipper, S.; Mülder, J.; Westarp, C. (2018): Wahrnehmung und Bewertung von Landschaften mit und ohne Windenergieanlagen. 51. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Frankfurt am Main, 19.09.2018.

- Mohaupt, M.; Wurster, M.; Ensinger, K.; Röder, A.; Selter, A. (2012): Modellierung der Erholungsnutzung der Wälder Baden-Württembergs. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.
- Mönnecke, M. (1997): Bewertung ästhetischer Qualitäten in Stadtlandschaften. In: NNA Berichte 10 (3), S. 34–39.
- Niedersächsischer Landkreistag e.V. (2011): Hochspannungsleitungen und Naturschutz. Hinweise zur Anwendung der Eingriffsregelung beim Bau von Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen und Erdkabeln (Stand: Januar 2011). Hannover.
- Nohl, W. (1993): Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe. Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Nohl, W. (2001): Landschaftsplanung. Ästhetische und rekreative Aspekte. Konzepte, Begründungen und Verfahrensweisen auf der Ebene des Landschaftsplans. Berlin-Hannover: Patzer Verlag.
- Nohl, W.; Neumann, K.-D. (1986): Ökosystemforschung Berchtesgaden. Landschaftsbildbewertung im Alpenpark Berchtesgaden. Umweltpsychologische Untersuchung zur Landschaftsästhetik. Hg. v. Deutsches Nationalkomitee für das UNESCO-Programm „Der Mensch und die Biosphäre“. Bonn.
- Ode, A.; Fry, G.; Tveit, M. S.; Messenger, P.; Miller, David (2009): Indicators of perceived naturalness as drivers of landscape preference. In: Journal of environmental management 90 (1), S. 375–383.
- Palmer, J. F.; Vanderheyden, V.; Alves, G.; Sismani, G. (2017): Best Focal Length to Represent a Landscape View Using a Single-Frame Photograph. In: Buhmann, E. (Hg.): JoDLA. Journal of Digital Landscape Architecture 2-2017. 1., Neuerscheinung. Berlin: Wichmann, H; Wichmann Verlag, S. 236–243.
- Peters, J.; Torkler, F.; Hempp, S.; Hauswirth, M. (2009): Ist das Landschaftsbild „berechenbar“? Entwicklung einer GIS-gestützten Landschaftsbildanalyse für die Region Uckermark-Barnim als Grundlage für die Ausweisung von Windeignungsgebieten. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 41 (1), S. 15–20.
- Peters, W.; Klinski, S.; Grunow, B.; Jennemann, L.; Schmelter, H.; Schultze, C. et al. (2011): Naturschutzstandards Erneuerbarer Energien. Schlussbericht FKZ: 0325016, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Piorr, D. (2013): Ausweisung von Konzentrationszonen für Windenergieanlagen und Immissionsschutz. Entwurf 30.08.2013.
- Reichmuth, M.; Erfurt, I.; Lorenz, C.; Schiffler, A.; Kelm, T.; Schmidt, M. et al. (2018): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie. Online verfügbar unter [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi\\_de/bericht-eeg-4-solar.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-4-solar.pdf?__blob=publicationFile&v=4), zuletzt aktualisiert am 05.12.2018.
- Riley, S.; DeGloria, S.; Elliot, R. (1999): A Terrain Ruggedness Index That Quantifies Topographic Heterogeneity. In: Intermountain Journal of Sciences 5 (1-4), S. 23–27.
- Roser, F. (2008): Entwicklung einer Methode zur flächendeckenden, GIS-basierten Bewertung des Landschaftsbildes.
- Roser, F. (2013): Ist die Schönheit der Landschaft berechenbar? Bereitstellung einer landesweiten Planungsgrundlage für das Schutzgut Landschaftsbild in Baden-Württemberg. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 45 (9), S. 265–270.

