

**Johannes Schuler, Christine Krämer, Silvio Hildebrandt,
Reimund Steinhäuser, Anja Starick und
Michaela Reutter**

Kumulative Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft



Kumulative Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft

**Ergebnisse des gleichnamigen F+E-Projekts
(FKZ 3512 83 0200)**

**Johannes Schuler
Christine Krämer
Silvio Hildebrandt
Reimund Steinhäuser
Anja Starick
Michaela Reutter**

Titelbild: Energielandschaft (R. Steinhäuser)

Adressen der Autorinnen und Autoren:

Dr. Johannes Schuler	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
Silvio Hildebrandt	Müncheberg e.V. (ZALF)
Reimund Steinhäuser	Eberswalder Str. 84
Michaela Reutter	15374 Müncheberg
Anja Starick	E-Mail: schuler@zalf.de



Dr. Christine Krämer	Projektbüro mareg (markt+region)
	Herrnberchtheim 178
	97258 Ippesheim
	E-Mail: kraemer@markt-region.de



Fachbetreuung im BfN:

Ulrike Seyfert,	Fachgebiet II 4.3 „Erneuerbare Energien und Naturschutz, Berg- und
Kathrin Ammermann	Bodenabbau, Geschäftsstelle Kompetenzzentrum Erneuerbare
	Energien und Naturschutz“

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).

BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter http://www.bfn.de/0502_skripten.html heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: 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.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des institutionellen Herausgebers unzulässig und strafbar.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-200-6

DOI 10.19217/skr463

Bonn - Bad Godesberg 2017

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	11
Zusammenfassung	13
1 Einleitung.....	14
1.1 Hintergrund.....	14
1.2 Arbeitsschritte im Projekt.....	15
2 Begriffsbestimmung „kumulative Wirkungen“	20
2.1 Allgemeine Bedeutung des Begriffs.....	20
2.2 Arten kumulativer Wirkungen	21
2.2.1 Additive Wirkungen	21
2.2.2 Synergetische Wirkungen	22
2.3 Kumulative Wirkungen in der Planung.....	25
2.4 Projektdefinition „kumulative Wirkungen“.....	27
3 Rahmenbedingungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien.....	29
3.1 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen.....	30
3.1.1 Analyse der Energiestrategien der Bundesländer.....	30
3.1.2 Umsetzung der Energiestrategien	33
3.1.3 Schlussfolgerungen.....	35
3.2 Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen	35
3.2.1 Viehbesatzdichte.....	35
3.2.2 Maisanbau	38
3.3 Naturräumliche Rahmenbedingungen	38
3.3.1 Rahmenbedingungen des Ausbaus der Windenergie.....	38
3.3.2 Landschaftsstruktur.....	40
3.3.3 Rahmenbedingungen des Ausbaus der Photovoltaik	41
3.4 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen	42
3.4.1 Bebauungsdichte und Dach-Photovoltaikanlagen	42
3.4.2 Gesellschaftliche Akzeptanz der erneuerbaren Energien	44
3.5 Zusammenfassende Bewertung der Rahmenbedingungen	45
4 Kumulationsräume in Deutschland und Auswahl der Fallstudienräume.....	47
4.1 Methodik und Daten	47
4.2 Ergebnisse	51
4.2.1 Die räumliche Verteilung der Windenergie in Deutschland	51
4.2.2 Die räumliche Verteilung der Biogaserzeugung in Deutschland	52
4.2.3 Die räumliche Verteilung von Photovoltaikanlagen in Deutschland.....	53
4.2.4 Kumulierte Nennleistungsdichte	53
4.3 Auswahl der Fallstudienräume	54
4.4 Beschreibung der Fallstudienräume	55
4.4.1 Nordfriesland.....	55

4.4.2	Main-Tauber-Kreis	61
4.4.3	Fazit der Fallstudienbetrachtung	65
5	Aufbau einer Methodik und deren Anwendung.....	66
5.1	Räumliche Analyse.....	66
5.1.1	Schutzgut Biologische Vielfalt	66
5.1.2	Schutzgut Landschaft.....	76
5.2	Zusammenstellung der Wirkungen der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft	109
5.2.1	Literaturrecherche	110
5.2.2	Experteninterviews	117
5.3	Ableitung möglicher kumulativer Wirkungen aus der Wirkungsmatrix.....	121
5.4	Ableitung einer Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen und deren Übertragbarkeit auf andere Regionen.....	127
5.4.1	Allgemeine Erläuterung zur Ableitung der entwickelten Methode	127
5.5	Bewertung der Ergebnisse	131
6	Handlungsempfehlungen	133
6.1	Aus den Projekterkenntnissen abgeleitete Handlungsempfehlungen	133
6.1.1	Implementierung einer geeigneten Methodik als gute fachliche Praxis.....	133
6.1.2	Vermeidung und Verminderung von Einzelwirkungen	134
6.1.3	Verankerung einer eindeutigen Definition kumulativer Wirkungen und dazugehöriger Wirkungsschwellen	135
6.1.4	Verbesserung der Datenverfügbarkeit.....	136
6.2	Weitere Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Berücksichtigung kumulativer Planung in Planungsinstrumenten.....	136
6.2.1	Grundsätzliche Überlegungen zur räumlichen Steuerung von erneuerbaren Energien hinsichtlich kumulativer Wirkungen	136
6.2.2	Berücksichtigung kumulativer Wirkungen in Regional- und Bauleitplanung	139
6.2.3	Einbindung kumulativer Wirkungen in regionale Energiekonzepte.....	141
6.2.4	Einbindung kumulativer Wirkungen in Umweltprüfungen.....	141
6.2.5	Räumliche Steuerungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit dem EEG	142
6.2.6	Fazit zu den Handlungsempfehlungen	143
7	Ausblick	145
7.1	Zukünftige Entwicklungen.....	145
7.2	Künftige Forschungsfelder.....	147
8	Quellenverzeichnis.....	151
8.1	Literaturverzeichnis	151
8.2	Gesetzestexte	161
8.3	Quellen der Literaturanalyse	162
8.4	Mündliche und schriftliche Auskünfte, Interviews.....	163
8.5	Workshops	165
9	Anhang.....	167
9.1	Anhang: Leitfadeninterview	167
9.2	Anhang: Übersicht Interviewpartner	169
9.3	Anhang: Tabelle zu Definitionen kumulativer Wirkungen.....	170

9.4	Anhang: Karten zum Schutzgut Landschaft.....	173
9.5	Anhang: Ergebnisse der Literaturanalyse	192
9.5.1	Schutzgut: Biodiversität.....	192
9.5.2	Schutzgut Landschaft.....	200
9.5.3	Schutzgut Boden.....	205
9.5.4	Schutzgut Klima/Luft	208
9.5.5	Schutzgut Wasser	209
9.6	Anhang: Angaben zu Kollisionszahlen, Meideabständen und weitere Informationen.	210
9.7	Anhang: Wirkungsmatrix	215

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schema der Arbeitspakete im Projekt	17
Abb. 2:	Wirkungsgefüge erneuerbare Energien, Mensch, Natur und Landschaft	19
Abb. 3:	Entstehung von additiven Wirkungen.....	22
Abb. 4:	Schematische Darstellung zu additiven Wirkungen erneuerbarer Energien am Beispiel des Landschaftsbildes.....	22
Abb. 5:	Entstehung synergetischer Wirkungen.....	23
Abb. 6:	Schematisches Beispiel zu synergetischen Wirkungen.....	23
Abb. 7:	Entstehung von Interaktionen zwischen Belastungen bzw. synergetischen Wirkungen mit Folgewirkung	23
Abb. 8:	Arten kumulativer Wirkungen im Überblick.....	28
Abb. 9:	Ausbauzustand der erneuerbaren Energien (MW installierte Leistung) in den Bundesländern im Jahr 2011.....	29
Abb. 10:	Stromproduktion aus erneuerbaren Energien (1.000 MWh) in den Bundesländern im Jahr 2011.....	30
Abb. 11:	Positive Wechselwirkungen zwischen Tierhaltung und Biogaserzeugung	36
Abb. 12:	Substrateinsatz in den Bundesländern.....	37
Abb. 13:	Entwicklung der Anlagengröße „onshore“	39
Abb. 14:	Standorte von Windenergieanlagen 1998 und 2010	39
Abb. 15:	Anteil nutzbarer Flächen in Deutschland für Windenergie.....	40
Abb. 16:	Prozentuale Steigerung der Modulwirkungsgrade von Solarzellen in Serienproduktion von 2003 bis 2010	42
Abb. 17:	Entwicklung des Anlagenbestandes nach Dach- und Freiflächenanlagen (ohne Darstellung der Fassadenanlagen).....	43
Abb. 18:	Verteilung der gesamten installierten Leistung Ende 2010 sowie länderspezifische Leistungsanteile von Freiflächenanlagen	44
Abb. 19:	Anzahl Landkreise in den Klassen der Nennleistungsdichte (kW/ha)	49
Abb. 20:	Windkraft Nennleistungsdichte (kW _{el} /ha) je Landkreis	51
Abb. 21:	Biomasse Nennleistungsdichte (kW _{el} /ha) je Landkreis.....	52
Abb. 22:	Photovoltaik Nennleistungsdichte (kW _{el} /ha) je Landkreis.....	53
Abb. 23:	Kumulationsräume, gebildet aus den Klassen zur Nennleistungsdichte (kW _{el} /ha) der Landkreise für die EE-Sparten Biomasse, Wind- und Solarkraft.....	54
Abb. 24:	Aktuelle Eignungsgebiete für die Windenergienutzung im Kreis Nordfriesland.....	56

Abb. 25:	Standorte von Windenergieanlagen, Biogasanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen in Nordfriesland	57
Abb. 26:	Fruchtartenverteilung im Landkreis Nordfriesland auf Ackerland	58
Abb. 27:	Standorte von Windenergieanlagen, Biogasanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen im Main-Tauber-Kreis	62
Abb. 28:	Fruchtartenverteilung im Main-Tauber-Kreis auf Ackerland	64
Abb. 29:	Beispielschema zur Erläuterung der Darstellung von EE-Anlagen sowie Brutvorkommen mit Ausschluss- und Prüfbereichen nach LAG-VSW 2007.....	70
Abb. 30:	Standorte von Brutplätzen der Wiesenweihe und EE-Anlagen; Prüf- und Ausschlussbereiche entsprechend der Angaben der LAG-VSW 2007.....	72
Abb. 31:	Gebiete in denen vorhandene Rotmilan-Brutstätten nicht einbezogen werden konnten.....	74
Abb. 32:	Standorte von Brutplätzen des Rotmilans und EE-Anlagen; Prüf- und Ausschlussbereiche entsprechend der Angaben der LAG-VSW 2007.....	75
Abb. 33:	Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Sichtbarkeitsanalyse.....	78
Abb. 34:	Beispiel für Linienstruktur zur Durchführung einer Sichtbarkeitsanalyse	81
Abb. 35:	Geringe Reliefenergie - Sicht des Beobachters auf FF-Photovoltaikanlagen wird auch durch niedrige Vegetation verdeckt	83
Abb. 36:	Beobachter erhöht positioniert - Großteil der FF-Photovoltaikanlage sichtbar	83
Abb. 37:	FF-Photovoltaik am Hang - auch für Beobachter im Tal sichtbar	83
Abb. 38:	EE- Anlagenstandorte in Nordfriesland	90
Abb. 39:	Kumulative Wirkungen in Nordfriesland (EE-Sparten gleichgewichtet, Variante 1)	91
Abb. 40:	Anzahl der sichtbaren Windenergieanlagen (Wirkbereich 30-fache Anlagehöhe, Variante 2).....	92
Abb. 41:	Kumulative Wirkungen in Nordfriesland (Höhere Gewichtung der Windenergie durch mehrere Wirkstufen je nach Anzahl der sichtbaren WEA, Variante 3)	93
Abb. 42:	Besichtigungspunkt 1 - Windpark Reußenköge westlich von Bredstedt	94
Abb. 43:	Bildausschnitt von Sichtkegel A (Windpark Reußenköge westlich von Bredstedt)	95
Abb. 44:	Bildausschnitt von Sichtkegel B (Windpark Reußenköge westlich von Bredstedt)	95
Abb. 45:	Besichtigungspunkt 2 - Nordküste der Halbinsel Eiderstedt bei Uelvesbüll	96
Abb. 46:	Bildausschnitt von Sichtkegel C (Nordküste der Halbinsel Eiderstedt bei Uelvesbüll)	97

Abb. 47:	Bildausschnitt von Sichtkegel D (Nordküste der Halbinsel Eiderstedt bei Uelvesbüll)	97
Abb. 48:	Anlagenstandorte im Main-Tauber-Kreis.....	100
Abb. 49:	Kumulative Wirkungen im Main-Tauber-Kreis (EE-Sparten gleichgewichtet)	101
Abb. 50:	Anzahl der sichtbaren Windenergieanlagen im Main-Tauber-Kreis (Wirkbereich 30-fache Anlagenhöhe)	102
Abb. 51:	Kumulative Wirkungen im Main-Tauber-Kreis (Höhere Gewichtung der Windenergie).....	103
Abb. 52:	Besichtigungspunkt 1 - Ackerfläche südlich von Gissigheim	104
Abb. 53:	Bildausschnitt von Sichtkegel A (Ackerfläche südlich von Gissigheim)	105
Abb. 54:	Bildausschnitt von Sichtkegel B (Ackerfläche südlich von Gissigheim)	105
Abb. 55:	Gesichtete Rotmilane bei Besichtigungspunkt 1 (Ackerfläche südlich von Gissigheim)	105
Abb. 56:	Besichtigungspunkte 2 und 3 - FF-PV-Anlage Ernthof nördlich von Hundheim.....	106
Abb. 57:	Bildausschnitt von Sichtkegel C (Ernthof nördlich von Hundheim)	107
Abb. 58:	Bildausschnitt von Sichtkegel D (Ernthof nördlich von Hundheim)	107
Abb. 59:	Besichtigungspunkte 4, 5 und 6 - Windpark bei Wertheim	108
Abb. 60:	Bildausschnitt von Sichtkegel E (Windpark bei Wertheim)	108
Abb. 61:	Bildausschnitt von Sichtkegel F (Windpark bei Wertheim)	109
Abb. 62:	Bildausschnitt von Sichtkegel G (Windpark bei Wertheim).....	109
Abb. 63:	Vorgehensweise bei der räumlichen Eingrenzung kumulativer Wirkungen auf einzelne Vogelarten.....	128
Abb. 64:	Ablaufschema der abgeleiteten Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen.....	130
Abb. 65:	Schema zu grundsätzlichen Steuerungsstrategien von Sparten der erneuerbaren Energien zueinander.	138

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Anteil der Landesfläche, die in den Bundesländern ihren Energiestrategien zufolge für die Windenergiebereitstellung vorgehalten werden soll (Stand 2012).....	32
Tab. 2:	Beispiele zu Förderprogrammen zum Ausbau erneuerbarer Energien in den Bundesländern (Stand der Recherche: Feb. 2013)	34
Tab. 3:	Entwicklung des jährlichen Leistungszubaus nach Anlagentypen	43
Tab. 4:	Dimensionen der Akzeptanz von erneuerbaren Energien	45
Tab. 5:	Statistische Daten zur Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011	47
Tab. 6:	Statistische Auswertung zur Nennleistungsdichte in kW/ha auf Landkreisebene je EE-Sparte.....	48
Tab. 7:	Klassifizierungskriterien zur Einteilung von über-, bzw. unterdurchschnittlichen Nennleistungsdichten (kW/ha) in den Landkreisen.....	49
Tab. 8:	Aggregationsregel zur Definition der Kumulationsräume.....	50
Tab. 9:	Charakterisierung der Region Nordfriesland durch die befragten Akteure.....	60
Tab. 10:	Charakterisierung der Region Main-Tauber durch die befragten Akteure.....	65
Tab. 11:	Artengruppen mit Konfliktindikator-Funktion in Bezug auf den Ausbau der EE	67
Tab. 12:	Datenherkunft räumliche Analyse Wiesenweihe	69
Tab. 13:	Datenherkunft räumliche Analyse Rotmilan	73
Tab. 14:	Visuelle Einflussgrade von Freiflächenphotovoltaikanlagen	82
Tab. 15:	Übersicht über die max. möglichen Wirkstufen jeder einzelnen EE-Sparte für Variante 3 der Kartendarstellungen (Kumulative Wirkungen auf Landschaftsbild – Höhere Gewichtung WEA).....	87
Tab. 16:	Eingangsdaten der Sichtbarkeitsanalyse in Nordfriesland.....	87
Tab. 17:	Eingangsdaten der Sichtbarkeitsanalyse für den Main-Tauber-Kreis	98
Tab. 18:	Entwurf einer Wirkungsmatrix für das Schutzgut Biodiversität.....	115
Tab. 19:	Anzahl Nennungen der wahrgenommenen Wirkungen der einzelnen EE-Sparten auf Natur und Landschaft.....	117
Tab. 20:	Genannte Wirkungen in Abhängigkeit der Untersuchungsregion	117
Tab. 21:	„Projektspezifische“, im Rahmen der Leitfadeninterviews formulierte Wirkungen der EE-Sparten	118
Tab. 22:	Wirkungsmatrix für das Schutzgut Biodiversität ergänzt um Interviewergebnisse (Gekennzeichnet durch „I“)	119

Tab. 23:	Additive Wirkungen auf das Schutzgut Biodiversität (Wirkungsmatrix gekürzt)	123
Tab. 24:	Additive Wirkungen auf das Schutzgut Landschaft (Matrix gekürzt)	125

Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BioKraftQuG	Biokraftstoffquotengesetz
BKA	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CE	Cumulative Effects (kumulative Wirkungen)
Ct.	Cent
DGM	Digitales Geländemodell
DOM	Digitales Oberflächenmodell
EC	European Commission (Europäische Kommission)
EE	Erneuerbare Energien
EG	Europäische Gemeinschaft
ELR	Entwicklungsprogramm ländlicher Raum
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien Wärmegesetz
et al.	und andere
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FF-PV	Freiflächen-Photovoltaik
FP	Förderprogramm
GAKG	Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
GfN	Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung
GIS	Geoinformationssystem
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
el.	Elektrisch

ILB	Investitionsbank des Landes Brandenburg
kW/ha	Kilowatt pro Hektar
LAG-VSW	Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten
LANA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung
m	Meter
MW	Megawatt
MWAT	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
RL	Richtlinie
ROG	Raumordnungsgesetz
PAG	Projektbegleitende Arbeitsgruppe
SUP	Strategische Umweltprüfung
SUP-RL	Richtlinie über die Strategische Umweltprüfung
WGBU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WEA	Windenergieanlage
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

Zusammenfassung

Im Rahmen des vom Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit geförderten Projektes wurden kumulative Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft untersucht. Kumulative Wirkungen werden definiert als das räumliche und zeitliche Zusammenwirken unterscheidbarer, anthropogener Belastungsfaktoren auf dasselbe Schutzgut. Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojektes sind die in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnenen Technologien Biogas, Windenergie und Photovoltaik (Freiflächen).

Deutschlandweit wurden in einem ersten Schritt die politisch-rechtlichen, die landwirtschaftlichen und die naturräumlichen sowie die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien eruiert. Im Ergebnis entstanden Erklärungsansätze für die regional unterschiedliche Intensität des Ausbaus sowie eine Systematik für das Bundesgebiet, die die Verteilung der erneuerbaren Energien in ihrem räumlichen Kontext zeigt.

Da die regionale Situation einen wesentlichen Einfluss auf den Ausbau der erneuerbaren Energien und dessen Wirkungen auf Natur und Landschaft hat, wurden aufbauend auf der Systematik zwei räumlich und landschaftlich unterschiedliche Fallstudiengebiete ausgewählt. In den Fallstudiengebieten wurden leitfadenbasierte Befragungen zu regional auftretenden kumulativen Wirkungen durchgeführt. Anhand dieser Gebiete wurde eine Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien entwickelt und am Beispiel ausgewählter Schutzgüter überprüft. Darüber hinaus wurde eine computergestützte räumliche Analyse durchgeführt, bei der die potentiellen Wirkungen erneuerbarer Energien auf die Schutzgüter Avifauna (Rotmilan und Wiesenweihe) und Landschaftsbild untersucht wurden.

Unabhängig eines räumlichen Bezuges wurden auf der Grundlage einer Literaturanalyse die Auswirkungen der einzelnen erneuerbaren Energien für jedes Schutzgut in einer Matrix dargestellt. Diese stellt eine eigenständig nutzbare Bewertungsmethode dar.

Mit Hilfe der erarbeiteten Methodik lassen sich für potentielle Anwendungsregionen kumulative Wirkungen kartografisch darstellen. Eine Bewertung der Wirkungen kann auf dieser Grundlage jedoch nicht umfassend und abschließend erfolgen. Hierzu bedarf es einer Prüfung innerhalb von konkreten Planungsprozessen. Die räumliche Analyse, in Verbindung mit einer ausführlichen, verbal-argumentativen Erläuterung erscheint als das geeignete Mittel, um kumulative Wirkungen in die Raumplanung sowie Umweltprüfungen zu integrieren. Dabei kann die in diesem Projekt erarbeitete Methodik als Grundlage dienen. Räumliche Daten zu Schutzgütern und den betrachteten Vorhaben sollten dabei leicht und vollständig abgerufen werden können, um kumulative Wirkungen mit geringem Aufwand abschätzen zu können.

Eine möglichst natur- und landschaftsverträgliche Umsetzung von einzelnen EE-Projekten minimiert in der Folge auch kumulative Wirkungen. Um Unsicherheiten im Umgang mit kumulativen Wirkungen in der Umweltplanung abzubauen, müssen auf gesetzlicher und politischer Ebene die notwendigen Rahmenbedingungen festgelegt werden. Grundsätzlich ist eine umfassende Betrachtung der Wirkungsfaktoren gleicher und verschiedenartiger Vorhaben auf ein Schutzgut, angesichts der heutigen Planungsdichte dringend notwendig.

1 Einleitung

Im folgenden Kapitel werden der Forschungsgegenstand des Projektes sowie die Gliederung des Berichtes erläutert. Orientiert an den Arbeitspaketen wird der Aufbau des Projektes im Einzelnen wiedergegeben.

1.1 Hintergrund

Bedingt durch die Politiken zu Klimaschutz und Energiewende wurden die erneuerbaren Energien in den letzten Jahren stark ausgebaut. Um die vorgegebenen Klimaziele zu erreichen, ist auch in Zukunft von einem weiteren Ausbau auszugehen. Dieser Ausbau wird rechtlich, fiskalisch und planerisch hauptsächlich durch das EEG, das EEWärmeG, das BioKraftQuG, das BauGB, das GAKG¹, den Nationalen Aktionsplan für Erneuerbare Energie (BRD 2010), den Nationalen Biomasseaktionsplan (BMELV, BMU 2009), die Bundesnetzplanung (FEIX et al. 2012), regionale Energiekonzepte (siehe z. B. ILB 2010) und die Regionalplanung flankiert. Der Ausbau erneuerbarer Energien ist mit dem Bau und Betrieb von Anlagen zur Energieerzeugung und Verteilung verbunden. So wird im Folgenden unter dem Ausbau erneuerbarer Energien zusammenfassend der Ausbau der technischen Infrastruktur sowie die Rohstoffbereitstellung aus biogenen Energieträgern verstanden (siehe BERGER 2011).

Verbunden mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien sind vielfältige Wirkungen auf Natur und Landschaft (PETERS et al. 2010, GFN 2011, MENGEL et al. 2010). Dabei gehen Wirkungen von allen Sparten der erneuerbaren Energien aus und können alle Schutzgüter des Naturschutzes (biologische Vielfalt, Boden, Landschaft, Luft, Klima, Wasser) betreffen. Es können dabei sowohl positive als auch negative Wirkungen bzw. auch gegensätzliche Wirkungen auftreten. Der Ausbau der erneuerbaren Energien bewirkt aber auch gesellschaftliche Veränderungen, beispielsweise eine Veränderung der Akteurskonstellationen und nicht zuletzt des Verhältnisses von Produzenten, Konsumenten und Betroffenen zueinander (STARICK et al. 2013).

Die Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft werden in der Literatur und der öffentlichen Diskussion vielfältig thematisiert und negative wie auch positive Auswirkungen sind inzwischen belegt. Ein Schwerpunkt der Betrachtungen liegt auf den Änderungen der Landnutzung, meist verursacht durch den zunehmenden Anbau von Energiepflanzen, sowie dem Einfluss auf das Landschaftsbild (z. B. NADAI et al. 2010; LEIBENATH et al. 2012). Betrachtet werden dabei i.d.R. die Wirkungen einzelner (bzw. weniger) Anlagen sowie die Wirkungen der einzelnen EE-Sparten separat (z. B. die Wirkung eines Windparks auf das Landschaftsbild, die Wirkung einer Freiflächenphotovoltaikanlage auf das Verhalten wandernder Tierarten). Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich Wirkungen durch den zeitlich und räumlich in engem Zusammenhang stehenden Ausbau mehrerer EE-Sparten bzw. einer großen Anzahl von Anlagen kumulieren. Die instrumentelle Steuerung adressiert jedoch meist nur die Entwicklung einzelner erneuerbarer Energien und

¹ EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEWärmeG - Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich, GAKG - Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes", BioKraftQuG – Biokraftstoffquotengesetz, BauGB - Baugesetzbuch

dies mit unterschiedlicher Regelungskompetenz². Die Wirkungen des gemeinsamen Auftretens mehrerer Ausbaupfade und zusätzliche Effekte, die daraus entstehen, finden meist geringe oder keine Beachtung.

Das Forschungsvorhaben diene dazu, diese Lücken zu schließen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde eine Methodik entwickelt, mit deren Hilfe kumulative Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien erhoben werden können. Hierfür wurde in einem ersten Schritt der Begriff der kumulativen Wirkungen definiert. Im Weiteren wurde ein methodischer Rahmen erarbeitet, mit dem eine Verortung von Suchräumen sowie die Ableitung denkbarer in diesen Suchräumen auftretenden kumulativen Wirkungen möglich ist.

1.2 Arbeitsschritte im Projekt

Im Folgenden werden die Vorgehensweise sowie die einzelnen Arbeitsschritte im Projekt kurz dargestellt (Abb. 1). Eine genaue Beschreibung der angewendeten Methoden und der Ergebnisse erfolgt jeweils in den Kapiteln 5.1. bis 5.3.

AP1: Identifikation der Rahmenbedingungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien

Mittels einer Literaturrecherche und Dokumentenanalyse wurden die Rahmenbedingungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien und der Entwicklung von Landschaft, Landnutzungen und Gesellschaft herausgearbeitet. Weiterhin wurden relevante Statistiken und Länderstrategien zum Ausbau der erneuerbaren Energien ausgewertet. Im Ergebnis entstand ein Erklärungsansatz für den regional unterschiedlichen Grad des Ausbaus der erneuerbaren Energien.

AP 2: Entwicklung einer Methode zur Auswahl der Fallstudienräume

AP 2.1 Methodenentwicklung zur räumlichen Klassifizierung der Ausbausituation erneuerbarer Energien

Um die Frage nach kumulativen Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien zu beantworten, war zunächst zu klären, in welchen Kombinationen und Konzentrationen die verschiedenen EE-Sparten auftreten. Hierfür wurden der Ausbaugrad der einzelnen EE-Sparten sowie deren Kombinationen auf Ebene der Landkreise typisiert. Das Ergebnis war eine Systematik für das Bundesgebiet, die die Verteilung der erneuerbaren Energien in ihrem räumlichen Kontext zeigt. Die Ergebnisse wurden in Karten dokumentiert.

AP 2.2: Auswahl und Analyse der Fallstudienräume

Da die regionale Situation einen wesentlichen Einfluss auf den Ausbau der erneuerbaren Energien und dessen Wirkungen auf Natur und Landschaft hat, wurden aufbauend auf der Typisierung (AP 2.1.) Fallstudiengebiete ausgewählt.

Neben den Kriterien zum Ausbauzustand der erneuerbaren Energien wurde bei der Auswahl der Fallbeispiele das Prinzip der größtmöglichen Kontrastierung angewendet, um eine breite Palette an kumulativen Wirkungen zu erfassen. Als Kriterien wurden daher eine hohe EE-Ausbaudichte sowie potentielle Konflikte mit Schutzgütern (insbes. beim Vogelschutz) herangezogen. Eine Kontrastierung der Fallstudienräume wurde anhand der Kriterien „flache

² Vgl. beispielsweise die Möglichkeiten, die Windenergiebereitstellung und die Bioenergiebereitstellung regional zu steuern, siehe z. B. GAASCH et al. (2011).

Landschaft – Hügellandschaft“ sowie „lange EE-Erfahrung – kurze EE-Erfahrung“ erreicht. Zudem war auch ein guter Zugang zu den Regionen Bedingung für die Auswahl.

AP 2.3: Beschreibung der Situation in den Fallstudienräumen

Für die Fallbeispiele wurde die Situation differenziert erfasst. Aufbauend auf der Klassifikation wurden die naturräumlichen, landschaftlichen, gesellschaftlichen und Landnutzungsbedingungen einschließlich absehbarer Entwicklungen sowie der Ausbaustand und die in Planungsunterlagen verfügbaren Ausbauziele erneuerbarer Energien präzisiert. Dazu gehörte auch, örtliche Besonderheiten und Konfliktherde zu erfassen, an denen kumulative Wirkungen besonders prägnant und konkret untersucht werden können. Grundlage für die präzisierende Erfassung der Situation in den Fallstudien waren regionalspezifische Rauminformationen wie Geodaten, Statistiken, Potentialstudien und Planungen. Die Präzisierung diente der Erarbeitung einer Methode zur Erhebung der kumulativen Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien (in AP3).

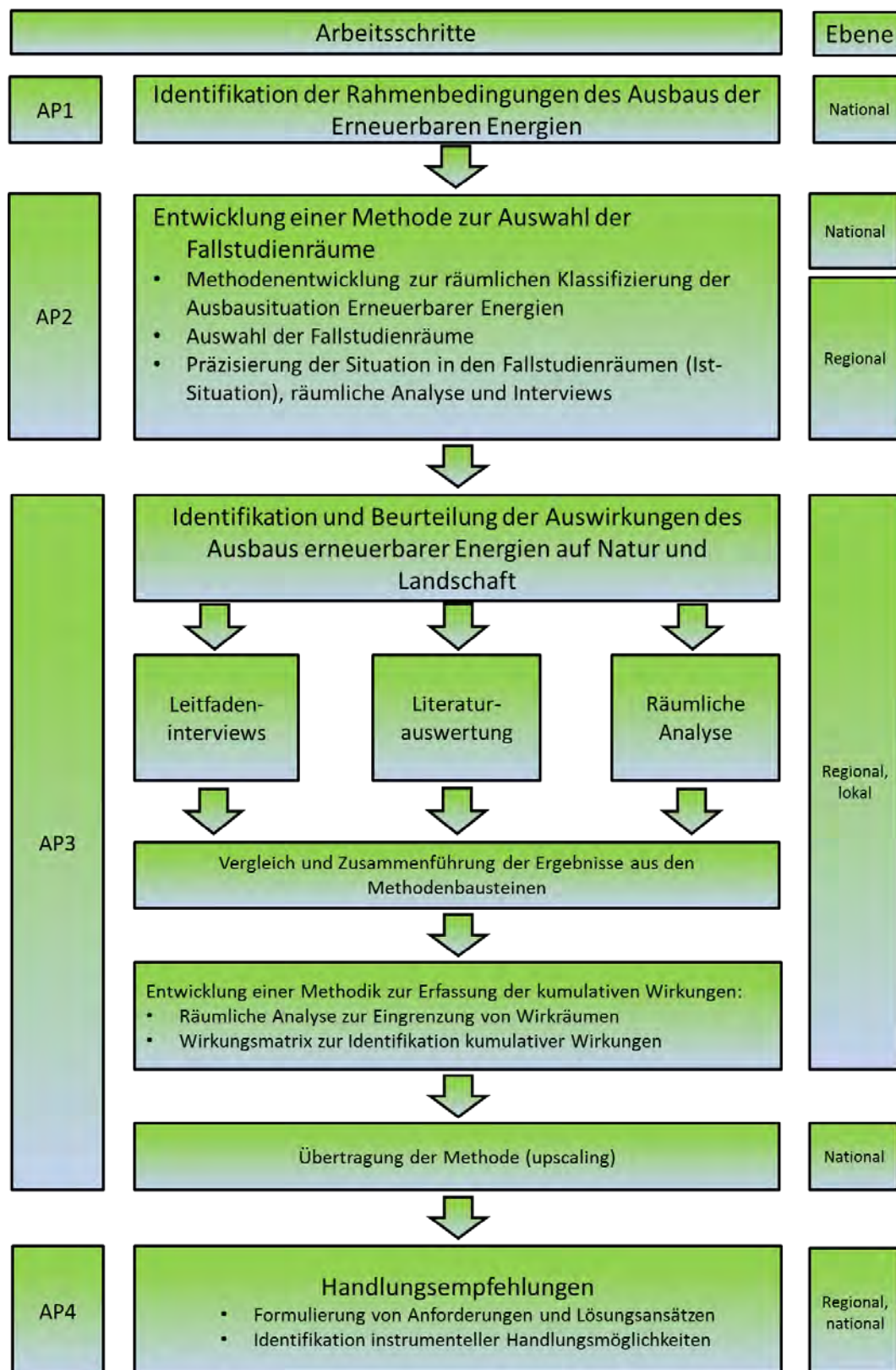


Abb. 1: Schema der Arbeitspakete im Projekt

Quelle: eigene Darstellung

AP 3: Identifikation und Beurteilung der Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft

Zentraler Inhalt von AP 3 war es, eine Methode zur Erhebung kumulativer Wirkungen zu entwickeln. Diese Methode besteht aus nutzerunabhängigen und aus nutzerabhängigen Methodenbausteinen. Die Ergebnisse, die die einzelnen Bausteine bereitstellen, wurden zu einer übertragbaren Methode zusammengefügt.

Für den nutzerunabhängigen Methodenbaustein wurde eine **computergestützte räumliche Analyse** durchgeführt, bei der die potentiellen Wirkungen erneuerbarer Energien auf die Schutzgüter Fauna und Landschaft kartografisch dargestellt werden. So wurden von kumulativen Wirkungen betroffene Gebiete innerhalb der Fallstudienräume eingegrenzt. Eine genaue Beschreibung der Analyse erfolgt in Kapitel 5.1.

Auf der Grundlage einer **Literaturanalyse** wurden die Auswirkungen der einzelnen erneuerbaren Energien in einer Matrix dargestellt. Es wurde für jedes Schutzgut eine eigene Matrix erstellt, in der die Wirkungen der Energieträger Wind, Photovoltaik und Biomasse auf das jeweilige Schutzgut tabellarisch aufgeführt sind. Ausgewertet wurden 29 Literaturstellen zu den Wirkungen der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft (siehe Quellen der Literaturanalyse). Eine genaue Erläuterung der Literaturanalyse und der erstellten Matrix befindet sich in Kapitel 5.2.1.

Des Weiteren wurde für den nutzerabhängigen Methodenbaustein eine **Befragung** regionaler Akteure durchgeführt. Anhand von leitfadenbasierten Interviews wurde eine qualitative Erhebung in den zwei ausgewählten Fallstudienräumen durchgeführt. Anliegen der Expertenbefragung war es, Aussagen über das Auftreten kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft zu erheben. Die Fragen des Leitfadens (siehe Anhang 9.1) bezogen sich auf die Beschreibung der Charakteristika von Natur, Landschaft und Menschen in der Region, die Beschreibung und Bewertung der Wirkungen des Ausbaus einzelner EE-Sparten auf Natur und Landschaft sowie die Beschreibung und Bewertung kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft (siehe Abb. 2).

Befragt wurden regionale Experten, die sich mit den verschiedenen Aspekten des Ausbaus der erneuerbaren Energien befassen. Der Formulierung des Leitfadens stand die Hypothese voran „Es existieren kumulative Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft“. Da diese Wirkungen bisher nicht beschrieben sind (siehe Einleitung), wurde ein qualitatives Vorgehen gewählt (siehe z. B. LAMNEK 2010), um Expertenerfahrungen bzgl. kumulativer Wirkungen zu erheben und somit zu einer Formulierung möglicher kumulativer Wirkungen zu gelangen. Daneben wurde eine zweite Hypothese formuliert: „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft entstehen in Wechselwirkung mit dieser und deren Bewertung wird im wesentlichen durch Einstellungen und Erwartungen der Menschen vor Ort geprägt“. Zur Erhebung dieser subjektiven Sichtweisen eignet sich in erster Linie der Einsatz von Befragungen als Erhebungsinstrumenten (BORZT et al. 2006).

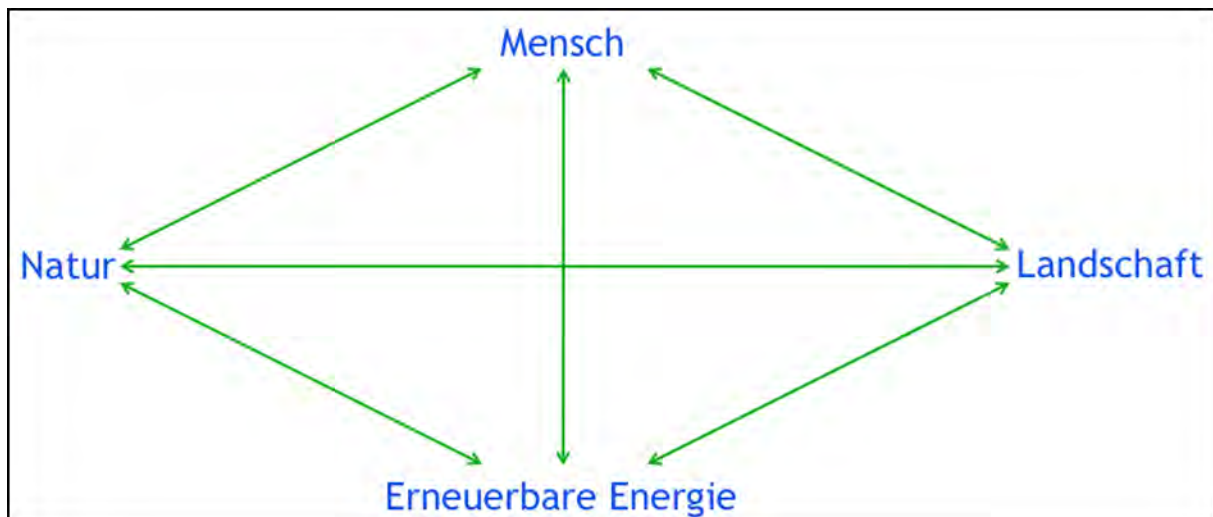


Abb. 2: Wirkungsgefüge erneuerbare Energien, Mensch, Natur und Landschaft

In die Befragung einbezogen wurden Akteure vor Ort (siehe Anhang 9.2), die Ansprüche an Natur und Landschaft formulieren. Dabei wurden Akteure aus folgenden Bereichen befragt:

- Produktion: Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Energieerzeugung
- Wohn- und Lebensraum: Bevölkerung, Gemeindevertreter
- Erholung: Tourismus, Bevölkerung
- Naturschutz: Arten- und Habitatschutz, Umweltschutz

Es wurde davon ausgegangen, dass mit der genannten Auswahl der Interviewpartner möglichst alle Aspekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien in der Region, die im Zusammenhang mit Wirkungen auf Natur und Landschaft relevant erscheinen, in die Befragung einbezogen wurden.

In den Regionen wurden jeweils 10 Interviews mit insgesamt 14 (Nordfriesland) bzw. 18 (Main-Tauber-Kreis) beteiligten Akteuren durchgeführt. Die Dauer der Interviews lag zwischen 45 und 120 Minuten. Die Interviews wurden digital aufgezeichnet und nach der Transkription mit der Software MAXQDA ausgewertet. Hierfür wurden sowohl Codes für die Wirkungen einzelner EE-Sparten auf Natur und Landschaft vergeben wie auch Codes bzgl. der Nennung kumulativer Wirkungen. Insgesamt wurden 65 WirkungsCodes formuliert.

AP 4: Handlungsempfehlungen

In AP 4 wurden Handlungsempfehlungen formuliert, wie kumulative Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien zukünftig besser vermindert und vermieden werden können. Zunächst wurden Handlungsempfehlungen vorgestellt, die sich aus der Projektarbeit ableiten. Diese betrafen insbesondere die Implementierung eines angemessenen methodischen Ansatzes und die Betonung einer notwendigen Initiative des Gesetzgebers. In einem weiteren Schritt wurden generelle Handlungsempfehlungen beleuchtet, die sich insbesondere mit der Berücksichtigung kumulativer Wirkungen in Regional- und Bauleitplanung sowie in Umweltprüfungen beschäftigen. Zudem wurde weiterer Forschungsbedarf formuliert, um die Erhebung (und Bewertung) kumulativer Wirkungen weiter zu verbessern.