- Roth, M. (2012): Landschaftsbildbewertung in der Landschaftsplanung. Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Validierung von Verfahren zur Bewertung des Landschaftsbildes durch internetgestützte Nutzerbefragungen. Berlin: Rhombos-Verlag (IÖR-Schriften, 59).
- Roth, M.; Bruns, E. (2016): Landschaftsbildbewertung in Deutschland. Stand von Wissenschaft und Praxis. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten, 439).
- Roth, M.; Gruehn, D. (2010): Modellierung von Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft. Kriterien zur Bestimmung von Landschaftsbildqualitäten für große Räume. In: *Natur und Landschaft* 42 (4), S. 115–120.
- Sackman, H. (1974): Delphi Assessment: Expert Opinion, Forecasting an Group Process.
- Schafranski, F. (1996): Landschaftsästhetik und räumliche Planung. Theoretische Herleitung und exemplarische Anwendung eines Analyseansatzes als Beitrag zur Aufstellung von landschaftsästhetischen Konzepten in der Landschaftsplanung. Kaiserlautern.
- Schmidt, C.; Gagern, M. von; Lachor, M.; Hage, G.; Schuster, L.; Hoppenstedt, A.; Kühne, O.; Rossmeyer, A.; Weber, F.; Bruns, D.; Münderlein, D.; Bernstein, F. (2018): *Landschaftsbild und Energiewende*. 2 Bände. Bonn-Bad Godesberg.
- Schmidt, C.; Hofmann, M.; Dunkel, A. (2014): *Den Landschaftswandel gestalten! Bd. 1: Bundesweite Übersichten. Potenziale der Landschafts- und Raumplanung zur modellhaften Entwicklung und Gestaltung von Kulturlandschaften vor dem Hintergrund aktueller Transformationsprozesse*. 1. Aufl. Bonn: Selbstverl. Online verfügbar unter [http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_architektur/ila/lp/Forschung/lau-fende%20Forschung/Landschaftswandel%20gestalten](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_architektur/ila/lp/Forschung/lau-fende%20Forschung/Landschaftswandel%20gestalten).
- Scottish Natural Heritage (Hg.) (2017): *Visual Representation of Wind Farms. Guidance*. Version 2.2. Online verfügbar unter <http://www.snh.gov.uk/docs/A2203860.pdf>, zuletzt geprüft am 17.08.2017.
- Seifert, H.; Kröning, J.; Hahm, T.; Rohden, R.; Freudenreich, K.; Jöckel, S.; Birkemeyer, J. (2003): Abstandsregelung in Windparks. In: *DEWI Magazin* (22).
- Statistisches Bundesamt (destatis) (2016): *Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland zum 31. Dezember 2015*, S. 22, Tab. 1.4.2.
- Steinborn, H.; Reichenbach, M. (2011): Kiebitz und Windkraftanlagen. In: *Natur und Landschaft* 49 (9), S. 261–270.
- Steinhof, J.; Gehlen, C.; Hengsberg, K.; Glass, P. (2012): *Besucherbefragung zur Akzeptanz von Windkraftanlagen in der Eifel*. Hg. v. Naturpark Nordeifel im Deutsch-Belgischen Naturpark Hohes Venn - Eifel. IfR Institut für Regionalmanagement. Online verfügbar unter <http://www.klimatour-eifel.de/klimatour-eifel-netzwerk-klimaschutz-und-tourismus/besucherbefragung-von-akzeptanz-von-windkraftanlagen-in-der-eifel/>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- Stemmer, B. (2016): *Kooperative Landschaftsbewertung in der räumlichen Planung. Sozialkonstruktivistische Analyse der Landschaftswahrnehmung der Öffentlichkeit*. Wiesbaden: Springer VS (RaumFragen).
- Strauß, C.; Hildebrandt, C.; Ammermann, K. (2018): *Verbesserte Artenvielfalt durch den Anbau mehrjähriger Kulturarten zur Biogasproduktion?* 92 (5), S. 214–220.
- Swanwick, C. (2002): *Landscape Character Assessment. Guidance for England and Scotland*. Prepared on behalf of The Countryside Agency and Scottish Natural Heritage.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hg.) (2018): *Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2017*.

Vries, S. de; Roos, J.; Buijs, A. E. (2007): Mapping the attractiveness of the Dutch countryside: A GIS-based landscape appreciation model. In: *Forest Snow and Landscape Research* 81 (1/2), S. 43–58.

White, M.; Smith, A.; Humphreys, K.; Pahl, S.; Snelling, D.; Depledge, M. (2010): Blue space: The importance of water for preference, affect and restorative ratings of natural and built scenes. In: *Journal of Environmental Psychology* 30, S. 482–493.

Wöbse, H. H. (2002): *Landschaftsästhetik. Über das Wesen, die Bedeutung und den Umgang mit landschaftlicher Schönheit.*

Ziesemer, K.; Schmücker, D. (2014): Einflussanalyse Erneuerbare Energien und Tourismus in Schleswig-Holstein. Kurzfassung. Unter Mitarbeit von Grimm, B.; Lohmann, M.; Meinken, I.; Heinrich, F. Hg. v. NIT Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa. Online verfügbar unter <https://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/region/schleswig-holstein/20140722-ee-tourismus-sh-kurzfassung.pdf>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.

### **Gesetze/ Verordnungen**

Bundeswaldgesetz (BWaldG) vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 31. Juli 2010 (BGBl. I S. 1050).

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 29.07.2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert am 15.09.2017 (BGBl. I S. 3434).

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2017) vom 17.07.2017, vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1719).

Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und Rates (EG Wasserrahmenrichtlinie) (WRRL) vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1, zuletzt geändert durch Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001.

Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (Vogelschutzrichtlinie) (VSchRL) 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (ABl. L 20 vom 26.1.2010, S. 7). Zuletzt geändert durch die Richtlinie 2013/17/EU des Rates vom 13. Mai 2013 anlässlich des Beitritts Kroatiens zur Europäischen Union

Richtlinie 92/43/EWG des Rates (FFH-Richtlinie) vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen - zuletzt geändert durch die Richtlinie 2013/17/EU des Rates vom 13. Mai 2013 anlässlich des Beitritts Kroatiens zur Europäischen Union.

Raumordnungsgesetz (ROG) vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 15 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist"

United Nations (UN) (2015): Paris Agreement.

Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. April 2013 (BGBl. I S. 734).

## Datenverzeichnis

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2017) Datensatz: Schutzgebiete (Biosphärenreservate Deutschlands (UNESCO); Zonierung der Biosphärenreservate Deutschlands; Nationalparke Deutschlands; Naturparke Deutschlands).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2016) Datensatz: Schutzgebiete (FFH-Gebiete Deutschlands; Naturschutzgebiete Deutschlands; Landschaftsschutzgebiete Deutschlands; Vogelschutzgebiete Deutschlands (SPA)).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2015) Datensatz: Landschaftstypen, -bewertung.