2 Begriffsbestimmung „kumulative Wirkungen“

2.1 Allgemeine Bedeutung des Begriffs

Eine einheitliche Definition des Begriffs „kumulative Wirkungen“ wurde bisher nicht aufgestellt, was ein Problem bei der Berücksichtigung dieser Wirkungen in der Planungspraxis darstellt. Im folgenden Kapitel wird der Begriff der kumulativen Wirkungen und deren Arten erläutert und daraus die für das Projekt maßgebliche Definition hergeleitet.

Unter kumulativen Wirkungen werden Umweltauswirkungen verstanden, die aus einer Mehrzahl unterscheidbarer anthropogener Belastungsbeiträge bzw. Belastungsfaktoren resultieren (HEILAND et al. 2006, SIEDENTOP 2005, COOPER 2004). Diese Faktoren sind das Ergebnis eines oder einer Reihe von vergangenen, gegenwärtigen oder zukünftigen Vorhaben (CEQ 1978, LONDON LANDSCAPE INSTITUTE 2011). Für sich sind Störungen, die von einzelnen Vorhaben ausgehen, oft nicht erheblich. In ihrer Summenwirkung bzw. Interaktion aber können die Einzelstörungen bestimmte Belastungsschwellen überschreiten und so einen erheblichen Eingriff bedeuten³. Sie summieren sich dann zu einem erheblichen Eingriff, wenn sie entweder in so kleinen zeitlichen Abständen oder so räumlich verdichtet auftreten, dass ein Ökosystem sich nicht an die verursachten Veränderungen anpassen kann. Je verdichteter die Belastungen auftreten, desto eher kann es zu kumulativen Effekten kommen (SIEDENTOP 2004, COOPER 2004). Die sich kumulierenden „Belastungen können durch einzelne oder mehrere Handlungen eines oder mehrerer Akteure entstehen, sowie zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintreten und voneinander unabhängig sein oder gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen“ (SIEDENTOP 2005, HEILAND et al. 2006).

HEILAND et al. 2006 halten fest, dass kumulative Wirkungen schutzgutbezogen betrachtet werden müssen, um sie greifbar bzw. messbar machen zu können: „Damit bilden kumulative Wirkungen die Gesamtwirkung aller auf ein Schutzgut (vgl. § 2, Abs. 1, UVPG) wirkenden Belastungen ab. Dies bedeutet, dass kumulative Wirkungen demnach stets auf ein Schutzgut bezogen zu untersuchen und zu bewerten sind“ (HEILAND et al. 2006, S. 2). Auch SIEDENTOP (2004) bestätigt, dass „kumulativen Umweltschadensformen“ gemeint ist, dass die „Umwelterheblichkeit der mitursächlichen Einzelhandlungen häufig nur aus einer Gesamtbetrachtung der Belastungssituation der betroffenen Schutzgüter erkennbar ist.“ (SIEDENTOP 2004, S. 341).

Wichtiger Punkt für eine Bewertbarkeit kumulativer Wirkungen sind „Wirkungsschwellen“ (threshold level). Sie bezeichnen den Punkt (oder Bereich), ab dem erhebliche kumulative Wirkungen auftreten; dies ist häufig erst nach Überschreiten einer bestimmten Wirkungsintensität der Fall (SIEDENTOP 2004).

Sind diese Überlegungen zunächst auf erhebliche negative kumulative Wirkungen gerichtet, weist COOPER (2004) darauf hin, dass auch positive kumulative Wirkungen existieren. Beispielsweise führt in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft ein einzelnes Habitat noch nicht zu den gewünschten Effekten für den Artenschutz, erst die Etablierung von ausreichend großen und vernetzten Habitatstrukturen bedingt die erwünschten positiven Effekte. Auch das Zusammentreffen positiver und negativer Wirkungen ist möglich. Für den

³ Trotzdem hier von Belastungen gesprochen wird, können kumulative Wirkungen auch einen positiven Charakter haben.

Untersuchungsgegenstand, den Ausbau erneuerbarer Energien, zeichnet sich eine Relevanz dieser Konstellation ab. Beispielsweise kann die Steigerung der Lebensraumqualität für bestimmte Vögel, z. B. durch Fruchtarten, die ihnen ein besseres Nahrungshabitat bieten, die Mortalitätsrate dieser Vögel steigern, wenn sich Windräder im Lebensraum oder in seiner Nähe befinden (LINDEINER 2012). Die zunächst positive Wirkung einer Handlung verstärkt in diesem Falle die negative Wirkung einer anderen.

Trotz der begrifflichen Unsicherheit gibt es eine Vielzahl von Studien, die sich mit kumulativen Wirkungen auf die Umwelt beschäftigen. Eine Übersicht relevanter Definitionen gesichteter Quellen wird im Anhang 9.3 dargestellt.

2.2 Arten kumulativer Wirkungen

2.2.1 Additive Wirkungen

In der Fachliteratur werden im Wesentlichen zwei Arten kumulativer Wirkungen unterschieden: Eine Anhäufung gleichartiger Belastungen wird als additive Kumulation beschrieben, während die synergetische Kumulation die Kombinationswirkung aus verschiedenen Belastungen beschreibt (MACDONALD 2000, SIEDENTOP 2004, HEILAND et al. 2006).

Kumulationen sind dann additiv, wenn sie auf demselben Wirkungspfad auf das betrachtete Schutzgut einwirken, bzw. ähnlich geartete positive und negative Umweltauswirkungen darstellen (Abb. 3). Ein klassisches Beispiel ist der Flächenverbrauch durch Flächenversiegelung. Die Bebauung einer größeren Fläche in einem sonst wenig versiegelten Gebiet bedeutet zwar einen Eingriff in Natur und Landschaft, mag aber für sich genommen nicht das Potential haben, Habitate und Arten im Umkreis empfindlich zu beeinträchtigen, da die Arten ausreichenden Zugriff auf umliegende Flächen haben. Findet die Versiegelung jedoch großflächiger statt, z. B. in Form eines Gewerbegebiets im Zusammenspiel mit mehreren Neubausiedlungen und dazugehörigem Straßennetz, handelt es sich um eine additive Kumulation in Folge der Beeinträchtigungen durch mehrere Infrastrukturprojekte. In einem solchen Fall ist es möglich, dass die aus der Versiegelung resultierende Lebensraumverknappung und –zerschneidung zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung bis hin zum lokalen Aussterben einzelner Arten führt.

Betrachtet man ausschließlich erneuerbare Energien, entstehen additive Wirkungen zunächst immer dann, wenn die Belastungsfaktoren von derselben EE-Sparte stammen. So führt der Anbau von Mais im Vergleich zu vielen anderen Fruchtarten zu steigenden Erosionsrisiken und zu einer sinkenden Habitateignung für ein breites Artenspektrum. Je höher der Maisanteil in einer Region ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass auch diese typischen Umweltauswirkungen sich kumulieren und so großräumig sowohl Bodenqualität als auch die Lebensraumqualität für Tierarten sinkt. Ein weiteres Beispiel ist die Wirkung von erneuerbaren Energien auf das Landschaftsbild. Mit zunehmender Anzahl von Windenergieanlagen wirkt ein Windpark dominanter und optisch bedrängender auf den Beobachter. Auch kann sich die Wirkung mehrerer Windparks kumulieren, wenn sie nicht in einem ausreichenden Abstand voneinander errichtet werden.

Ebenso können additive Wirkungen entstehen, wenn verschiedene EE-Sparten auf dem gleichen Wirkungspfad auf das Schutzgut einwirken. So tragen beispielsweise neben dem

Ausbau der Windenergie auch Freiflächenphotovoltaikanlagen zur technischen Überprägung der Landschaft und damit dem Eindruck eines großräumigen Verlustes des typischen (Kultur-)Landschaftscharakters bei (Abb. 4). Auch sie sind (große) technische Bauwerke, die in der Regel stark aus dem Erscheinungsbild der Umgebung herausstechen.

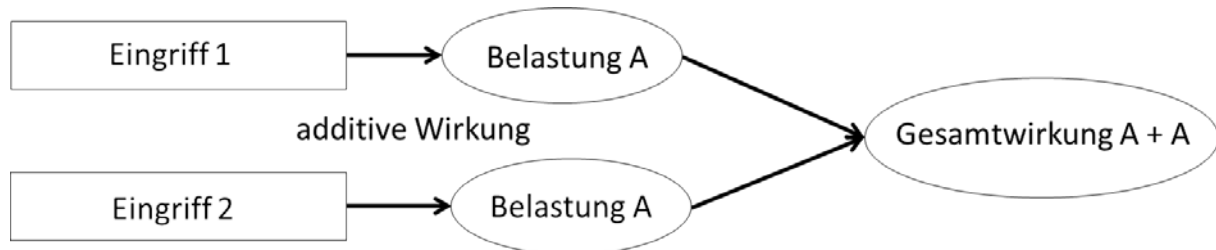


Abb. 3: Entstehung von additiven Wirkungen

Quelle: eigene Darstellung

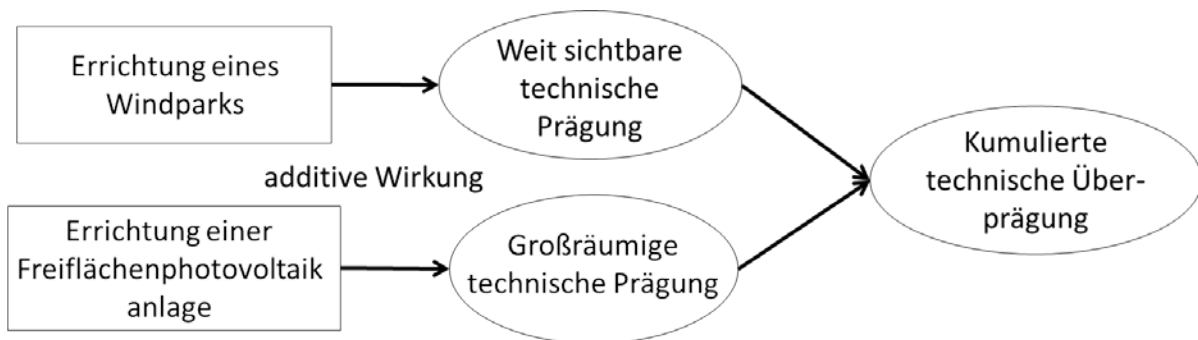


Abb. 4: Schematische Darstellung zu additiven Wirkungen erneuerbarer Energien am Beispiel des Landschaftsbildes

Quelle: eigene Darstellung

2.2.2 Synergetische Wirkungen

Eine synergetische Wirkung (auch Synergismus) bezeichnet die Kombinationswirkung zweier oder mehrerer Belastungsfaktoren (SIEDENTOP 2004). Allerdings können dabei zwei verschiedene Arten unterschieden werden: Eine Form synergetischer Wirkungen ist die Kombination multipler, nicht in kausaler Beziehung stehender Belastungen, die auf unterschiedlichem Wege gemeinsam auf dasselbe Schutzgut einwirken (SIEDENTOP 2004) (Abb. 5). Ein typisches Beispiel wäre die Überlagerung von negativen Auswirkungen von Windkraftanlagen und dem Anbau von Biomasse für die Biogaserzeugung auf besonders betroffene Vogelarten (Abb. 6). Die Scheuchwirkung der WEA und der Lebensraumverlust durch den Biomasseanbau könnten in ihrer Gesamtwirkung ein lokales Aussterben besonders betroffener Arten hervorrufen (z. B. Rotmilan) (GFN 2011). Beide Vorgänge wirken sich negativ auf potentielle Rotmilanvorkommen im Gebiet aus, stehen aber in keinem kausalen Wirkungszusammenhang.

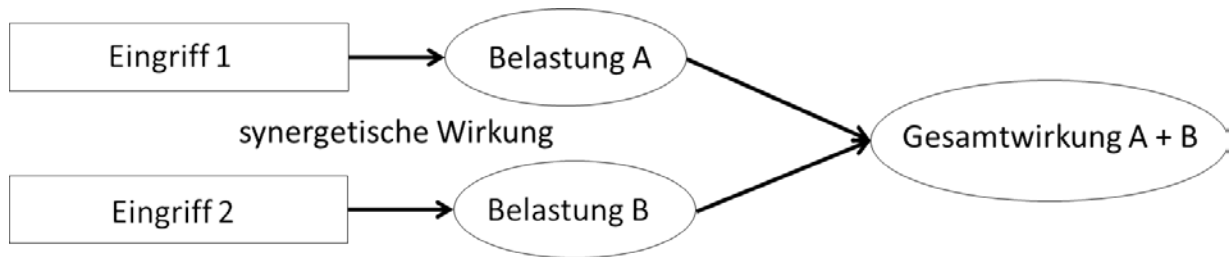


Abb. 5: Entstehung synergetischer Wirkungen

Quelle: eigene Darstellung



Abb. 6: Schematisches Beispiel zu synergetischen Wirkungen

Quelle: eigene Darstellung

Die andere mögliche Form synergetischer Wirkungen ist die Entstehung vollkommen neuer Belastungsformen aus der Interaktion unterschiedlicher Belastungsformen heraus. Im Unterschied zu der ersten erwähnten Form synergetischer Wirkungen besteht hierbei eine kausale Abhängigkeit der Belastungsfaktoren und erst aus ihrem Zusammenwirken ergibt sich die für das Schutzgut eigentliche Belastung (Folgewirkung) (SIEDENTOP 2004) (Abb. 7).

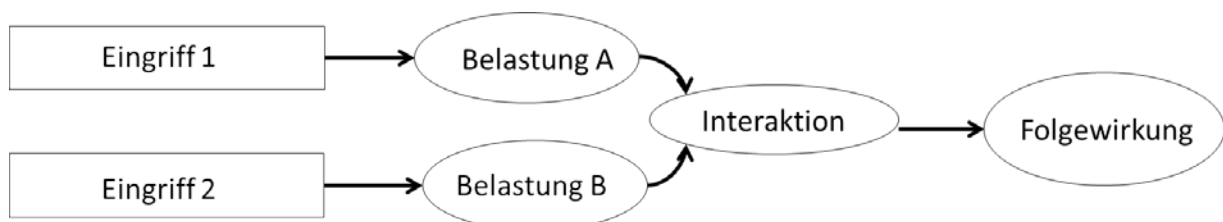


Abb. 7: Entstehung von Interaktionen zwischen Belastungen bzw. synergetischen Wirkungen mit Folgewirkung

Quelle: eigene Darstellung

Beispielsweise kann aus der chemischen Reaktion zweier für sich harmloser Stoffe ein umweltwirksamer Stoff entstehen. Von anderen Autoren wird diese Form auch als Interaktion beschrieben, und im nachfolgenden auch als solche benannt (z. B. EC 1999). Ein mögliches Szenario einer Interaktion wäre ein Spezialfall von dem in Abb. 6 dargestellten Beispiel. Dann nämlich, wenn ein Vogel auf Grund von Grünlandumbrüchen durch den beabsichtigten Energiepflanzenanbau gezwungen wird, zur Nahrungssuche auf andere Flächen auszuweichen, die in unmittelbarer Nähe oder unter einem Windpark liegen. Die Erhöhung

der Kollisionsgefahr wäre dann eine Folge der Interaktion der Erzeugung erneuerbarer Energien aus Energiepflanzen und Wind.

Synergetische Wirkungen sind schwerer zu erfassen als additive, da sie aus dem Zusammenspiel von Umweltauswirkungen entstehen, die auch vollkommen verschiedenen Charakters sein können. Besonders wenn aus der Kombination verschiedener Belastungen eine neue Folgewirkung hervorgeht, gestaltet sich die Erfassung sehr viel komplexer und weniger eindeutig als bei additiven Wirkungen.

Mit der hier vorgestellten begrifflichen Einteilung in additive und synergetische Wirkungen wird der Mehrzahl der gesichteten Literatur gefolgt. Es gibt jedoch Abweichungen, die mitunter zu Missverständnissen bei der begrifflichen Nutzung führen können. So sind gemäß Anhang I der SUP-Richtlinie (2001/42/EG) in einer SUP kumulative und synergetische Auswirkungen zu untersuchen. Die Europäische Kommission (EC 1999) unterscheidet zwischen kumulativen und interaktiven Effekten. Die Begriffszuordnungen passen also nicht mit den bisher angesprochenen zusammen, da „kumulativ“ sich hier ausschließlich auf additive Wirkungen bezieht, während er in der Mehrzahl der gesichteten Fachliteratur als ein Sammelbegriff benutzt wird, der „synergetische“ Wirkungen mit einbezieht. HEILAND et al. (2006) führen diesen begrifflichen Unterschied darauf zurück, dass der Ausdruck „synergetisch“ in der Fachdiskussion bisher wenig etabliert ist.

Exkurs: Einteilung als synergetische oder additive Wirkung in Abhängigkeit von der Betrachtungsebene

Welche Wirkungen im Einzelnen als additiv oder synergetisch zu sehen sind, kann vom Maßstab der Betrachtung abhängig sein. So kann bei der Betrachtung der potentiellen Habitatverfügbarkeit für den Rotmilan der Anbau von Mais bspw. als additiv zu anderen Arten des Flächenentzuges (z. B. Versiegelung) gesehen werden. Bei genauerer Betrachtung und Definition der spezifischen Wirkungen ergibt sich jedoch zwangsläufig eine synergetische Kumulation, da die Wirkungspfade des Biomasseanbaus und etwa einer mit Straßenbelag versiegelten Fläche verschieden sind.

Ein weiteres Beispiel liefert der Einfluss von erneuerbaren Energien auf das Landschaftsbild. Geht man von einer technischen Überprägung der Landschaft durch Windenergieanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen aus, kann man von gleichartigen Wirkpfaden und damit einer additiven Kumulation sprechen. Im Detail sind die visuellen Beeinträchtigungen jedoch durchaus unterschiedlich. So sind Windenergieanlagen Bauwerke, die vor allem durch ihre vertikale Ausdehnung und die sich bewegenden Rotoren ins Auge fallen, Freiflächenphotovoltaikanlagen wirken eher durch ihre horizontale und flächenhafte Ausdehnung auf. So kann die kumulative Wirkung auf das Landschaftsbild also ebenfalls als synergetisch eingeordnet werden.

Die Art der Wirkungskumulation kann also vom Betrachtungsmaßstab oder auch der zugrunde liegenden Fragestellung abhängen. Die Einordnung einer kumulativen Wirkung als additiv oder synergetisch Wirkung ist zwar hilfreich für das Verständnis der jeweiligen Wirkungszusammenhänge, ermöglicht jedoch keine Aussage zur jeweiligen Umweltwirksamkeit.

2.3 Kumulative Wirkungen in der Planung

In die Umweltplanung hielt der Begriff der kumulativen Wirkungen mit der Erkenntnis Einzug, dass trotz der bis dahin etablierten Instrumente zur Umweltvorsorge und Folgenbewältigung bestimmten Umweltproblemen auch über einen längeren Zeitraum nicht wirkungsvoll begegnet werden konnte.

Verankert wurde der Begriff zunächst in der EU-Richtlinie 2001/42/EG über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme (SUP-RL). Die SUP-RL verlangt gemäß Anhang 1 bei der Umweltprüfung von Plänen und Programmen die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen auf die verschiedenen Umweltgüter einschließlich sekundärer, kumulativer, synergetischer, kurz-, mittel- und langfristiger, ständiger und vorübergehender, positiver und negativer Auswirkungen sowie deren Wechselwirkungen zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten (Art. 5 Abs. 1 RL 2001/42/EG). Ergänzend dazu sind kumulative Wirkungen im Rahmen der SUP im deutschen Leitfaden zur strategischen Umweltprüfung des Umweltbundesamtes weiter konkretisiert als „[...] räumliche Überlagerung der Umweltauswirkungen mehrerer Planfestlegungen, bezogen auf ein Schutzgut [...]“ (BALLA et al. 2009, S. IV). Im deutschen SUP-Leitfaden werden kumulative Wirkungen stärker aufgeführt als noch in der europäischen SUP-Richtlinie. So werden kurz Beispiele für mögliche kumulative Umweltauswirkungen in Regionalplänen angesprochen. Dennoch bleibt die Auseinandersetzung mit dem Thema oberflächlich und knapp. Die regionalen Planungsgesellschaften werden zwar angewiesen, kumulative Wirkungen zu erfassen und zu beschreiben, ab wann aber kumulative Wirkungen einen erheblichen Charakter haben oder welchen Einfluss diese insgesamt für die Planüberprüfung haben, bleibt unklar.

Für eine methodische Erfassung kumulativer Wirkungen wird im SUP-Leitfaden auf andere Quellen, darunter SIEDENTOP (2005) und HEILAND et al. (2006), verwiesen, die sich in ihren Arbeiten speziell mit der Rolle von kumulativen Wirkungen in der SUP auseinandersetzen. HEILAND et al. (2006) schlagen zur methodischen Auseinandersetzung einen GIS-basierten Ansatz vor, der dem im vorliegenden Projekt entwickelten Ansatz ähnlich ist. Auch SIEDENTOP (2005) führt eine räumliche Analyse als mögliche methodische Herangehensweise an.

Im nationalen Recht ist der Begriff nur eingeschränkt berücksichtigt. Das Baugesetzbuch (BauGB) verwendet ihn nicht mit Bezug auf Umweltwirkungen. Das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) unterscheidet zwischen der „formellen Kumulation“ (Anrechnung von Größen und Leistungswerten gemäß § 3b Abs. 2) und der „materiellen Kumulation“ („Kumulierung mit anderen Vorhaben“ gemäß Anlage 2 Nr. 2). Die Kumulationsregelung des § 3b Abs. 2 sieht vor, dass mehrere gleichartige Vorhaben in einem engen räumlichen Zusammenhang, die für sich genommen nicht UVP-pflichtig wären, einer UVP unterzogen werden müssen, wenn sie zusammen die maßgeblichen Größen- oder Leistungswerte erreichen oder überschreiten. So soll verhindert werden, dass größere und komplexe Vorhaben in kleinere Einzelvorhaben aufgeteilt werden, um eine entsprechend notwendige UVP-Pflicht zu umgehen. Der Paragraph § 3b Abs. 2 ist jedoch nicht als gesetzliche Grundlage zur Einbeziehung kumulativer Wirkungen in UVP und SUP zu sehen. Im Rahmen der „materiellen Kumulation“ ist allerdings eine mögliche Kumulation des Vorhabens mit anderen Vorhaben im gemeinsamen Einwirkungsbereich hinsichtlich der ökologischen Empfindlichkeit eines Gebiets im Falle von UVP und SUP beim Screening

(Vorprüfung des Einzelfalles) zu berücksichtigen (Anlage 2, Nr. 2 und Anlage 4, Nr. 2.2 UVPG). Das Raumordnungsgesetz (ROG) berücksichtigt kumulative Wirkungen ebenfalls nur für die überschlägige Prüfung bei geringfügigen Änderungen von Raumordnungsplänen (s. Anlage 2 ROG). Zu prüfen sind nach § 2 Abs. 1 und 4 UVPG sowie nach § 9 Abs. 1 ROG lediglich die unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen eines Vorhabens, Plans oder Programms auf die verschiedenen Umweltgüter sowie deren Wechselwirkungen, aber keine kumulativen Wirkungen.

Im Gegensatz zur UVP und SUP wird kumulativen Wirkungen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung eine maßgebliche Bedeutung beigemessen. Deren Rechtsgrundlagen sind auf EU-Ebene in der FFH-Richtlinie (92/43/EWG) und national im § 34 des Bundesnaturschutzgesetzes zu finden. Die Erheblichkeit der Beeinträchtigung eines FFH- oder Vogelschutzgebietes bzw. einzelner Erhaltungsziele (und damit die Unzulässigkeit eines Vorhabens) kann sich aus der Kumulation von Beeinträchtigungen (mehrerer Wirkprozesse), die vom geprüften Vorhaben im Zusammenwirken mit anderen Plänen und Projekten ausgehen, ergeben (BMVBW 2004). Nachdem die zu erwartende Beeinträchtigung durch das Zielprojekt selbst behandelt wurde, wird in einem zweiten Schritt das mögliche Zusammenwirken mit anderen Plänen und Projekten betrachtet. In Folge von möglichen Kumulationseffekten kann es auch nötig sein, die nicht erhebliche Beeinträchtigung eines Vorhabens zu reduzieren, wenn durch Kumulationseffekte mit anderen Wirkprozessen, Plänen, Projekten etc. die Erheblichkeitsschwelle überschritten wird. Um von Belang zu sein, müssen die anderen Pläne und Programme mögliche Auswirkungen auf das gleiche Erhaltungsziel wie das zu prüfende Vorhaben haben. Dabei ist es bedeutungslos, auf welchem Wirkungspfad bzw. durch welche Wirkprozesse die Beeinträchtigung stattfindet (BMVBW 2004).

In einigen Ländern ist die Auseinandersetzung mit kumulativen Wirkungen (analog zur FFH-Verträglichkeitsprüfung in Deutschland) auch in anderen Umweltprüfungen Bedingung. In Kanada ist das „Cumulative Effects Assessment (CEA)“ seit 1995 ein integraler Teil der kanadischen Umweltprüfung auf Projektebene (Environmental Impact Assessment - EIA). DUINKER et al. (2006) zufolge konnte das CEA jedoch nicht die gesetzten Erwartungen erfüllen. So zieht die Ansiedlung des CEA auf dem Projektlevel mehrere Nachteile nach sich. Prüfgegenstand der EIA ist nicht ein bestimmtes Schutzgut sondern ein Vorhaben. Probleme bereiten kann insbesondere auch die Abgrenzung dessen, welche Anteile der Einflüsse dem betrachteten Vorhaben und welche anderen Belastungsfaktoren zuzuschreiben sind.

Auch wenn die Umweltprüfung originär dazu beitragen soll, dass die Umweltauswirkungen des Vorhabens minimiert werden, liegt das Hauptinteresse des Vorhabenträgers grundsätzlich auf einer Kostenminimierung. Der Vorhabenträger ist hauptsächlich darauf bedacht, dass die Umsetzung der UVP und der damit verbundenen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen mit möglichst geringen Kosten verbunden ist. Beide Sachverhalte sind kein rein kanadisches Problem, und lassen sich auch auf andere Länder wie z. B. Deutschland übertragen. Die Erhebung und Einbeziehung kumulativer Wirkungen bedeutet einen erheblichen Mehraufwand, dessen Nutzen nicht direkt ersichtlich ist.

Ein weiteres Problem, sicherlich nicht nur der Umweltprüfung auf Projektebene, sondern auch in Bezug auf die Prüfung von Plänen und Programmen, ist die Definition bzw. Festlegung ökologischer Erheblichkeitsschwellen (DUINKER et al. 2006). Sollen kumulative Wirkungen einen relevanten Einfluss auf den Planungsprozess haben, dann ist das Wissen

darüber, ab welchem Punkt mehrere Projekte durch ihr Zusammenwirken ein Schutzgut zu stark belasten, elementar. Ein weiterer Punkt, der von DUINKER et al. (2006) angesprochen wird, ist, dass trotz der Existenz einer Vielzahl von Leitfäden und Literatur, die Durchführung einer CEA vielen Planungspraktikern in Kanada große Probleme bereitet. Kontraproduktiv sind Klassifikationen mit einer Vielzahl verschiedener Typen kumulativer Wirkungen. Wichtig ist vor allem, dass die Gesamtheit der Umweltauswirkungen beleuchtet und bewertet wird, die auf ein Schutzgut wirken. Ob diese im Einzelnen als kumulativ, additiv, synergetisch, linear, antagonistisch etc. bezeichnet werden, ist weniger von Interesse. Weitere Schwierigkeiten bereitet nach DUINKER et al. (2006) die Frage, welche Vorhaben herangezogen werden sollten, um kumulative Wirkungen zu minimieren. Sollen nur Vorhaben Ziel von Ausgleichs- und Minderungsmaßnahmen sein, die sich gerade in der Planung befinden oder in Zukunft geplant werden? Oder sollen auch die Träger bereits verwirklichter Vorhaben nachträglich für die Finanzierung weiterer Maßnahmen herangezogen werden, sofern diese Vorhaben an kumulativen Wirkungen mit aktuellen Vorhaben beteiligt sind?

Die Herausforderungen, die DUINKER et al. (2006) mit ihrer Erfahrung der CEA in Kanada beschreiben, sind grundsätzliche Fragestellungen, die mit der zunehmenden Einbeziehung kumulativer Wirkungen in Umweltprüfungen auftreten. Da kumulative Wirkungen noch ein verhältnismäßig junges und dabei komplexes Themenfeld in der Umweltplanung sind, kann eine problemlose Behandlung nicht von heute auf morgen erfolgen. Auch SIEDENTOP (2005) vermutet, dass ein adäquater Umgang mit kumulativen Wirkungen erst das Ergebnis eines längeren Lernprozesses sein wird, und empfiehlt zur Unterstützung dessen die Vorlage von Handlungshilfen und Best-Practice-Dokumentationen von Bund und Ländern (SIEDENTOP 2005).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kumulativen Umweltwirkungen im UVP-Recht Deutschlands und der EU, wie auch in der Umweltprüfungspraxis eine vergleichsweise geringe Aufmerksamkeit zu Teil wird. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Erfassung und Bewertung solcher Wirkungen mit sehr vielen Schwierigkeiten und Unklarheiten verbunden ist. Es existieren kaum Anwendungsbeispiele und Handlungsanweisungen, wodurch es schwierig ist, kumulative Wirkungen zu identifizieren und deren Wirkungen stichhaltig anderen Belastungen gegenüberzustellen.

2.4 Projektdefinition „kumulative Wirkungen“

Der Begriff der kumulativen Wirkungen ist schwer zu fassen und in der Fachwelt nicht eindeutig abgegrenzt. Die Unbestimmtheit des Begriffs und die gleichzeitig bis jetzt geringe öffentliche Aufmerksamkeit erschwert die Einbindung kumulativer Wirkungen in Planungspraxis und Umweltprüfungen. Aus den Recherchen und Überlegungen zu Eigenheiten der kumulativen Wirkungen ergibt sich für das vorliegende Forschungsprojekt die Definition:

Unter kumulativen Wirkungen versteht man das räumliche und zeitliche Zusammenwirken unterscheidbarer, anthropogener Belastungsfaktoren auf dasselbe Schutzgut. Sie entstehen entweder auf gleichem (additiv) oder unterschiedlichem Wirkungspfad (synergetisch) oder durch die Interaktion verschiedener Belastungsfaktoren (interagierend) (Abb. 8). Einzuschließen sind sowohl positive als auch negative Einzelwirkungen und ihre jeweiligen Wechselbeziehungen.

Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojektes sind kumulative Wirkungen, die durch das Zusammenwirken von den drei am meisten ausgebauten Technologien Biogas, Windenergie und Photovoltaik (Freiflächen) bedingt werden. Kumulative Wirkungen, die innerhalb einer EE-Sparte entstehen, werden ausdrücklich nicht behandelt.

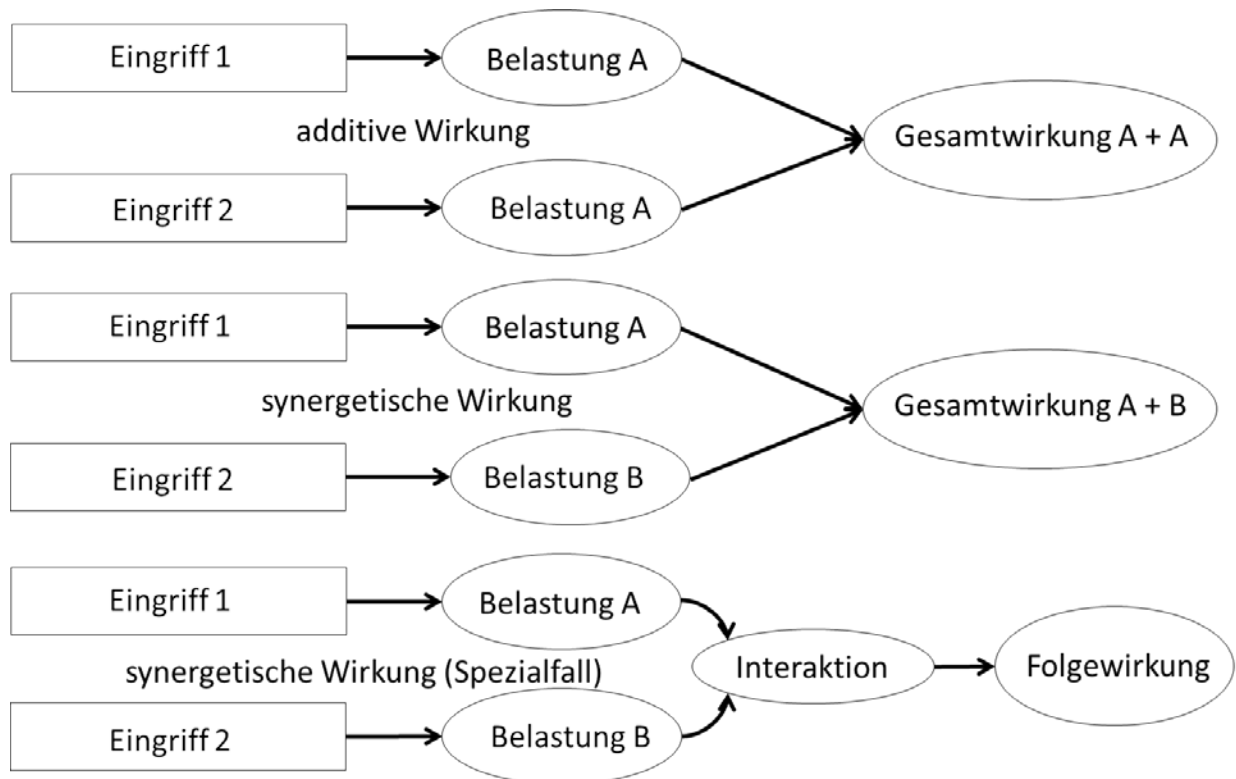


Abb. 8: Arten kumulativer Wirkungen im Überblick

Quelle: eigene Darstellung

3 Rahmenbedingungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die den Ausbau der erneuerbaren Energien beeinflussenden Rahmenbedingungen. Mittels einer Dokumenteninhaltsanalyse werden die Rahmenbedingungen identifiziert und ihre Wirkung beschrieben. Erfasst werden dabei die Rahmenbedingungen, die deutschlandweit einen Einfluss auf Art und Intensität des Ausbaus erneuerbarer Energien haben, jedoch durch regionale Differenzierung der Ausprägung und Gestaltung den Ausbau der erneuerbaren Energien auf lokaler, regionaler und Länderebene unterschiedlich beeinflussen. Differenziert werden die Rahmenbedingungen nach politisch-rechtlichen, naturräumlichen und gesellschaftlichen Aspekten.

Der Ausbaustand der erneuerbaren Energien differiert zwischen den Bundesländern stark (Stand Ende 2011). Abb. 9 zeigt den Ausbauzustand als Summe der installierten Leistung (in MW) für die einzelnen EE-Sparten nach Bundesländern, ausgewertet für alle Flächenstaaten. Dabei weisen Bayern und Baden-Württemberg die höchste installierte Photovoltaikleistung auf, Niedersachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein die höchsten installierten Windkraftleistungen auf.

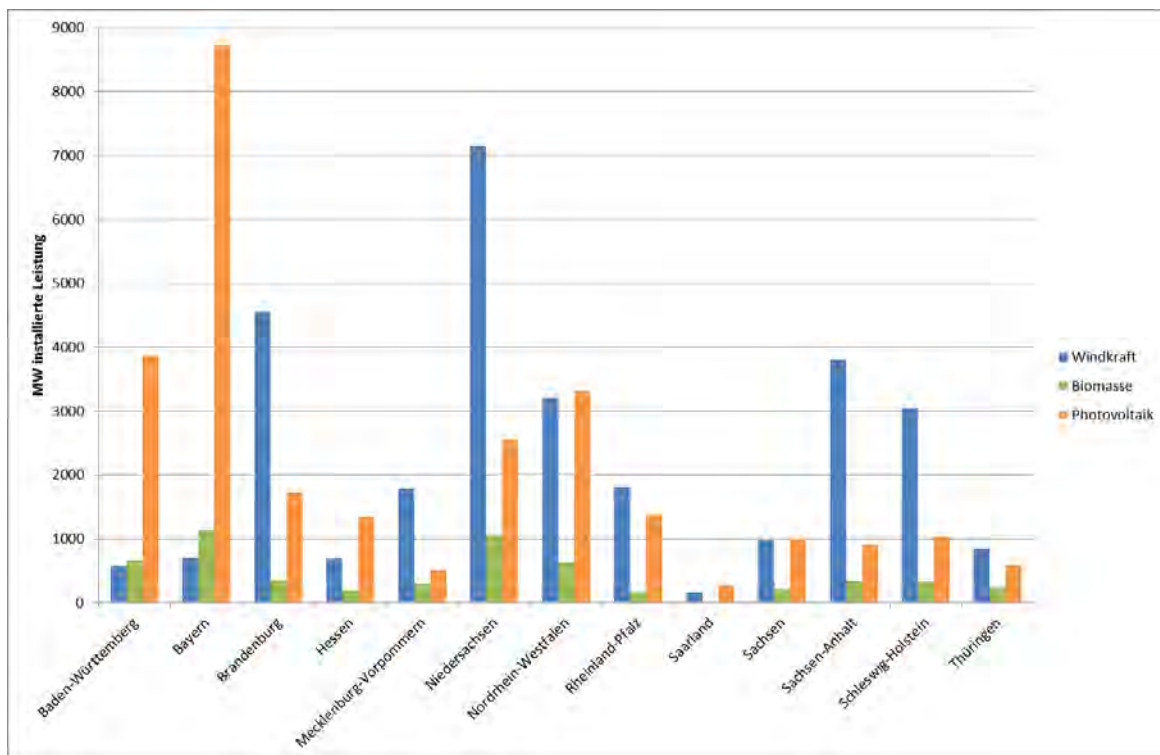


Abb. 9: Ausbauzustand der erneuerbaren Energien (MW installierte Leistung) in den Bundesländern im Jahr 2011

Quelle: energymap 2012; eigene Berechnungen

Abb. 10 stellt die in 2011 tatsächlich produzierte Strommenge je EE-Sparte in den Bundesländern dar (in 1.000 MWh). Am Beispiel Brandenburg lässt sich der Unterschied zwischen installierter Leistung und tatsächlich produzierter Strommenge je EE-Sparte sehr gut verdeutlichen. Während bei der installierten Leistung die Photovoltaik an zweiter Stelle

vor der Biomasse steht, zeigt sich bei der produzierten Strommenge die Biomasse an zweiter Stelle. Die Windkraft ist in beiden betrachteten Kategorien führend. Diese Unterschiede unterstreichen die verschiedene Leistungsfähigkeit der einzelnen EE-Sparten in Bezug auf Auslastung der Anlagen und Verfügbarkeit der bereitgestellten Energie.

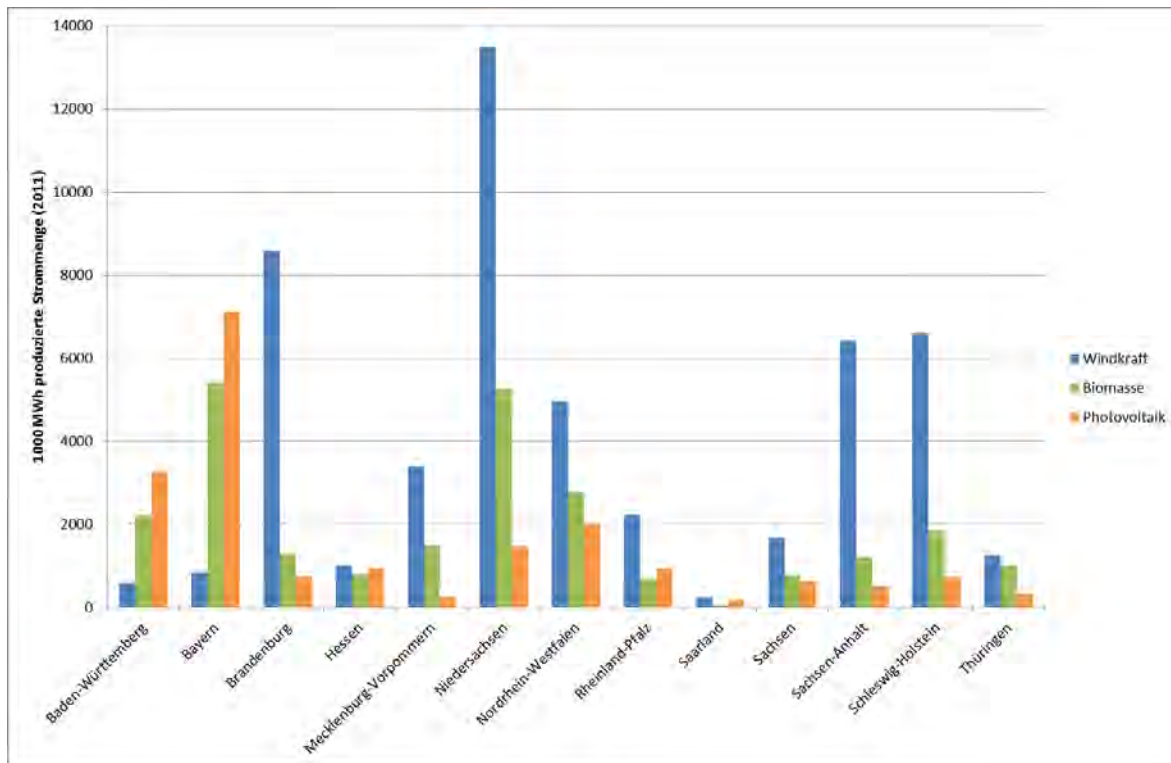


Abb. 10: Stromproduktion aus erneuerbaren Energien (1.000 MWh) in den Bundesländern im Jahr 2011

Quelle: energymap 2012; eigene Berechnungen

3.1 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen

3.1.1 Analyse der Energiestrategien der Bundesländer

In diesem Schritt werden die Energiestrategien der Bundesländer hinsichtlich folgender Fragestellungen analysiert:

1. Welchen Einfluss haben die Landespolitiken auf den Ausbau erneuerbarer Energien?
2. Wie drücken sich die Landespolitiken in den Energiestrategien der Bundesländer aus?
3. Wie wirken sich die unterschiedlichen Landespolitiken auf die regional verschiedene Verteilung und auf die Kombination erneuerbarer Energien aus?