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2013) Datensatz: Aktualisierung der Biotoptypenkartierung im Grünen Band Deutschland, erstellt unter Verwendung von Digitalen Orthofotos 20 (40) cm Bodenauflösung © GeoBasis-DE/BKG (2013).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2012) Datensatz: Flächen für den Biotopverbund und Funktionsräume (Lebensraumnetzwerke).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2009) Datensatz: Flussauen / Auensegmente und Bilanzierung, erstellt unter Verwendung von © GeoBasis-DE / BKG (2009).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2003) Datensatz: Historisch Waldstandorte Deutschlands, erstellt unter Verwendung von © GeoBasis-DE / BKG (2009).

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012) Datensatz: CORINE Land Cover 10 ha.

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012) Datensatz: Digitales Basis Landschaftsmodell (AAA-Modellierung) Basis-DLM (AAA) (ATKIS-AAA-Basis-DLM).

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012) Datensatz: Digitale Geländemodell DGM25.

BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde (2015) Datensatz: Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete bundesweit.

BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde (2010) Datensatz: Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete bundesweit.

DDA – Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (2016) Zuweisung von GOR/NE Landnutzungsklassen zum Brutzeitlebensraum (Brut- und Nahrungshabitat während der Brutzeit) einer Auswahl windkraftsensitiver Vogelarten, Stand: November 2016.

GFG – Thüringen (2010) Datensatz: Wasserschutzgebiete.

LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt, [ww.lfu.bayern.de](http://ww.lfu.bayern.de) (2016) Datensatz: Zonen WSG ganz Bayern.

LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2016) Datensatz: Quellenschutzgebiete und Wasserschutzgebiete.

Geoportal Berlin (2009) Datensatz: Wasserschutzgebiete 2009.

NABU – Naturschutzbund Deutschland (2013) Datensatz: Important Bird Area (IBA) Birds Directive (2013) European Environmental Agency, unter <https://bergenhusen.nabu.de/forschung/ibas/index.html>.

OSM – Openstreetmap (2017) Datensätze: Bestehende Windenergieanlagen und Freileitungen.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2018): Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand: Januar 2018.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2014): 200m x 200m Rasterdaten der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in 10 m bis 100 m Höhe (in 10m Stufen) und Weibullparameter für Deutschland. Version V0.1.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2018): Jahresgang der Globalstrahlung 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1981 – 2010 (deutsch-landweites Flächenmittel). RKB Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/download/aktueller\\_jahresgang\\_einstrahlung.pdf?view=naPublication&nn=16102](https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/download/aktueller_jahresgang_einstrahlung.pdf?view=naPublication&nn=16102), zuletzt geprüft am 05.12.2018.

Michael Bauer Research GmbH (2017): Datensatz: 2015 Total Population. Zur Verfügung gestellt durch ESRI ArcGISOnline., zuletzt geprüft am 07.2017.

## 10 Anhang

### 10.1 Glossar

Begriff	Erklärung
<b>Bedeutung</b>	Einschätzung der rechtlich bzw. normativ, gesellschaftlich abzuleitenden Wertigkeit der mit der Flächenkategorie abgebildeten Belange bzw. des normativen Gehalts der Flächenkategorie (Ge- und Verbote)
<b>Empfindlichkeit</b>	Einschätzung der Empfindlichkeit der mittels der Flächenkategorie abgebildeten Eigenschaften ggü. den Wirkungen von Windenergieanlage
<b>Flächenkategorie</b>	Standardisierte und kategorisierte Information über eine Eigenschaft des Raums, wie z. B. die Nutzung (z.B. Landwirtschaft), die topografische Ausprägung (z.B. Relief) oder die rechtliche bzw. gesellschaftlich festgesetzte Funktion (z.B. Naturschutzgebiet), die in Form von Geodaten vorliegt.
<b>Flächenkategorie mit Ausschlusswirkung</b>	Sammelbegriff für <i>Flächenkategorien</i> , die aufgrund von rechtlichen oder technischen Erfordernissen zum Ausschluss der Nutzung von Windenergieanlagen führen.
<b>Flächenkategorie mit Restriktionswirkung</b>	Sammelbegriff für <i>Flächenkategorien</i> , die aufgrund einer konkreten oder indizierten <i>Empfindlichkeit</i> der über sie abgebildeten realen Raumeigenschaften, ihrer <i>Bedeutung</i> sowie der <i>Treffsicherheit</i> , eingeschränkt bzw. in unbestimmten Teilen für die Windenergienutzung zur Verfügung stehen.
<b>Konflikt</b>	Durch eine Nutzung (hier Windenergienutzung) in einer Landschaft hervorgerufene Veränderungen, die mit (aktuellen und beabsichtigten) Nutzungszielen oder den Handlungsgegenständen in Widerspruch geraten oder unvereinbar sind. In anderen Anwendungszusammenhängen (z.B. der Umweltverträglichkeitsprüfung von Projekten) werden die Konflikte mit Handlungsgegenständen auch unter dem Begriff „Raumwiderstand“ subsumiert.
<b>Konfliktrisiko</b>	Möglichkeit, dass ein <i>Konflikt eintritt</i> . Durch Wirkungsprognosen, wie sie im Zusammenhang von Planung erfolgen müssen, können die sich aus den meist komplexen Wirkungszusammenhängen voraussichtlich ergebenden <i>Konflikte</i> in der Regel nur mit einer gewissen Unschärfe (daher Risiko) ermittelt werden.
<b>Konfliktrisikoklassen</b>	Stufen einer ordinalen Skala zur Einordnung bestimmter <i>Konfliktrisiken</i> . Für planerische Entscheidungen ist es erforderlich, das Ausmaß der voraussichtlich mit einer Nutzung an einem Ort verbundenen <i>Konfliktrisiken</i> zu kennen und Bewertungen abzuleiten.
<b>Lastnähe</b>	Nutzung einer erzeugten elektrischen Leistung aufgrund einer Last durch Verbraucher innerhalb einer Region. Dahinter steht die Annahme, dass lastnah erzeugte Energie den Transportbedarf (Leitungsnetze) reduziert. Durch den Parameter der <i>Lastnähe</i> lassen sich <i>Szenarien</i> mit einer lastnahen Verteilung und einer lastfernen Verteilung von Windenergieanlagen unterscheiden.
<b>Leistungsdichte</b>	Verhältnis der Nennleistung zu der überstrichenen Rotorkreisfläche einer Windenergieanlage.
<b>Nennleistung</b>	Maximale vom Hersteller angegebene Leistung u.a. von einer Windenergieanlage.
<b>Potenzialflächen</b>	Die Fläche, die nach dem Abzug der Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung vom Bundesgebiet verbleibt und bei der Modellierung der Szenarien für die Platzierung von Windenergieanlagen genutzt werden konnte.
<b>Sichtbarer Bereich</b>	Ausschnitt einer Landschaft, der auf einem Foto sichtbar ist. Beeinflusst wird der sichtbare Bereich durch den Standort, die Blickrichtung sowie die verwendete Brennweite.
<b>Stellvertreter-Landschaften</b>	Ausgewählte Landschaften in Deutschland, die im Rahmen der wahrnehmungspsychologischen Studie als Beispiel-Landschaften zur Überprüfung der naturschutzfachlichen Bewertung der <i>Szenarien</i> herangezogen werden.

Begriff	Erklärung
<b>Szenario</b>	Element der Szenariotechnik, d.h. einer Methode zur vergleichenden Analyse künftiger Handlungsmöglichkeiten (hier Ausbau Erneuerbarer Energien aus Naturschutzsicht). In diesem Projekt schließt der Begriff sowohl die Platzierungsvarianten der Windenergieanlagen als auch deren naturschutzfachliche Bewertung ein. Während der Jahresstromertrag aus Windenergie bei allen Ausbauszenarien gleich hoch angesetzt ist, unterscheiden sie sich z.B. durch die Positionierung in der Landschaft und den Flächenverbrauch.
<b>Terrain Ruggedness Index (TRI)</b>	Rasterbasierte Modellierung von Riley et al. (1999) zur Ermittlung der Rauigkeit einer Landschaft. Die Rauigkeit beschreibt die Heterogenität der Geländehöhe.
<b>Treffsicherheit</b>	Einschätzung der Eignung einer Flächenkategorie (Typebene), die Empfindlichkeit und Bedeutung der konkreten Eigenschaften einer Fläche (Objektebene) und damit die daraus abzuleitenden Konflikte und das Konfliktrisiko ggü. Windenergieanlagen abzubilden
<b>Visualisierung</b>	Veranschaulichung visuell komplexer, abstrakter oder unsichtbarer Zusammenhänge. Der Begriff Visualisierung wird hier für Bilder verwendet, die mit Hilfe von GIS- und 3D-Technologien maßstäblich und atmosphärisch korrekt um virtuelle Objekte ergänzt werden.
<b>Volllaststunden</b>	Virtuelle Größe, die sich aus dem Quotienten von Jahresenergieertrag und <i>Nennleistung</i> einer Windenergieanlage errechnen lässt. Die Volllaststunden beschreiben somit die äquivalente Zeit, die eine Windenergieanlage bei voller Leistung laufen müsste, um den Jahresenergieertrag zu erzeugen.

## 10.2 Onlinestudie

Tab. 65 Fotos der Landschaft 1 - Sauerland

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Sauerland)	
	
Foto L1 Nr. 1 Bestand	Foto L1 Nr. 1 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 6.93, SD = 1.78 Erholungswert: M = 7.55, SD = 1.54	ästhetischer Gesamtwert: M = 5.69, SD = 2.27 Erholungswert: M = 5.88, SD = 2.19
	
Foto L1 Nr. 2 Bestand	Foto L1 Nr. 2 Szenario A
(ohne Daten)	(ohne Daten)
	
Foto L1 Nr. 3 Bestand	Foto L1 Nr. 3 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 5.09, SD = 2.09 Erholungswert: M = 6.18, SD = 1.87	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.81, SD = 1.72 Erholungswert: M = 4.43, SD = 1.81
	

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Sauerland)	
Foto L1 Nr. 4 Bestand	Foto L1 Nr. 4 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.54, SD = 1.60 Erholungswert: M = 4.35, SD = 1.60	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.69, SD = 1.62 Erholungswert: M = 4.06, SD = 1.93

Tab. 66: Fotos der Landschaft 2 - Darß

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Darß)	
	
Foto L2 Nr. 1 Bestand	Foto L2 Nr. 1 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 5.86, SD = 1.65 Erholungswert: M = 6.32, SD = 1.74	ästhetischer Gesamtwert: M = 5.88, SD = 1.93 Erholungswert: M = 5.99, SD = 2.03
	
Foto L2 Nr. 2 Bestand	Foto L2 Nr. 2 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 5.29, SD = 2.11 Erholungswert: M = 5.97, SD = 1.84	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.16, SD = 1.85 Erholungswert: M = 4.64, SD = 1.76
	
Foto L2 Nr. 3 Bestand	Foto L2 Nr. 3 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 6.35, SD = 1.88 Erholungswert: M = 7.56, SD = 1.50	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.88, SD = 1.86 Erholungswert: M = 5.30, SD = 1.96

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Darß)	
	