Untersuchungsgegenstand sind alle Flächenstaaten.

Im Ergebnis zeigt sich, dass alle Flächenstaaten Ausbauziele für erneuerbare Energien formuliert haben, mit Ausnahme von Nordrhein-Westfalen, das ein Klimaschutzgesetz beschlossen hat. Die Ziele der Länder sind jeweils festgehalten in einem Energiekonzept

(Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen), einer Energiestrategie (Brandenburg, Rheinland-Pfalz), der Umsetzungsstrategie des Energiegipfels Hessen (Hessen), einem Aktionsplan Klimaschutz (Mecklenburg-Vorpommern), einem Masterplan für eine nachhaltige Energieversorgung (Saarland), einem Entwurf für ein Energie- und Klimaprogramm (Sachsen), einem Klimaschutzprogramm (Sachsen-Anhalt), einem Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzept (Schleswig-Holstein) und in einem Eckpunktepapier neue Energien (Thüringen). Zusammenfassend wird im Folgenden von (Energie-)Strategien gesprochen. Einige der Länder haben daneben noch separate Dokumente für die Förderung von einzelnen EE-Sparten wie z. B. Bioenergie oder Windkraft.

Bezugsjahr für die gesteckten Ziele ist meist das Jahr 2020, zum Teil sind es auch die Jahre 2030 und 2050. Die meisten Länder bewegen sich um die Zielgröße von 20% erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch bis zum Jahre 2020. Damit setzen eine Vielzahl der Bundesländer die Bundesziele mehr oder weniger direkt um. Gemäß der Bundesziele in diesem Gesetz soll bis 2050 ein Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch von mindestens 80 Prozent erreicht werden. Als Zwischenziele sind Anteile von 40 bis 45 Prozent bis zum Jahr 2025 und 55 bis 60 Prozent bis zum Jahr 2035 geplant. Dabei soll auch der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf mindestens 18 Prozent erhöht werden (EEG 2014).

Einige Bundesländer setzen sich allerdings das langfristige Ziel einer 100% Versorgung mit erneuerbaren Energien. Eine deutliche Übererfüllung der Bundesziele (insgesamt oder in einzelnen Sparten) streben an: Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Niedersachsen (siehe auch JONCK & HODSMAN 2012).

Dabei ist zu beobachten, dass die Länder meist diejenigen EE-Sparten, die bei ihnen bereits verbreitet ist, noch weiter ausbauen wollen (vgl. Abb. 10). Wind, Wasser und Photovoltaik sind dabei die Energieformen, die geographisch bedingt das höchste Eignungsgefälle aufweisen (Windkraft im Norden, Wasserkraft und Photovoltaik im Süden), wohingegen die Energieerzeugung aus Biomasse in allen Bundesländern gefördert wird. Zunehmend widmen sich die südlichen Bundesländer jedoch auch dem Ausbau der Windenergie. Wasserkraft und Geothermie spielen aktuell und in den Zielsetzungen mit Ausnahme spezifischer naturräumlich bedingter Gunsträume (z. B. Geothermie in der Eifel, Wasserkraft in Bayern) eine untergeordnete Rolle.

Alle Strategien äußern sich daneben auch zum Thema Netzausbau. Dabei wird der Stromnetze- und -speicherausbau in den meisten Strategien als eine wichtige Voraussetzung für die Energiewende erwähnt. Die analysierten Energiestrategien sind allerdings nur in wenigen Fällen konkret und stellen eher eine Absichtserklärung und Unterstützung von Initiativen auf Bundesebene dar. Ausnahme hier ist Rheinland-Pfalz, das drei konkrete, räumlich definierte Maßnahmen zum Netzausbau in seinem Energieszenario anführt.

Insgesamt sind die Strategien wenig konzeptionell angelegt, vielmehr vermitteln sie in einer Art „erster Generation“ den Eindruck, Bestandteil eines Such- und Findungsprozesses zum Umgang mit dem Thema Energiewende und Klimaschutz zu sein. Mittels der Strategien wurde sich dem Thema angenähert, sowie mit der aktuellen Situation und den stattfindenden Entwicklungen auseinandergesetzt. Ziele werden zumeist mit Referenz auf quantitative

Szenarienberechnungen und auf die Bundesziele formuliert. Zum Teil kommt den Strategien eine Bündelungsfunktion verschiedener anderer landespolitischer Maßnahmen zu, häufig wird der wenig übergreifende Ansatz schon daran deutlich, dass es nicht eine Strategie, sondern mehrere Dokumente gibt, die einzelne Aspekte des Themas behandeln.

Zur räumlichen Organisation des Ausbaus erneuerbarer Energien äußern sich die Strategien nicht, lediglich werden in einzelnen Strategien einzelne Teilaspekte angesprochen, wie zum Beispiel die Frage, wo Photovoltaikanlagen bevorzugt errichtet (an Gebäuden, auf versiegelten Flächen, auf Brachflächen, [nicht] auf Ackerflächen) oder ob Windenergieanlagen explizit auch im Wald gebaut werden sollen.

Wenn Fragen der räumlichen Streuung versus Konzentration angesprochen werden, herrscht ein klares Plädoyer für eine Konzentration vor (siehe Kapitel 5.5). Das gilt auch für den Netzausbau im Sinne einer Nutzung vorhandener Trassen. In Bezug auf den Ausbau der Windenergie deuten sich zwei Richtungen an: eine große Anzahl an Bundesländern will Anlagen in Windparks bündeln und über die Ausweisung entsprechender Vorrang- bzw. Eignungsgebieten steuern. Andere Bundesländer, so das Saarland und Niedersachsen, sprechen sich für eine Aufhebung der Ausschlusswirkung außerhalb der Eignungsgebiete aus. Im Bayerischen Energiekonzept wird begründet, dass "aufgrund der Topographie und der Besiedlungsstruktur [...] eine Nutzung der Windenergie überwiegend in Form von Einzelanlagen bzw. kleineren Windparks möglich" ist. Darüber hinaus machen einige Konzepte Vorgaben für den Anteil der Landesfläche, die für die Windenergiebereitstellung vorgehalten werden soll. Tab. 1 zeigt eine Übersicht für einige ausgewählte Bundesländer.

Tab. 1: Anteil der Landesfläche, die in den Bundesländern ihren Energiestrategien zufolge für die Windenergiebereitstellung vorgehalten werden soll (Stand 2012)

Bundesland	für die Windenergiebereitstellung vorgehaltener Anteil der Landesfläche [%]
Schleswig-Holstein	1,5
Brandenburg	2
Niedersachsen	0,5
Hessen	2

Technologische Entwicklungen werden nur begrenzt thematisiert. Mit einer verhältnismäßig differenzierten Betrachtung verschiedener technologischer Optionen, insbesondere auch zur Bioenergiebereitstellung, sticht die Mecklenburg-Vorpommersche Energiestrategie heraus (MWAT 2009). In einigen Strategien wird Effizienzsteigerung als Ziel herausgestellt. Ebenso wird Repowering angesprochen (z. B. Hessen, Mecklenburg-Vorpommern; Niedersachsen).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle Bundesländer sich mit dem Thema des Ausbaus der erneuerbaren Energien befassen und entsprechende Ziele definiert haben. Wesentlich beeinflussend für die regionale und bundesländerspezifische Differenzierung des Ausbaus erscheinen insbesondere die Aussagen zur räumlichen Steuerung sowie zur Bereitstellung entsprechender Flächen zu sein. Dabei werden meist die einzelnen EE-Sparten getrennt betrachtet, eine Zusammenführung der Aussagen insbesondere auch zur räumlichen Steuerung findet nicht statt.

3.1.2 Umsetzung der Energiestrategien

Obwohl alle Bundesländer Absichtserklärungen bezüglich des Ausbaus und der Förderung erneuerbarer Energien formuliert haben, so ist ihre tatsächliche Anstrengung und Leistung zur Umsetzung dieser Zielsetzungen doch unterschiedlich (Abb. 10).

Generell ist zu beobachten, dass die meisten Länder zwar ein Ausbauziel bzgl. der einzelnen erneuerbaren Energieträger formulieren, jedoch meist offen lassen, wie dies genau umgesetzt werden soll. Das EEG wird als treibende Kraft angesehen. Hinsichtlich der Förderung der EE kommt den Bundesländern „keine rechtliche Schlüsselstellung“ (MEZ et al. 2007) zu. Laut der Studie haben sie jedoch positive Einflussmöglichkeiten im Hinblick auf den Energieeinsatz im Gebäudebereich (Energierrecht und Bauordnungsrecht), im Aufbau von Wärmenetzen (Kommunalrecht) und im Raumordnungs- bzw. Landesplanungsrecht und dessen Umsetzung. Letztere spielen im Hinblick auf flächen- und landschaftsrelevante erneuerbare Energien wie Wind, Biomasse und Photovoltaik eine große Rolle. Bereiche, in denen die Bundesländer in der Vergangenheit die Möglichkeit zu eigenständiger Rechtssetzung im Bereich der erneuerbaren Energien haben, umfassen die folgenden Bereiche (MEZ et al. 2007):

- das Energierrecht, vor allem was den Energieeinsatz im Gebäudebereich angeht sowie mit Blick auf den Aufbau und die Nutzung von Wärmenetzen
- das Bauordnungsrecht, das für den Energieverbrauch von Gebäuden, ggf. auch in Verbindung mit Anforderungen zur Energieeffizienz, relevant ist
- die Raumordnung und die Landesplanung, welche die Steuerung der Flächennutzung für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien erlaubt
- das Kommunalrecht, das für den Aufbau regenerativ gestützter Wärmenetze von großer Bedeutung ist.

Im EEWärmeG sind seit 2008 auf Bundesebene Vorgaben zum Anteil Erneuerbarer Energien bzgl. der Wärmeversorgung in neuen Gebäuden enthalten, so dass die Ländervorgaben teilweise hinfällig sind (EEWärmeG 2008).

Entsprechend wird auch häufig auf die Landesplanung bzw. Raumordnung verwiesen, allerdings zumeist alleinig zur Ausweisung von Eignungsgebieten oder zur Berechnung von Flächenanteilen für die Windenergiebereitstellung (Hessen, Saarland, Schleswig-Holstein, Bayern, Thüringen). Des Weiteren eröffnet das Baugesetzbuch mit der Länderöffnungsklausel § 249 Abs. 3 BauGB die Möglichkeit, die Außenbereichsprivilegierung für die Windenergie einzuschränken. Die Bundesländer können bis Ende 2015 eigene Gesetze erlassen, die Mindestabstände zwischen Windenergieanlagen und anderen baulichen Nutzungen festschreiben.

Nachfolgend werden einige Beispiele zu Förderprogrammen zur Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energien dargestellt (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Beispiele zu Förderprogrammen zum Ausbau erneuerbarer Energien in den Bundesländern (Stand der Recherche: Feb. 2013)

Bundesland	Förderprogramm	Gegenstand der Förderung und Förderhöhe
Mecklenburg-Vorpommern	Förderung der Errichtung von Biokraftstoffanlagen	"Die Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern hat [...] mit über 25 Mio. EUR die Errichtung von Biokraftstoffanlagen gefördert. Damit wurden im Land Gesamtinvestitionen von 124 Mio. € ausgelöst und ca. 300 direkte Arbeitsplätze geschaffen (MWAT 2009: 73)."
Sachsen-Anhalt	Förderrichtlinie „Klimaschutz - erneuerbare Energien“ im Rahmen der EU-Strukturfonds	Zweck: Entwicklung der Nutzung der Geothermie, Erschließung neuer Nutzungsmöglichkeiten Gefördert werden sollen: - Pilotprojekte der Tiefengeothermie und Anwendungen von effizienten Erdwärmesonden - neue Nutzungsmöglichkeiten sollen erkundet werden.
Hessen	„Bio-Effizienz-Dörfer“	Zur Verbesserung der Effizienz der Biomassenutzung
	Förderprogramm „Biorohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft“	Gefördert werden: - Biomassefeuerungsanlagen und Biogasanlagen - intensive Beratungsangebote zu Biomasse - Information und Aufklärung durch Fachtagungen etc. ansonsten: Information, Kommunikation und Bildung
Baden-Württemberg	- Kompetenz im Bereich der Energieeffizienz (regionale Energieagenturen) - Bioenergie (landwirtschaftliche Betriebe: Zuschüsse für Investitionen) - Wärmegewinnung aus EE (Heizen und Wärmenutzung) - Entwicklungsprogramm ländlicher Raum (ELR) - Förderprogramm "Wohnen mit Zukunft: EE" des Landes - FP "Heizen und Wärmenetze mit regenerative Energien" des Landes/ F.P. des Landes für Demonstrationsvorhaben	
	Bioenergiewettbewerb (Innovation von Biomassenutzung)	Höherer Nutzungsgrad, neue Biomassen voranbringen, Energieeffizienz steigern, Emissionen mindern

Im Zusammenhang mit dem Ausbau der Energieerzeugung aus Biomasse werden in den meisten Strategien ungünstige Umweltwirkungen erwähnt, sowie Nutzungskonkurrenzen und nicht-nachhaltige Produktionsmethoden der Biomasseerzeugung. Jedoch werden

Umweltauswirkungen nicht systematisch oder konkret untersucht und keine konkreten Maßnahmen zur Abwendung oder Umsteuerung dieser Begleiterscheinungen erwähnt.

Alle Erneuerbare-Energien-Strategien äußern sich auch zum Thema Akzeptanz der erneuerbarer Energien in der Bevölkerung. Letztere sei für ein Gelingen der Energiewende unausweichlich; aktive Partizipation von Bürgerinnen und Bürgern wird in vielen Plänen angestrebt.

3.1.3 Schlussfolgerungen

Die Energiestrategien der Bundesländer stellen eher Ansätze einer konzeptionellen Annäherung an die Energiewende dar, als dass sie bereits umfassende Konzepte präsentierten. Sie beschreiben überwiegend quantitativ Ausbauziele und enthalten noch wenige Vorstellungen über die Organisation der Energieproduktion im Raum. Auch präsentieren sie überwiegend wenig ambitionierte Zielvorstellungen. Zur Umsetzung bzw. Zielerreichung bleiben sie insgesamt eher unklar, mit Effekten des Ausbaus und deren Management setzen sie sich nur marginal auseinander.

Die Energiestrategien haben nur einen geringen Einfluss auf die Unterschiede im Ausbauzustand der erneuerbaren Energien in den Bundesländern. Des Weiteren zeigen die bundesländerspezifischen Fördermaßnahmen, welche unterschiedlichen Schwerpunkte im Ausbau der erneuerbaren Energien gesehen werden.

3.2 Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen haben zum Teil einen Einfluss auf die Konzentration der Produktionsstätten von erneuerbaren Energien. Im Folgenden werden für die einzelnen EE-Sparten diese Einflussfaktoren untersucht und dargestellt.

3.2.1 Viehbesatzdichte

Die Kombination von Tierhaltung und Biogasanlagen eröffnet eine Reihe von Vorteilen (siehe Abb. 11). Hierzu zählt z. B. die ökonomische Aufwertung von Gülle und weiteren Reststoffen. Durch die Gewinnung von Biogas werden diese Produkte einer zweiten Nutzung zugeführt. So findet „eine energetische Verwertung von tierischen Exkrementen ausschließlich in Biogasanlagen statt“ (SEYFERT et al. 2011). Daneben verbessern sich die geruchlichen und pflanzenbaulichen Eigenschaften des Ausgangsubstrates – wie z. B. das Fließverhalten und die Nährstoffverfügbarkeit. Des Weiteren können die Gärbehälter der Biogasanlage im Rahmen der Düngeverordnung als Lagerraum für Wirtschaftsdünger angerechnet werden (PAHL et al. 2009) und mindern so Investitionen für weitere Lagerräume. Freie Arbeitskapazitäten - insbesondere in Mastbetrieben – können durch den Betrieb einer Biogasanlage ausgenutzt werden (PAHL et al. 2009). Darüber hinaus ermöglicht die Kombination von Tierhaltung und Biogasanlagen die im EEG geforderten Wärmekonzepte durch Abwärmenutzung in Ställen zu erfüllen.

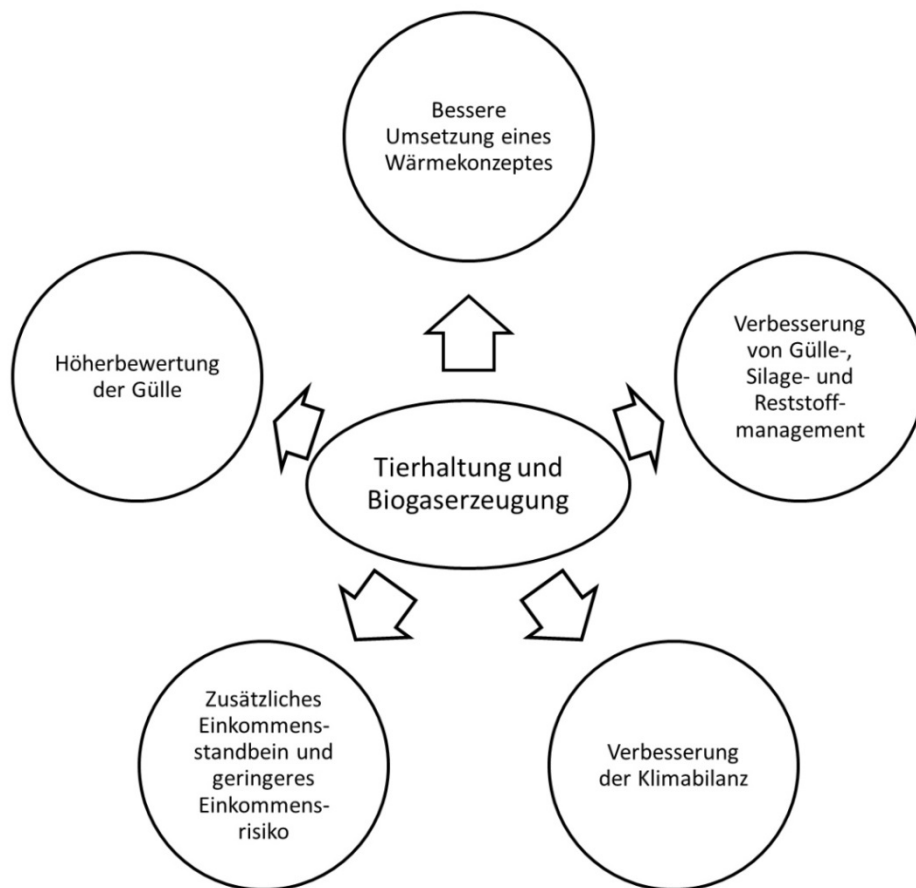


Abb. 11: Positive Wechselwirkungen zwischen Tierhaltung und Biogaserzeugung

Quelle: Pahl et al. 2009

Die Rahmenbedingungen früherer Fassungen des EEGs förderten die Kombination von Tierhaltung und Biogas. Im Rahmen der EEG-Novelle 2009 wurde erstmalig ein Bonus für die Verwendung von Gülle als Gärsubstrat eingeführt (sog. Güllebonus). Der Güllebonus betrug 4 Ct/kWh (Anlagen bis 150 kW_{el} Leistung) bzw. 1 Ct/kWh (Anlagen bis 500 kW_{el} Leistung) und wurde für die gesamte produzierte Strommenge gewährt, wenn mindestens 30 Masse-% Gülle als Substrat eingesetzt wurde (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 2008). Diese „gesetzliche Maßgabe begünstigte ganz augenscheinlich eine enge Kooperation zwischen Biogasanlagen und Tierhaltung als Güllielieferant“ (PAHL et al. 2009). Dieser sogenannte „Güllebonus“ wurde mit der Novelle des EEG im Jahr 2011 zum 01.01.2012 abgeschafft. Eine direkte Förderung von Gülle besteht zurzeit nur für Kleinanlagen mit 75 kW Leistung und 80 Masse-% Gülle pro Jahr.

In der alten Fassung des EEG waren Betriebe mit großen Tierbeständen bevorteilt, da organische Reststoffe des Betriebes (u. a. Gülle) örtlich sehr konzentriert anfallen (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2002). Insbesondere in den neuen Bundesländern mit „großräumig strukturierten Agrargebieten (und) relativ niedrigem Tierbesatz“ wurden „angepasste Biogasanlagen vorrangig am Standort der Stallanlagen errichtet und setzen somit die gesamten Güllemengen des Standortes (10.000 bis 50.000 m³/d) ein“ (THRÄN et al. 2011). In den westdeutschen Bundesländern wurde hingegen

Gülle erst durch Anreize wie den Güllebonus in Biogasanlagen genutzt, da der Transport von Substraten mit geringer Energiedichte wie Gülle ansonsten nicht rentabel war (THRÄN et al. 2011). Daraus ergibt sich ein differenziertes Bild des Substrateinsatzes in Abhängigkeit der Agrarstruktur der Bundesländer (siehe Abb. 12). In Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern wurden zumindest in der Vergangenheit mehr als 50 % des Substrates als Gülle und Mist bereitgestellt, wohingegen in den westdeutschen Bundesländern der überwiegende Anteil – in Schleswig-Holstein bis 70 % - des Substrates aus nachwachsenden Rohstoffen stammt.

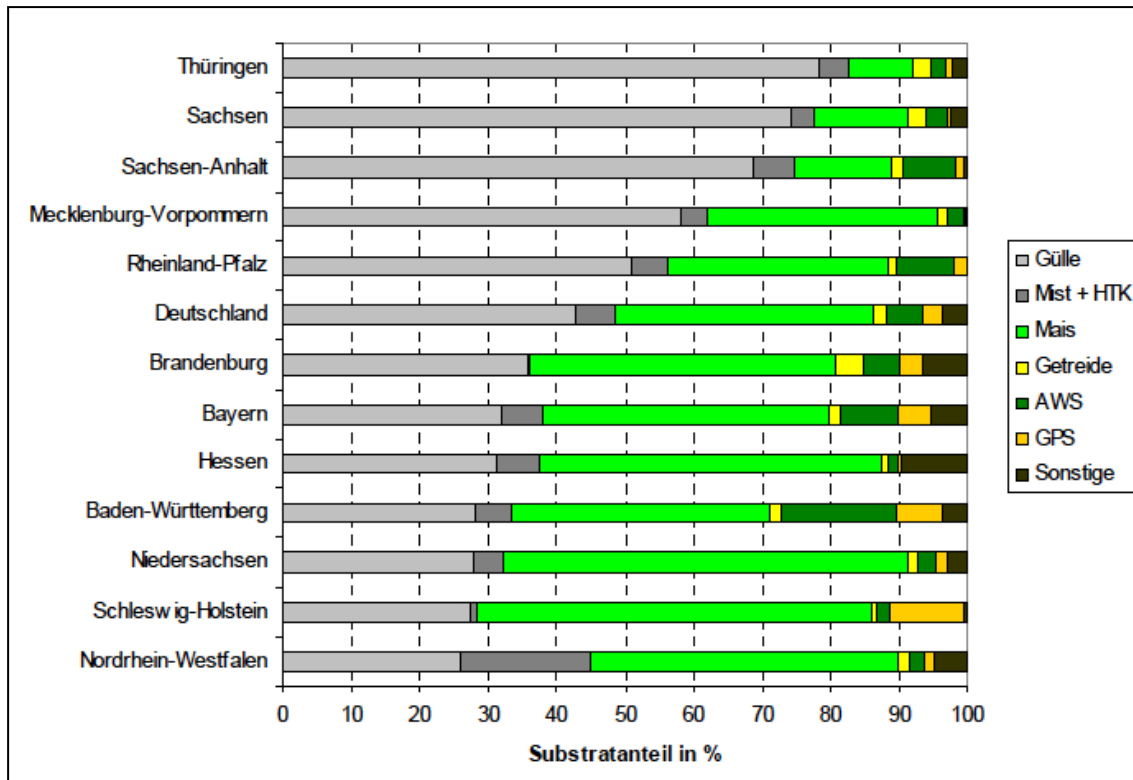


Abb. 12: Substrateinsatz in den Bundesländern
(HTK=Hühnertrockenkot, AWS=Anwelksilage, GPS=Ganzpflanzensilage)

Quelle: THRÄN et al. 2011, S. 80

In ihren Ursprüngen wurde die Biogaserzeugung von landwirtschaftlichen Betrieben nicht primär aufgrund der Energieerzeugung eingesetzt, sondern diente der Verbesserung der pflanzenbaulichen Eigenschaften von Gülle und der Umweltentlastung (BRUNS et al. 2009). In Westdeutschland setzte die Entwicklung in den viehhaltungsintensiven Betrieben in Süddeutschland ein, in der ehemaligen DDR wurde vorwiegend die Etablierung von Großanlagen in Kombination mit großen Tierhaltungsbetrieben vorangetrieben (BRUNS et al. 2009). Dabei spielte in Süddeutschland vor allem der hohe GV-Besatz die entscheidende Rolle, nicht das Vorhandensein von Großstallanlagen.

Die sich ändernden Rahmenbedingungen (EEG 2000 und 2004, EU-Agrarpolitik, Klimaschutzgesetzgebung und Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien) führten dazu, dass die Produktion von Biogas insgesamt und der Anbau nachwachsender Rohstoffe für die Biogaserzeugung an Wettbewerbskraft gewannen und die Anzahl der

Biogasanlagen sowie die installierte Leistung pro Biogasanlage zunahmen (BRUNS et al. 2009). Ab 2004 wurden größere Biogasanlagen vor allem in Niedersachsen und den östlichen Bundesländern gebaut (500 kW_{el}) (BRUNS et al. 2009).

3.2.2 Maisanbau

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die Biogaserzeugung „hat in Deutschland in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugenommen“ (NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN LEOPOLDINA 2012). Begünstigt wurde diese Entwicklung durch den in der Novelle des EEG von 2004 verankerten NawaRo-Bonus. Mais spielt bei der Biogasproduktion die herausragende Rolle unter den nachwachsenden Rohstoffen und wird in „mehr als 90 % aller Biogasanlagen in Deutschland (...) als Substrat eingesetzt“ (SCHMID et al. o.J.). Dies ist durch den hohen Energieertrag von Mais begründet, der anderen Kulturen überlegen ist, sowie durch die bereits etablierten anbautechnischen Voraussetzungen (JERING et al. 2012).

Der Anbau von Energiemais (Silomais) lässt sich nicht auf spezielle Gebiete eingrenzen. Vielmehr sind seine Standortansprüche eher gering. Das heißt: Mais kann nahezu auf allen Standorten angebaut werden, wenn auch mit deutlichen Unterschieden im Ertrag. Voraussetzung ist lediglich, dass Ackerfläche vorhanden ist. Ein hoher Maisanteil in der Fruchtfolge als Substratlieferant für Biogasanlagen ist daher eher als eine Folge aus anderen Standortvorteilen bzgl. der Biogasproduktion zu verstehen, als dass maistaugliche Böden die Zunahme an Biogasanlagen erhöhen.

3.3 Naturräumliche Rahmenbedingungen

3.3.1 Rahmenbedingungen des Ausbaus der Windenergie

Windhöffigkeit

Die Windhöffigkeit ist eine entscheidende Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb von Windenergieanlagen. Bis Mitte der 1990er Jahre wurden Windenergieanlagen vorwiegend in Küstennähe gebaut, aufgrund der dort guten Windverhältnisse (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK 2014). Diese Flächen werden jedoch mittlerweile knapp (BÖMER et al. 2011). Da die Windgeschwindigkeit mit dem Abstand über dem Boden zunimmt, wird mit zunehmenden Turmhöhen der Ausbau der Windenergie auch an Standorten wirtschaftlich, die erst in größeren Höhen entsprechende Windverhältnisse aufweisen. Daneben ist auch eine weitere stetige Zunahme der Rotordurchmesser zu beobachten, die ebenfalls zur Erhöhung der Leistung von WEA beiträgt (siehe Abb. 13). Der Ausbau setzte sich mit der technischen Entwicklung der Windkraftanlagen ins Binnenland fort (BBSR 2014) (siehe Abb. 14). Da mittlerweile Turmhöhen von 130 m und mehr errichtet werden können (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK 2012), kann in den letzten Jahren ein verstärkter Ausbau der Windenergie auch in Mittelgebirgslagen festgestellt werden (2013: 43 % der neu installierten Leistung) (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK 2014). Diese Entwicklung steht auch damit in Verbindung, dass die küstenfernen Bundesländer erst in jüngster Vergangenheit die entsprechend planerischen Rahmenbedingungen für den Ausbau der Windenergie schufen (BÖMER et al. 2011). Die Bundesländer ohne Küstenstreifen wiesen 2010 58 % der gesamten installierten Windenergieleistung auf (BÖMER et al. 2011).

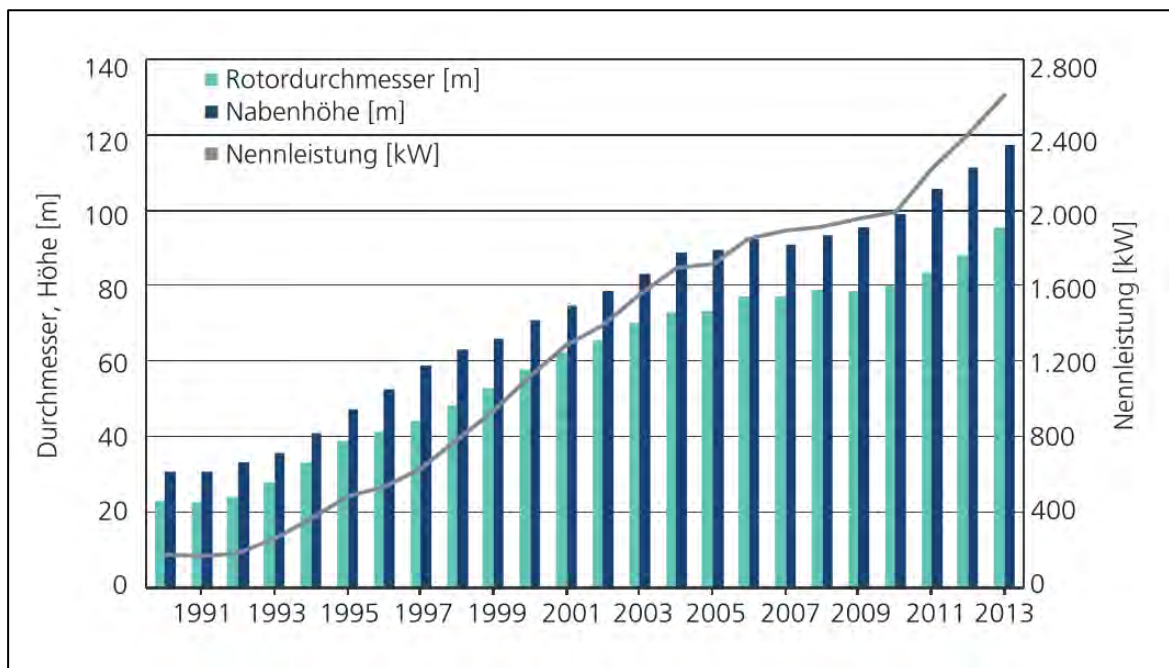


Abb. 13: Entwicklung der Anlagengröße „onshore“

Quelle: Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik 2014, S. 35

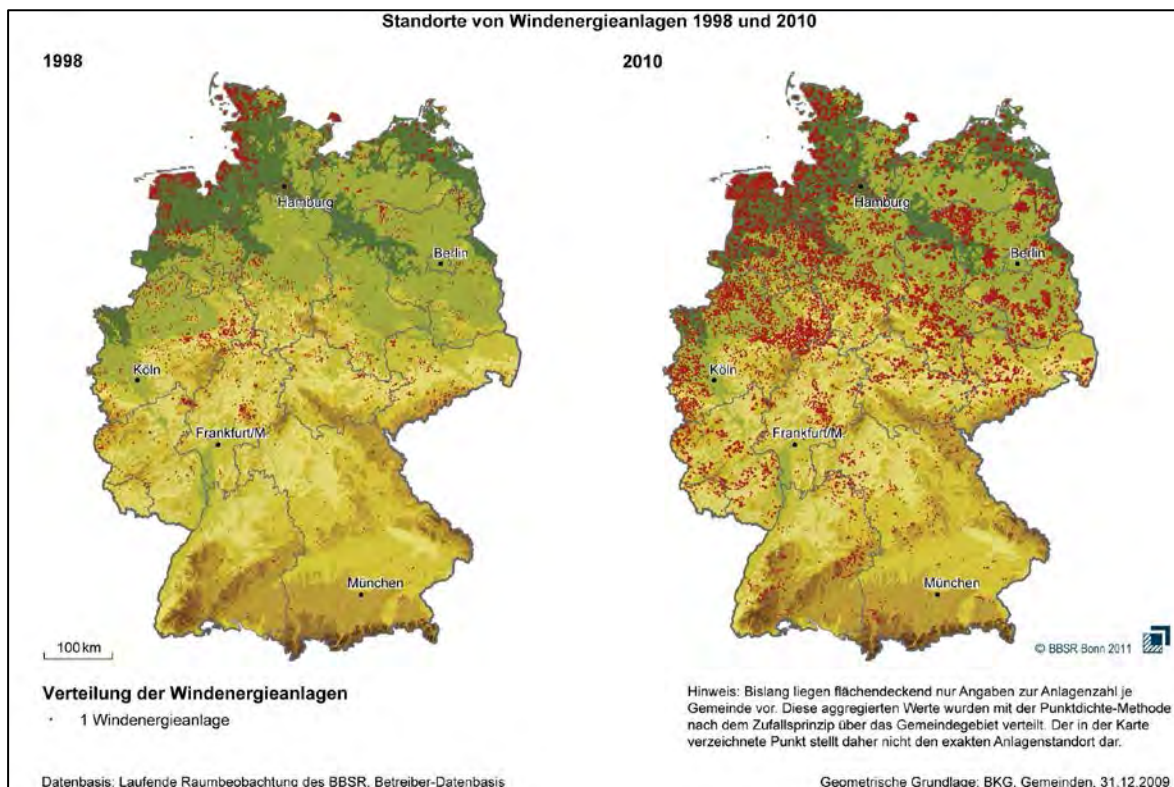


Abb. 14: Standorte von Windenergieanlagen 1998 und 2010

Quelle: BBSR 2014

3.3.2 Landschaftsstruktur

Bisher werden Windenergieanlagen vorwiegend auf offenen Feldern errichtet. Windenergieanlagen in Wäldern und bestimmten Schutzgebietskategorien bilden die Ausnahme (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK 2012). In Wäldern sind u. a. die höhere Oberflächenrauigkeit und die erzeugten Turbulenzen für geringere Erträge verantwortlich, was den Ausbau bisher eingeschränkt hat (MKULNV 2012). Nach Berechnungen des Fraunhofer Institutes für Windenergie und Energiesystemtechnik ergibt sich unter Berücksichtigung entsprechender Ertragsvoraussetzungen sowie der Ausklammerung von Schutzgebieten wie bspw. Nationalparks, bebauten Flächen, Gewässern und Pufferzonen ein theoretischer Anteil von 22,4 % der Fläche der potentiell für den Ausbau der Windenergie nutzbar wäre. 7,9 % der Gesamtfläche wären ohne Restriktionen nutzbar sowie weitere 4,4 % an nutzbaren Waldflächen, die außerhalb von Schutzgebieten liegen, sowie 10,4 % in nutzbaren Schutzgebieten (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK 2012, vgl. Abb. 15). Aspekte wie Eigentumsfragen oder Abstandsregelungen aufgrund von Einschränkungen durch die Bundeswehr blieben bei den Berechnungen unberücksichtigt. Zusammenfassend kommt die Studie jedoch zu dem Schluss, dass die in dieser Studie angenommene benötigte Szenario-Fläche für Windenergie von 2 % bundesweit plausibel erscheint und ohne Probleme erreicht werden kann.

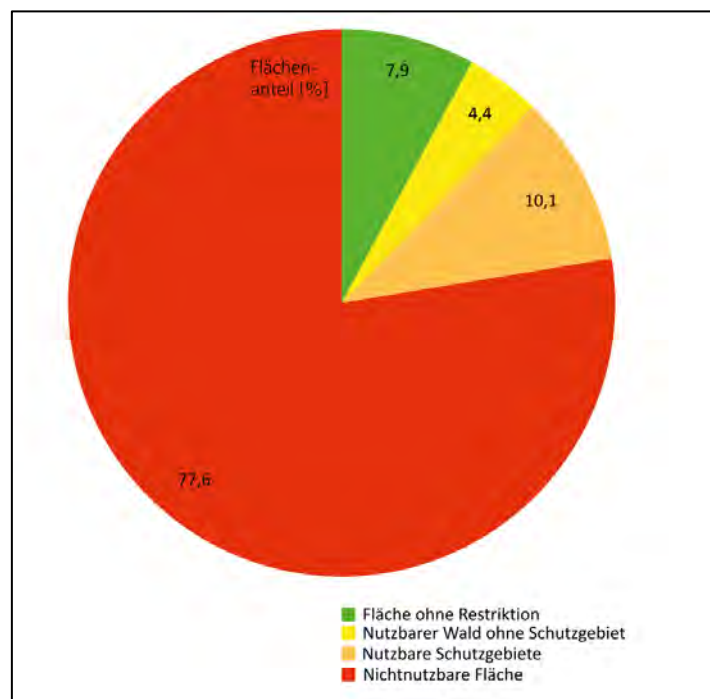


Abb. 15: Anteil nutzbarer Flächen in Deutschland für Windenergie

Quelle: Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik 2012, S. 54

Die regionale Verteilung der nutzbaren Flächen zeigt, dass Flächenländer natürlich über mehr potentiell nutzbare Flächen verfügen. Allerdings ist insbesondere in Süddeutschland (Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz, Hessen) der Anteil der nutzbaren Flächen aufgrund des hohen Waldanteils (innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten) beschränkt (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK 2012, S. 55). Die

Errichtung von Windkraftanlagen in Waldflächen wird zunehmend diskutiert. Dabei haben die Bundesländer bisher unterschiedliche Regelungen. In einigen Bundesländern ist der Wald als Standort von Windkraftanlagen noch generell ausgeschlossen, in anderen wird Wald in der aktuellen Ausweisungspraxis von Vorrang- und Eignungsgebieten häufig nicht berücksichtigt (Anpassung der Regionalpläne oder Abschaffung der Ausschlusswirkung nach § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB) (DEGEN-ROSENBERG 2011). In einigen Bundesländern wird der Wald (außerhalb von Schutzgebieten) mittlerweile für die Windkraftnutzung geöffnet (wie z.B. in Rheinland-Pfalz oder in Bayern).

In vielen Bundesländern ist es üblich, die Verteilung von WEA über Eignungsgebiete bzw. Vorranggebiete zu steuern. Allerdings ist die Steuerungswirkung von Eignungsgebieten nicht zuletzt aufgrund andauernder Rechtsstreitigkeiten, infolge derer ihre Gültigkeit immer wieder auch aufgehoben wird, begrenzt⁴⁵.

3.3.3 Rahmenbedingungen des Ausbaus der Photovoltaik

Solare Einstrahlung

Die solare Einstrahlung ist Voraussetzung dafür, dass eine Photovoltaikanlage elektrischen Strom produzieren kann. Damit wird auch die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage von der solaren Einstrahlung beeinflusst. Die „Energieeinstrahlung der Sonne auf die Erdoberfläche beträgt in mittleren Breiten (z. B. in Deutschland) ca. 1.000 kWh pro m² und Jahr“ (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2004) und ist damit in ganz Deutschland hoch genug, um eine Photovoltaikanlage (unter den bisherigen Förderbedingungen) wirtschaftlich zu betreiben (WIRTH 2013).