Foto L2 Nr. 4 Bestand	Foto L2 Nr. 4 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 2.83, SD = 1.82 Erholungswert: M = 3.32, SD = 1.73	ästhetischer Gesamtwert: M = 2.79, SD = 1.45 Erholungswert: M = 3.41, SD = 1.49

Tab. 67: Fotos der Landschaft 3 - Uelzen

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Uelzen)	
	
Foto L3 Nr. 1 Bestand	Foto L3 Nr. 1 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 7.36, SD = 1.40 Erholungswert: M = 7.30, SD = 1.33	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.84, SD = 1.78 Erholungswert: M = 5.27, SD = 1.83
	
Foto L3 Nr. 2 Bestand	Foto L3 Nr. 2 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 4.04, SD = 1.88 Erholungswert: M = 5.20, SD = 1.83	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.99, SD = 1.75 Erholungswert: M = 4.59, SD = 1.98

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Uelzen)	
	
Foto L3 Nr. 3 Bestand	Foto L3 Nr. 3 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.01, SD = 1.21 Erholungswert: M = 3.05, SD = 1.13	ästhetischer Gesamtwert: M = 2.28, SD = 1.16 Erholungswert: M = 2.61, SD = 1.15
	
Foto L3 Nr. 4 Bestand	Foto L3 Nr. 4 Szenario A
ästhetischer Gesamtwert: M = 5.12, SD = 1.94 Erholungswert: M = 5.55, SD = 1.86	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.33, SD = 1.86 Erholungswert: M = 4.18, SD = 1.73

Tab. 68: Fotos der Landschaft 4 - Schwäbische Alb

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Schwäbische Alb)	
	
Foto L4 Nr. 1 Bestand	Foto L4 Nr. 1 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 6.78, SD = 1.78 Erholungswert: M = 6.97, SD = 1.78	ästhetischer Gesamtwert: M = 6.04, SD = 1.71 Erholungswert: M = 6.10, SD = 1.73

**Verwendete Fotos der Onlinestudie (Schwäbische Alb)**

	
Foto L4 Nr. 2 Bestand	Foto L4 Nr. 2 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 4.99, SD = 1.80 Erholungswert: M = 6.30, SD = 1.71	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.50, SD = 1.68 Erholungswert: M = 5.41, SD = 1.84
	
Foto L4 Nr. 3 Bestand	Foto L4 Nr. 3 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 4.31, SD = 1.85 Erholungswert: M = 4.77, SD = 1.81	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.96, SD = 1.89 Erholungswert: M = 4.38, SD = 1.81
	
Foto L4 Nr. 4 Bestand	Foto L4 Nr. 4 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 6.03, SD = 2.08 Erholungswert: M = 6.80, SD = 1.90	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.31, SD = 1.68 Erholungswert: M = 4.66, SD = 1.82

Tab. 69: Fotos der Landschaft 5 - Hamburg

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Hamburg)	
	
Foto L5 Nr. 1 Bestand	Foto L5 Nr. 1 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 5.01, SD = 2.06 Erholungswert: M = 6.28, SD = 2.01	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.55, SD = 1.58 Erholungswert: M = 4.85, SD = 1.59
	
Foto L5 Nr. 2 Bestand	Foto L5 Nr. 2 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.26, SD = 1.45 Erholungswert: M = 3.84, SD = 1.46	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.35, SD = 1.66 Erholungswert: M = 3.95, SD = 1.78
	
Foto L5 Nr. 3 Bestand	Foto L5 Nr. 3 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.19, SD = 1.61 Erholungswert: M = 3.97, SD = 1.57	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.17, SD = 1.54 Erholungswert: M = 3.88, SD = 1.76
	
Foto L5 Nr. 4 Bestand	Foto L5 Nr. 4 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.19, SD = 1.61 Erholungswert: M = 3.97, SD = 1.57	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.17, SD = 1.54 Erholungswert: M = 3.88, SD = 1.76

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Hamburg)	
Foto L5 Nr. 4 Bestand	Foto L5 Nr. 4 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.11, SD = 1.47 Erholungswert: M = 3.49, SD = 1.58	ästhetischer Gesamtwert: M = 2.27, SD = 1.06 Erholungswert: M = 2.59, SD = 1.16

Tab. 70: Fotos der Landschaft 6 - Erzgebirge

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Erzgebirge)	
	
Foto L6 Nr. 1 Bestand	Foto L6 Nr. 1 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 7.52, SD = 1.45 Erholungswert: M = 8.08, SD = 1.42	ästhetischer Gesamtwert: M = 3.22, SD = 1.49 Erholungswert: M = 4.02, SD = 1.70
	
Foto L6 Nr. 2 Bestand	Foto L6 Nr. 2 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 4.81, SD = 1.72 Erholungswert: M = 5.97, SD = 1.84	ästhetischer Gesamtwert: M = 4.25, SD = 1.85 Erholungswert: M = 5.03, SD = 1.99
	
Foto L6 Nr. 3 Bestand	Foto L6 Nr. 3 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 2.52, SD = 1.09 Erholungswert: M = 3.25, SD = 1.35	ästhetischer Gesamtwert: M = 2.96, SD = 1.48 Erholungswert: M = 3.43, SD = 1.72

Verwendete Fotos der Onlinestudie (Erzgebirge)	
	
Foto L6 Nr. 4 Bestand	Foto L6 Nr. 4 Szenario B
ästhetischer Gesamtwert: M = 3.35, SD = 1.69 Erholungswert: M = 3.94, SD = 1.75	ästhetischer Gesamtwert: M = 2.81, SD = 1.44 Erholungswert: M = 3.15, SD = 1.50