Die solare Einstrahlung ist jedoch nicht das einzige Kriterium, welches die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage beeinflusst. Aus meteorologischer Sicht spielt daneben das Windaufkommen eine Rolle, welches durch Abkühlung der Betriebstemperatur der Module deren Wirkungsgrad erhöhen kann (WIRTH 2013). Hierdurch können auch Standorte mit geringerer solarer Einstrahlung in der Erzeugung positiv beeinflusst werden, so dass der Ertrag steigt.

Der Ertrag einer Photovoltaikanlage wird bauseitig des Weiteren durch den Aufstellwinkel der Module (Lichteinfallswinkel), Verschattungen, Schneeeauflage und Leitungs- und Wandlungsverluste beeinflusst (WIRTH 2013). Die Wirkungsgrade der Module haben sich aufgrund technischer Weiterentwicklungen beständig erhöht, was wiederum den energetischen Ertrag der Module steigert (Abb. 16).

⁴ Urteil des Verwaltungsgericht Stuttgart vom 29.04.2010 (Az.: 13 K 898/09) (siehe <http://www.vgstuttgart.de/pb/,Lde/1219200/>)

⁵ Urteil des Obergerverwaltungsgerichtes Schleswig vom 20.01.2015 (Az.: 1 KN 6/13) (siehe http://www.schleswig-holstein.de/OVG/DE/Service/Presse/1_KN_6_13__blob=publicationFile.pdf)

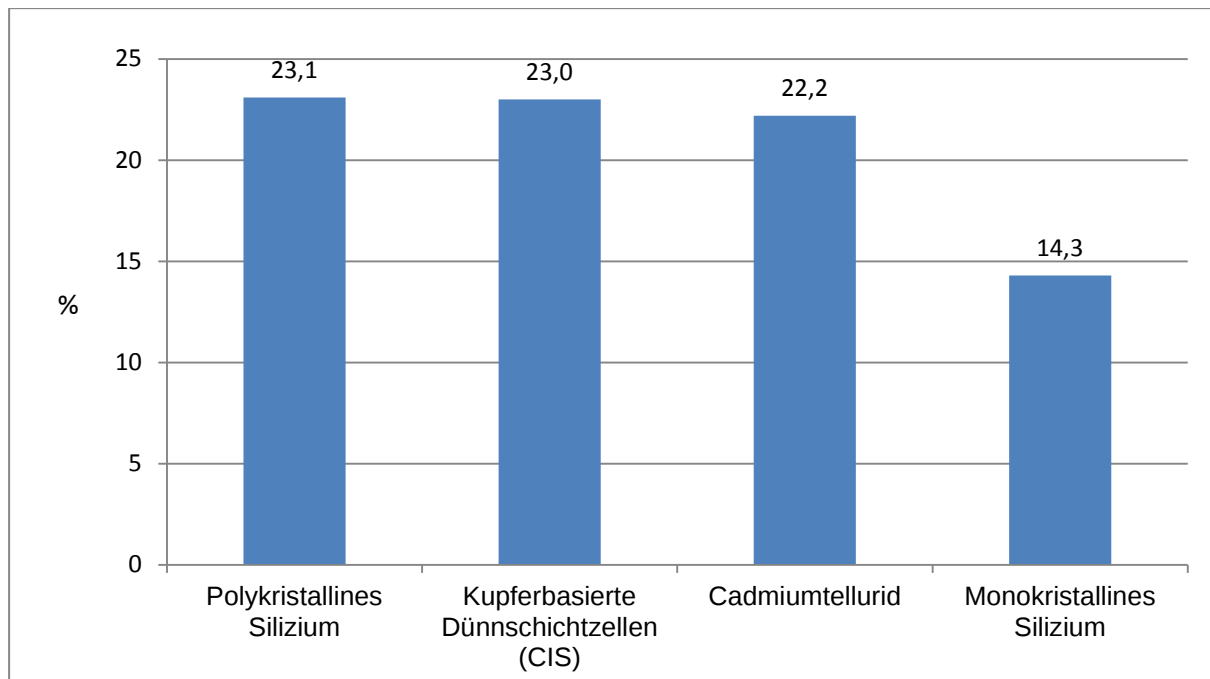


Abb. 16: Prozentuale Steigerung der Modulwirkungsgrade von Solarzellen in Serienproduktion von 2003 bis 2010

Quelle: Eigene Darstellung nach AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIE 2010

Landschaftsstruktur und Freiflächenphotovoltaikanlagen

Die Errichtung von Freiflächenphotovoltaikanlagen in Schutzgebieten des Naturschutzes ist in der Regel ausgeschlossen und kann standörtlich durch die Raumordnung, die Landschaftsplanung und die Bebauungspläne beeinflusst werden (MENGEL et al. o.J.).

Die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Freiflächenphotovoltaikanlagen ist maßgeblich durch die im EEG festgelegte Einspeisevergütung für den eingespeisten Strom bedingt. Die im EEG formulierten Förderbedingungen beeinflussen daher die Standortwahl für die Errichtung von Freiflächenphotovoltaikanlagen entscheidend. Gegenwärtig erhalten Freiflächen-Photovoltaikanlagen nur noch eine Vergütung, wenn sie in Gewerbegebieten, auf Konversions- und versiegelten Flächen oder an Schienenwegen und Autobahnen errichtet werden. Ob sich diese Bedingungen mit der zukünftigen Umstellung auf ein Ausschreibungssystem ändern, ist derzeit noch unklar (siehe Kapitel 7.1).

3.4 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen

3.4.1 Bebauungsdichte und Dach-Photovoltaikanlagen

Die meisten Photovoltaikanlagen in Deutschland wurden bisher als Dachanlagen installiert. 2010 waren ca. 850.000 Photovoltaikanlagen installiert, Freiflächenanlagen machten 14% der installierten Leistung aus (siehe Abb. 17).

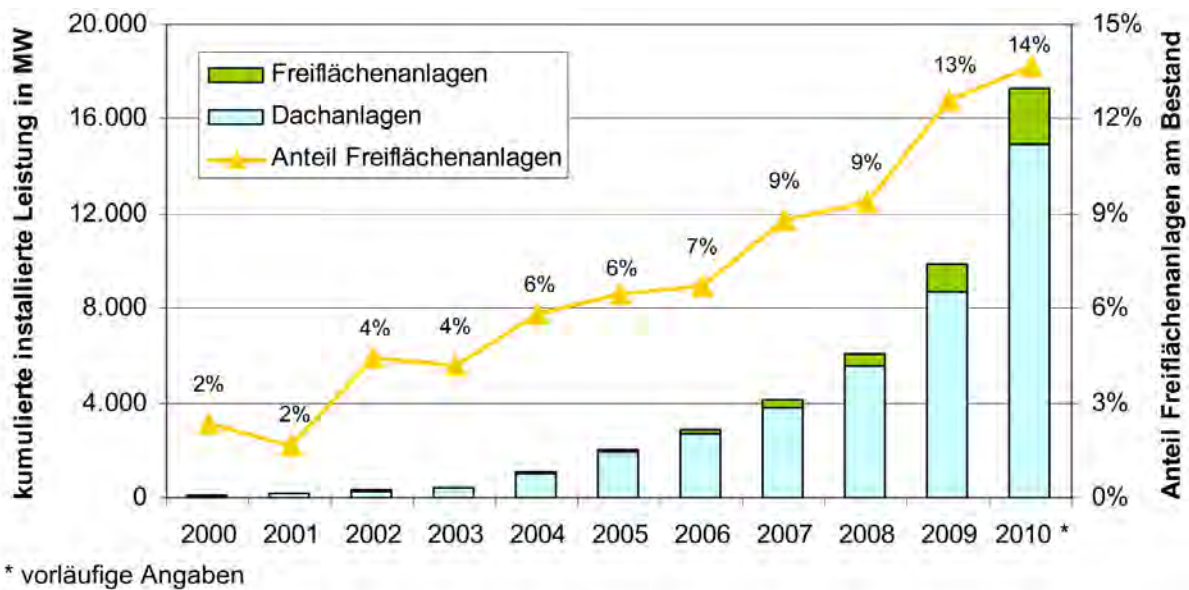


Abb. 17: Entwicklung des Anlagenbestandes nach Dach- und Freiflächenanlagen (ohne Darstellung der Fassadenanlagen)

Quelle: REICHMUTH 2011, S. 11

Die Größe der installierten Anlagen nimmt seit Umsetzung des EEG 2004 zu, so dass hauptsächlich im Leistungsbereich zwischen 10 und 30 kW eine starke Zunahme der Anlagen zu beobachten ist (siehe Tab. 3). Insbesondere in Bayern wurden verhältnismäßig viele Anlagen dieser Größenordnung installiert, was damit begründet wird, dass „die PV bei bayerischen Investoren aus der Landwirtschaft eine große Attraktivität besitzt“, da in dieser Größenordnung hohe Renditen erzielt werden können (hohe Einspeisevergütung, Kostendegression gegenüber Kleinanlagen (REICHMUTH 2011) (siehe Abb. 18). Daneben wird davon ausgegangen, dass aufgrund des kleinstrukturierten landwirtschaftlichen Bereichs in Süddeutschland viele Dachflächen vorhanden sind (REICHMUTH 2011).

Tab. 3: Entwicklung des jährlichen Leistungszubaus nach Anlagentypen

[MW p]	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gesamter Jahreszubau	53	110	110	139	670	951	843	1.271	1.950	3.794	7.408
davon Dachanlagen	53	109	100	134	622	881	779	1.097	1.744	3.113	6.282
davon Freiflächenanlagen	0	1,3	10	5,1	46	69	62	172	205	679	1.122
davon Fassadenanlagen	0	0,03	0	0	2,0	1,4	1,3	1,4	1,2	1,7	4,2

Quelle: REICHMUTH 2011, S. 10



Abb. 18: Verteilung der gesamten installierten Leistung Ende 2010 sowie länderspezifische Leistungsanteile von Freiflächenanlagen

Quelle: REICHMUTH 2011, S. 18

3.4.2 Gesellschaftliche Akzeptanz der erneuerbaren Energien

Der Ausbau der erneuerbaren Energien findet überwiegend dezentral statt und ist vor Ort mit Wirkungen auf Natur, Umwelt und Gesellschaft verbunden. So ist der Ausbau der erneuerbaren Energien auch von der Akzeptanz vor Ort abhängig. Dabei zeigen Untersuchungen, dass die Akzeptanz für Eingriffe im Zusammenhang mit den verschiedenen EE-Sparten sehr unterschiedlich ist. Des Weiteren werden folgende Korrelationen hinsichtlich der Akzeptanz für Eingriffe in die Landschaft im Rahmen der Energiewende festgestellt (KLEINHÜCKELKOTTEN & NEITZKE 2012). Die Akzeptanz:

- steigt mit dem Einkommen,
- sinkt mit dem Bildungsgrad (anders als die Zustimmung zur Energiewende),
- ist weitgehend unabhängig vom Alter,
- ist stärker ausgeprägt bei Männern als bei Frauen,
- steigt bei Nähe zu ökologisch orientierten Milieus (sozialökologisch und liberal-intellektuell),
- sinkt allerdings bei Nähe zu ökologisch orientierten Milieus in Bezug auf Landschaftsveränderung durch Biomasseproduktion (betrifft Biogasanlagen, Anbau von Raps und Mais – bei letzterem z. B. Zustimmung von unter 50% bei sozialökologischem Milieu).

In Bezug auf die Dimensionen der Akzeptanz ist zu unterscheiden zwischen positiver und negativer sowie passiver und aktiver Akzeptanz (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Dimensionen der Akzeptanz von erneuerbaren Energien

	passiv	aktiv
positiv	Befürwortung	Engagement
negativ	Ablehnung	Widerstand

Quelle: WUNDERLICH 2012, S. 11

Relevant für die Behinderung der Umsetzung erneuerbarer-Energien-Projekte ist vor allem der Widerstand der Bevölkerung. Häufig wird davon ausgegangen, dass die Befürwortung des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Allgemeinen hoch ist, einer Realisierung von Projekten in der eigenen Region jedoch Widerstand entgegen gebracht wird („*not in my back yard*“-Phänomen). Untersuchungen deuten an, dass dies nicht immer der Fall ist (KLEINHÜCKELKOTTEN et al. 2012; WUNDERLICH 2012). So wird bspw. der Ausbau der Windenergie in Norddeutschland nicht nur mit den naturräumlichen Gegebenheiten in Verbindung gebracht, sondern auch mit der höheren gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz der Windenergie in dieser Region (KOCH et al. 2010). Auch wurden entsprechende gesetzliche Rahmenbedingungen für den Ausbau der Windenergie früher geschaffen als in den südlichen Bundesländern (BÖMER et al. 2011).

Die Umsetzung von Erneuerbaren-Energien-Projekten findet vorwiegend dezentral statt und häufig mit finanzieller Beteiligung von Bürgern. Untersuchungen zeigen, dass die Akzeptanz zwischen den Regionen (WUNDERLICH 2012; KRESS et al. 2012) sowie in Abhängigkeit der Energieträger bzw. Technologie und der Beteiligung stark schwankt. Es ist daher davon auszugehen, dass der Ausbau durch die lokale Akzeptanz und das Auftreten aktiver Unterstützer bzw. Gegner regionaler Projekte beeinflusst wird.

3.5 Zusammenfassende Bewertung der Rahmenbedingungen

Die Auswertung der Rahmenbedingungen der EE-Produktion in Deutschland zeigt, dass die betrachteten Kategorien (politisch, rechtlich, landwirtschaftlich, naturräumlich, gesellschaftlich) einen Einfluss auf die unterschiedlichen Ausbaugrade in den Regionen haben. Obwohl mit dem EEG bundesweit einheitliche Förderbedingungen der erneuerbaren Energien gegeben sind, bewirken die regional unterschiedlich ausgeprägten Rahmenbedingungen eine Differenzierung des Anteils einzelner EE-Sparten und der Höhe des Ausbaus insgesamt.

Die länderspezifischen Energiestrategien haben zwar zum größeren Teil nur Richtliniencharakter, dennoch haben die regional ausgerichteten Förderprogramme eine Wirkung auf den Ausbauzustand (Bsp. Sächsische Aufbaubank Investitionsförderung von Dachsolaranlagen).

Im landwirtschaftlichen Bereich führte die Förderung von Gülle als Gärsubstrat in Biogasanlagen zu Konzentrationen in Veredelungs- und Futterbauregionen. Die Vorteilhaftigkeit von Silomais als Gärsubstrat und Grundfutter erhöhte zusätzlich den Fruchtfolgeanteil von Mais in vormals schon maisreichen Regionen.

Die naturräumlichen Voraussetzungen lassen sich insbesondere am Beispiel der Windenergie sehr gut nachzeichnen. Die hohe Windhöffigkeit der nördlichen Bundesländer erklärt bisher den hohen Ausbauzustand in der Sparte zumindest teilweise. Dennoch versuchen auch Bundesländer mit weniger günstigen Bedingungen im Bereich Windkraft den Ausbau weiter voranzutreiben, so dass sich auch in südlichen Bundesländern Regionen mit hohen Windkraft-Dichten finden.

Die höhere solare Einstrahlung im Süden kann zwar den höheren Ausbauzustand in den beiden südlichen Bundesländern erklären. Da jedoch die solare Einstrahlung auch in anderen Regionen hoch genug ist, um eine Photovoltaikanlage wirtschaftlich zu betreiben, finden sich auch in Westdeutschland und im Norden weitere Regionen mit hoher Anlagendichte. Zusätzlich ist die Höhe des verfügbaren Privateinkommens ein Indikator für den PV-Ausbau in den Bundesländern.

Die gesellschaftliche Akzeptanz von erneuerbaren Energien schlägt sich sicherlich auch in der genehmigungsrechtlichen Beurteilung von Projekten nieder. Beispiel hierfür ist die hohe Akzeptanz der Windkraft im Norden Deutschlands, die zu einem hohen Ausbaugrad der Windenergie geführt hat. Die anfangs als positiv eingeschätzte Biogasproduktion wurde insbesondere in Regionen mit hohem Tierbesatz als willkommene Alternative und Synergieoption begrüßt, die eine umweltfreundliche Nutzung der Gülle versprach. Erst die übermäßige Nutzung von Silomais als Kosubstrat und die starken Flächenkonkurrenzen brachte den Biogassektor in Verruf.

4 Kumulationsräume in Deutschland und Auswahl der Fallstudienräume

Im folgenden Kapitel wird die Auswahl der in dieser Studie betrachteten Fallstudienräume auf Basis des regionalen Ausbauszustandes der erneuerbaren Energien erläutert. Zudem werden die ausgewählten Fallstudienräume vorgestellt.

4.1 Methodik und Daten

Die Auswahl von Fallstudienräumen basiert auf der Ableitung von Aggregationsräumen erneuerbarer Energien in Deutschland. Der Ausbaustand im Strombereich wird auf Landkreisebene differenziert nach EE-Sparten (Windenergie, Biogas und Photovoltaik) dargestellt (kleine Wasserkraft, Deponiegas und Geothermie werden aufgrund der geringeren landschaftlichen Auswirkungen nicht betrachtet). Gemäß dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) ist jede Windenergie-, Biogas- und Photovoltaikanlage zu registrieren und vom regionalen Netzbetreiber zu veröffentlichen. Registriert werden die Energiesparte, der Ort der Energieerzeugung, die installierte Nennleistung, die erzeugte Energiemenge pro Jahr, das Datum des Produktionsstarts sowie weitergehende Informationen. Die zum Zeitpunkt der Analyse aktuellen Datensätze dieser Art waren auf der Webseite „www.energymap.info“ zu finden (DGS 2012). Die Betreiber dieser Datenbank fügen die registrierten Anlagen aller Netzbetreiber zusammen und prüfen diese auf Unstimmigkeiten, wie z. B. Doppeleinträge oder typische Übertragungsfehler. Die Daten wurden mit Hilfe einer MS Access Datenbank und ArcGIS analysiert. Tab. 5 zeigt eine statistische Übersicht zu den Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011.

Tab. 5: Statistische Daten zur Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011

EE-Sparte	Anzahl	Produzierte Energie insgesamt	Installierte Nennleistung	Durchschnittlich installierte Leistung je Anlage
		(MWh)	(MW _{el})	(kW _{el})
Wind	22.057	52.782.806	30.100	1.364
Biomasse	13.207	25.311.914	5.739	434
Photovoltaik	1.203.571	19.319.741	27.583	22
Wasserkraft	7.324	4.649.238	1.595	217
Deponiegas	845	1.605.566	645	763
Geothermie	5	18.845	7	1.508

Quelle: DGS 2012; eigene Berechnungen

In einem ersten Analyseschritt wird die installierte Nennleistung (kW) der Anlagen jeder EE-Sparte auf Landkreisebene zusammengefasst. Dieser Schritt erzeugt die ungewichtete Summe der installierten elektrischen Nennleistung aller 412 Landkreise und kreisfreien Städte Deutschlands für jede EE-Sparte (Biogas, Windenergie, Photovoltaik). Dabei werden jedoch absolute Werte verglichen; d. h. größere Landkreise weisen häufig höhere installierte

Nennleistungen auf als kleine Landkreise. Aus diesem Grund wird in einem zweiten Analyseschritt die Summe der installierten elektrischen Nennleistung (kW) jeder EE-Sparte durch die Landkreisfläche (ha) geteilt. Der erhaltene Wert wird als *Dichte der installierten elektrischen Nennleistung (kW/ha) oder Nennleistungsdichte* definiert. Das Ergebnis wird im Folgenden als Indikator benutzt, um Hotspots der Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen in Deutschland zu verorten. Tab. 6 zeigt einen Überblick zur Verteilung der Nennleistungsdichte und statistischen Angaben je EE-Sparte. Anzumerken ist hier, dass in allen Landkreisen Deutschlands PV-Anlagen installiert sind, während Biomasseanlagen und Windkraftanlagen nicht in allen Landkreisen vorkommen. Der Vergleich der Standardabweichung der einzelnen Energieträger verdeutlicht die großen Unterschiede bei den Nennleistungsdichten der Landkreise im Bereich Wind, sowie die relativ niedrige Streuung im Bereich Biomasse. Der Median liegt für alle Landkreise unter dem Mittelwert, was darauf hindeutet, dass der Mittelwert durch hohe Konzentrationen in einigen Landkreisen nach oben gezogen wird.

Tab. 6: Statistische Auswertung zur Nennleistungsdichte in kW/ha auf Landkreisebene je EE-Sparte

	Wind	PV	Biomasse
Anzahl Landkreise mit kW/ha > 0	327	412	397
Durchschnitt kW/ha	0,87	0,95	0,19
Standardabweichung kW/ha	1,27	0,70	0,30
Median kW/ha	0,46	0,81	0,12

N=412 Landkreise, Quelle: DGS 2012; eigene Berechnungen

Um einen Überblick für jede EE-Sparte zu erhalten, wurden sechs Klassen um den jeweiligen Durchschnitt der Nennleistungsdichte jeder EE-Sparte gebildet, mit Unterklassen für Landkreise mit sehr hohen oder sehr niedrigen Nennleistungsdichten. Dies war aufgrund der unterschiedlichen Nennleistungsdichte jeder einzelnen EE-Sparte notwendig. So gibt es in der Regel in den Landkreisen hinsichtlich der Windenergie sehr viel mehr installierte elektrische Nennleistung als bei Biogasanlagen. Die sechs Klassen wurden anhand folgender Kriterien erstellt:

- eine Orientierung am Mittelwert der jeweiligen EE-Sparte,
- eine adäquate Verteilung für jede EE-Sparte,
- eine identische Klassifizierung für alle EE-Sparten.

Im Ergebnis verteilen sich die Landkreise in die in Abb. 19 dargestellten Klassen.

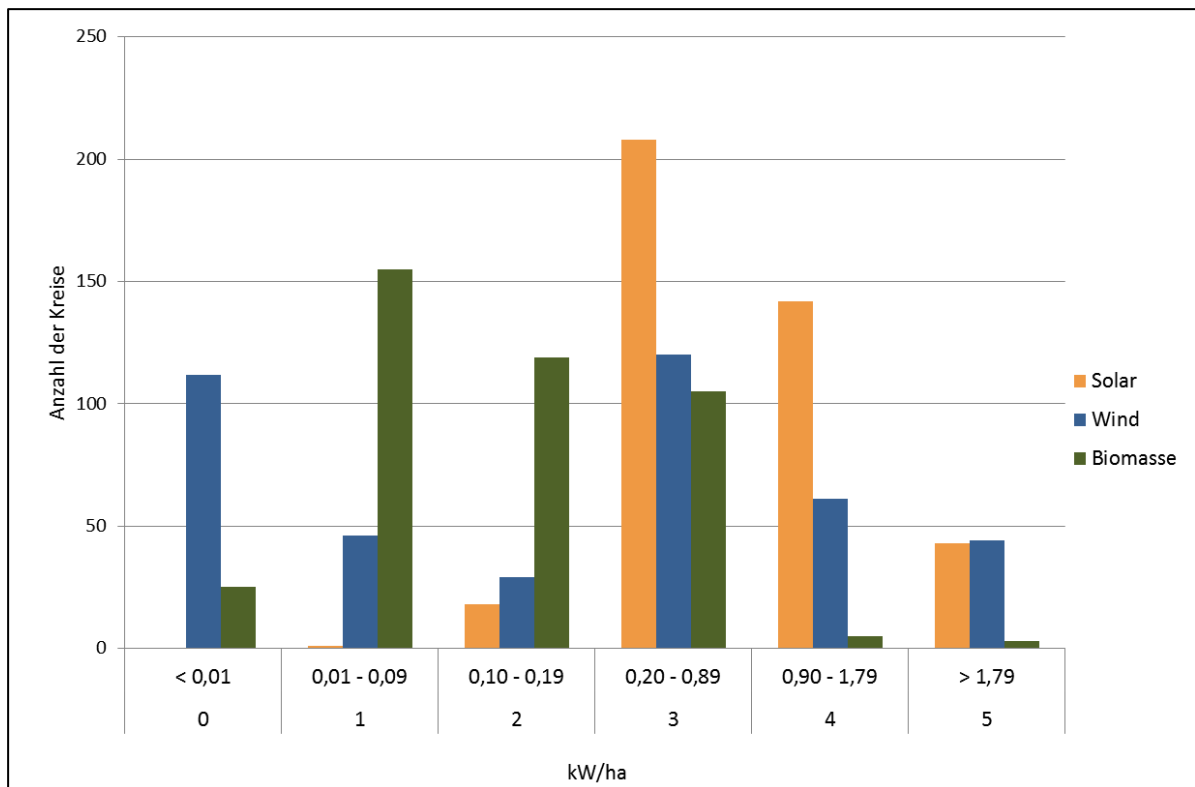


Abb. 19: Anzahl Landkreise in den Klassen der Nennleistungsdichte (kW/ha)

Quelle: eigene Berechnungen nach DGS 2012

Um eine vergleichende Betrachtung der unterschiedlichen EE-Sparten zu ermöglichen, werden die kardinalen Klassen in nominale Klassen umgewandelt. Die Nennleistungsdichten der einzelnen EE-Sparten wird in die drei Klassen „Hoch“, „Mittel“ und „Gering“ eingeteilt. Im Fall der Biomasse beträgt die durchschnittliche Nennleistungsdichte 0,19 kW/ha. Für Windenergie- und Photovoltaikanlagen wird ein Wert zwischen den beiden Durchschnittswerten der jeweiligen Nennleistungsdichte gewählt (0,89 kW/ha) (siehe Tab. 7).

Tab. 7: Klassifizierungskriterien zur Einteilung von über-, bzw. unterdurchschnittlichen Nennleistungsdichten (kW/ha) in den Landkreisen

Klasse	Name	Biomasse (kW/ha)	Wind/PV (kW/ha)
3	Hoch	>0,19	>0,89
2	Mittel	0,10 – 0,19	0,2 – 0,89
1	Gering	<0,10	<0,2

Um zu ermitteln, welche Landkreise eine hohe Nennleistungsdichte in jeder einzelnen EE-Sparte aufweisen, erfolgt eine Klassifizierung der Nennleistungsdichten als Kombination möglicher Ausprägungen der Nennleistungsdichten (siehe Tab. 8). Aufbauend auf dieser Vorgehensweise können Regionen aufgezeigt werden, die ein hohes Vorkommen aller betrachteten EE-Sparten aufweisen. Die Klassifizierung wurde auf alle 412 Landkreise und kreisfreie Städte Deutschlands angewendet und mit Hilfe von ArcGIS visualisiert.

Tab. 8: Aggregationsregel zur Definition der Kumulationsräume

Klasse	Ausprägung der Nennleistungsdichte der einzelnen EE-Sparten (kW/ha)
6	alle drei hoch (alle 3)
5	2 x hoch, 1 x mittel (2 x 3, 1 x 2)
4	1 x hoch, 2 x mittel oder 2 x hoch, 1 x niedrig (1 x 3, 2 x 2 oder 2 x 2, 1 x 1)
3	alle mittel oder 1 x hoch, 1 x mittel, 1 x niedrig (alle 2 oder 1 x 3, 1 x 2, 1 x 1)
2	2 x mittel, 1 x gering oder 1 x hoch, 2 x gering (2 x 2, 1 x 1 oder 1 x 3, 2 x 1)
1	1 x mittel, 2 x gering oder alle gering (1 x 2, 2 x 1 oder alle 1)

4.2 Ergebnisse

Dieses Kapitel beschreibt die Ergebnisse der im vorigen Kapitel beschriebenen Methodik zur Darstellung des regionalen Ausbaus der erneuerbaren Energien. Zunächst wird die installierte Nennleistungsdichte einzeln für jede betrachtete EE-Sparte aufgezeigt, bevor auf die kumulierte Nennleistungsdichte aller drei Sparten eingegangen wird.

4.2.1 Die räumliche Verteilung der Windenergie in Deutschland

Die räumliche Verteilung der Nennleistungsdichte der Windenergie zeigt, mit einigen Ausnahmen, eine höhere Konzentration in den nördlichen Regionen Deutschlands. Eine hohe Dichte ist in küstennahen sowie ebenen Gebieten mit wenig Reliefenergie festzustellen. Insgesamt ist erkennbar, dass die installierte Nennleistungsdichte von Nord nach Süd abnimmt, was mit einer abnehmenden Windhöffigkeit korreliert (Kapitel 3.3.1).

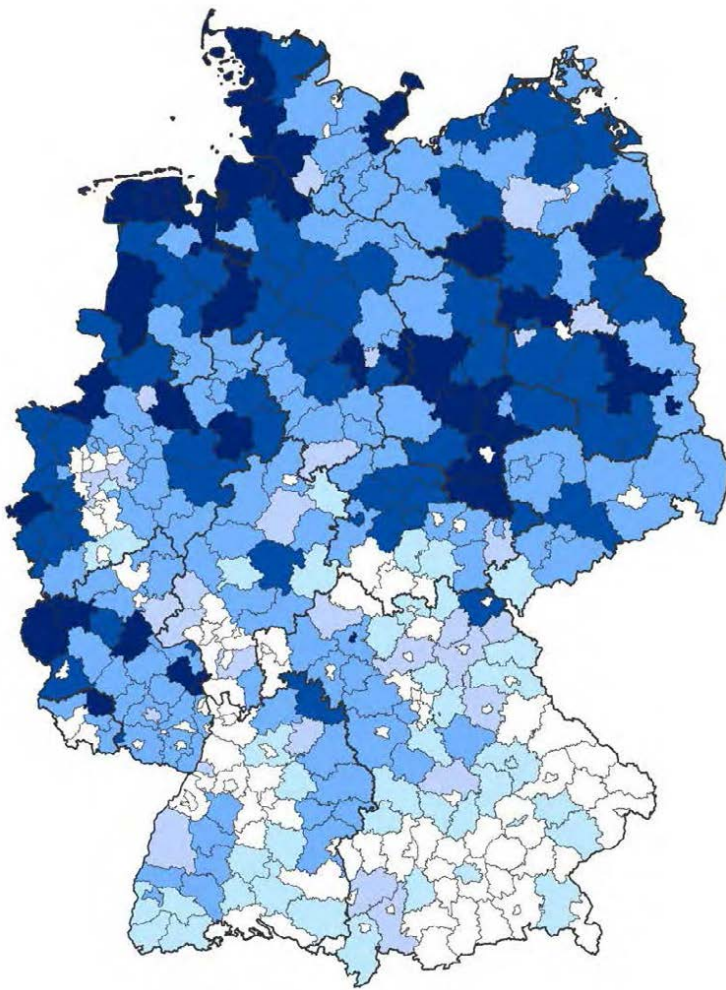


Abb. 20: Windkraft Nennleistungsdichte ($\text{kW}_{\text{el}}/\text{ha}$) je Landkreis

Quelle: eigene Berechnungen nach DGS 2012

4.2.2 Die räumliche Verteilung der Biogaserzeugung in Deutschland

Weiträumige Aggregationen höherer Nennleistungsdichten der Biogaserzeugung sind vor allem im Norden, Nordwesten und Süden Deutschlands zu finden. Vom Westen bis in den Osten Mitteldeutschlands zieht sich ein Band mit sehr niedrigem Vorkommen an Biogasanlagen. Es ist erkennbar, dass Landkreise mit einer überdurchschnittlichen Biogaserzeugung, häufig auch einen hohen Viehbesatz haben (vgl. Kap. 3.2). Es liegt die Vermutung nahe, dass Betriebe mit einer ausreichend großen Veredelungs- oder Futterbauwirtschaft durch vorhandene Gülle eher Biogasanlagen errichtet haben.

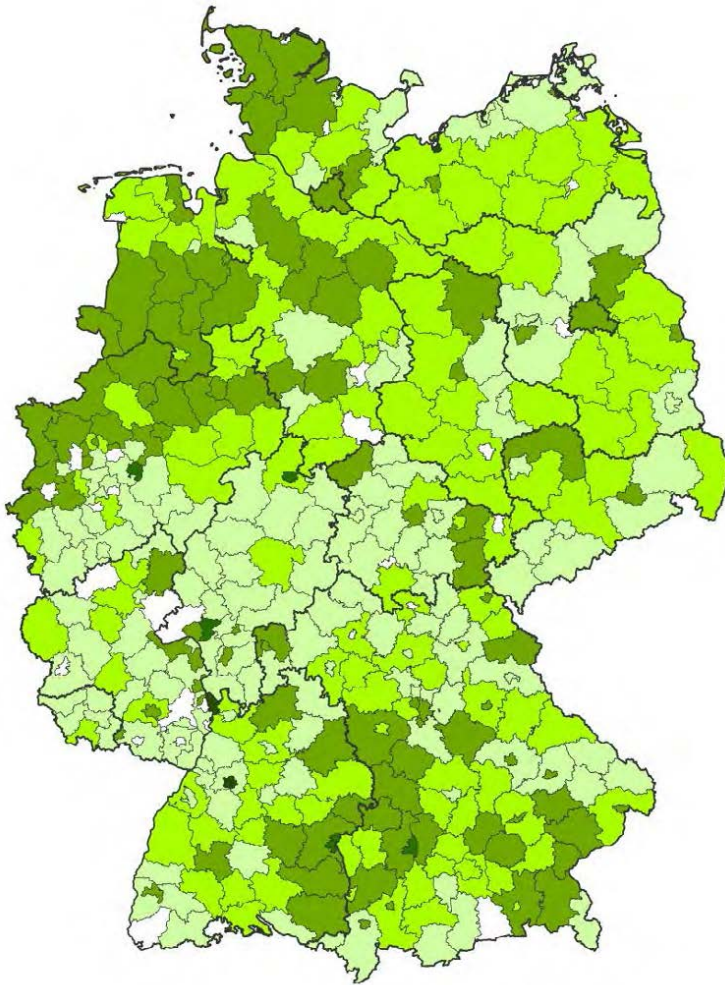


Abb. 21: Biomasse Nennleistungsdichte ($\text{kW}_{\text{el}}/\text{ha}$) je Landkreis

Quelle: eigene Berechnungen nach DGS 2012

4.2.3 Die räumliche Verteilung von Photovoltaikanlagen in Deutschland

Der Ausbau der Photovoltaik konzentriert sich zum einen im Süden Deutschlands. Die Analyse zeigt aber auch eine großräumige Aggregation im Westen Deutschlands, sowie eine etwas höhere Konzentration im äußersten Norden. Eine Korrelation mit der Verteilung der Globalstrahlung in Deutschland ist nur zum Teil gegeben.

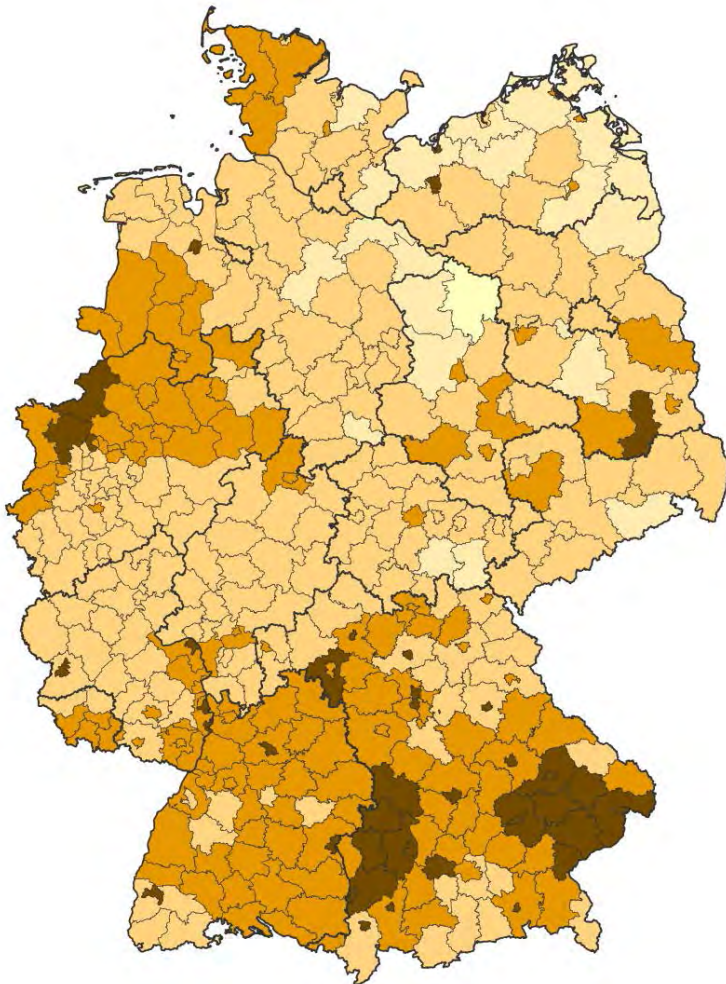


Abb. 22: Photovoltaik Nennleistungsdichte (kW_{el}/ha) je Landkreis

Quelle: eigene Berechnungen nach DGS 2012

4.2.4 Kumulierte Nennleistungsdichte

Werden die Nennleistungsdichten der einzelnen EE-Sparten auf der Grundlage der obengenannten Aggregationsregel (Tab. 8) zusammengenommen, ergibt sich eine Darstellung, mittels derer die Landkreise nach ihrer aggregierten Nennleistungsdichte aller EE-Sparten miteinander verglichen werden können. Es fallen drei Großräume der EE-Konzentration im Nordwesten, Osten und Süden Deutschlands auf (siehe Abb. 23). Klasse 6, und damit eine in allen drei EE-Sparten hohe Ausbausituation, ist lediglich im äußersten Nordwesten und Norden Deutschlands zu verzeichnen. Es wurde in solchen Landkreisen

nach Fallstudienräumen gesucht, die mindestens eine Ausbausituation der Klasse 4 aufweisen.

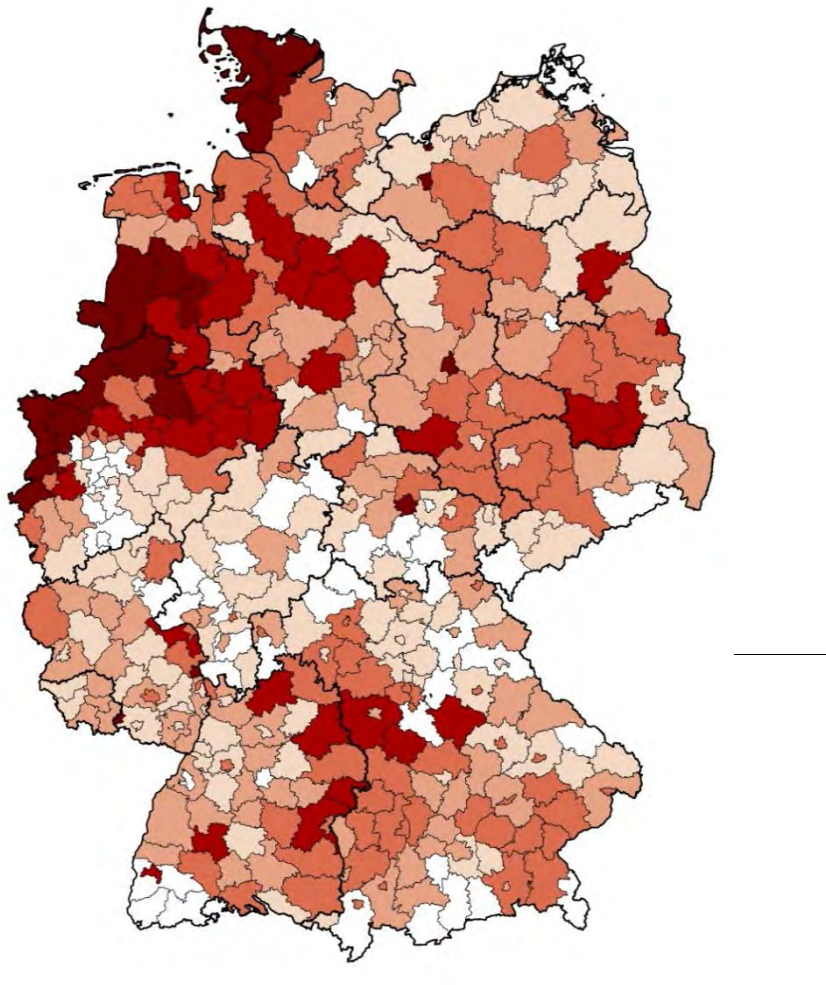


Abb. 23: Kumulationsräume, gebildet aus den Klassen zur Nennleistungsdichte ($\text{kW}_{\text{el}}/\text{ha}$) der Landkreise für die EE-Sparten Biomasse, Wind- und Solarkraft

Quelle: eigene Berechnungen nach DGS 2012

4.3 Auswahl der Fallstudienräume

Da die regionale Situation einen wesentlichen Einfluss auf den Ausbau der erneuerbaren Energien und dessen Wirkungen auf Natur und Landschaft hat, wurden aufbauend auf der Analyse des Ausbauszustandes der einzelnen Landkreise sowie in Abstimmung mit Experten der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) zwei Fallstudienräume ausgewählt.

Prämisse war ein hoher Ausbauzustand, da davon auszugehen war, dass in diesen Regionen kumulative Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien am ehesten festzustellen sind. Außerdem wurde das Prinzip der größtmöglichen Kontrastierung der Fallstudienräume angewandt, um eine breite Palette an kumulativen Wirkungen zu erfassen. Gleichzeitig sollte die Übertragbarkeit auf andere Regionen gewährleistet sein. Zudem sollte

sichergestellt werden, dass Fallstudien in verschiedenen Naturraumtypen ausgewählt werden (Flachland, Mittelgebirge).

Um eine hinreichende Konfliktrichtigkeit zu gewährleisten, sollte zudem eine Beeinträchtigung von Natur und Landschaft absehbar sein. Dazu erfolgt eine Überlagerung der Kumulationsräume mit Schutzgebieten nach Naturschutzrecht und mit Verbreitungskarten von Vogelarten, die insbesondere empfindlich gegen die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen sind.

Aus praktischen Gründen wurden potentiell geeignete Fallstudienräume auch daraufhin überprüft, inwieweit

- aktuelle Planungsgrundlagen und Daten zur Verfügung stehen,
- Vertreter aus Politik und/oder Verwaltung Interessen an einer Untersuchung haben,
- die Akteure und die Bevölkerung als offen für eine solche Untersuchung eingeschätzt werden.

Im Ergebnis des Auswahlprozesses wurden der Kreis Nordfriesland im Norden von Schleswig-Holstein und der Main-Tauber-Kreis im Norden von Baden-Württemberg als Fallstudienräume ausgewählt. Die beiden Regionen sind durch einen hohen Ausbau der erneuerbaren Energien gekennzeichnet. In Nordfriesland sind alle EE-Sparten überdurchschnittlich ausgebaut. Der Main-Tauber-Kreis entspricht nur der Klasse 4, wobei sowohl Photovoltaik und Windkraft überdurchschnittlich ausgebaut sind. Lediglich die Biogasproduktion ist nur durchschnittlich ausgebaut. Die Fallstudienräume weisen jeweils Vorkommen stark gefährdeter und von der Windkraft beeinträchtigter Vogelarten auf (Nordfriesland – Wiesenweihe; Main-Tauber-Kreis – Rotmilan) und sind darüber hinaus naturräumlich sehr unterschiedlich geprägt.

4.4 Beschreibung der Fallstudienräume

4.4.1 Nordfriesland

Nordfriesland ist ein peripherer ländlicher Raum und zugleich der Landkreis, der den höchsten Ausbaustand von erneuerbaren Energien in Deutschland aufweist. Zusammengefasst erzeugten zum Zeitpunkt der Datenanalyse (Ende 2011) 6.288 Windenergie-, Photovoltaik- und Bioenergieanlagen ca. 2.785.000 MWh Strom pro Jahr. Die Nennleistungsdichte für die Biomasse beträgt 0,3 kW_{el}/ha, für Windenergie 4,14 kW_{el}/ha und für Solarenergie 1,19 kW_{el}/ha. Dabei sind, wie die räumliche Typisierung zeigt, alle drei Energieformen überdurchschnittlich stark ausgebaut. Vorreiter ist der Kreis insbesondere bei der Windenergiebereitstellung. 2012 trat eine Teilfortschreibung des Regionalplans zur Ausweisung von Eignungsgebieten für die Windenergienutzung in Kraft, die dem Ausbau weiteren Raum eröffnet. Die zur Verfügung stehende Fläche hat sich fast verdoppelt, 3,5 % der Kreisfläche sind nunmehr als Eignungsgebiete ausgewiesen (Abb. 24).

Typisch sind große Windparks mit vergleichsweise niedrigen Windenergieanlagen (40 bis 80 m Nabenhöhe) (JANSEN 2013a). Im Vergleich zum deutschen Durchschnitt ist eine hohe Leistung der Photovoltaik als Freiflächenanlagen installiert. Typisch sind darüber hinaus Dachsolaranlagen auf landwirtschaftlichen Gebäuden und eigens dafür errichteten Hallen. Strom aus Bioenergie wird überwiegend in landwirtschaftlichen Biogasanlagen gewonnen. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren in Nordfriesland insgesamt, 539

Windenergieanlagen, 122 Biogasanlagen und 22 Freiflächenphotovoltaikanlagen installiert, deren Standorte Abb. 25 entnommen werden können.

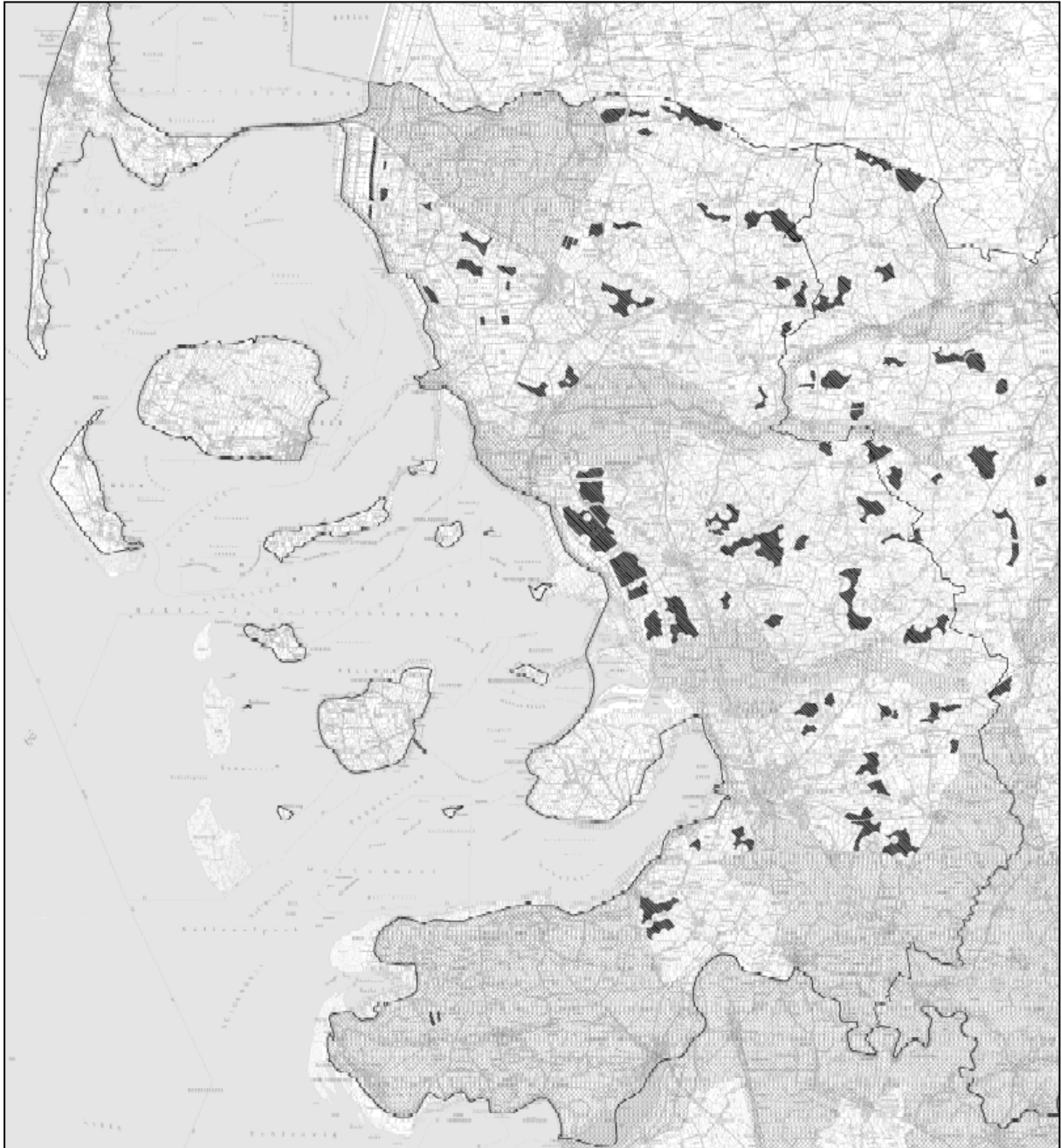


Abb. 24: Aktuelle Eignungsgebiete für die Windenergienutzung im Kreis Nordfriesland

Quelle: MPLSH 2012a

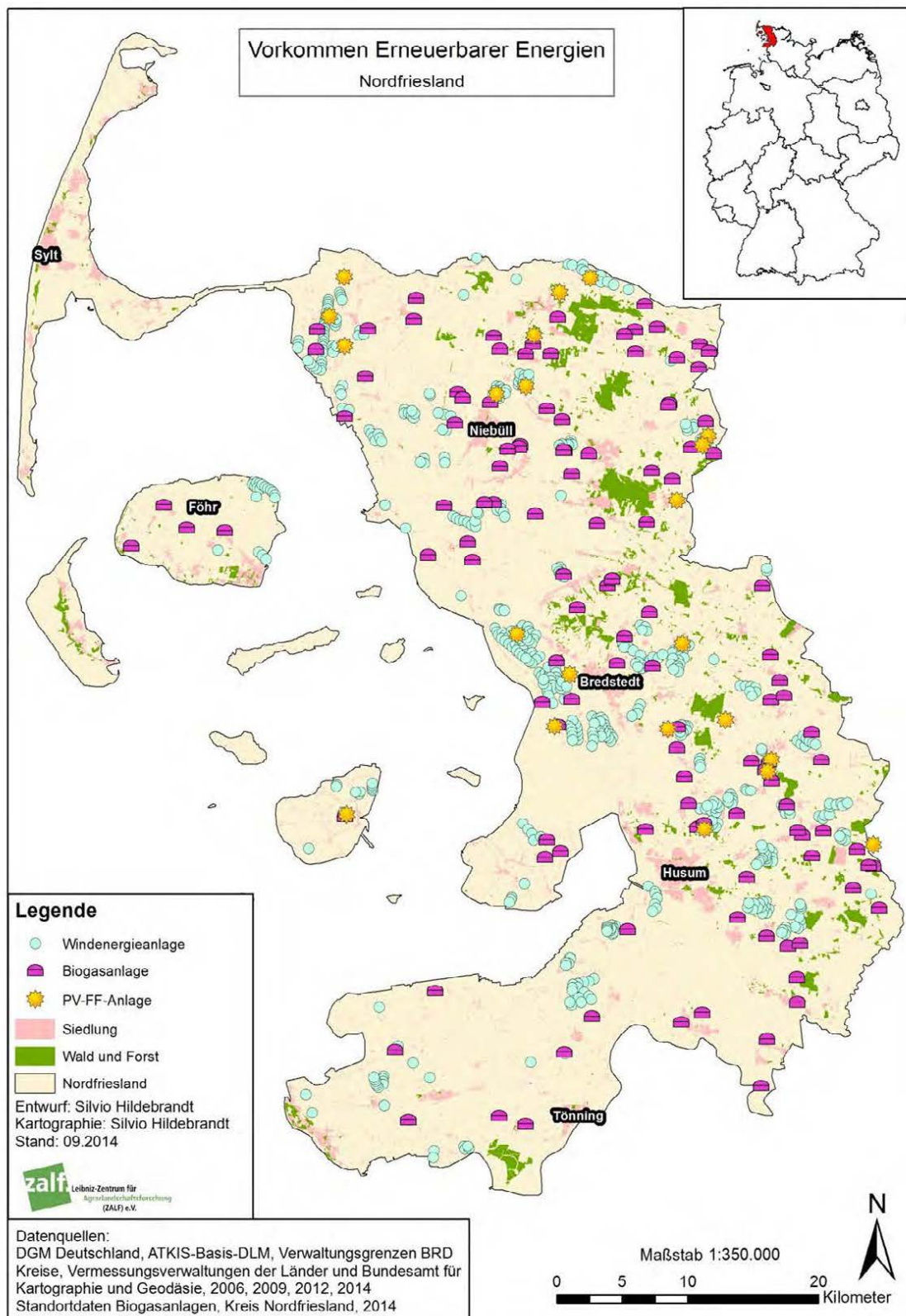


Abb. 25: Standorte von Windenergieanlagen, Biogasanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen in Nordfriesland

In Planung ist eine 380 kV-Leitung (die Westküstenleitung), für die die Deutsche Umwelthilfe in einem Pilotvorhaben einen frühzeitigen Bürgerdialog durchführte. Zudem sind einige Großspeicherprojekte in Vorbereitung.

Der Landkreis ist Tourismusregion. Tourismus ist die (zweit-) wichtigste Einkommens- und Beschäftigungsbranche. Zielgebiete sind insbesondere die Nordseeinseln und die Halbinsel Eiderstedt.

Naturräumlich besteht Nordfriesland aus Marschen und Geesten (MUNF 2002). Von Seiten der Landnutzung wird die Landschaft wesentlich durch die Landwirtschaft geprägt, die zugleich zentral in den Ausbau erneuerbarer Energien involviert ist. So sind erneuerbare Energien die häufigste Einkommenskombination in landwirtschaftlichen Betrieben (SÄBL 2011). Eine der großen Herausforderungen für die Landwirtschaft und den Ausbau erneuerbarer Energien sind im bundesweiten Vergleich überdurchschnittlich hohe Land- und Pachtpreise (SÄBL 2011).

Landwirtschaftliche Betriebe sind überwiegend Futterbaubetriebe, daneben sind Gemischtbetriebe etabliert (SÄBL 2011). Der Schwerpunkt auf dem Futterbau äußert sich in einem im bundesweiten Vergleich überdurchschnittlichen Rinderbesatz (SÄBL 2011), Rinder werden zumeist kombiniert auf der Weide und im Stall gehalten. Sie prägen das Landschaftsbild⁶. Nicht zuletzt auch naturräumlich bzw. bodenstrukturell bedingt ist ein hoher Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche – 46 Prozent – Grünland (SÄBL 2011, MUNF 2002). Abb. 26 zeigt die Fruchtartenverteilung auf den Ackerflächen. Der Maisanteil ist auf den Geesten höher als in den Marschen; auf den Geesten erreicht er in einigen Gemeinden bis zu 80 Prozent der Ackerfläche (HERDEN et al. 2012).

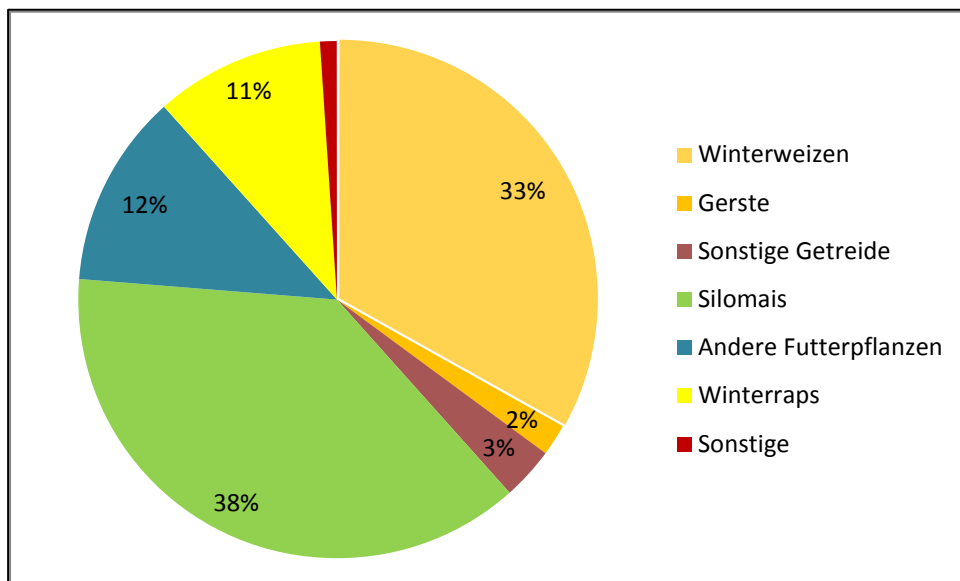


Abb. 26: Fruchtartenverteilung im Landkreis Nordfriesland auf Ackerland

Quelle: Eigene Darstellung nach SÄBL 2013b

⁶ Ebenso sind Schafe auf den Deichen fester Bestandteil des Landschaftsbildes.

Insgesamt präsentiert sich Nordfriesland als „ausgeprägte Kulturlandschaft“ (MUNF 2002). Über die landwirtschaftliche Prägung hinaus sind zentrale landschaftliche Merkmale des Festlandes, Offenheit und Weite, die insbesondere auch durch ein plattes Relief entstehen. Der Waldanteil ist gering. Er liegt bei etwa 4 % (SÄBL 2013a). Gegliedert wird das Festland je nach Landschaftsraum durch Deiche und im Südosten durch Knicks⁷, ansonsten ist es horizontal gegliedert durch Gräben und grabenbegleitende Vegetation, asphaltierte Wege und gelegentlich durch Moore, Feuchtgebiete, Binnenseen, Wehlen und Pütten (Wasserlöcher im Deichvor- oder –hinterland). Die gliedernden Merkmale bilden häufig regelmäßige Muster. Insgesamt wirkt die Landschaft geordnet. Die Landschaftswahrnehmung wird zudem durch den Wind, die Nähe zum Meer und das Bewusstsein über die historische Landschaftsentwicklung geprägt; die Landschaftsentwicklung ist in der Landschaft lesbar. Angesprochen ist insbesondere das Bewusstsein darüber, dass ein Großteil des Landes in den letzten ca. 1.000 Jahren vom Meer gewonnen wurde (siehe auch NADAI et al. 2010).

Besonderheiten in der Naturlandschaft sind zuvorderst die Küste, das Wattenmeer und die Inseln. Sie sind als „Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer“ gleichzeitig als Nationalpark, Biosphärenreservat und Naturschutzgebiet geschützt, anerkannt als Weltnaturerbe der UNESCO und Feuchtgebiet nach der RAMSAR-Konvention. Nordfriesland ist ein international bedeutsames Vogelzuggebiet. Es ist Rast-, Mauser- und Winterquartier für viele Vogelarten des ostatlantischen Zugweges und das bedeutendste Brutgebiet für Küstenvögel in Mitteleuropa. Besondere und sensible Naturräume sind darüber hinaus beispielsweise die Moore und Feuchtgebiete. 2,3 % des Kreises sind als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Weiterhin gibt es insgesamt 33 Naturschutzgebiete. Insgesamt entsteht durch die Naturraumausstattung Nordfriesland im Zusammenhang mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien ein großes Konfliktpotential. Abstimmungsbedarf des Ausbaus erneuerbarer Energien wird insbesondere mit dem Arten- aber auch mit dem Denkmalschutz und dem Tourismus gesehen, in der Konsequenz könnten auch neue Steuerungsinstrumente wie beispielsweise „Flächenbremsen“, d.h. Begrenzung der für erneuerbare Energien zur Verfügung stehenden Fläche, erforderlich werden (JANSEN 2013b). Mit dem Gesamtregionalplan und dem Landschaftsrahmenplan von 2002 steht eine planerische Grundlage zur Verfügung.

Die befragten Akteure charakterisieren ihre eigene Region als sehr dünn besiedelt, gekennzeichnet durch platte, flache, eintönige Landschaft und unterbrochen durch die charakteristischen Landschaftsräume (siehe Tab. 9). Prägend sind des Weiteren die Waldarmut, sowie der hohe Grünlandanteil und die großen landwirtschaftlichen Schläge. Die Nordfriesen beschreiben sich selbst, dass ihnen zwar „nachgesagt“ werde, dass sie schroff und hölzern seien, jedoch wird von den Befragten hinzugefügt, dass es sich hier um ein Vorurteil handelt und die Nordfriesen vielmehr schnell mit einander vertraut seien. Auch wird den Nordfriesen zugeschrieben, dass sie aktiv und offen auf die mit dem Ausbau der

⁷ Knicks: „an aktuellen oder ehemaligen Grenzen landwirtschaftlicher Nutzflächen oder zur Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft angelegte und mit vorwiegend heimischen Gehölzen, Gras- oder Krautfluren bewachsene Wälle mit oder ohne Überhänger einschließlich eines Knicksaumes. Knicks sind auch entsprechend Satz 1 angelegte Wälle ohne Gehölze und ein- oder mehrreihige Gehölzstreifen zu ebener Erde.“ (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein 2013)

erneuerbaren Energien verbundenen Änderungen zuzugingen, was ebenfalls mitursächlich für den hohen Ausbaugrad erneuerbarer Energien in Nordfriesland zu sein scheint.

Basierend auf der Auswertung der Leitfadeninterviews wird der Ausbau erneuerbarer Energien in Nordfriesland insgesamt breit und differenziert rezipiert sowie auf günstige und ungünstige Effekte hin diskutiert. Das Maß, in dem Bürger von dem Landschaftswandel selbst betroffen sind, spielt dabei eine Rolle, bildet aber nicht den alleinigen Bezug der Reflexion. Die Wahrnehmung und Beurteilung der Entwicklung erneuerbarer Energien in der Landschaft sind darüber hinaus durch die unterschiedlichen Geschäftsmodelle geprägt, mit denen der Ausbau betrieben wird (z. B. hohe Bürgerbeteiligung, s. u.) (JANSEN 2013a).

Es gibt einige Proteste gegen die Errichtung von Windenergieanlagen (organisiert z. B. im Eiderstetter Forum). Den gesamtgesellschaftlichen Diskurs bestimmen diese Proteste nicht, vielmehr können sie im Lichte der Dimension des Ausbaus als „äußerst moderat“ (JANSEN 2013a) eingeschätzt werden. Eine aktuell große Rolle im gesamtgesellschaftlichen Diskurs spielt dagegen der Protest derjenigen Gemeinden, die bei der letzten Teilfortschreibung der Regionalplanung zur Windenergiebereitstellung kein Eignungsgebiet „abbekommen“ haben. Der Protest ist umso größer, wenn Gemeinden ohne Eignungsgebiet vom Trassenausbau der 380kV-Leitung betroffen sind.

Ursache für den Wunsch nach der Möglichkeit, WEA errichten zu können, sind die inzwischen langjährige Tradition und guten Erfahrungen mit Bürgerwindparks, die eine „direkte finanzielle, konzeptionelle und organisatorische Beteiligung der Bürger“ und der Gemeinden ermöglichen. Aktuell sind fast 90 Prozent der Windparks in Nordfriesland Bürgerwindparks. Neu entstehende Windparks sind es zu annähernd 100 %. Dadurch ist die Akzeptanz der Windenergie in Nordfriesland außergewöhnlich hoch (JANSEN 2013a).

Tab. 9: Charakterisierung der Region Nordfriesland durch die befragten Akteure

Landschaft / Natur	dünnesiedelt platt/flach – Weite eintönig charakteristische Landschaften windhöffig große Schläge Grünland / Mais Waldarm bedeutendes Vogelbrut-, Rast-, Zuggebiet
Menschen	Entgegen der Vorurteile: nicht schroff, hölzern, verschlossen schnell beim Du naturverbunden aktiv/offen/Macher

4.4.2 Main-Tauber-Kreis

Der Main-Tauber-Kreis ist ein ländlicher Raum, in dem die Landwirtschaft eine im baden-württembergischen Vergleich große Rolle spielt. 3,7 % der Erwerbstätigen sind in der Landwirtschaft beschäftigt (SÄBL 2013c). Der Anteil liegt damit doppelt so hoch wie der Baden-Württembergische Durchschnitt. Im Regionalverband Heilbronn-Franken trägt die Landwirtschaft mit 1,2 % fast doppelt so viel zur gesamtregionalen Bruttowertschöpfung bei wie in Baden-Württemberg insgesamt (RVHNF 2013e).

Allerdings ist der Landkreis auch Standort bedeutender Industrie- und Gewerbeansiedlungen, die in begrenztem Maße raumprägend sind, jedoch in hohem Maße Beschäftigung, Einkommen und Wertschöpfung generieren. Entsprechend ist der Landkreis und die Menschen insgesamt wirtschaftlich gut situiert. Unter den Landkreisen und kreisfreien Städten, zu denen statistische Angaben vorliegen, liegt der Main-Tauber-Kreis bundesweit auf Rang 10 der verfügbaren Einkommen (SÄBL 2013d).

Bezogen auf die Fläche stellt der Landkreis im bundesweiten Vergleich durchschnittlich bis überdurchschnittlich viel Strom aus erneuerbaren Energien bereit; überdurchschnittlich ausgebaut sind Windenergie und Photovoltaik. Im Jahr 2011 wurden 301.193 MWh Strom aus erneuerbaren Energiequellen in insgesamt 6.351 Anlagen erzeugt. Die Nennleistungsdichte für die Biomasse beträgt 0,04 kW_{el}/ha, für Windenergie 0,98 kW_{el}/ha und für Solarenergie 1,19 kW_{el}/ha.

Relativ fortgeschritten ist der Ausbau der Photovoltaik, es gibt sowohl zahlreiche Dachsolaranlagen auf Eigenheimen und Betrieben, als auch große Freiflächenphotovoltaikanlagen. Diese wurden sowohl auf dem Acker als auch speziell entlang der Autobahn errichtet. Die meisten Anlagen haben eine Leistung zwischen 0,5 und 2 MW, es gibt eine Anlage mit 11 und eine mit 30 MW Leistung.

Für den regionalen Diskurs wichtig ist die Tatsache, dass der Main-Tauber-Kreis sowohl bezogen auf die Fläche, als auch absolut nach der Anzahl der Anlagen, den höchsten Ausbaugrad der Windenergie in Baden-Württemberg aufweist (siehe auch MTK 2012). Konkret gibt es im Main-Tauber-Kreis zurzeit 82 WEA, die eine durchschnittliche Nabenhöhe von 82 m und eine durchschnittliche Rotorhöhe von 115 m haben. Die mit Abstand höchste Anlage im Main-Tauber-Kreis erreicht eine Rotorhöhe von 180 m. Die nächstgrößeren Anlagen haben eine Rotorhöhe von 150 m (LANDRATSAMT MAIN-TAUBER-KREIS, mdl. Mittl., 2014).

Es gibt derzeit 14 Biogasanlagen. Die größte der Anlagen hat eine Nennleistung von 877 kW. Eine größere Biogaseinspeiseanlage ist in Planung (EAMT 2013). Darüber hinaus gibt es mindestens 6 Biomasseheizwerke bzw. Heizkraftwerke (LUBW 2006), zudem wurde 2012 ein „Naturwärmekraftwerk“ „[...] errichtet, das in erster Linie mit Restholz, Straßenbegleitschnitt usw. aus dem Main-Tauber-Kreis und einigen benachbarten Landkreisen betrieben werden soll (EAMT 2013)“.

Die Standorte der Windenergieanlagen, Biogasanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen können der Abb. 27 entnommen werden.

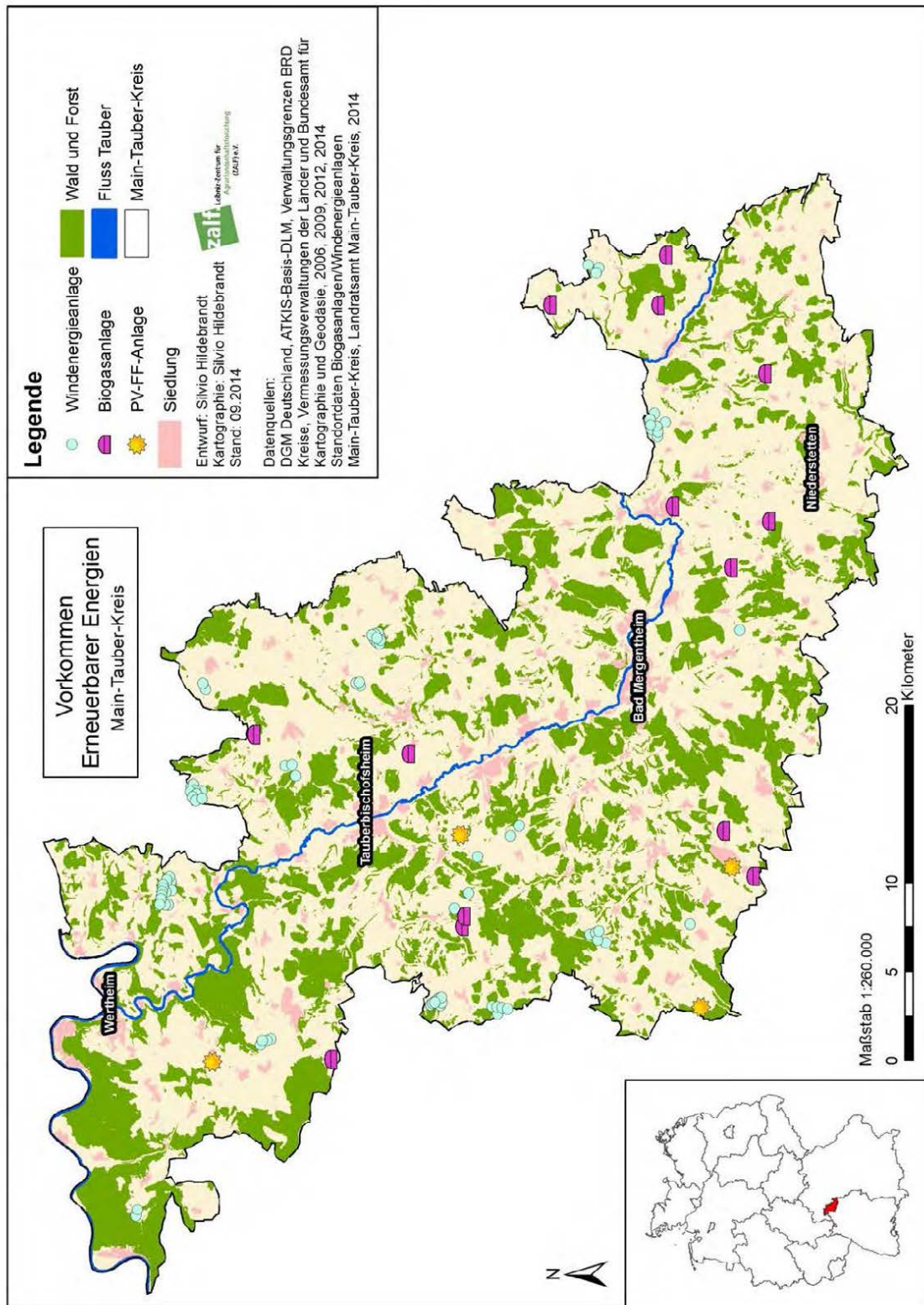


Abb. 27: Standorte von Windenergieanlagen, Biogasanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen im Main-Tauber-Kreis

Neben den drei in besonderem Maße flächenwirksamen erneuerbaren Energieträgern gibt es einige kleine Wasserkraftanlagen an den Flussläufen (RVHNF 2013a).

Das Land Baden-Württemberg verfolgt ehrgeizige Ziele, die Bereitstellung von Energie aus erneuerbaren Ressourcen weiter auszubauen (siehe RVHNF 2013a). Das betrifft insbesondere auch die Windenergiebereitstellung. Um den Ausbau der Windenergie zu stützen, wurden unter anderem das Landesplanungsgesetz und damit der Prozess der Ausweisung von „Eignungsgebieten“ geändert. In der Konsequenz sind nunmehr die Kommunen stärker in der Verantwortung, den Ausbau zu steuern. Aus Landessicht wird im Main-Tauber-Kreis ein Ausbauschwerpunkt der Windenergie wesentlich auch deshalb gesehen, weil der Kreis über die landesweit windhöufigsten Gebiete verfügt (MEINEL 2013; MTK 2012). Vorgesehen ist ein weiterer Ausbau der Windenergie nicht nur auf Freiflächen, sondern auch im Wald. Für den Landkreis liegen ein Regionalplan aus dem Jahr 2006 und ein Landschaftsrahmenplan aus dem Jahr 1988 vor. Eine Teilfortschreibung des Regionalplanes wurde im Juli 2014 beschlossen. Zudem gibt es eine aktuelle Landschaftsbildbewertung (ROSER 2013).

Der Ausbau trifft auf eine harmonische, historisch gewachsene Kulturlandschaft hoher Kontinuität. Veränderungen in den letzten Jahrzehnten waren ortsspezifisch und fanden etwa durch den Bau neuer Wohn- und Gewerbegebiete (insbesondere im Taubertal) oder durch den Ausbau der Infrastruktur statt. Andere Veränderungen verliefen eher schleichend, so etwa der Rückgang des Weinbaus.

Zum großen Teil befindet sich der Landkreis im Naturraum Taubertal. Gekennzeichnet ist der Naturraum durch Hochplateaus im Nord-Osten und Süd-Westen (siehe auch RVHNF 2013c; HEINL et al. 2008), in die sich (Mulden-) Täler tief und zumeist breit einschneiden (RVHNF 2006, LUBW o.J.a). Die Täler bilden ein hierarchisches System mit dem Taubertal als markanter landschaftlicher Leitlinie des Main-Tauber-Kreises. Während die Hochflächen dünn und dörflich besiedelt sind, konzentrieren sich Infrastruktur und Siedlungen in den Tälern und hier auf hochwasserfreien Terrassen (RVHNF 2006; LUBW o. J.). Im Taubertal formen sie ein Siedlungsband. Diese Siedlungen sind überwiegend kleinstädtischen Charakters und bestehen häufig aus historischer Bausubstanz, Klosteranlagen und bedeutenden Kirchbauten im Zentrum. Erlebt wird die Landschaft zumeist ausgehend von den Tälern mit ihren steil hochaufragenden Talflanken, die in sich zumeist kleinräumig gegliedert sind. Das Landschaftsbild wird geprägt - insbesondere im südwestlichen Teil des Landkreises – von einem Mosaik aus Wiesen und Trockenrasen, Verbuschungen, Gehölzgruppen, Streuobstwiesen und kleinen Wäldern, besonders markant sind der Weinbau und zum Teil mächtige und meist heckenbestandene Steinrücken. Die Beschaulichkeit der Talräume wird kontrastiert von den weiten, offenen Hochflächen, die weite Blicke über große landwirtschaftliche Flächen und Waldkomplexe erlauben. Die Wälder haben einen hohen Laubwaldanteil. Waldkomplexe sind im Süd-Westen ausgeprägter, im Nord-Osten ist die Landwirtschaft dominanter und intensiver (siehe LUBW o.J.).

Dominierende Kulturarten des Ackerbaus sind Weizen und Gerste (siehe Abb. 28), die Anbaufläche von Silomais hat sich zwischen 1999 und 2010 kaum verändert. Mit 11 % Flächenanteil spielt Dauergrünland eine im Vergleich zu Baden-Württemberg insgesamt (38 %) eher untergeordnete Rolle, ebenso wie die Tierhaltung (SÄBL 2011), die vor allem durch die Schweinehaltung bestimmt wird, während die Rinderhaltung rückläufig ist. Prägend für das Landschaftsbild ist der Weinanbau im Taubertal, der zwar nur auf 1 % der

landwirtschaftlichen Nutzfläche zu finden ist, aufgrund der Hanglagen aber weithin sichtbar ist. In der Landwirtschaft ist ein starker Strukturwandel zu beobachten. Unter anderem haben sich die durchschnittlichen Betriebsgrößen zwischen 1997 und 2010 verdreifacht.

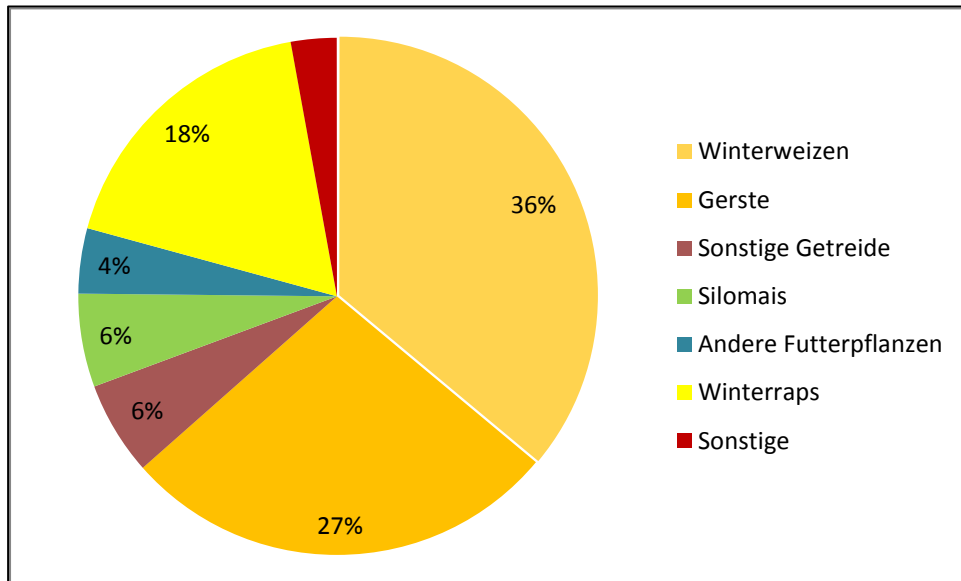


Abb. 28: Fruchtartenverteilung im Main-Tauber-Kreis auf Ackerland

Quelle: Eigene Darstellung nach SÄBL 2013b

Die landschaftlichen Reize insbesondere des Taubertals wurden in den letzten 100 Jahren sukzessive für den Tourismus erschlossen. Besondere Bedeutung haben dabei das Heilbad und die Kurorte sowie der Taubertalradweg, einer der ältesten Flussradwege Deutschlands. Inzwischen ist das „Liebliche Taubertal“ eine deutschlandweit bekannte Marke. Auf das Taubertal einschließlich seiner Hanglagen konzentrieren sich auch die Naturschutzinteressen (Natur- und Landschaftsschutzgebiete) (siehe z. B. RVHNF 2006; LUBW o.J.).

Die befragten Akteure im Main-Tauber-Kreis beschreiben diesen ähnlich wie oben dargestellt mit Begriffen, wie vielfältige, abwechslungsreiche landschaftliche und landwirtschaftliche Struktur sowie „lieblich“ (siehe Tab. 10). Die genannte Heimatverbundenheit spiegelt sich in der Beschreibung der Region wieder. Des Weiteren werden die Einwohner des Main-Tauber-Kreises eher als zurückhaltend und „bewahrend“ charakterisiert. Der Wunsch nach „Bewahrung“ spiegelt sich auch in der intensiven Diskussion um den Ausbau der Windenergie im Main-Tauber-Kreis wieder. Die Ausbauambitionen treffen auf eine starke und emanzipierte Zivilgesellschaft mit einer Tradition im zivilgesellschaftlichen Protest. Im regionalen Bewusstsein verankert ist hier insbesondere die Bundschuh-Bewegung. Gemeint sind damit die Aktivitäten der gleichnamigen Bürgerinitiative, die sich in den 1980er-Jahren gegen eine Teststrecke von Daimler-Benz (erfolgreich) wehrte. Der Ausbau der Windenergie wird von der Zivilgesellschaft heute zu Teilen aktiv befürwortet und unterstützt, zu Teilen abgelehnt und bekämpft. Widerstand ist teils in Bürgerinitiativen organisiert. Am deutlichsten in Erscheinung treten die Bürgerinitiativen „Zukunft – Mensch – Natur“ Althausen und „Windwahn – Nein danke!“ Apfelbach, die sich im Juni dieses Jahres zum Verein „Windwahn - nein danke Bad Mergentheim e. V.“ zusammengeschlossen haben (KUHNHÄUSER 2013). Der Verein hat inzwischen etwa 300 Mitglieder (BAUER 2013). Neben Zweifeln aus

Gründen beispielsweise des Gesundheitsschutzes und der Verkehrssicherheit spielen umwelt- und landschaftsbezogene Bedenken in der Argumentation eine große Rolle. Von Seiten des Landkreises wird der Dialog mit den Bürgern über die Energieagentur Main-Tauber-Kreis⁸ und die Bioenergieregion Hohenlohe-Odenwald-Tauber (HOT)⁹ aktiv gestaltet.

Tab. 10: Charakterisierung der Region Main-Tauber durch die befragten Akteure.

Landschaft / Natur	dünnbesiedelt Tal- und Hügellagen abwechslungsreich/vielfältig lieblich windhöffig vielfältige Flächennutzung (Weinbau, Ackerbau, Grünland) Waldreich, aufgelassene Weinberge Rotmilan, Fledermäuse
Menschen	vielfältig: badisch, württembergisch, hohenlohisch zurückhaltend heimatverbunden, bodenständig Unternehmertum

4.4.3 Fazit der Fallstudienbetrachtung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass beide Fallstudienräume über einen hohen Ausbaugrad der erneuerbaren Energien verfügen. Auf den Kreis Nordfriesland trifft dies uneingeschränkt zu, der Main-Tauber-Kreis weist vor allem auch im Vergleich zu seinem regionalen Umfeld hohe Ausbaugrade auf. Damit ist davon auszugehen, dass in den Fallstudienräumen kumulative Wirkungen vorzufinden sind. Des Weiteren zeigt die Darstellung der Regionen, dass sich diese in ihrer naturräumlichen Ausstattung sowie Landnutzung und in ihrer gesellschaftlichen Konstellationen stark unterscheiden. Das Kriterium der Kontrastierung ist damit ebenfalls erfüllt. Es ist davon auszugehen, dass wenn die zu entwickelnde Methode zur Erhebung kumulativer Wirkungen in Fallstudienräumen mit so unterschiedlichen Charakteristika anwendbar ist, sich diese auch auf andere Regionen übertragen lässt (siehe Kapitel 5.3).