Tab. 71: Mittelwerte und Standardabweichung der Skala Naturbewusstsein

	M	SD
An der Natur schätze ich ihre Vielfalt.	4,567	0.706
Wir dürfen die Natur nur so nutzen, dass dies auch für kommende Generationen im gleichen Umfang möglich ist.	4,762	0.584
Es ist die Pflicht des Menschen, die Natur zu schützen.	4,637	0.709
Es macht mich glücklich, in der Natur zu sein.	4,660	0.656
Geschützte Naturflächen bieten wichtige Lebensräume für Tiere und Pflanzen.	4,829	0.502
Ich möchte, dass es mehr Wildnis in Deutschland gibt.	4,260	0.960

Tab. 72: Mittelwerte und Standardabweichung der Skalen des ästhetischen Gesamtwerts (WEA)

Subskalen	L1		L2		L3		L4		L5		L6	
	M	SD										
Vielfalt	12.65	4.141	9.940	5.023	8.672	4.157	8.287	4.110	7.000	3.766	8.135	4.357
Schönheit	11.78	4.848	10.30	5.269	8.704	4.479	8.126	4.791	6.155	3.604	7.061	4.299
Eigenart	11.55	4.061	10.56	5.008	8.489	3.921	7.725	4.239	7.437	3.798	7.337	4.322
Natürlichkeit	8.909	4.542	7.565	4.779	6.344	3.919	5.868	3.906	4.636	2.991	4.847	3.152
n	400		471		466		372		376		371	

Tab. 73: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des ästhetischen Gesamtwerts (WEA)

Items	L1		L2		L3		L4		L5		L6	
	M	SD										
Abwechslungsreich	6.60 4	2.09 8	5.11 7	2.58 4	4.48 4	2.25 0	4.19 2	2.23 6	3.54 4	2.05 7	4.17 8	2.31 2
Vielgestaltig	6.05 3	2.23 1	4.82 3	2.57 7	4.18 8	2.09 3	4.09 6	2.11 8	3.45 6	1.97 7	3.95 7	2.19 5
Ästhetisch	5.89 8	2.47 7	5.19 8	2.69 4	4.32 8	2.32 4	4.04 8	2.44 9	3.10 2	1.92 1	3.55 8	2.19 7
Schön	5.88 8	2.50 9	5.11 0	2.69 6	4.37 6	2.29 4	4.07 8	2.44 5	3.05 3	1.82 5	3.50 3	2.19 3
Unverwechselbar	5.54 0	2.16 3	4.95 1	2.65 1	3.87 1	1.96 9	3.46 7	2.27 8	3.12 1	1.96 1	3.36 8	2.23 9
Charakteristisch	6.01 6	2.18 4	5.61 1	2.70 6	4.61 8	2.21 0	4.25 7	2.30 0	4.31 6	2.30 9	3.96 9	2.28 1
Natürlich	4.94 1	2.37 4	4.19 1	2.53 2	3.50 0	2.16 4	3.31 7	2.16 2	2.58 7	1.67 6	2.74 2	1.80 4
Ursprünglich	3.96 8	2.41 8	3.37 5	2.43 2	2.84 4	1.91 8	2.55 1	1.90 6	2.04 9	1.52 3	2.10 4	1.49 7
n	400		471		466		372		376		371	

Tab. 74: Mittelwerte und Standardabweichung der Skalen des ästhetischen Gesamtwerts (Bestand)

Subskalen	L1		L2		L3		L4		L5		L6	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Vielfalt	14.460	3.796	9.940	4.846	8.672	3.975	9.761	4.329	6.147	3.445	9.793	4.764
Schönheit	14.854	3.729	10.307	4.848	8.704	4.620	10.307	5.218	6.194	3.678	9.394	5.268
Eigenart	13.376	4.215	10.562	4.466	8.489	4.242	9.624	4.389	6.865	4.159	9.409	4.445
Natürlichkeit	11.042	4.747	7.565	5.176	6.344	4.208	7.746	5.284	5.012	3.397	6.750	4.735
N	400		471		466		372		376		371	

Tab. 75: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des ästhetischen Gesamtwerts (Bestand)

	L1		L2		L3		L4		L5		L6	
	M	SD										
Abwechslungsreich	7.36 6	1.95 2	5.78 7	2.60 6	4.58 6	2.11 3	4.97 1	2.34 1	3.09 4	1.79 8	4.97 6	2.46 6
Vielgestaltig	7.44 6	1.90 7	6.68 6	2.51 3	4.98 6	2.39 0	5.22 0	2.66 9	3.10 0	1.88 9	4.69 2	2.69 8
Ästhetisch	6.28 6	2.28 2	6.06 4	2.55 8	3.91 8	2.19 7	4.22 9	2.39 1	2.97 1	2.11 9	4.20 2	2.44 1
Schön	7.40 8	1.93 5	6.77 7	2.47 0	5.00 0	2.35 7	5.08 8	2.66 6	3.09 4	1.86 3	4.70 2	2.67 9
Unverwechselbar	7.08 9	2.17 1	6.94 1	2.22 3	5.04 6	2.41 3	5.39 5	2.41 0	3.89 4	2.31 8	5.20 7	2.44 0
Charakteristisch	7.09 4	2.01 0	5.58 0	2.40 7	4.32 1	2.04 2	4.79 0	2.21 4	3.05 3	1.78 2	4.81 7	2.45 6
Natürlich	6.00 0	2.33 7	6.12 2	2.62 7	3.51 1	2.24 3	4.30 2	2.67 1	2.84 1	1.88 2	3.77 9	2.49 8
Ursprünglich	5.04 2	2.64 8	5.22 9	2.76 3	2.81 8	2.15 3	3.44 4	2.75 5	2.17 1	1.64 3	2.97 1	2.38 7
N	400		471		466		372		376		371	