⁸ <http://www.ea-main-tauber-kreis.de>

⁹ <http://www.bioenergie-region-hot.de>

5 Aufbau einer Methodik und deren Anwendung

Im Folgenden Kapitel wird die Herleitung der im Rahmen des Projektes entwickelten Methode zur Erhebung kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien beschrieben. Dabei werden anhand räumlicher Analysen Bereiche identifiziert, in denen kumulative Wirkungen erneuerbarer Energien mit großer Wahrscheinlichkeit auftreten können (Suchräume). Die räumlichen Analysen werden in Kapitel 5.1 am Beispiel von je einer Vogelart und dem Landschaftsbild in den Fallstudienräumen ausführlich erläutert. Um in einem weiteren Schritt Aussagen darüber treffen zu können, welche Wirkungen in den Suchräumen potentiell auftreten können, wird in Kapitel 5.2 die Herleitung einer sogenannten Wirkungsmatrix erläutert. In Kapitel 5.3 wird die Nutzungsweise der Wirkungsmatrix dargestellt. In die Erstellung der Wirkungsmatrix finden dabei Ergebnisse einer Literaturrecherche sowie Ergebnisse der Akteursbefragung in den Fallstudienräumen Eingang.

Kapitel 5.4 fasst den Aufbau und das Vorgehen der Methodenanwendung noch einmal zusammen und diskutiert die Möglichkeit der Übertragbarkeit auf andere Regionen, bevor in Kapitel 5.5 eine kritische Betrachtung der entwickelten Methode erfolgt.

5.1 Räumliche Analyse

Die räumliche Analyse unter Zuhilfenahme eines Geoinformationssystems (GIS) dient dazu, kumulative Wirkungen aufzuzeigen und zu visualisieren. Es wird die Verteilung der Anlagen erneuerbarer Energien den Raumansprüchen der betrachteten Schutzgüter gegenübergestellt, um zum einen potentielle Konflikträume zu ermitteln und zum anderen, den gesamten räumlichen Einfluss der verschiedenen Sparten erneuerbarer Energien auf die Untersuchungsgebiete darzustellen. Eine solche Überlagerung der räumlichen Struktur von Eingriffshandlungen und der Verbreitungseigenschaften der betrachteten Schutzgüter lässt erste, schon entscheidende Erkenntnisse über das Auftreten kumulativer Wirkungen zu (SIEDENTOP 2005). Ein ähnliches Konzept wird von HEILAND et al. (2006) vorgestellt.

5.1.1 Schutzgut Biologische Vielfalt

Die hier dargestellte räumliche Analyse setzt sich mit kumulativen Wirkungen des Schutzgut Fauna auseinander. Zugunsten einer nachvollziehbaren und beispielhaften Analyse werden im Folgenden die Auswirkungen auf nur eine Artengruppe betrachtet. Die Gesellschaft für Freilandökologie (GFN), stellt Arten der Brut- und Rastvögel, Großvögel sowie Fledermäuse als solche heraus, die in Bezug auf den Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) eine Konfliktindikatorfunktion haben (GFN 2011). Zu erwartende Konflikte werden im Einzelnen in Kapitel 5.2.1 beleuchtet.

Tab. 11: Artengruppen mit Konfliktindikator-Funktion in Bezug auf den Ausbau der EE

Indikatorgruppe	Geothermie	Photovoltaik (Freiflächen)	Biomasse (Energiepflanzen)	Windkraft (Onshore)	Wasserkraft	Arten (Auswahl)
Arten der offenen Agrarlandschaft	-	F, (S)	F	(S), (K)	-	Brutvögel: Kiebitz, Wachtel, Feldlerche, Ortolan, Grauammer; Rastvögel: nord. Gänse, Kranich, Goldregenpfeifer
Großvögel	-	F, (S)	F	K, (F)	-	Seeadler, Rotmilan, Weißstorch, Schwarzstorch, Wiesenweihe, Uhu
Fledermäuse	-	-	(F)	K	-	Gr. Abendsegler, Kleinabendsegler, Breitflügel-, Zweifarb-, Rauhaut-, Zwergfledermaus

F = Flächeninanspruchnahme, Nutzungsänderung

S = Scheuchwirkung

K = Kollisionsrisiko

(..) = Konflikt nur in Ausnahmefällen/bei einzelnen Arten

Quelle: GFN 2011, S. 113

In jedem Fallstudienraum wurde je ein Großvogel als regional bedeutsame Art für das Schutzgut Fauna ausgewählt. In Nordfriesland handelte es sich dabei um die Wiesenweihe. Im Main-Tauber-Kreis wurde der Rotmilan betrachtet. Zu dem Fakt, dass diese Arten allgemein als windenergieempfindlich gelten (LAG-VSW 2007, LANGGEMACH et al. 2013), werden sie auch immer wieder als sensibel gegenüber anderen EE-Formen eingeschätzt (MENGEL 2010, GFN 2011). Die Großvögel wurden als Analysegruppe bevorzugt, weil zu diesen Arten in beiden Fallstudienräumen Kartierungen der Brutvorkommen existieren. Diese ermöglichten eine genaue Lokalisation der Vorkommen und somit eine realitätsnahe Darstellung ihrer räumlichen Beziehungen zu den Standorten von EE-Anlagen. Im Falle anderer möglicher Zielarten (z. B. windenergieempfindliche Fledermausarten) im Main-Tauber-Kreis standen keine Geodaten der Standorte zur Verfügung.

Exkurs: Wiesenweihe und Rotmilan (Schutzwürdigkeit und Gefährdung durch EE)

Die Wiesenweihe ist eine besonders gefährdete Greifvogelart gemäß Anhang I der Vogelschutzrichtlinie der EU sowie eine in Deutschland streng geschützte Art gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 14 a BNatSchG.

Jagdflüge der Wiesenweihe finden in der Regel in Höhen unter 20 m statt. Ein Kollisionsrisiko mit WEA besteht deshalb vor allem bei brutplatznahen Aktivitäten wie „Kreisen“, „Balzflug“ und „Beuteübergabe“. Ein Großteil dieser Flugaktivitäten in 20 bis 100 m Höhe konzentriert

sich in einem Bereich innerhalb von 500 m um die Neststandorte (LANGGEMACH 2013, GRAJETZKY et al. 2010). In der zentralen Fundkartei von Kollisionsoptionen, die das brandenburgische Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz führt, sind für die Wiesenweihe lediglich zwei Verluste aufgeführt (Stand: 10. November 2014) (LUGV 2014). LANGGEMACH et al. 2013 führen allerdings Totfunde aus Spanien auf, die für ein erhöhtes Kollisionsrisiko sprechen und bezeichnen die direkte Gefährdung durch WEA als „schwer zu beurteilen“ (LANGGEMACH et al. 2013).

Der Rotmilan ist im Anhang I der Vogelschutzrichtlinie der EU aufgeführt und ist somit eine besonders gefährdete Vogelart. Da rund die Hälfte des weltweiten Vorkommens des Rotmilans in Deutschland heimisch ist, hat es eine besondere Verantwortung zum Erhalt und Schutz dieses Greifvogels. Dementsprechend ist der Rotmilan in Deutschland eine streng geschützte Art gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 14 a BNatSchG, § 1 BArtSchV.

Der Rotmilan gilt als durch WEA in besonderem Maße gefährdet. Eine Meidung der Anlagen findet nicht statt (DÖRFEL 2008, LANGGEMACH et al. 2013). Vor allem in Ackerlandschaften kann das Nahrungsangebot unter den WEA und entlang der Zufahrtswege für die Art attraktiv sein oder die Anlagen werden auf häufig genutzten Flugrouten errichtet, sodass das Kollisionsrisiko erhöht wird (DÜRR 2009, LANGGEMACH et al. 2013, MAMMEN et al. 2010). In der zentralen Fundkartei von Kollisionsoptionen in Deutschland des LUGV, sind für den Rotmilan 250 Verluste durch WEA aufgeführt (Stand 10. November 2014) (LUGV 2014).

Beide Arten sind von großflächigen Monokulturen infolge des Substratanbaus für Biogasanlagen negativ betroffen. Die Wiesenweihe ist eine Offenlandart und brütet mittlerweile meist in Getreideäckern, v.a. Wintergetreide. Maisfelder werden von der Wiesenweihe gemieden und eignen sich wenig als Nahrungshabitat (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010). Für den Rotmilan sind die dichten und hohen Maisfelder schlecht einsehbar und deshalb kaum als Jagdgrund nutzbar (MENGEL et al. 2010, GFN 2011).

Vermutete Auswirkungen von Freiflächenphotovoltaikanlagen auf Vögel sind die Kollisions- bzw. Irritationsgefahr, Habitatentzug sowie Stör- bzw. Scheuchwirkungen in angrenzenden Lebensräumen. Untersuchungen durch HERDEN et al. (2009) konnten diese vermuteten Effekte bisher nicht bestätigen, was die Auswirkungen durch FF-Photovoltaikanlagen eher gering erscheinen lässt. HERDEN et al. (2009) warnen jedoch davor, die Errichtung von FF-Photovoltaikanlagen allgemein als unkritisch zu betrachten und halten eine Einzelfallbetrachtung für erforderlich, da gefährdete Arten wie die Wiesenweihe möglicherweise sensibel reagieren könnten (HERDEN et al. 2009).

Beispiel Wiesenweihe in Nordfriesland

Die Analyse und Kartendarstellung erfolgte mit Hilfe der Software ArcGIS 10.1. des Herstellers ESRI. Als Datengrundlage dienten im Fall von Nordfriesland Wiesenweihebrutplätze aus dem Jahr 2012. Die Daten wurden vom Wildtierkataster Schleswig-Holstein erfasst und sind in die Landesweite Datenbank LANIS eingeflossen (KIECKBUSCH 2014). Diese wurden gemeinsam mit räumlichen Daten zu Windenergie-, Freiflächenphotovoltaik- und Biogasanlagen in einer Karte dargestellt. Durch die Kreisverwaltung Nordfriesland - Fachbereich Kreisentwicklung, Bauen, Umwelt und Kultur wurden die Standortdaten der Biogasanlagen in Nordfriesland bereitgestellt. Zudem

enthielten die Daten auch genauere Angaben z. B. zu Betreiber und elektrischer Nennleistung der Anlagen. Zunächst standen keine Standortdaten über Windenergie- und Freiflächenphotovoltaikanlagen zur Verfügung. Anhand von Luftbildern (20 cm Orthophotos¹⁰) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (GEOBASIS-DE/BKG 2014) wurden diese Geodaten sowohl für die Windenergieanlagen als auch Freiflächenphotovoltaikanlagen in Nordfriesland erzeugt. Dazu wurden die Luftbilder manuell nach Anlagen abgesucht. Windenergieanlagen wurden als Punkte und Freiflächenphotovoltaikanlagen (FF-PV-Anlagen) als Polygone digitalisiert und in eine Geodatenbank aufgenommen. Im Nachgang war es möglich die Windenergieanlagen mit Hilfe des „Kreiskonzeptes Windkraftnutzung im Kreis Nordfriesland“ zu verifizieren und zu vervollständigen. Auch die bereitgestellten Standorte der Biogasanlagen wurden mit den Luftbildern abgeglichen, soweit dies möglich war. Der Tab. 12 kann eine Übersicht der verwendeten Daten entnommen werden.

Tab. 12: Datenherkunft räumliche Analyse Wiesenweihe

Name	Quelle	Datenstand
ATKIS Basis DLM (Digitales Landschaftsmodell für Deutschland)	© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2009
Verwaltungsgrenzen BRD Kreise	© Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012)	2011
Orthophotos	GeoBasis-DE/Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2014)	2011
Biogasanlagen (Nordfriesland)	Kreis Nordfriesland	2012
Windenergieanlagen (Nordfriesland)	Eigene Erfassung anhand von Orthophotos	2011
Freiflächenphotovoltaikanlagen (Nordfriesland)	Eigene Erfassung anhand von Orthophotos	2011
Brutplätze der Wiesenweihe 2012	Wildtierkataster Schleswig-Holstein	2012

Um eine Einschätzung vornehmen zu können, inwiefern eine kumulative Einwirkung auf bekannte Brutplätze auftreten kann, musste der Wiesenweihe ein Aktionsradius zugewiesen werden. Als Anhaltspunkte dienten hier die Abstandsempfehlungen zu Windenergieanlagen der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten von 2007 (LAG-VSW 2007). Diese sind in einen Ausschlussbereich mit einem empfohlenen Mindestabstand zu Brutplätzen (in der Karte rot dargestellt) und einen weiter bemessenen Prüfbereich unterteilt. Der Prüfbereich (in der Karte grün dargestellt) beschreibt einen Radius um jede WEA innerhalb dessen zu prüfen ist, ob Nahrungshabitate, Schlafplätze oder andere regelmäßig angeflogene Habitate der jeweils betreffenden Art vorhanden sind (LAG-VSW 2007). Flugkorridore zwischen diesen Habitaten untereinander und zu den Brutstätten sollten von WEA freigehalten werden. Ziel der hier vorliegenden räumlichen Analyse war nicht die

¹⁰ Die Angabe 20 cm bezieht sich auf die Auflösung des Orthophotos und beschreibt die Seitenlänge die Seitenlänge der einzelnen Pixel. Alles was kleiner als die bezeichnete Auflösung ist, kann auf den Luftbildern nicht deutlich abgebildet werden.

Beschreibung einer eventuellen Beeinträchtigung der Wiesenweihe durch WEA, sondern durch alle drei in dieser Arbeit betrachteten EE-Sparten. Aus diesem Grund wurden die Prüfbereiche nicht, wie in den Abstandsempfehlungen vorgesehen um die WEA gelegt (LAG-VSW 2007), sondern um die Brutvorkommen der Wiesenweihe (Abb. 29).

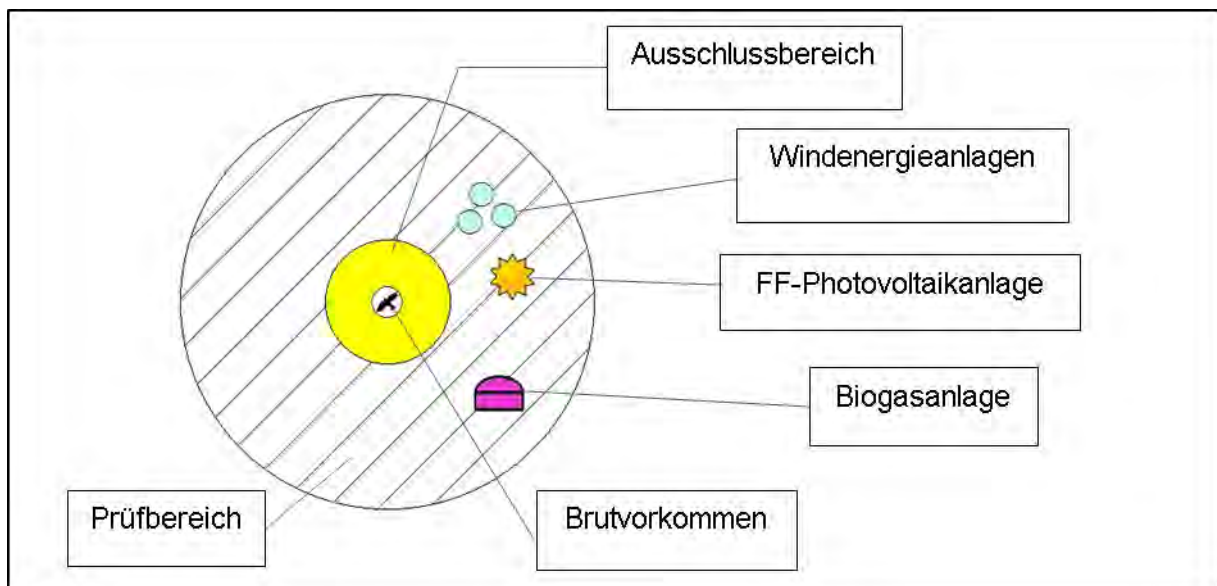


Abb. 29: Beispielschema zur Erläuterung der Darstellung von EE-Anlagen sowie Brutvorkommen mit Ausschluss- und Prüfbereichen nach LAG-VSW 2007

Quelle: eigene Darstellung

Es wurde davon ausgegangen, dass die Radien der Prüfbereiche, einen realistischen Aktionsradius der entsprechenden Vogelart widerspiegeln. Anhaltspunkte auf eine kumulative Wirkung mehrerer Sparten erneuerbarer Energien sind also dann gegeben, wenn sich mindestens zwei Anlagen verschiedener EE-Sparten innerhalb des Prüf- bzw. des Ausschlussbereiches befinden, bzw. von einem Substratanbau für die Verwertung in Biogasanlagen in diesem Bereichen auszugehen ist. Der Ausschlussbereich für die Wiesenweihe beträgt 1.000 m der Prüfbereich 6.000 m. Die Abstandswerte ergeben sich aus der Empfehlung der LAG-VSW 2007. Die LAG-VSW hat neue Abstandsempfehlungen entwickelt, die sich im Bearbeitungszeitraum dieser Arbeit noch in der Abstimmungsphase befanden. Die beiden Abstandsbereiche wurden mit Hilfe der Pufferfunktion (Multiple Ring Buffer) innerhalb der räumlichen Analyse realisiert.

Anders als bei der Windenergie und FF-Photovoltaik wurde die Biogaserzeugung nicht nur durch die Standorte der entsprechenden Anlagen analysiert, sondern es wurde auch der Substratanbau in Betracht gezogen. Dazu wurde aus der Nennleistungsdichte jeder Anlage deren ungefähr benötigte Anbaufläche für Mais berechnet. Diese wurde auf landwirtschaftlichen Nutzflächen um die jeweilige Anlage verteilt. Eine genaue Beschreibung der Vorgehensweise befindet sich in Kap. 5.1.2 (siehe S. 83).

Nicht vergessen werden darf an dieser Stelle die Aktualität der Daten. Im Allgemeinen wurde der Rahmen der Analyse durch die Verfügbarkeit von Geodaten bestimmt. An dieser Stelle muss jedoch angemerkt werden, dass es nicht Ziel dieser Studie war, konkrete Untersuchungen der Umweltauswirkungen (z. B. UVS) durchzuführen, sondern die Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen anhand von Beispielen darzulegen. Die verwendeten

Orthophotos wurden im Jahr 2011 aufgenommen und besitzen eine nahezu identische Aktualität wie die verwendeten Standortdaten der Biogasanlagen von 2012. Das Windenergiekonzept stammt jedoch aus dem Jahr 2009, weshalb nicht alle per Hand digitalisierten Windenergieanlagen darin aufzufinden waren. Die Brutplätze der Wiesenweihe wurden im Jahr 2012 vom Wildtierkataster Schleswig-Holstein erhoben. Die Brutplätze weisen von Jahr zu Jahr zum Teil eine sehr starke Fluktuation auf, da die Nester in Feldern liegen, sodass die Eignung als Brutplatz von der im jeweiligen Jahr angebauten Feldfrucht abhängt (KIECKBUSCH 2014). Eine Kartendarstellung mit den Abstandsempfehlungen der LAG-VSW aus dem Jahr 2007 ist nachfolgend abgebildet (Abb. 30). Wie auf Grund der hohen Dichte von EE-Anlagen in Nordfriesland zu erwarten, befinden sich viele der Anlagen innerhalb der dargestellten Ausschlussbereiche und damit in unmittelbarer Nähe zu Wiesenweihebrutstätten. Auch sind die Prüfbereiche häufig zu einem großen Teil von Anlagenstandorten und Substratanbau geprägt. Beispiele von Wiesenweihebrutstätten, die in der Nähe von Anlagen gleich mehrerer EE-Sparten vorkommen, sind z. B. westlich und südöstlich von Bredstedt zu finden. Auch südöstlich von Husum sowie östlich von Niebüll sind markante Beispiele erkennbar.

Die räumliche Analyse ermöglicht es, auf Basis des bisherigen Kenntnisstands über Wirkungen einzelner EE-Sparten auf die Wiesenweihe zu prognostizieren, ob Brutpaare von kumulativen Wirkungen betroffen sind. Da die räumlich Analyse als statische Analyse auf Grundlage der Daten eines Zeitpunktes durchgeführt wird, können Aussagen über Verhaltensänderungen der Wiesenweihe bspw. in Bezug auf die Wahl des Brutplatzes nicht getroffen werden. Auf Grund des hohen Anlagenaufkommens in Nordfriesland und der gleichzeitig recht hohen Population von Wiesenweihen, kommt es relativ häufig zu dem Fall, dass sich mehrere EE-Anlagen im Aktionsbereich eines Brutpaares befinden.

Die Tatsache, dass die Wiesenweihe als Bodenbrüter den Standort ihres Brutplatzes häufig wechselt, führt zu Unsicherheiten in gutachterlichen Einschätzungen für vorhabenbezogene Planungen. Sinnvoll wäre es daher, eine Kartierung der Brutplätze in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren durchzuführen. So kartierte Brutgebiete sollten bei der räumlichen Analyse hinsichtlich kumulativer Wirkungen herangezogen werden. Finden sich innerhalb der Aktionsradien der Brutpaare bzw. -gebiete keine Anlagen anderer EE-Sparten, können kumulative Wirkungen ausgeschlossen werden. Sollten jedoch mehrere EE-Sparten im Aktionsradius vorkommen, müssen potentielle Wechselwirkungen in einer Einzelfallprüfung näher betrachtet werden, um genauere Aussagen treffen zu können.

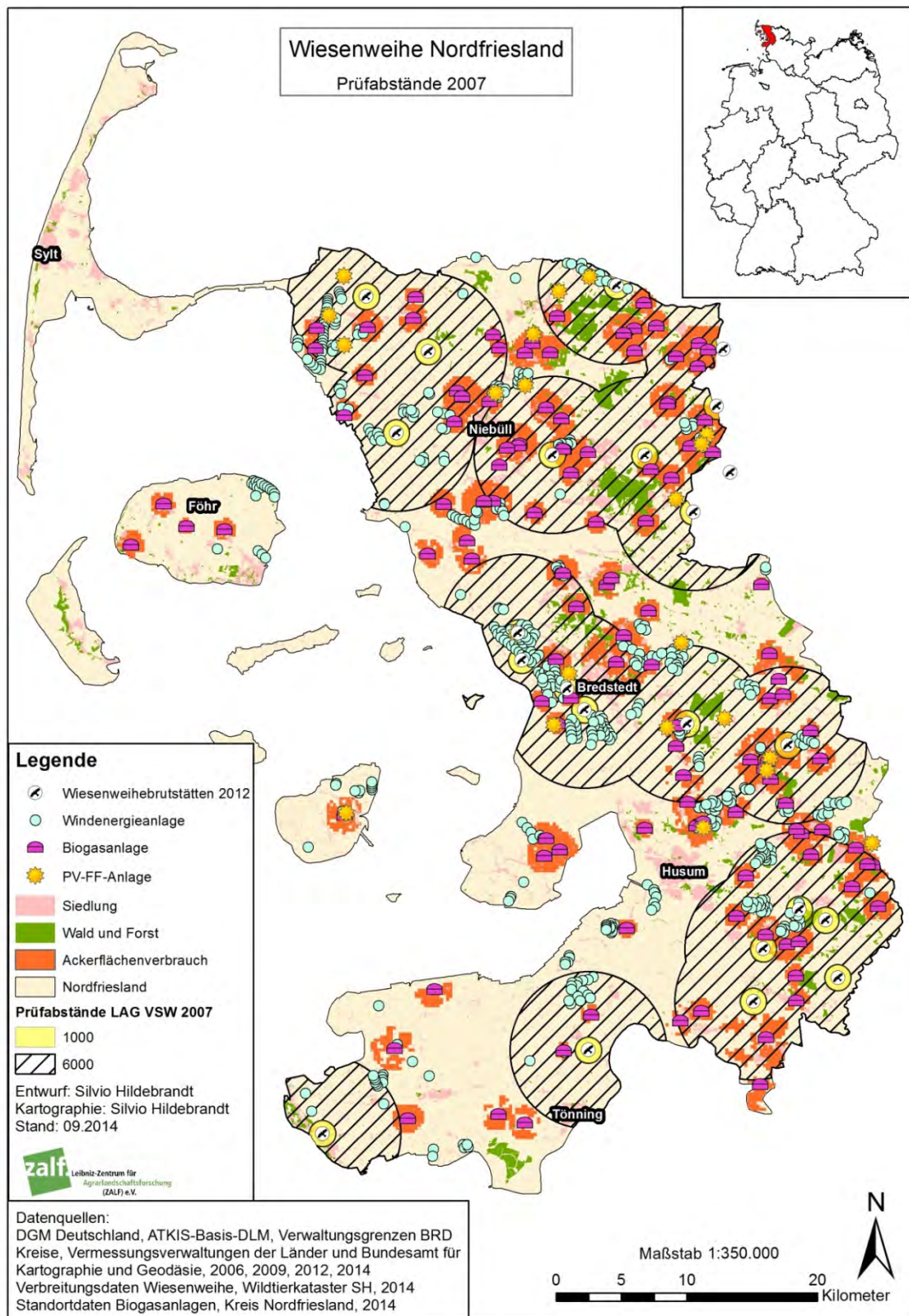


Abb. 30: Standorte von Brutplätzen der Wiesenweihe und EE-Anlagen; Prüf- und Ausschlussbereiche entsprechend der Angaben der LAG-VSW 2007

Beispiel Rotmilan im Main-Tauber-Kreis

Grundsätzlich wird bei der Analyse und Kartenerstellung für kumulative Wirkungen im Main-Tauber-Kreis am Beispiel des Rotmilans wie auch beim Beispiel der Wiesenweihe in Nordfriesland vorgegangen. Der Tab. 13 können die verwendeten Daten entnommen werden. Eine flächendeckende Kartierung der Brutvorkommen des Rotmilans wurde in den Jahren 2012 und 2013 bereits zu großen Teilen vorgenommen, 2014 für den Main-Tauber-Kreis vervollständigt und von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz 2014 zur Verfügung gestellt. Zum Bearbeitungszeitpunkt standen die erst 2014 kartierten Gebiete jedoch noch nicht als Datensatz zur Verfügung.

Tab. 13: Datenherkunft räumliche Analyse Rotmilan

Name	Quelle	Datenstand
ATKIS Basis DLM (Digitales Landschaftsmodell für Deutschland)	© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2009
Verwaltungsgrenzen BRD Kreise	© Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012)	2011
Orthophotos	GeoBasis-DE/Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2014)	2012
Biogasanlagen (Main-Tauber-Kreis)	Landratsamt Main-Tauber-Kreis	2014
Windenergieanlagen (Main-Tauber-Kreis)	Landratsamt Main-Tauber-Kreis	2014
Freiflächenphotovoltaikanlagen (Main-Tauber-Kreis)	Eigene Erfassung anhand von Orthophotos	2012
Brutplätze des Rotmilan	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz 2014	2012/2013

Der Abb. 31 können die bisher kartierten Brutplätze und die noch nicht kartierten Gebiete entnommen werden.

Durch die Abteilung für Personal, Organisation und EDV des Landratsamts Main-Tauber-Kreis wurden Standortdaten der WEA sowie Biogasanlagen im Main-Tauber-Kreis zur Verfügung gestellt. Diese enthalten auch genauere Angaben, wie Betreiber und elektrische Nennleistung bzw. Nabenhöhe und Rotordurchmesser im Falle von WEA und sind auf dem Stand von Juli 2014.

Wie schon im Fall von Nordfriesland wurden die genutzten Daten mit Hilfe der 20 cm Orthophotos des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (Geobasis-DE/BKG 2014) (Datenstand 2012) überprüft. Standortdaten zu Freiflächenphotovoltaikanlagen im Main-Tauber-Kreis waren nicht verfügbar. Aufgrund dessen wurden diese anhand der Luftbilder manuell digitalisiert. Die Standorte wurden mit Hilfe des Potenzialatlas Erneuerbare Energien auf der Internetpräsenz der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW 2014) überprüft.

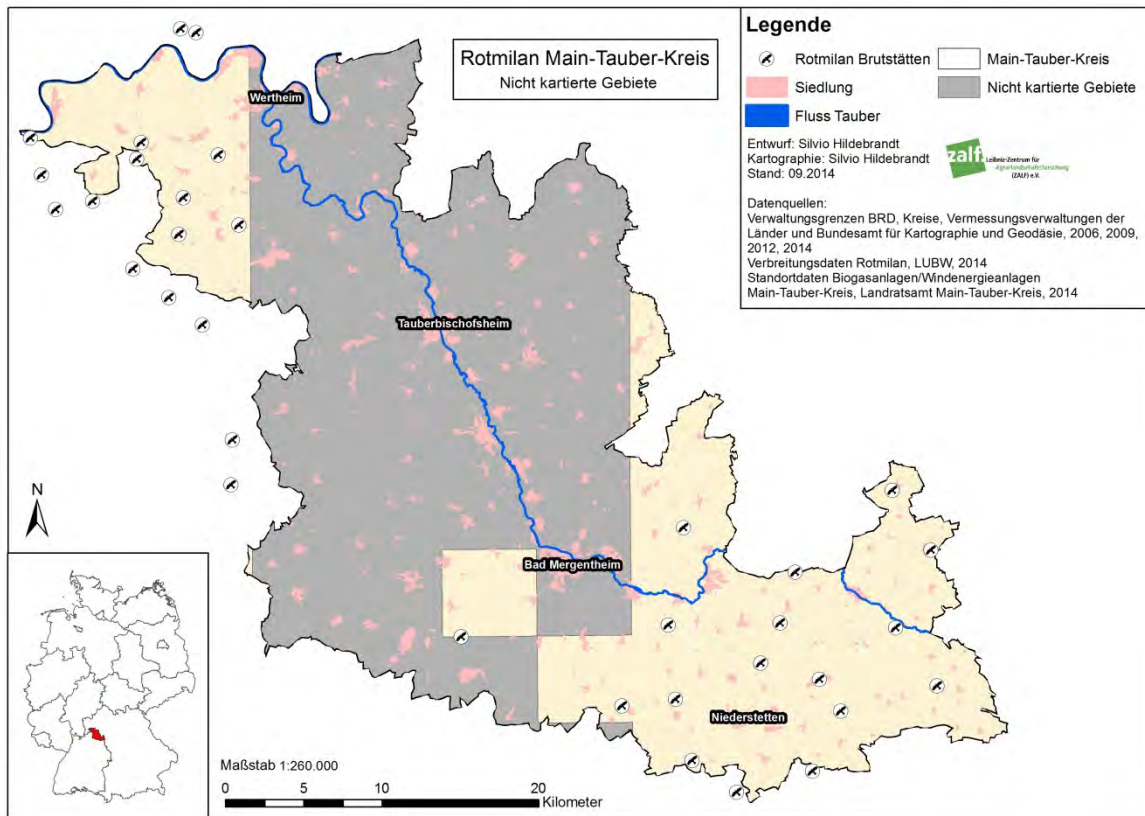


Abb. 31: Gebiete in denen vorhandene Rotmilan-Brutstätten nicht einbezogen werden konnten

Auch für den Main-Tauber-Kreis wurden die Abstandsempfehlungen der LAG-VSW (2007) als Grundlage herangezogen, um dem Rotmilanvorkommen einen einheitlichen und nachvollziehbaren Einzugsbereich zuzuweisen. Der 2007 empfohlene Ausschlussbereich für den Rotmilan beträgt 1.000 m, der Prüfbereich 6.000 m. Die Empfehlungen entsprechen damit den für die Wiesenweihe empfohlenen Ausschlussbereichen. Die Abstandsbereiche wurden wieder mit Hilfe der Puffer-Funktion „Multiple Ringbuffer“ allen Rotmilanbrutstätten zugewiesen (Abb. 32).

Die Dichte der EE-Anlagen im Main-Tauber-Kreis ist deutlich kleiner als in Nordfriesland. In keinem Fall ist der von der LAG-VSW definierte Ausschlussbereich des Rotmilans von mehreren EE-Sparten beeinflusst. Die Prüfbereiche sind jedoch häufig vom Anlagenvorkommen mehrerer EE-Sparten und dem Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung geprägt.

Da der Rotmilan im Vergleich zur Wiesenweihe eher horsttreu ist, ist der Aufwand für notwendige Kartierarbeiten oder die Auswertung vorhandener Daten für die Ableitung kumulativer Wirkungen durch erneuerbarer Energien einfacher. Im vorliegenden Beispiel sind Wirkungen durch mehrere EE-Sparten weniger zu erwarten, wenn man sie mit der Betrachtung des Fallstudienraumes Nordfriesland vergleicht. Sind in einem Ausschlussbereich um einen Horst jedoch Anlagen verschiedener EE-Sparten zu finden, ist das Auftreten kumulativer Wirkungen potentiell möglich. Daher müsste der entsprechende Sachverhalt in einer Einzelfallprüfung vor Ort näher zu betrachtet werden, was im Rahmen dieser Studie leider nicht möglich war.

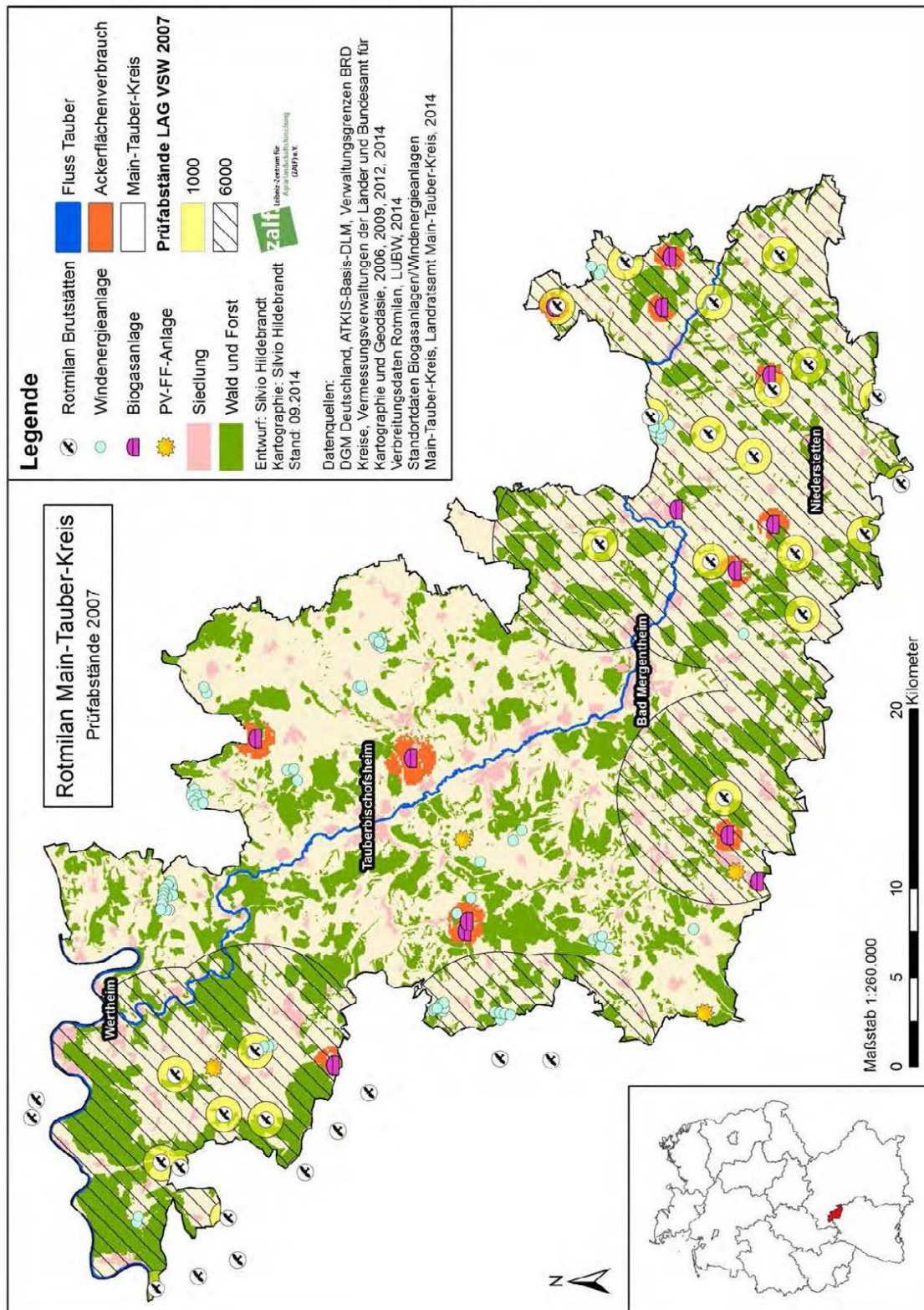


Abb. 32: Standorte von Brutplätzen des Rotmilans und EE-Anlagen; Prüf- und Ausschlussbereiche entsprechend der Angaben der LAG-VSW 2007

5.1.2 Schutzgut Landschaft

Ziel der räumlichen Analyse für das Schutzgut Landschaft war es, den Einflussbereich möglicher kumulativer Wirkungen der drei in dieser Arbeit berücksichtigten EE-Sparten auf das Schutzgut Landschaft einzugrenzen. Es sollten Gebiete sichtbar gemacht werden, in denen sich die Einflüsse verschiedener EE-Sparten überlagern und somit kumulative Wirkungen wahrscheinlich sind. Während die Karten zum Schutzgut Fauna lediglich weitgehend vorhandene Daten abbilden, um eine Art Scoping für kumulative Wirkungen zu ermöglichen, wurden für die Darstellung möglicher kumulativer Wirkungen auf das Schutzgut Landschaft auch Berechnungen zur Sichtbarkeit der EE-Sparten durchgeführt. Diese werden nachfolgend erläutert.

Erstellung eines Digitalen Oberflächenmodells

Als Grundlage für die Sichtbarkeitsanalyse wurde ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) benötigt. Als Basis hierzu diente das Digitale Geländemodell für Deutschland in der Auflösung 25 x 25 m der Vermessungsverwaltungen der Länder und des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie aus dem Jahr 2006. Durch dieses wurde das Relief der Fallstudienräume in der Sichtbarkeitsanalyse berücksichtigt. D. h. Höhenunterschiede im Gelände werden sowohl als Sichthindernisse als auch für die Berechnung der Gesamthöhe über dem Meeresspiegel (in m über N.N.) von WEA und Photovoltaik in die Analyse einbezogen.

Als Sichthindernisse wirken nicht nur die Oberflächenstruktur des Geländes, sondern auch andere, höhere Strukturen wie Waldflächen oder Siedlungen. Diese wurden mit Hilfe des Digitalen Landschaftsmodells für Deutschland (ATKIS-Basis DLM) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie aus dem Jahr 2009 in das DGM eingefügt und so ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) erzeugt. Zur Berücksichtigung der Siedlungsstruktur wurden alle Polygone mit einer Objektartnummer der Gruppe „2100 Baulich geprägte Fläche“ selektiert und extrahiert. Ebenso wurde mit dem Objektart 4107 „Wald, Forst“ verfahren. Kleinere und linienhafte Strukturen wie Baumreihen oder Hecken waren in den ATKIS-Daten in beiden Fallstudienräumen nicht enthalten. Die extrahierten Daten wurden jeweils zu einem Polygon zusammengefasst. Es wurde darauf geachtet, dass der neue Geodatenatz Höhenwerte (Z-Values) annehmen kann.