Tab. 76: Aufsummierte Mittelwerte und Standardabweichungen des ästhetischen Gesamtwerts der manipulierten Fotos

Landschaft	Bild-Nr.	M	SD
L1	1	45.522	18.180
L1	2	47.064	15.442
L1	3	38.745	14.218
L1	4	48.319	13.691
L2	1	36.366	12.605
L2	2	25.789	11.935
L2	3	58.014	12.509
L2	4	33.257	14.795
L3	1	31.957	13.979
L3	2	35.979	13.466
L3	3	26.783	13.241
L3	4	34.000	14.813
L4	1	30.512	13.752
L4	2	39.000	14.873
L4	3	18.225	9.314
L4	4	31.714	15.115
L5	1	25.373	12.308
L5	2	23.647	11.801
L5	3	29.519	12.946
L5	4	22.346	11.630
L6	1	34.600	14.875
L6	2	34.463	13.415
L6	3	18.146	8.505
L6	4	22.488	11.496

Tab. 77: Aufsummierte Mittelwerte und Standardabweichungen des ästhetischen Gesamtwerts der Bestandsfotos

Landschaft	Bild-Nr.	M	SD
L1	1	55.479	14.276
L1	3	46.845	13.167
L1	4	58.873	11.194
L2	1	54.213	13.878
L2	2	40.085	16.512
L2	3	60.128	11.603
L2	4	42.319	16.865
L3	1	32.300	15.010
L3	2	39.914	14.398
L3	3	26.057	11.598
L3	4	38.471	13.798
L4	1	40.686	16.734
L4	2	50.824	15.058
L4	3	24.058	9.688
L4	4	34.451	14.798
L5	1	25.558	12.862

Landschaft	Bild-Nr.	M	SD
L5	2	20.171	8.743
L5	3	28.326	12.787
L5	4	22.628	14.534
L6	1	41.000	15.505
L6	2	48.264	16.645
L6	3	24.882	11.757
L6	4	26.788	13.559

Tab. 78: Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der manipulierten Landschaften

Landschaft	M	SD
L1	58.091	19.636
L2	52.350	21.045
L3	47.500	19.629
L4	41.988	19.556
L5	36.956	17.427
L6	36.417	17.614

Tab. 79: Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der Landschaften im Bestand

Landschaft	M	SD
L1	70.554	16.275
L2	68.255	19.383
L3	53.286	19.533
L4	53.780	23.141
L5	37.282	16.240
L6	49.591	22.070

Tab. 80: Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der manipulierten Fotos

Landschaft	Bild-Nr.	M	SD
L1	1	58.761	21.916
L1	2	59.936	20.263
L1	3	52.681	18.342
L1	4	61.000	17.312
L2	1	48.549	15.863
L2	2	40.211	16.978
L2	3	74.155	15.984
L2	4	46.400	17.650
L3	1	45.913	19.785
L3	2	54.149	18.450
L3	3	39.457	17.845
L3	4	50.277	19.862
L4	1	44.302	18.108
L4	2	52.952	19.567
L4	3	26.125	11.490

Landschaft	Bild-Nr.	M	SD
L4	4	43.762	18.073
L5	1	38.824	17.604
L5	2	34.275	17.154
L5	3	40.615	19.312
L5	4	34.096	14.926
L6	1	41.850	17.301
L6	2	46.561	18.237
L6	3	25.854	11.601
L6	4	31.537	14.958

Tab. 81: Mittelwerte und Standardabweichungen des Erholungswertes der Bestandsfotos

Landschaft	Bild-Nr.	M	SD
L1	1	75.451	15.399
L1	3	63.211	17.422
L1	4	73.000	13.284
L2	1	69.745	17.778
L2	2	62.766	20.119
L2	3	80.787	14.180
L2	4	59.723	18.369
L3	1	52.029	18.306
L3	2	63.014	17.121
L3	3	38.429	14.633
L3	4	59.671	18.369
L4	1	61.784	18.697
L4	2	75.588	15.032
L4	3	30.538	11.288
L4	4	47.667	18.136
L5	1	39.698	15.653
L5	2	32.512	13.526
L5	3	43.535	16.003
L5	4	33.163	17.327
L6	1	55.481	18.576
L6	2	67.981	19.035
L6	3	34.902	15.832
L6	4	39.365	17.538

## Rücklauf-Statistik

Bisher wurden **216** Interviews abgeschlossen.

Interviews: 309

Pretests: 8 (3 mit Anmerkungen)

Datensätze inkl. Testdaten: 325

Stand: 20.11.2017, 09:51 Uhr

Fragebogen	Datensätze abgeschlossen / gesamt / Klicks		
Fragebogen L1M1	48	69	158
Fragebogen L1M2	71	95	193
Fragebogen L1o1	44	71	177
Fragebogen L1o2	53	74	165
<b>Gesamt</b>	<b>216</b>	<b>309</b>	<b>693</b>

### Einzelstatistik zu Ausstiegsseiten

Bitte oben den entsprechenden Fragebogen anklicken

#### Fragebogen

Letzte bearbeitete Seite	Datensätze abgeschlossen / gesamt / kumulativ		
Seite 18	48	48	48
Seite 15	0	1	49
Seite 14	0	2	51
Seite 13	0	2	53
Seite 12	0	1	54
Seite 11	0	3	57
Seite 8	0	2	59
Seite 6	0	4	63
Seite 5	0	2	65
Seite 4	0	1	66
Seite 3	0	3	69
<b>Gesamt</b>	<b>48</b>	<b>69</b>	

Insgesamt wurden 158 Aufrufe (Klicks) für diesen Fragebogen aufgezeichnet (einschließlich versehentlicher doppelter Klicks, Aufrufe durch Suchmaschinen, ...).

### Rücklauf im Zeitverlauf

Sie können das Diagramm per Rechtsklick → *Grafik speichern unter* in Druckauflösung herunterladen.

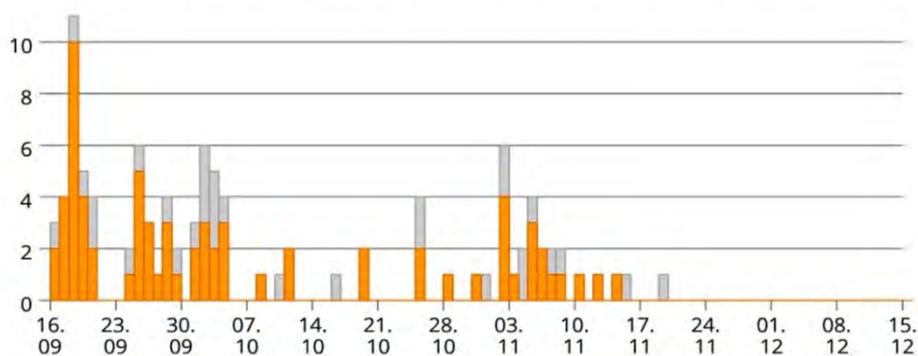


Abb. 81: Rücklaufstatistik der Online-Studie

### 10.3 Qualitative Befragung

Tab. 82: Positive Meinungen zu den Windenergieanlagen in der qualitativen Befragung

Meinungen zu den als positiv markierten Windenergieanlagen lauteten:
„Windräder, weil es saubere Energie gibt, verschönert die Landschaft“
„Windrad besser, weil man sich dran gewöhnt hat“
„Windenergieanlagen sind gar nicht so hässlich“
„Windräder: Alternative Energie“
„Windanlage passt gut in die Landschaft und zeigt Fortschritt“
„Windräder stören nicht“

Tab. 83: Negative Meinungen zu den Windenergieanlagen in der qualitativen Befragung

Meinungen zu den als negativ markierten Windenergieanlagen lauteten:
„Windräder: müsste ich eigentlich schwarz/rot machen, gehören eigentlich auch dazu“
„ein Windrad, das stört, aber ist im Prinzip egal, ist halt heute so“
„Es sind zu viele Windenergieanlagen, wodurch die Hügel noch unruhiger wirken“
„Hauptsächlich die Windräder, finde ich aber nicht schlecht. Vielleicht gibt es da bessere Orte. Stadtnah finde ich Solar besser.“
„Windenergieanlagen stechen hervor und gliedern sich nicht ein“
„Windenergieanlagen stören die Landschaft und passen nicht ins Landschaftsbild“
„Windräder ganz außen stören die Sicht“
„Windräder stören“
„Windräder stören in der Natur“
„Windräder zerstören das Landschaftsbild“
„Windräder, weil sie nicht in die Natur passen“
„zu viele Windräder“
„Windräder, zerstören das Landschaftsbild“
„Windräder nicht schön, aber gut, dass es sie gibt“
„Windräder, weil sie zu hoch sind und zu dicht am Ort“
„Windenergieanlagen, weil man da immer hingucken muss: zieht den Blick“
„Windenergieanlagen sind störend“
„Windrad: wir brauchen einen veränderten Blick“

Tab. 84: Meinungen zu den Strommasten und Stromtrassen in der qualitativen Befragung

Meinungen zu den Strommasten und -trassen
„drei Strommasten stören“
„eher den Strommasten, aber nur den unteren Teil, weil er Dinge verdeckt“
„Hochspannungsmast, weil er zu nah am Haus ist“
„Mast passt nicht in die Landschaft“
„Spannungsleitung stört den Gesamtblick der Landschaft und stört im Hintergrund“
„Stromleitung stört das Bild/stört den Raum“

#### Meinungen zu den Strommasten und -trassen

---

- „Stromleitung, könnte man alles unterirdisch machen“
  - „Stromleitungen stören das Landschaftsbild“
  - „Strommast gefällt nicht so gut, weil er nicht harmoniert“
  - „Strommast passt nicht in die Landschaft, ist nicht schön und zerstört die Natur“
  - „Strommast stört die Landschaft“
  - „Strommast stört, aber kleineres Übel als Atomkraftwerk“
  - „Strommast, weil er hässlich ist“
  - „Strommasten sind gar nicht so schlimm“
  - „Strommasten sind oberirdisch, könnte man auch unterirdisch machen“
  - „Strommasten, weil die Form geradlinig ist und nicht in die Natur passen“
  - „Strommasten, weil Fremdkörper in der Natur“
  - „Strommasten, weil zu groß und zu nah am Dorf“
  - „Oberleitungen passen nicht zur Landschaft, weil das ein menschlicher Eintrag ist“
  - „Strommast und Windenergieanlagen nehmen viel Raum im Vordergrund ein“
  - „Strommast, weil es zu viel Industrie ist“
  - „Strommaste trüben den blauen Himmel“
  - „Strommast (5x ohne weitere Erklärung)“
-