Die neu entstandenen Datensätze Wald/Forst und Siedlung wurden dann miteinander vereinigt, so dass Wald- und Forstflächen sowie Siedlungen in einen Datensatz integriert wurden. Die Geodaten wurden danach aus dem Vektorformat in das Rasterformat konvertiert, mit dem Ziel gemeinsam mit dem DGM ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) der Fallstudienräume zu erstellen, das auch die Berücksichtigung von Sichtverschattungen durch Siedlungen und Waldflächen ermöglicht. Dabei war darauf zu achten, dass das erzeugte Raster mindestens die Ausdehnung der Außengrenzen des jeweiligen Projektgebietes hat. Zuvor musste das Raster aus Wald/Forst- und Siedlungsflächen reklassifiziert und ihm dabei spezifische Höhenwerte zugewiesen werden. Andere Beispiele wie TORKLER (2013) sowie WEIGEL (2007) unterscheiden bei einer Sichtbarkeitsanalyse unterschiedliche Vegetationsstrukturen wie etwa Laubwald, Nadelwald und Hecken und ordnen diesen einzelne Höhenwerte zu. Da den Wald- und Forststrukturen im ATKIS Basis-DLM allen ein gemeinsame Objektartnummer zugewiesen ist, war es nicht möglich, unterschiedlichen Vegetationsstrukturen verschiedene Höhenwerte zuzuweisen. Gewählt

wurde für den Main-Tauber-Kreis ein Wert von 20 m der sich an den vorgefundenen Waldstrukturen in diesem Landkreis orientiert, und angelehnt ist an die zugewiesenen Höhenwerte bei TORKLER (2013) und WEIGEL (2007). Dieser Wert wurde mit dem Forstamt des Main-Tauber-Kreises abgestimmt (HUMMEL 2014). Wald/Forstflächen in Nordfriesland sind deutlich niedriger, weshalb für dieses Untersuchungsgebiet auf Basis einer Begehung eine durchschnittliche Baumhöhe von 16 m veranschlagt wurde. Siedlungsflächen wurde eine Höhe von 7 m zugeordnet. Dieser Wert wurde für die Analyse beider Fallstudienräume übernommen und im Fall vom Main-Tauber-Kreis mit dem örtlichen Bauamt abgestimmt (SCHULZE 2014). Allen Flächen, die weder Siedlung noch Wald-/Forstflächen waren, wurde der Wert 0 zugewiesen. Im folgenden Schritt wurde das DGM mit dem Raster der Wald-, Forst- und Siedlungsstrukturen addiert, sodass ein DOM entstand, welches das Relief der Region und großflächige Oberflächenstrukturen berücksichtigt. Das erstellte DOM wurde benötigt, um den Sichtbarkeitsbereich von Windenergieanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen zu ermitteln.

Sichtbarkeit von Windenergieanlagen

Zur Berechnung der Sichtbarkeit von Windkraftanlagen wird deren Sichtbereich berechnet (ArcGIS-Funktion „Viewshed“). Mit diesem kann überprüft werden, welche Positionen innerhalb eines vorgegebenen Untersuchungsradius von zuvor definierten Beobachterpunkten aus gesehen werden können. Als Beobachterpunkt diente der höchste Punkt jeder Windenergieanlage. Die Informationen, die zur Durchführung einer Sichtfeldanalyse notwendig sind, wurden in der Attributtabelle der Anlagen-Geodaten hinterlegt. Die Beobachterpunkte sind identisch mit den Anlagenstandorten. Im Detail wurden dazu Spalten in der Attributtabelle erstellt, die für die Berechnung des Sichtbereichs notwendige Angaben enthalten. Eine erste Spalte enthält die Höhe jedes einzelnen Beobachterpunktes (Windenergieanlage) (OFFSET A). Eine weitere Spalte beinhaltet Angaben, um die Blickhöhe der beobachtenden Personen zu bestimmen (OFFSET B). Beide Offset-Informationen wurden mit auf die Höhenstruktur des DOMs addiert. Zwei weitere Spalten enthalten Informationen zu den Radien A und B. Damit wurde der Mindestabstand (RADIUS A) und die maximale Ausdehnung (RADIUS B) des Untersuchungsgebietes für jeden Beobachterpunkt definiert. Die in den Klammern aufgeführten Bezeichnungen entsprechen den Namen der Spalten in der Attributtabelle, die ArcGIS benötigt, um die notwendigen Informationen verarbeiten zu können. Beim Berechnungsvorgang selbst wird letztlich überprüft, ob die Sichtlinie zwischen Beobachterpunkt und jeder einzelnen Rasterzelle im Untersuchungsgebiet unterbrochen ist oder nicht. Eine Unterbrechung bedeutet, dass der höchste Punkt der WEA von der betroffenen Stelle im Untersuchungsgebiet nicht sichtbar ist (Abb. 33). In Abb. 33 kann Person 1 die WEA sehen, die Sicht von Person 2 ist von einer Siedlung verdeckt, Person 3 kann die WEA sehen, die Sicht von Person 4 ist von Wald behindert. Es wurden nur Anlagen berücksichtigt, die sich innerhalb des Fallstudienraums befinden.

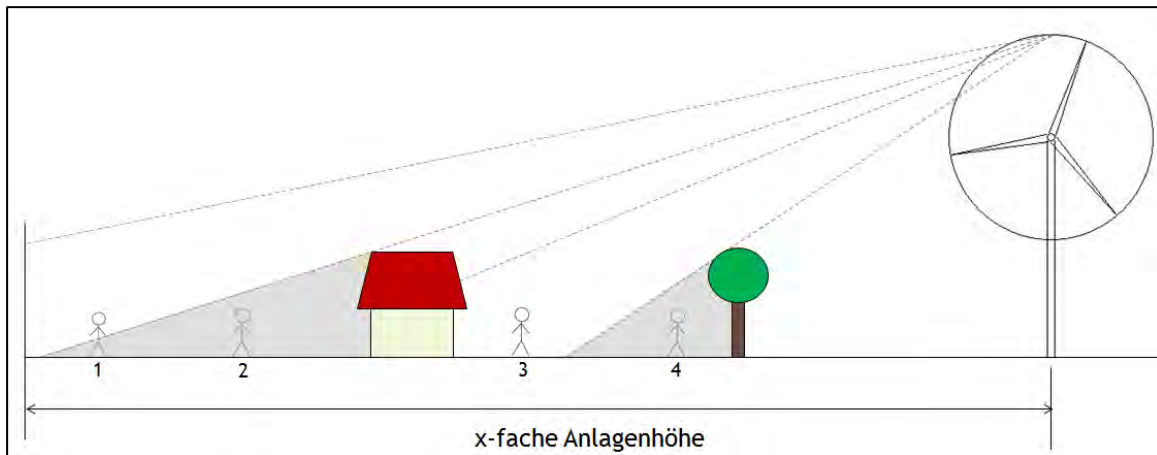


Abb. 33: Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Sichtbarkeitsanalyse

Quelle: eigene Darstellung

Es wurde davon ausgegangen, dass die Sicht von Menschen, die sich im Wald oder einer Siedlung befinden, verdeckt ist. In der Analyse konnte jedoch nicht ohne weiteres zwischen Relief- und Strukturhöhe unterschieden werden. Dadurch wurden Betrachter durch das Programm fälschlicherweise so positioniert als befänden sie sich auf dem Wald, Forst- oder Siedlungsflächen) und so eine Sichtbarkeit auf diesen Flächen unterstellt. In der Realität ist die Sicht des Betrachters jedoch durch Bäume oder Gebäude verdeckt. Um diese fehlerhafte Darstellung zu vermeiden, wurden Wald, Forst und Siedlungen auf den Karten als sichtverschattende Strukturen explizit hervorgehoben. Eine Sichtbarkeit innerhalb dieser Bereiche wurde somit von vornherein ausgeschlossen.

Eine spezielle Problemstellung ergab sich, wenn sich Windenergieanlagen in Waldgebieten befanden. Auch hier wurde durch das Programm für die Berechnung der Höhe des Beobachterpunktes (höchster Punkt der Windenergieanlage) die Strukturhöhe der Waldfläche ungewollt mitberücksichtigt. Die Windenergieanlage wurde also „auf den Wald“, statt in den Wald gesetzt. In beiden Fallstudienräumen befand sich jedoch zur Zeit der Datenerhebung noch keine Windenergieanlage in einem Waldgebiet, so dass sich hierzu kein Handlungsbedarf ergab. Für eine realistische Betrachtung hätte die Höhe des Waldgebietes von der Gesamthöhe der WEA abgezogen werden müssen, da sonst von einem falschen Höhenwert des Beobachterpunktes ausgegangen worden wäre.

Aufgrund mangelnder fachlicher Grundlagen zur Bemessung des visuellen Wirkbereiches wurde entschieden, die Analysen in mehreren Ausführungen mit je unterschiedlichen Wirkradien zu erstellen. Dazu wird bezüglich der Windenergie von je drei verschiedenen Szenarien ausgegangen (siehe dazu Beschreibung der durchgeführten Analysen (S. 85).

Exkurs: Visueller Wirkradius von Windenergieanlagen

Für die räumliche Analyse ist es notwendig, den maximalen visuellen Einflussbereich von Windenergieanlagen zu begrenzen, da die Analyse nur Sichtbeziehungen überprüft ohne zu berücksichtigen, welchen Sichtwinkel das Zielobjekt im Auge des Betrachters einnimmt. Der visuelle Einflussbereich von Windparks und einzelnen Windenergieanlagen ist jedoch ein Thema, welchem in Deutschland wenig wissenschaftliche Aufmerksamkeit gewidmet wird. Es gibt dennoch einige Quellen, die Vorgaben und Empfehlungen für den planerischen

Umgang mit der Sichtbarkeit von WEA, insbesondere in Bezug auf die Eingriffs-Ausgleichsbemessung und die Kompensationskostenberechnung bei Windenergieprojekten machen.

Als bekanntester Vertreter ist hier Werner Nohl zu nennen, der bereits 1993 in „Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe“ auf den spezifischen Einfluss von Windenergieanlagen auf die Landschaft eingegangen ist. NOHL (1993) definierte für einzelne Windenergieanlagen mit einer Rotorhöhe von mindestens 100 m oder für Ansammlungen von WEA einen Untersuchungsradius von 10.000 m, der in einen Nah- (bis 200 m), Mittel- (bis 1.500 m) und Fernbereich (bis 10.000 m) eingeteilt ist. Noch heute werden NOHLs (1993) Angaben vielfach übernommen, obwohl er selbst seine Arbeit nicht mehr stützt (NOHL 2010). Dies begründet sich vor allem in der fehlenden Aktualität, da NOHL (1993) seine Empfehlungen verfasste, bevor Windenergieanlagen 1996 im Außenbereich privilegiert wurden (§ 35 BauGB). Zudem waren Ausmaße und Menge der Anlagen keinesfalls mit dem heutigen Standard vergleichbar. NOHLs (1993) Methodik wurde durch viele andere Autoren übernommen und auf technischer Ebene weiterentwickelt. Diese Entwicklung meint vor allem die zunehmende Analyse mit Hilfe von Geoinformationssystemen sowie die Berücksichtigung der Teilsichtbarkeit der WEA (PAUL et al. 2006, WEIGEL 2007, BRAHMS et al. 2012). Der zugeschriebene Wirkradius wurde jedoch auch in moderneren Konzepten, trotz gestiegener Anlagenhöhen, nicht nach oben hin korrigiert.

2001 legte BREUER ein Konzept vor, das den Untersuchungsraum von der Anlagenhöhe abhängig macht. Jedoch kalibriert er diesen am Beispiel einer 100 m hohen Anlage und dem von NOHL (1993) als Mittelbereich definierten Abstand (1.500 m) und legt damit eine Entfernung der 15-fachen Anlagenhöhe zugrunde. Geht man von einer 200 m hohen WEA aus, ergibt sich ein Untersuchungsradius von 3.000 m, womit BREUER (2001) von einem deutlich kleineren Untersuchungsraum ausgeht, als alle anderen vorgestellten Methoden. Im Ausgleich verzichtet BREUER (2001) auf eine abnehmende Entfernungswirkung und gibt damit der Einfachheit den Vorzug vor der Realitätsnähe. Er bleibt damit deutlich hinter dem Wert zurück, den die LANA 1996 für ein ähnliches Vorgehen empfohlen hat. Breuers Konzept wird in einigen Bundesländern, wie z. B. Niedersachsen oder Bayern, angewendet und wurde auch in der 2013 im Bundesrat diskutierten Bundeskompensationsordnung vorgeschlagen. In Deutschland ist dementsprechend ein Trend zu einer zunehmenden Vereinfachung, einhergehend mit der Verkürzung der Untersuchungsbereiche zu verzeichnen. Die derzeitigen Planungsgrundlagen fußen mehr auf Vermutungen, als auf wissenschaftlichen Untersuchungen, die zudem nicht an die heutige Ausbausituation angepasst sind.

Auch die Anzahl der Windenergieanlagen in einem unmittelbaren, räumlichen Zusammenhang hat wahrscheinlich einen Einfluss auf den dominanten Wirkungsbereich und damit den potentiellen Untersuchungsraum, da Einzelanlagen in einem engen räumlichen Zusammenhang das Potential haben, visuell zu einer großen kompakten Ansammlung zu verschmelzen (BUCHAN 2002, MENGEL et al. 2010). Dies kann insbesondere in Regionen mit flachem Relief bedeutsam sein (MENGEL et al. 2010). Dieser Umstand ist jedoch kaum erforscht, sodass er sich bei der vorliegenden Untersuchung nicht einbeziehen lässt.

Wie zu Beginn des Exkurses erwähnt, ist in Deutschland ein Mangel an wissenschaftlichen Grundlagen zum visuellen Einfluss der Windenergieanlagen festzustellen. Im englischsprachigen Raum dagegen sind wissenschaftliche Untersuchungen dieser Art

deutlich häufiger anzutreffen. Innerhalb dieser Untersuchungen wird mit Hilfe systematischer Beobachtungen oder Befragungen die visuelle Fernwirkung von Windparks überprüft. Auffällig ist, dass die allgemeine Bewertung einer signifikanten Fernwirkung, in denen die Windenergieanlagen das dominierende Element im Blickfeld eines Betrachters sind, deutlich höhere Distanzen zugrunde legt, als in den deutschen Verfahren üblich. So schreibt SINCLAIR (2001) in den sogenannten Sinclair-Thomas Matrizen Anlagen in Schottland mit einer Höhe von 45 m eine signifikante Wirkung bis in eine Distanz von 6 km zu. BISHOP (2002) kommt zu dem Ergebnis, dass 63 m hohe Anlagen bei Melbourne ebenfalls bis in eine Entfernung von 6 km eine relevante Beeinträchtigung ausüben können. Nur zwei der gefundenen Studien berücksichtigen höhere Anlagentypen. So fand SULLIVAN (2012) heraus, dass Anlagen mit einer Höhe von 119 m einen signifikanten Einfluss bis in Distanzen von 16 bis 19 km haben. Allerdings fanden seine Untersuchungen im mittleren Westen der USA statt, wo die Landschaft sehr ausgeräumt, dementsprechend gut einsehbar ist und Windparks teils hunderte von Anlagen umfassen. VISSERING (2011) geht davon aus, dass Anlagen mit einer Höhe von 128 m im Nordosten der USA, der mit den deutschen Voraussetzungen eher vergleichbar ist, eine erhebliche Wirkung bis in eine Entfernung von 8 bis 13 km haben.

Sichtbarkeit von Freiflächenphotovoltaikanlagen

Da die Beeinflussung des Schutzgutes Landschaft durch Freiflächenphotovoltaikanlagen eher durch ihre großflächige Ausdehnung als durch ihre vertikale Höhe entsteht, muss bei der Sichtbarkeitsanalyse etwas anders als bei der Berücksichtigung der Wirkung von WEA vorgegangen werden. ArcGIS bietet die Möglichkeit, neben Punktdaten auch Kanten als Beobachter(linien) zu definieren. Aus diesem Grund war ursprünglich vorgesehen, die Außengrenzen jeder FF-Photovoltaikanlage als „Beobachterlinien“ zu markieren. Allerdings wurden nur die einzelnen Verbindungspunkte (Vertexe) jeder Linienstruktur als Beobachterpunkte eingesetzt und die Verbindungslinien zwischen diesen Punkten nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde für jede Freiflächenphotovoltaikanlage eine Linienstruktur erstellt, die die Außengrenzen darstellt, sowie im Mittelpunkt einen Beobachterpunkt enthält (Abb. 34). Von einer relevanten Erscheinung der Module im Sichtfeld einer beobachtenden Person wird dann ausgegangen, wenn mindestens zwei Beobachterpunkte gesehen werden können.

Tab. 14: Visuelle Einflussgrade von Freiflächenphotovoltaikanlagen

Dominante Wirkung: Die Anlage nimmt einen Großteil des Blickfeldes ein. Die einzelnen baulichen Elemente der PV-Anlage können in der Regel aufgelöst und erkannt werden. Die Anlage zieht somit schon aufgrund der Größe und der erkennbaren technischen Einzelheiten die Aufmerksamkeit besonders auf sich. Anlagenbedingte Faktoren oder der Sonnenstand haben wenig Einfluss auf die Wirksamkeit.
Subdominante Wirkung: Die Anlage ist im Blickfeld auffällig, die einzelnen Elemente oder Reihen der Anlage werden jedoch meist nicht mehr (unwillkürlich) aufgelöst und erkannt. Die Anlage erscheint eher als mehr oder weniger homogene Fläche (oder Linie), die sich dadurch von der (natürlichen) Umgebung abhebt. Die Auffälligkeit ist hier von mehreren Faktoren abhängig, hierzu zählen sowohl standortbedingte Faktoren (z. B. Lage in der Horizontlinie, Silhouettenwirkung), anlagenbedingte Faktoren (wie Farbgebung, Einheitlichkeit der Anlage in Farbe und Form, Reflexeigenschaften) als auch andere Faktoren wie, z. B. Lichtverhältnisse (Sonnenstand, Bewölkung).
Marginale Wirkung: Aufgrund des größeren Abstands oder der stärkeren Sichtverschattung ist der Anteil im Blickfeld so gering, dass sie vor allem wegen der gegenüber der Umgebung meist etwas größeren Helligkeit im Landschaftsbild Aufmerksamkeit erregt.
Nicht signifikante Wirkung: Die Auffälligkeit der Anlage ist so gering, dass sie als nicht signifikant und somit für das Landschaftsbild unerheblich eingestuft werden kann.

Quelle: HERDEN et al. 2009, S. 90

Laut den Beobachtungen von HERDEN et al. (2009) konnte eine dominante Wirkung bis in eine Entfernung von rund 750 m festgestellt werden. Subdominante Wirkungen wurden im Einzelfall bis in eine Entfernung von 3.000 m beobachtet (HERDEN et al. 2009). Für das vorliegende Projekt werden die Anlagen mit ihrem dominanten bis subdominanten Wirkungsbereich einbezogen.

Ein Problem bei der Bemessung eines maximalen Einflussbereiches ist, dass Photovoltaikmodule durch ihre geringe Höhe sehr leicht von anderen, auch kleineren, Strukturen verdeckt werden können. Da kleinere, linienhafte oder vereinzelt vorkommende Vegetationsstrukturen wie Baumreihen oder Hecken in den ATKIS-Daten der beiden Fallstudienräumen nicht enthalten waren, konnten diese in die Sichtbarkeitsanalyse jedoch nicht einbezogen werden konnten. Besonders bei geringer Reliefenergie kann so der visuelle Einflussbereich, trotz der großen horizontalen Ausdehnung der Anlagen, vergleichsweise klein ausfallen. In Hanglagen kann der Einflussbereich wiederum sehr groß sein (Abb. 35, Abb. 36 und Abb. 37).

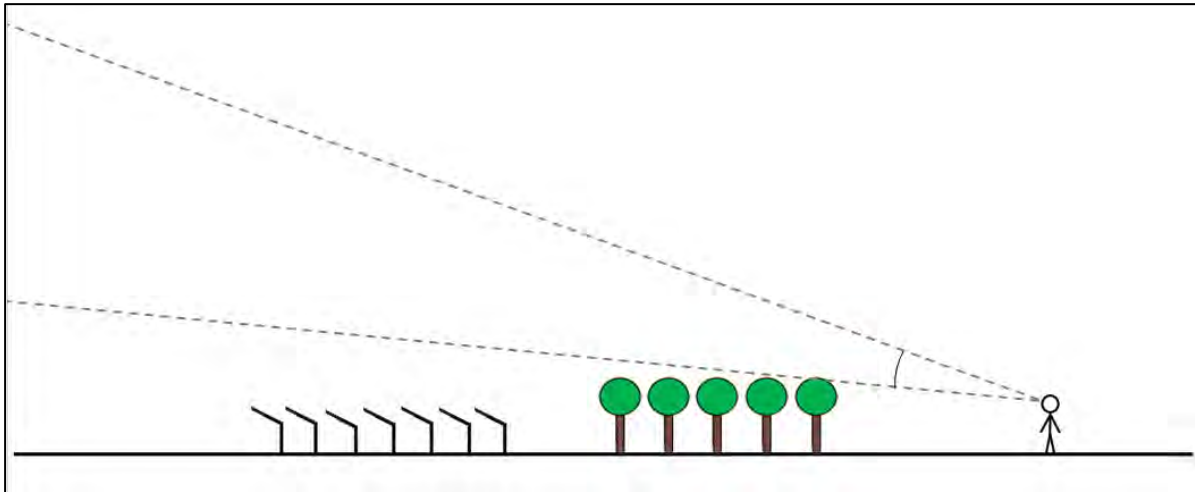


Abb. 35: Geringe Reliefenergie - Sicht des Beobachters auf FF-Photovoltaikanlagen wird auch durch niedrige Vegetation verdeckt

Quelle: eigene Darstellung

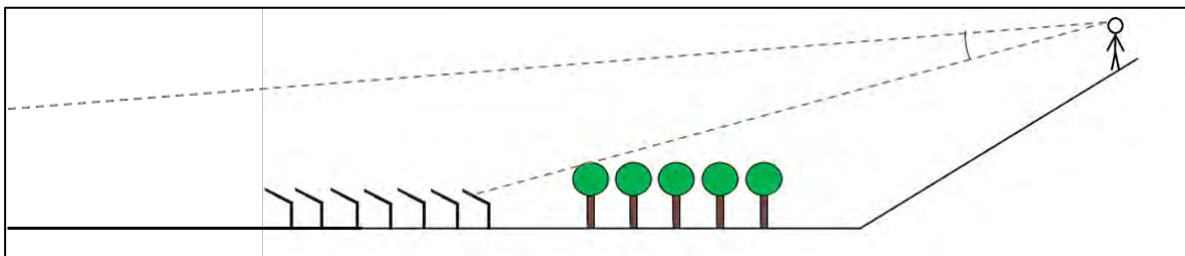


Abb. 36: Beobachter erhöht positioniert - Großteil der FF-Photovoltaikanlage sichtbar

Quelle: eigene Darstellung

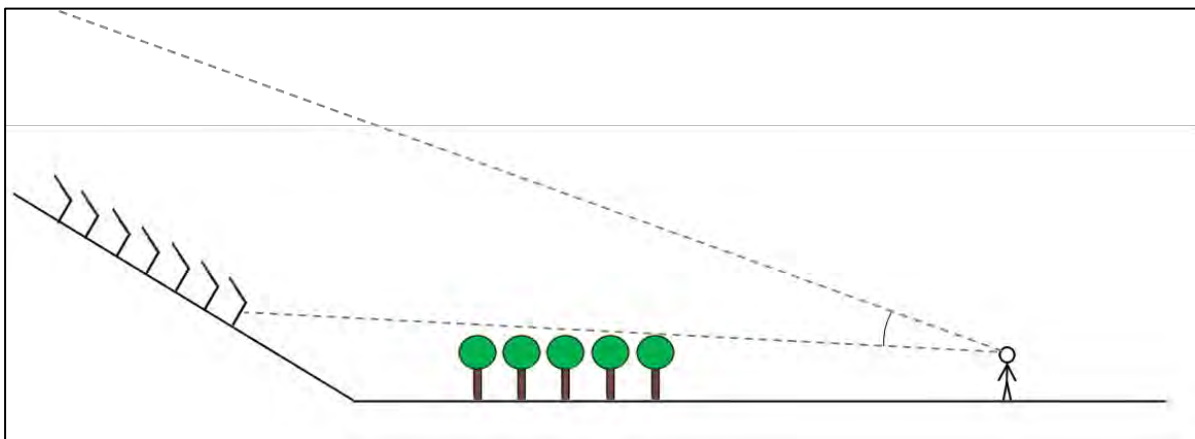


Abb. 37: FF-Photovoltaik am Hang - auch für Beobachter im Tal sichtbar

Quelle: eigene Darstellung

Einbeziehung von Biogasanlagen und Energiepflanzenanbau

Dieser Teil der räumlichen Analyse beschäftigt sich mit der Integration des Einflusses der Biogaserzeugung auf das Landschaftsbild. Dabei wird nicht, wie bei den Analysen von

Windenergie und FF-Photovoltaik mit Hilfe einer Sichtbarkeitsanalyse gearbeitet, sondern es werden lediglich Annahmen über die räumliche Verortung des Energiepflanzenanbaus zur Biogaserzeugung getroffen. Es wird vorausgesetzt, dass im unmittelbaren Anbaugebiet ein negativer ästhetischer Einfluss auf das Landschaftsbild gegeben ist. Auf eine Analyse der Sichtbeziehungen zu den Biogasanlagen wurde verzichtet, da die Anbaufläche deren visuelle Fernwirkung deutlich übertrifft. Diese Entscheidung basiert auf Gesprächen mit Akteuren in den Untersuchungsregionen, die bei ihren Ausführungen lediglich Bezug zum Biomasseanbau nahmen und nicht zur technischen Überprägung der Landschaft durch Biogasanlagen. Eine Erklärung hierfür kann der räumliche Zusammenhang der Biogasanlagen mit den Hofstellen sein. Deren Stallanlagen besitzen z. B. eine ähnliche Höhe wie die Fermenter.

Die Art und die Leistung aller Anlagen konnte aus den zur Verfügung stehenden Daten abgeleitet werden. Dabei wurde angenommen, dass pro kW_{el} 0,5 ha Anbaufläche benötigt werden. Somit konnte ermittelt werden, welchen Umfang die Anbauflächen um die Anlagen haben. Es wurde die Annahme getroffen, dass 100 % des Substrates in nächster Nähe zum Verbrauchsstandort in Monokultur angebaut werden. Dies entspricht nicht immer den realen Bedingungen, aber schon eine Absenkung der Annahme auf 50 % Energiepflanzen in der betrachteten Fruchtfolge würde den Flächenbedarf verdoppeln und damit den Wirkungsbereich. Der Einflussbereich des Energiepflanzenanbaus wäre damit zu übertrieben. Die Vorgehensweise begründet sich damit, dass es sich bei der überwiegenden Anzahl der Biomasseanlagen um privilegierte landwirtschaftliche Anlagen im Außenbereich gemäß BauGB § 35 Abs. 1 handelt, die den überwiegenden Teil des Substrates selbst produzieren oder von Betrieben aus nächster Nähe beziehen müssen (vgl. BauGB § 35 Abs. 1 Nr. 6 b).

Mit dem abgeleiteten individuellen Flächenbedarf jeder Anlage konnte nun die Verortung der Flächen im Geoinformationssystem durchgeführt werden. Dies funktioniert über einen Algorithmus, der die von einer Biomasseanlage benötigte Fläche in Ein-Hektar-Schritten auf die nächst gelegenen Ackerflächen verteilt. Die Geodaten der Ackerflächen wurden auf Basis der Ackerflächen aus den ATKIS-Daten des Jahres 2009 erhoben. Nach Durchführung dieses Arbeitsschrittes konnte der räumliche Einfluss des Energiepflanzenanbaus sichtbar gemacht werden.

Der Algorithmus wurde in ein Python-Script umgesetzt, das in ArcGIS 10 ausgeführt wurde. Als Eingangsdaten zur Ausführung des Algorithmus sind alle im Landkreis verfügbaren Ackerflächen im Rasterformat und die Biomasseanlagen als Punkte mit der angehängten Information zum Flächenverbrauch notwendig. Diese Daten mussten von Hand im GIS erzeugt werden. Alle anderen Berechnungen führt das Python-Script automatisiert durch. Als einleitender Schritt wurden dazu alle Pixel des Ackerflächenrasters in Punkte umgewandelt. Danach wurden um die Biogasanlagen Puffer mit einem Radius von 100 m gebildet. Dies erfolgte bei allen Anlagen simultan. Das bedeutet, es wird nicht eine Anlage nach der anderen abgearbeitet, sondern der Prozess erfolgt bei allen Anlagen synchron. Dann wurde damit begonnen, die Punkte in jedem 100-m-Puffer um die Anlage zu zählen. Nach Abschluss der Zählung, wurde das Ergebnis mit der Information in der Attributtabelle zum Flächenverbrauch der Anlage abgeglichen. Ist das Ergebnis aus dem ersten 100-m-Puffer gleich oder größer als die Information in der Attributtabelle, wurde der Prozess abgebrochen, da die mögliche Fläche verteilt wurde. Ist das Ergebnis kleiner als die Information aus der

Attributtabelle, dann wurde ein weiterer 100-m-Puffer angelegt. Danach wurden die Punkte im ersten 100-m-Puffer eliminiert, so dass diese bei möglichen weiteren Zählungen nicht doppelt gezählt wurden. Dieser Prozess wurde so lang fortgesetzt, bis der angegebene Flächenverbrauch erreicht oder übertroffen wurde. Nach Abschluss des Prozesses wurden die Punkte wieder in das Rasterformat übertragen und der jeweiligen Biomasseanlage zugeordnet. Damit konnte das Einzugsgebiet einzelner Anlagen sichtbar gemacht werden.

Im speziellen Fall der Untersuchungsräume Main-Tauber und Nordfriesland entspricht ein Pixel/Punkt einem Hektar Ackerfläche. Die Größe der Pixel ist theoretisch frei wählbar, aber je kleiner man die Pixelfläche wählt, desto langwieriger ist die Berechnung des Verteilungsprozesses. Ein Nachteil des Algorithmus ist, dass die verteilte Fläche am Ende des Prozesses zum überwiegenden Teil größer ist, als die vorher berechnete. Dies begründet sich damit, dass immer alle im 100-m-Puffer vorhandenen Punkte gezählt werden. Das bedeutet, wenn schon mit dem ersten Pixel im neuen 100-m-Puffer der Flächenverbrauch der Biomasseanlage gedeckt ist, werden trotzdem alle weiteren Pixel im Puffer hinzugezählt. Die Auswirkung des Fehlers hängt von der Größe der Anbaufläche um die Anlage ab. Biogasanlagen mit besonders großen oder besonders kleinen Flächen haben tendenziell eine höhere Fehlerrate. Bei kleinen Anlagen kann z. B. ein zweiter Puffer theoretisch bereits mit dem ersten Hektar ausgezählt sein. Praktisch werden alle weiteren Hektar mitgezählt. Da der erste Puffer immer kleiner ist als die nachfolgenden, könnte der Fehlerwert in einem solchen Extremfall sehr hoch liegen. Ähnlich verhält es sich bei großen Flächen und immer größeren Puffern. Erfahrungsgemäß ist dieser Fehler aber vernachlässigbar, weil die meisten Biogasanlagen privilegiert sind und damit in einem mittleren Größenbereich liegen. Extrem kleine und extrem große Anlagen sind in den Untersuchungsgebieten kaum vorhanden.

Beschreibung der durchgeführten Analysen

Es wurden insgesamt jeweils neun Analysen für jeden Fallstudienraum angefertigt.

1. Drei Analysen zeigen kumulative Wirkungen jeder EE-Sparte gemeinsam auf und gewichten dabei den Einfluss aller EE-Sparten gleich (Variante 1, siehe Abb. 39, S. 91 und Abb. 49, S. 101).
2. Drei Analysen konzentrieren sich lediglich auf den Einfluss der Windenergie, als Haupteingriffsgegenstand in Bezug auf das Landschaftsbild, es werden dabei mehrere Wirkstufen zugeschrieben (Variante 2, Abb. 40, S. 92 und Abb. 50, S. 102).
3. Die verbleibenden drei Darstellungen entsprechen einer Kombination aus den sechs Ausgangskarten. Sie überlagern den Einfluss jeder EE-Sparte, schreiben jedoch der Windenergie mehrere verschiedene Wirkstufen zu (Variante 3, Abb. 41, S. 93 und Abb. 51, S. 103).

Im Folgenden werden die Darstellungsvarianten im Detail beschrieben.

Die Hauptanalysen sind diejenigen, die die kumulative Betroffenheit durch alle drei betrachteten EE-Sparten zeigen (Variante 1). Hier wurde jeder Art der erneuerbaren Energieträger eine Wirkstufe zugewiesen, d. h. die mögliche Wirkintensität jeder EE-Sparte liegt bei „eins“ unabhängig von der Anzahl der sichtbaren Anlagen oder sonstigen Attributen. Dargestellt wird nur die auf einen Bereich wahrscheinlich einwirkende Anzahl der EE-Sparten. Gelb dargestellt ist eine Fläche, wenn eine Sparte auf sie einwirkt, orange bei zwei

Sparten und rot wenn alle drei Sparten auf eine Fläche wirken. Zusätzlich werden Wälder und Siedlungen als Gebiete hervorgehoben, da sie regelmäßig sichtverschattet sind, selbst als Sichthindernis wirken und zudem nicht als landwirtschaftliche Nutzfläche in Frage kommen. Flächen, die durch keine Farbe hervorgehoben sind, sind nach der Analyse frei von der Einwirkung durch eine der drei betrachteten EE-Sparten. Die Anlagenstandorte selbst werden in dieser Ansicht zur Verbesserung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Die zweite Darstellungsvariante (Variante 2) zeigt nur den visuellen Einfluss der Windenergieanlagen als Haupteingriffsgegenstand in Bezug auf das Landschaftsbild. Die Flächen werden nach steigender Anzahl der dominant wahrnehmbaren Anlagen mit Gelb- bis Rottönen gekennzeichnet, je nach Anzahl der WEA die noch einen dominanten visuellen Einfluss auf den entsprechenden Standort haben könnten. Die Standorte der Anlagen werden durch hellblaue Punkte gezeigt.

Die dritte Darstellungsvariante (Variante 3) verbindet die beiden anderen Arten der Kartendarstellungen. Sie bildet ebenfalls die kumulativen Wirkungen ab, indem sie den visuellen Einfluss der EE-Sparten auf die jeweilige Fläche addiert und mit Hilfe farblich unterschiedlicher Wirkstufen darstellt. Dabei werden jedoch der Windenergie verschiedene Wirkstufen zugestanden, da diese durch die dominant sichtbare Anlagenzahl die größten Beeinträchtigungsunterschiede innerhalb einer EE-Sparte aufweist (die Wirkstufen der Windenergie sind dabei nach der Anzahl der Anlagen bemessen wie auch in Kartenvariante 2). Die anderen beiden EE-Sparten (Photovoltaik und Substratanbau für Biogasanlagen) behalten weiterhin nur eine mögliche Wirkstufe. Die Übersicht der maximal möglichen Wirkstufe jeder einzelnen EE-Sparte kann in Tab. 15 betrachtet werden. Wenn also z. B. Photovoltaikanlagen, der Substratanbau zur Biogaserzeugung sowie 16 bis maximal 30 WEA einen visuellen Einfluss auf den Betrachter ausüben, wird dem Standort des Betrachters die Wirkstufe 5 zugewiesen. Auch in der dritten Darstellungsvariante sind die Anlagenstandorte zugunsten der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Zu jeder der drei Analysenvarianten existieren jeweils drei Karten, da jeweils unterschiedliche Wirkradien für die Windenergie zu Grunde gelegt wurden. Die angewendeten Wirkradien betragen die 15-fache-, 30-fache- und 50-fache Anlagenhöhe. Die 15-fache Anlagenhöhe entspricht dem von BREUER 2001 angedachten Wirkradius, die 30-fache Anlagenhöhe der von der LANA (1996) empfohlene Wirkradius und die 60-fache Anlagenhöhe stellt eine Annäherung an den maximalen Wirkradius nach NOHL (1993) dar (10.000 m).

Tab. 15: Übersicht über die max. möglichen Wirkstufen jeder einzelnen EE-Sparte für Variante 3 der Kartendarstellungen (Kumulative Wirkungen auf Landschaftsbild – Höhere Gewichtung WEA)

EE-Sparte	Mögliche Wirkstufen	Anzahl der sichtbaren Anlagen
Windenergie	0	keine
	1	1 bis 7
	2	8 bis 15
	3	16 bis 30
	4	31 bis 60
	5	61 oder mehr
Photovoltaik	0	keine
	1	1 oder mehr
Substratanbau zur Biogaserzeugung	0	keine
	1	1 oder mehr

Sichtbarkeitsanalyse in Nordfriesland

Für die Sichtbarkeitsanalyse in Nordfriesland wurden die in Tab. 16 aufgeführten Eingangsdaten verwendet:

Tab. 16: Eingangsdaten der Sichtbarkeitsanalyse in Nordfriesland

Name	Quelle	Datenstand
Digitales Geländemodell für Deutschland	© Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2006
ATKIS Basis DLM (Digitales Landschaftsmodell für Deutschland)	© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2009
Verwaltungsgrenzen BRD Kreise	© Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012)	2011
Orthophotos	GeoBasis-DE/Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2014)	2011
Biogasanlagen (Nordfriesland)	Kreis Nordfriesland	2014
Windenergieanlagen (Nordfriesland)	Eigene Erfassung anhand von Orthophotos	2011
Freiflächenphotovoltaikanlagen (Nordfriesland)	Eigene Erfassung anhand von Orthophotos	2011

Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, besteht die räumliche Analyse zum Schutzgut Landschaft aus drei einzelnen Komponenten (jeweils zu einer EE-Sparte) die überlagert werden. In diesem Kapitel werden die Einzelheiten erklärt, die es bei der Analyse von Nordfriesland zu beachten galt.

Im Gegensatz zum Main-Tauber-Kreis stehen in Nordfriesland für die einzelnen Windenergieanlagen keine spezifischen Anlagenhöhen zur Verfügung. Seit 2012 werden die durchschnittliche Nabenhöhe und Rotordurchmesser der bundesweit zugebauten Anlagen von der Deutschen WindGuard GmbH erfasst. Zur Einbeziehung der Höhen wurde der Durchschnittswert der 2012 in Schleswig-Holstein zugebauten Anlagen gewählt. Dieser betrug für die Nabenhöhe 81 m und für den Rotordurchmesser 83,6 m (DEUTSCHE

WINDGUARD 2013). Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Gesamthöhe von 122,8 m. Unter Beachtung dessen, dass das WEA-Vorkommen in Nordfriesland zu einem Großteil aus älteren Modellen besteht, wurde für die Analyse von einer einheitlichen Anlagenhöhe (Rotorhöhe) von lediglich 100 m ausgegangen. Aussagen aus dem Fallstudienraum zufolge, werden die Alt-Anlagen derzeit jedoch schrittweise gegen größere Modelle ausgetauscht und neu errichtete WEA erreichen ebenfalls zu einem Großteil höhere Ausmaße (WS-NF 2014). Auf Grund dessen, dass keine spezifischen Anlagenhöhen zur Verfügung standen, wurden die Untersuchungsradien für alle Windenergieanlagen in Nordfriesland einheitlich bemessen. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden jedoch die von der Anlagenhöhe abhängigen Wirkradien, die im Main-Tauber-Kreis benutzt wurden, auch in Nordfriesland angelegt. Es wurden für Nordfriesland Kartendarstellungen jeweils mit einer Variante der 15-fachen- (1.500 m), 30-fachen- (3.000 m) und 60-fachen (6.000 m) Anlagenhöhe erstellt.

Der Wirkungsbereich von Freiflächenphotovoltaikanlagen wurde zunächst auf 2.000 m begrenzt. Bei einer Begehung in Nordfriesland wurde jedoch klar, dass dieser Abstand zu groß bemessen ist. Problem für die Analyse waren vor allem die in Nordfriesland zahlreich vorhandenen kleinen Vegetationsstrukturen, z. B. Knicks (Wallhecken), die die Anlagen in der Höhe überragen, und die Sicht auf FF-PV-Anlagen regelmäßig verdecken. Aus diesem Grund wurde beschlossen den visuellen Untersuchungsradius zu verringern. Der maximale Wirkradius der FF-PV-Anlagen in Nordfriesland beträgt bei der Analyse nun 750 m, was der Entfernungsmarke entspricht, bis zu der HERDEN et al. 2009 nach ihren Beobachtungen FF-PV-Anlagen eine dominante Wirkung zusprechen (siehe Tab. 14, S.82).

Nachfolgend wird jeweils die Kartenvariante mit der 30-fachen Anlagenhöhe (WEA) abgebildet und erläutert. Varianten zur 15-fachen sowie 60-fachen Anlagenhöhe sind im Anhang zu finden. Zur besseren Übersicht wird noch einmal eine Karte mit dem Vorkommen von Anlagen erneuerbarer Energien in den Fallstudienräumen abgebildet (Abb. 38).

In Abb. 39 sind die Wirkradien der drei EE-Sparten in Nordfriesland dargestellt. Nimmt man für Windenergieanlagen einen Wirkungsbereich mit einer maximalen Ausdehnung der 30-fachen Anlagenhöhen an, so sind rund 2/3 von Nordfriesland durch mindestens eine EE-Sparte beeinflusst. Diese Gebiete sind gelb hinterlegt. Ein verdichtetes Vorkommen verschiedener EE-Sparten wird durch eine orange (Einwirken von zwei EE-Sparten) oder rote (Einwirken von drei EE-Sparten) Färbung gezeigt. Durch das sehr hohe Aufkommen aller drei EE-Sparten (insbesondere des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen und Windenergie) in Nordfriesland kommen kombinierte Wirkungen von zwei Sparten erneuerbarer Energien sehr häufig vor. Überlagerungen der Wirkradien aller drei EE-Sparten sind jedoch nur vereinzelt zu finden. Es ist auffällig, dass Aggregationen vermehrt abseits der Küste vorkommen. Dies ist vor allem Folge dessen, dass die Biogaserzeugung und Freiflächenphotovoltaik sich etwas mehr im Inneren und Westen des Landkreises konzentrieren, und der Küstenstreifen aufgrund von Planungsvorgaben von Windenergieanlagen freizuhalten ist. Auf der Halbinsel Eiderstedt im Südwesten von Nordfriesland gibt es kaum sich überlagernde Wirkradien, da Freiflächenphotovoltaikanlagen dort nicht vorhanden sind und auch Windenergieanlagen und Biogasanlagen in einer sehr viel geringeren Dichte vorkommen als im Rest des Landkreises. Die Halbinsel Eiderstedt ist als charakteristische Landschaft eingestuft und daher vom Ausbau der EE wenig beeinflusst. Betrachtet man allein die Windenergie in Nordfriesland so fallen Bereiche starker visueller Wirkungen besonders um Bredstedt sowie nordwestlich von Niebüll und östlich von Husum auf (Abb. 40). In Kartenvariante 3 wird der Windenergie auf

Grund der starken Variation der Beeinträchtigung mit der sichtbaren Anlagenzahl die Möglichkeit verschiedener Wirkstufen zugestanden (Wirkstufen bemessen wie in Kartenvariante 2, die nur den Einfluss der Windenergie beleuchtet). Dadurch wird erkennbar, dass sich große Aggregationen der Windenergie in der Nähe der Wirkräume anderer EE-Sparten befinden. Diese Gebiete erreichen dementsprechend die höchsten Wirkstufen (Abb. 41). Betrachtet man alternativ die Varianten der Karten, die für die visuellen Wirkungsbereiche der Windenergie die 15- bzw. die 60-fache Anlagenhöhe zugrunde legen, so fällt auf, dass wesentlichen Konzentrationsbereiche (rote Bereiche) gleich bleiben. Sie bestehen bereits in der 15er Variante und in der 60er Variante kommen keine neuen Bereiche hinzu. Lediglich Kombinationen von zwei EE-Sparten (orange Bereiche) variieren in der Häufigkeit ihres Vorkommens.

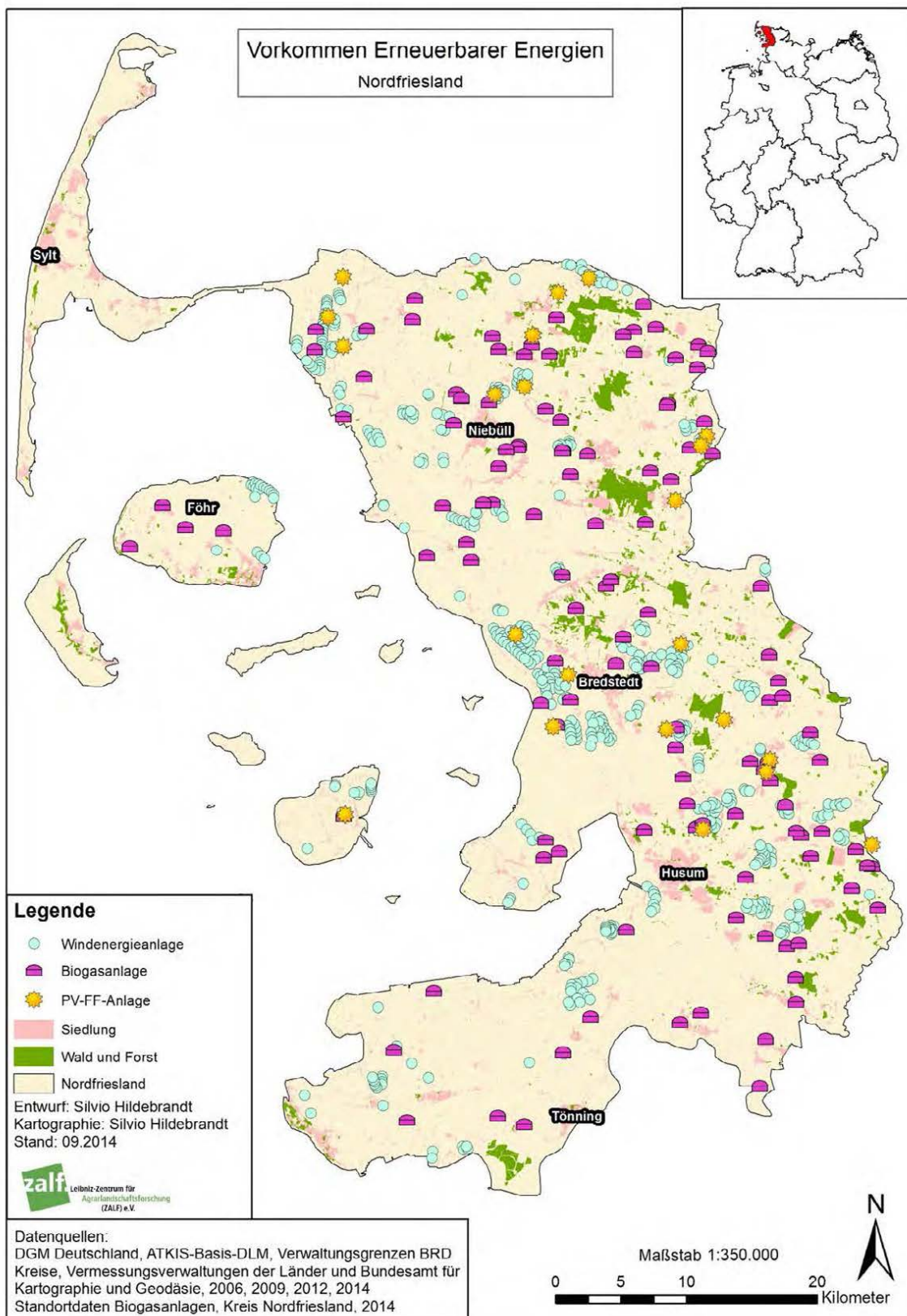


Abb. 38: EE- Anlagenstandorte in Nordfriesland

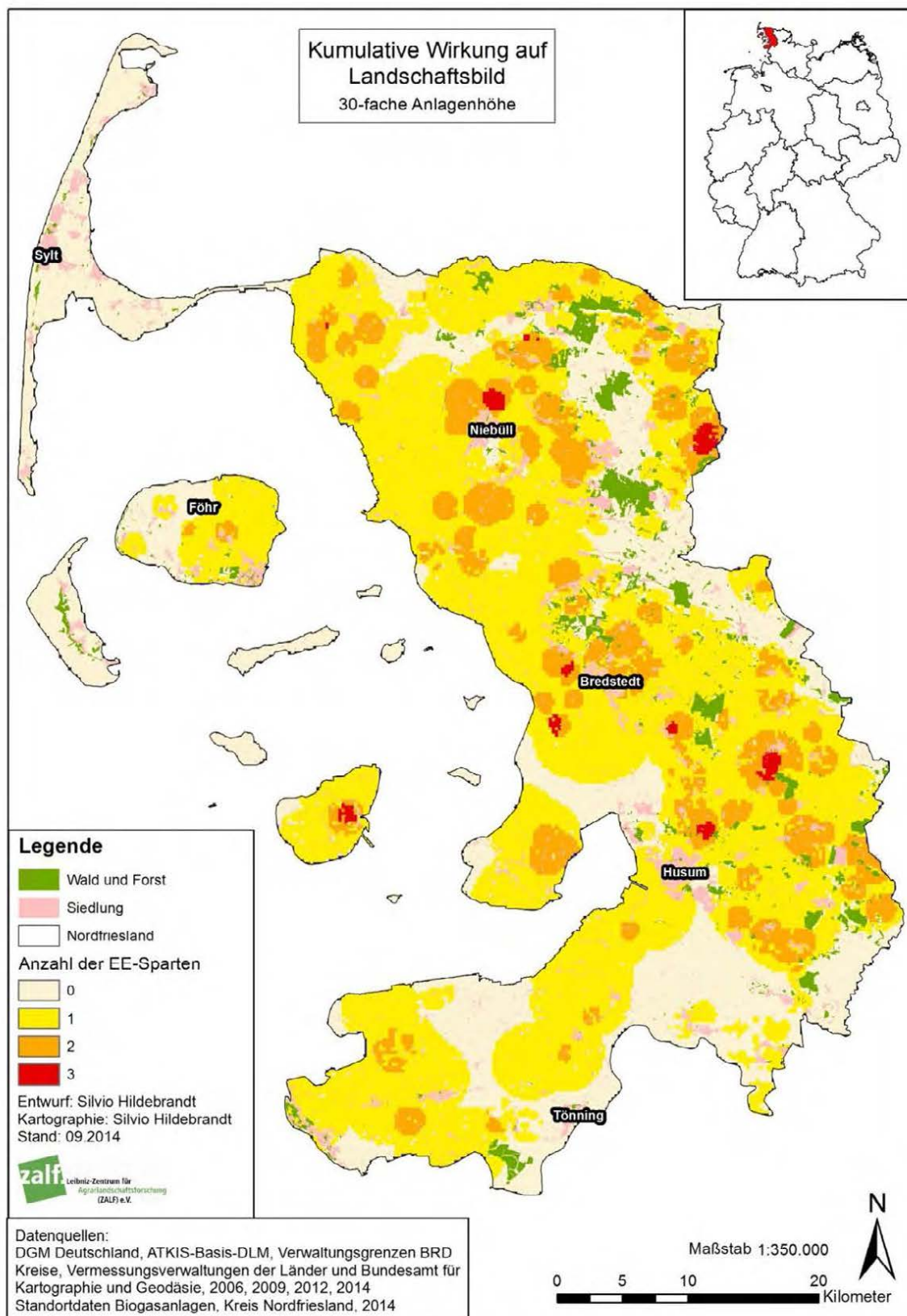


Abb. 39: Kumulative Wirkungen in Nordfriesland (EE-Sparten gleichgewichtet, Variante 1)

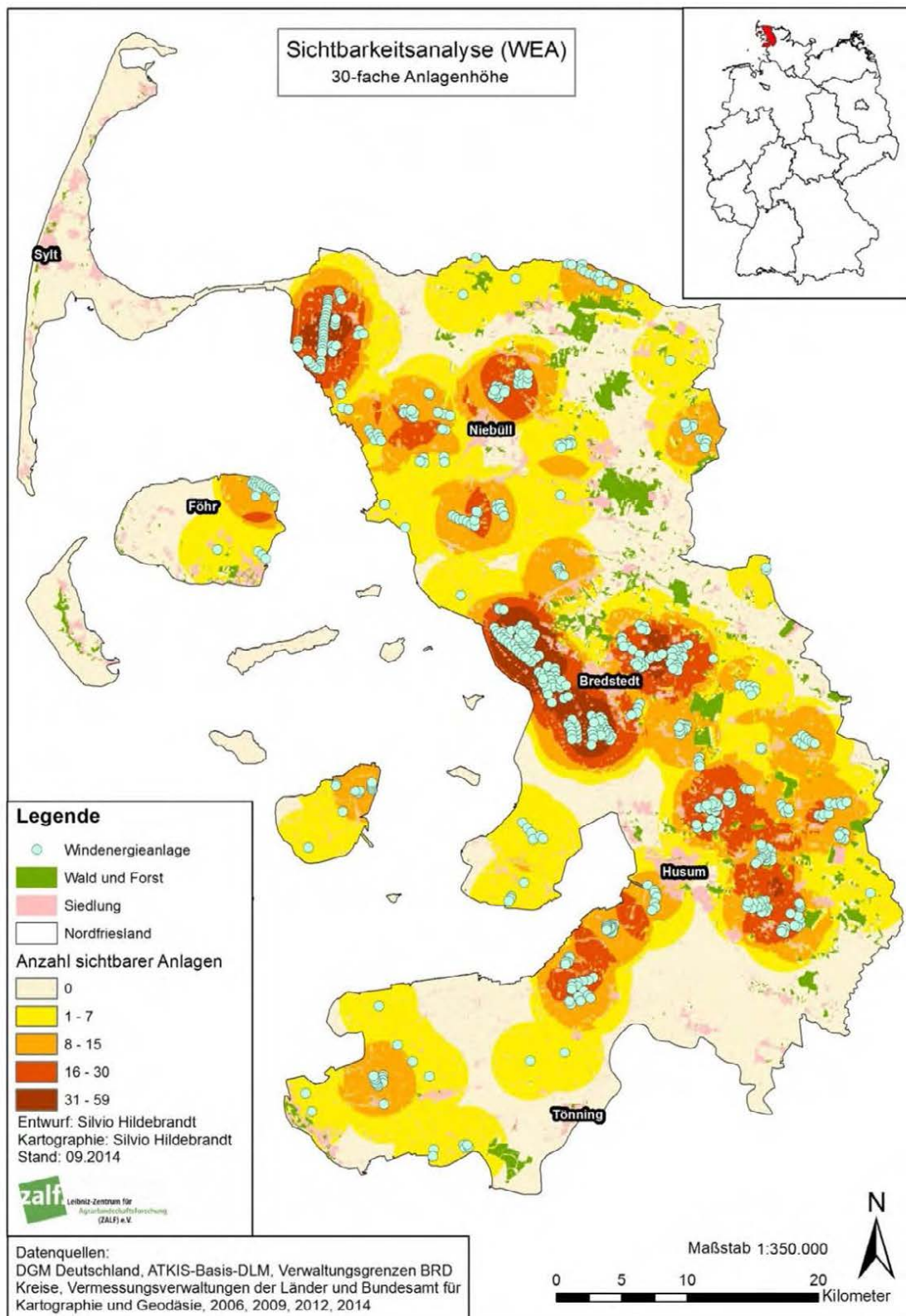


Abb. 40: Anzahl der sichtbaren Windenergieanlagen (Wirkbereich 30-fache Anlagehöhe, Var. 2)

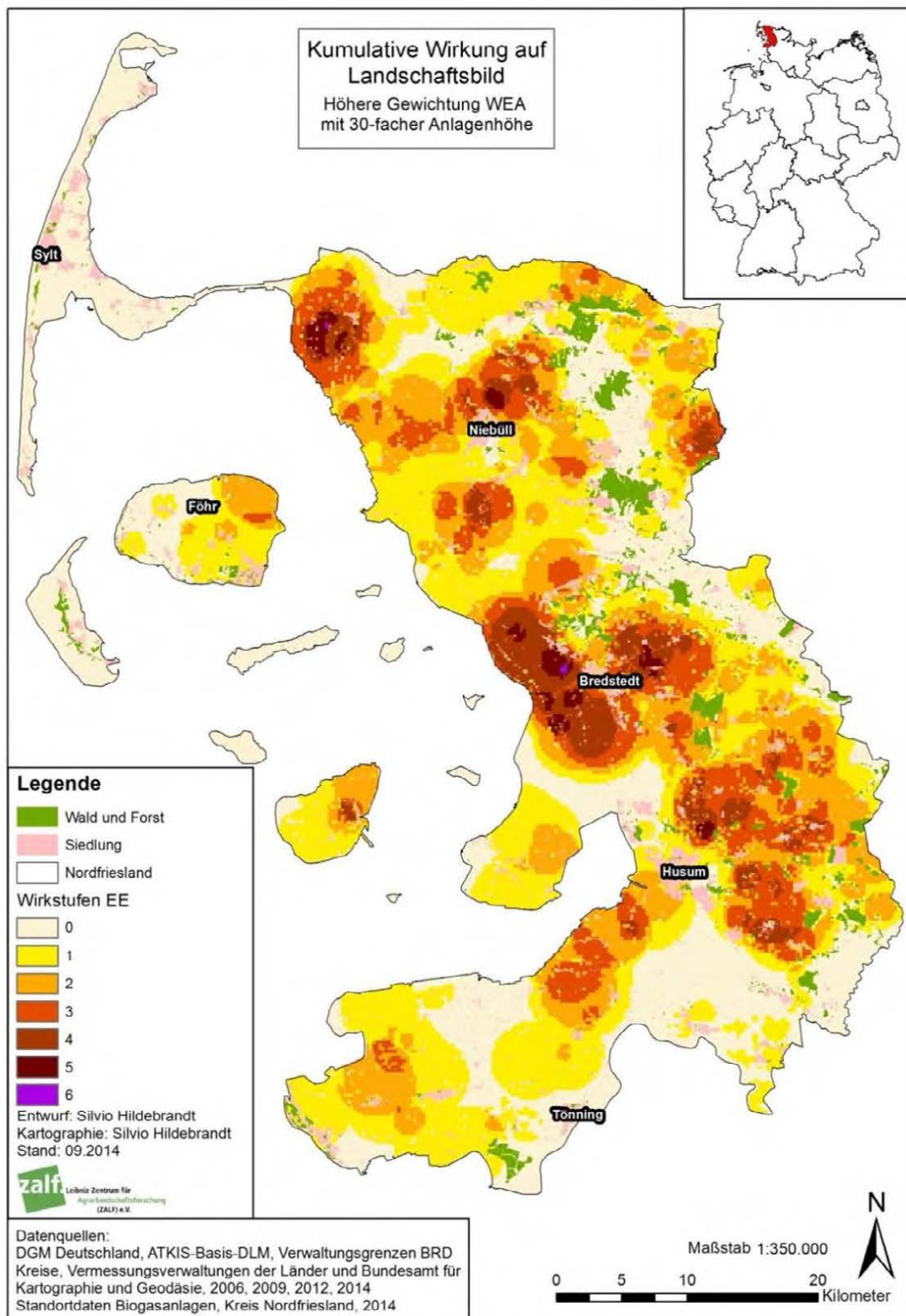


Abb. 41: Kumulative Wirkungen in Nordfriesland (Höhere Gewichtung der Windenergie durch mehrere Wirkstufen je nach Anzahl der sichtbaren WEA, Variante 3)

Begehung Nordfriesland

Im Rahmen einer Begehung wurden die Ergebnisse der Sichtbarkeitsanalysen für Nordfriesland stichprobenartig überprüft. Als Grundlage wurde in Bezug auf die Windenergie die Analyse benutzt, die den Abstand der 60-fachen Anlagenhöhe berücksichtigt.

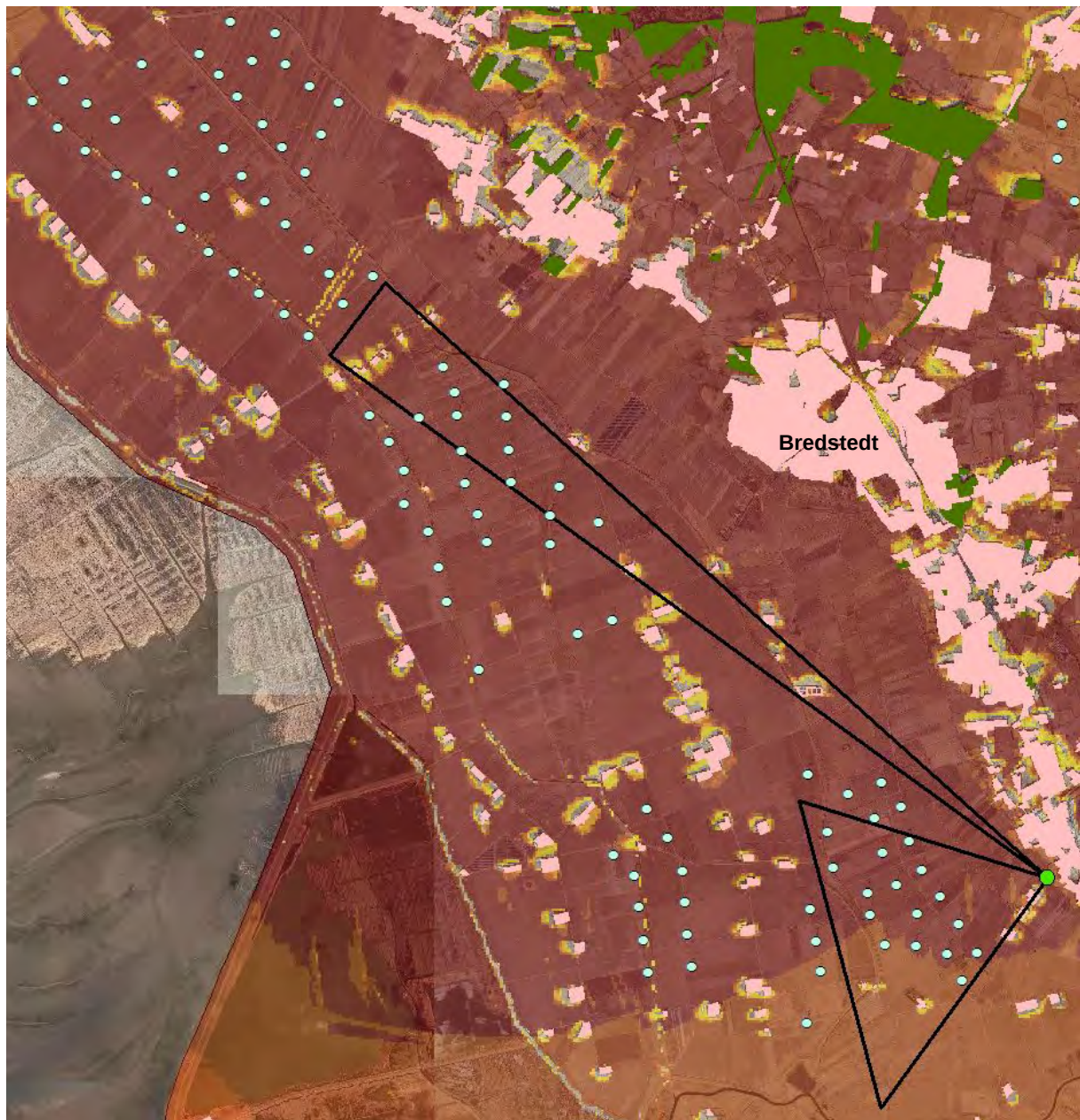


Abb. 42: Besichtigungspunkt 1 - Windpark Reußenköge westlich von Bredstedt

Der erste Besichtigungspunkt liegt westlich von Bredstedt am Rand des Windparks Reußenköge. Die nachfolgend auf Fotos abgebildeten Bildausschnitte sind in Abb. 42 in Form von Sichtkegeln dargestellt und sollen einen Eindruck von den in den Kartendarstellungen nur aus der Vogelperspektive beleuchteten Fallstudienräumen vermitteln. Die Sichtkegel gehen vom grün dargestellten Standort der Beobachter (Besichtigungspunkt) aus. Vom Stadtrand Bredstedts aus kann man den Windpark weit

überblicken. Wie in der Karte zum visuellen Einfluss der Windenergie zu erkennen sind dadurch große Mengen von WEA sichtbar (mehr als 60).



Abb. 43: Bildausschnitt von Sichtkegel A (Windpark Reußenköge westlich von Bredstedt)



Abb. 44: Bildausschnitt von Sichtkegel B (Windpark Reußenköge westlich von Bredstedt)

Trotz der geringen Durchschnittsgröße der Anlagen in Nordfriesland, sind diese durch ihre große Anzahl visuell sehr präsent (Abb. 43, Abb. 44).

Ein zweiter Besichtigungspunkt liegt an der Nordküste der Halbinsel Eiderstedt (Abb. 45).



Abb. 45: Besichtigungspunkt 2 - Nordküste der Halbinsel Eiderstedt bei Uelvesbüll

Am Beispiel von Abb. 46 sieht man die Sichtverschattung der nahen WEA durch eine Kirche und umliegende Vegetationsstrukturen. Rechts von der Kirche sind einige Rotorblätter erkennbar, die nur knapp über den Bäumen erscheinen. Die offenen Flächen in Nordfriesland ermöglichen eine weite Sicht, sofern sie nicht von nahen Strukturen wie Knicks verdeckt wird (Abb. 47).



Abb. 46: Bildausschnitt von Sichtkegel C (Nordküste der Halbinsel Eiderstedt bei Uelvesbüll)



Abb. 47: Bildausschnitt von Sichtkegel D (Nordküste der Halbinsel Eiderstedt bei Uelvesbüll)

Bei der Begehung fiel auf, dass in der Nähe von Biogasanlagen auch die Konzentration von Maisanbauflächen zunahm, wie in den Analysen angenommen. Die Sichtbarkeit von auf der Begehung passierten Freiflächenphotovoltaikanlagen war jedoch weitaus geringer als in den Analysen zunächst angenommen. Die liegt vor allem daran, dass sie durch ihre geringe Höhe im ebenen Relief auch von kleinen Vegetationsstrukturen effektiv verdeckt werden, die

in den Analysen keine Berücksichtigung fanden. Der maximale Wirkradius von FF-PV-Anlagen wurde daraufhin in den Analysen von den zunächst angenommenen 2.000 m auf 750 m (siehe Seite 80) verringert.

Sichtbarkeitsanalyse im Main-Tauber-Kreis

Die Sichtbarkeitsanalyse im Main-Tauber-Kreis wird auf Basis der in Tab. 17 genannten Quellen erstellt.

Tab. 17: Eingangsdaten der Sichtbarkeitsanalyse für den Main-Tauber-Kreis

Name	Quelle	Datenstand
Digitales Geländemodell für Deutschland	© Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2006
ATKIS Basis DLM (Digitales Landschaftsmodell für Deutschland)	© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2009
Verwaltungsgrenzen BRD Kreise	© Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2012)	2011
Orthophotos	© GeoBasis-DE/Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2014)	2012
Biogasanlagen (Main-Tauber-Kreis)	Landratsamt Main-Tauber-Kreis	2014
Windenergieanlagen (Main-Tauber-Kreis)	Landratsamt Main-Tauber-Kreis	2014
Freiflächenphotovoltaikanlagen (Main-Tauber-Kreis)	Eigene Erfassung anhand von Orthophotos	2012

Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, besteht die räumliche Analyse zum Schutzgut Landschaft aus drei einzelnen Komponenten (jeweils zu einer EE-Sparte), die dann überlagert werden. In diesem Kapitel werden die Einzelheiten erläutert, die es bei der Analyse des Main-Tauber-Kreises zu beachten galt.

Im Main-Tauber-Kreis standen die genauen Anlagenhöhen der WEA zur Verfügung. Dadurch war es möglich, spezifische Wirkradien für jede WEA in Abhängigkeit von der Anlagenhöhe zu definieren. Mit diesem maximalen Wert würde eine 150 m hohe Anlage 9 km weit wirken. Im Main-Tauber-Kreis gibt es derzeit nur eine Windenergieanlage, die mit 180 m Nabenhöhe größer als 150 m ist.

Der visuelle Wirkradius für Freiflächenphotovoltaikanlagen wurde auf 2.000 m gesetzt. Die visuelle Wirkung hängt bei Anlagen dieser Größe zu einem Großteil davon ab, ob der Beobachter aus einer erhöhten Position auf die Module schaut. FF-Photovoltaikanlagen in Hanglage können einen erheblich höheren Einfluss auf das Landschaftsbild ausüben, da sie mehr als großflächige Struktur wahrgenommen werden. Sieht man die Anlage von der Seite, z. B. nur die an den Rändern positionierten Module, fällt die Anlage weitaus weniger auf. Diese Unterschiede können jedoch nicht in die Analyse einbezogen werden. In ersterem Fall kann es sein, dass eine Anlage sogar deutlich weiter wirkt als 2.000 m, wie im Einzelfall von HERDEN et al. (2009) beschrieben. Im zweiten Fall könnten 2.000 m eine deutliche

Überschätzung sein. Bei der Befahrung des Projektgebietes wurde festgestellt, dass kleine, nicht erfasste Vegetationsstrukturen nicht so häufig vorkommen, wie dies in Nordfriesland der Fall ist. Der Wirkradius von 2.000 m wurde für den Main-Tauber-Kreis beibehalten.

Nachfolgend wird die Kartenvariante mit der 30-fachen Anlagenhöhe (WEA) abgebildet und erläutert. Varianten zur 15-fachen sowie 60-fachen Anlagenhöhe sind im Anhang zu finden. Zur besseren Übersicht wird noch einmal eine Karte mit dem Vorkommen von Anlagen erneuerbarer Energien im Fallstudienraum abgebildet (Abb. 48).

Durch das im Vergleich zu Nordfriesland weitaus geringere Aufkommen von EE-Anlagen im Main-Tauber-Kreis ist in deutlich weniger Gebieten das Landschaftsbild beeinflusst (gelbe Färbung). Da Windparks, Freiflächenphotovoltaikanlagen und Biogasanlagen im Main-Tauber-Kreis eher räumlich getrennt sind, gibt es Bereiche, die von mehreren EE-Sparten betroffen sind, nur vereinzelt (orange Bereiche) (Abb. 49). Der Haupteinfluss auf das Landschaftsbild wird durch die Windenergie verursacht. Die Windparks im Main-Tauber-Kreis bestehen aus weniger Einzelanlagen, die jedoch im Durchschnitt höher sind als in Nordfriesland (Abb. 50). Selbst wenn man der Windenergie jedoch mit zunehmender Anzahl eine höhere Gewichtung zugesteht, werden auf Grund des großen räumlichen Abstandes zu Anlagen anderer EE-Sparten keine höheren Wirkstufen erreicht (Abb. 51).

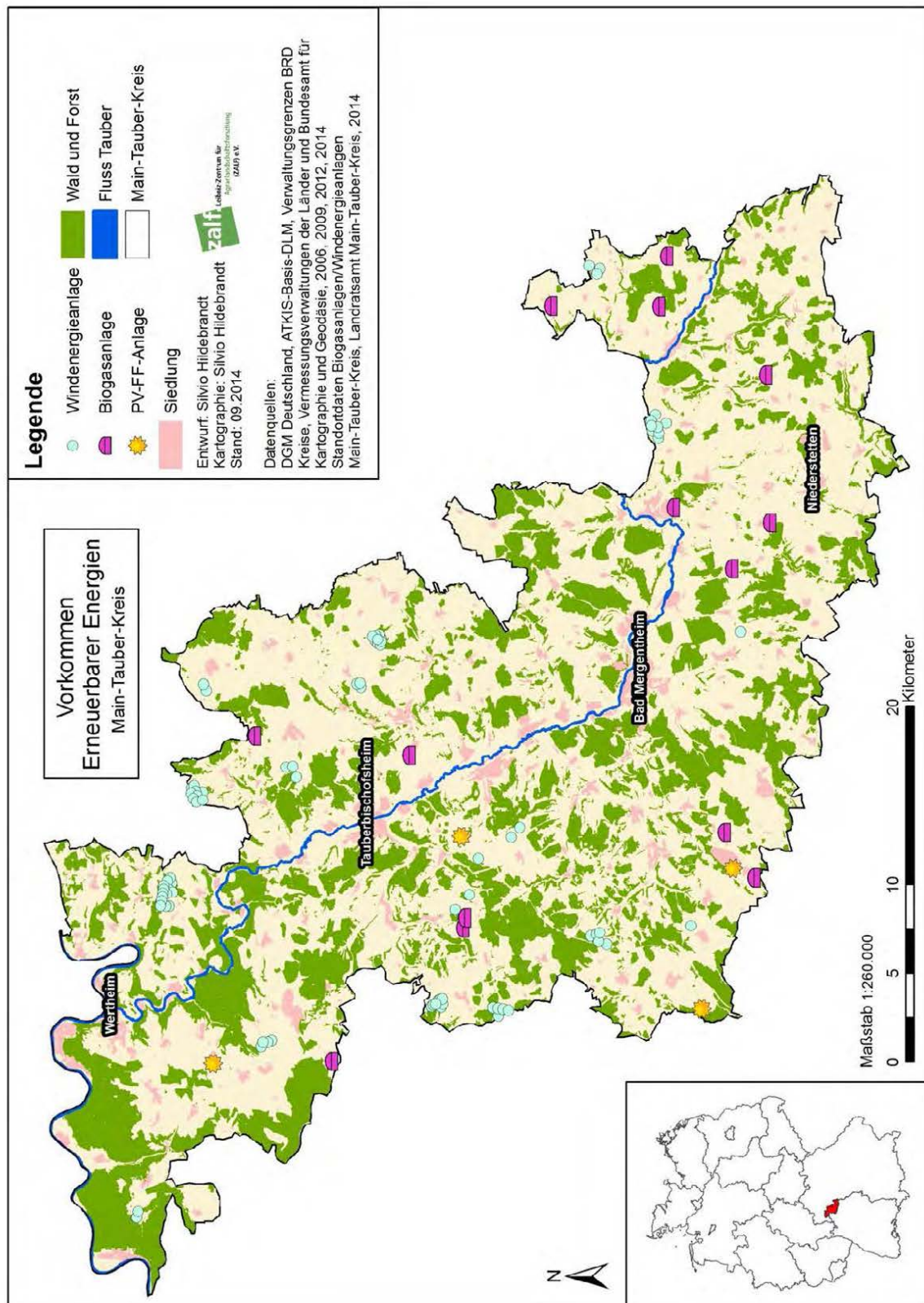


Abb. 48: Anlagenstandorte im Main-Tauber-Kreis

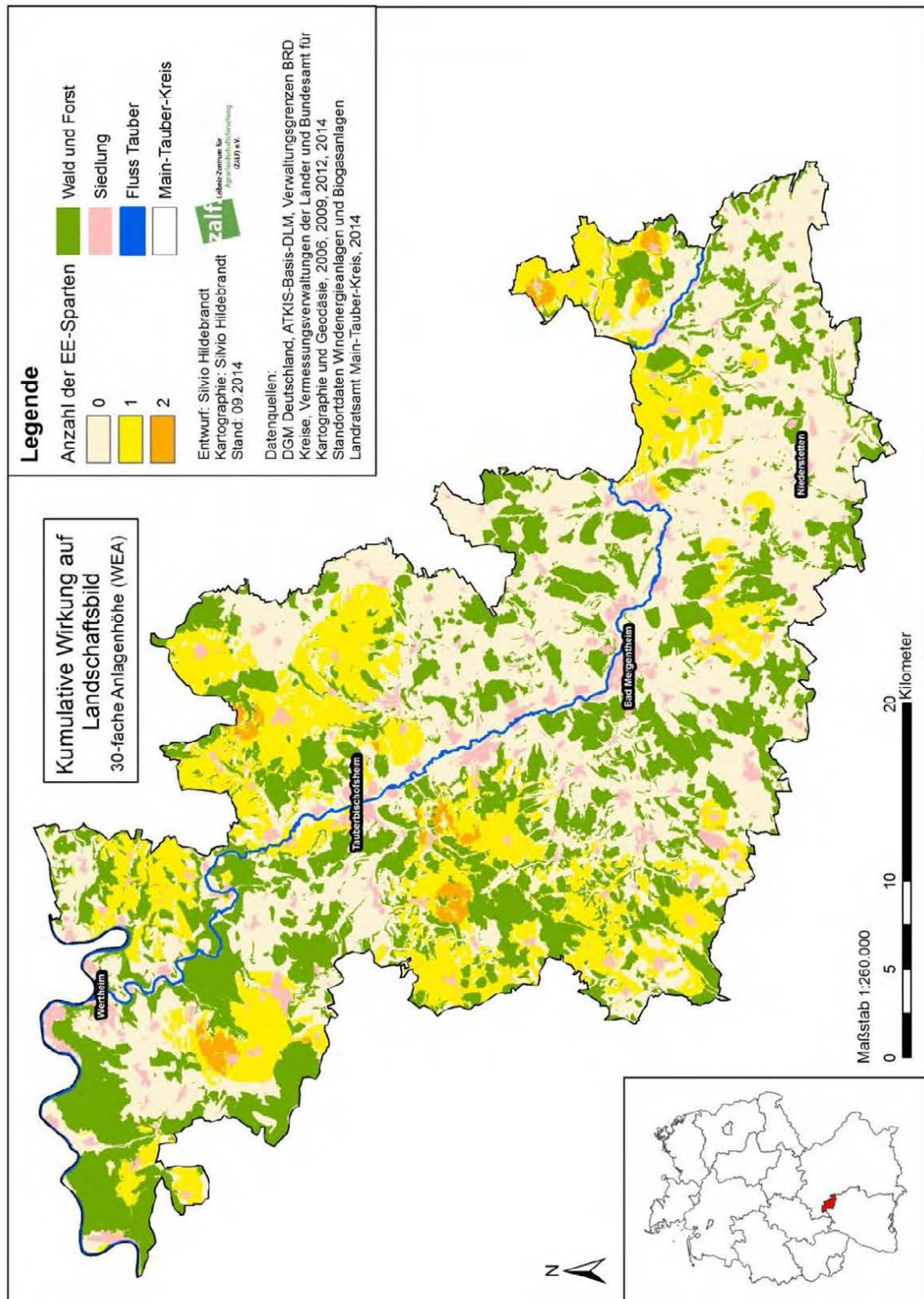


Abb. 49: Kumulative Wirkungen im Main-Tauber-Kreis (EE-Sparten gleichgewichtet)

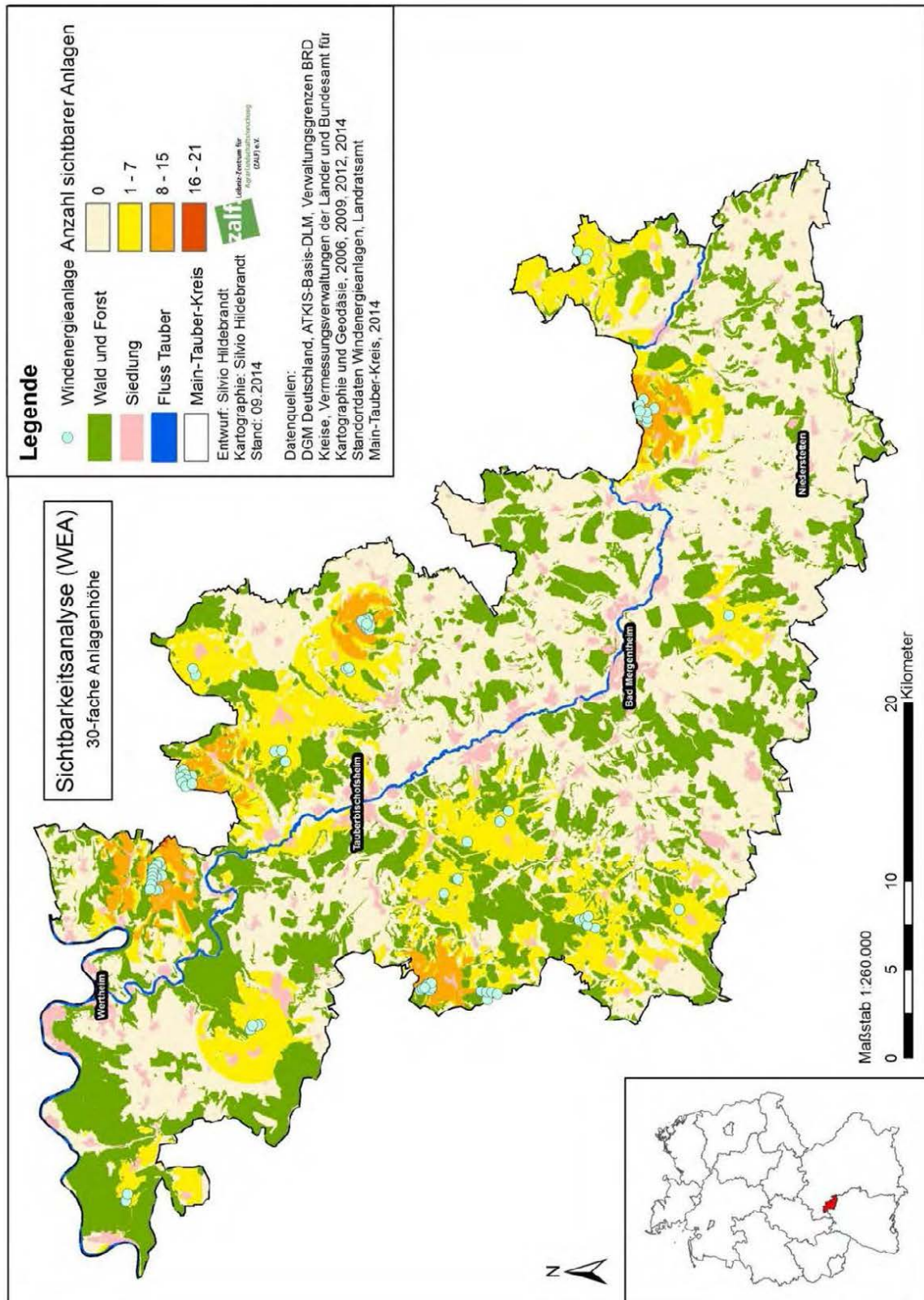


Abb. 50: Anzahl der sichtbaren Windenergieanlagen im Main-Tauber-Kreis (Wirkbereich 30-fache Anlagenhöhe)

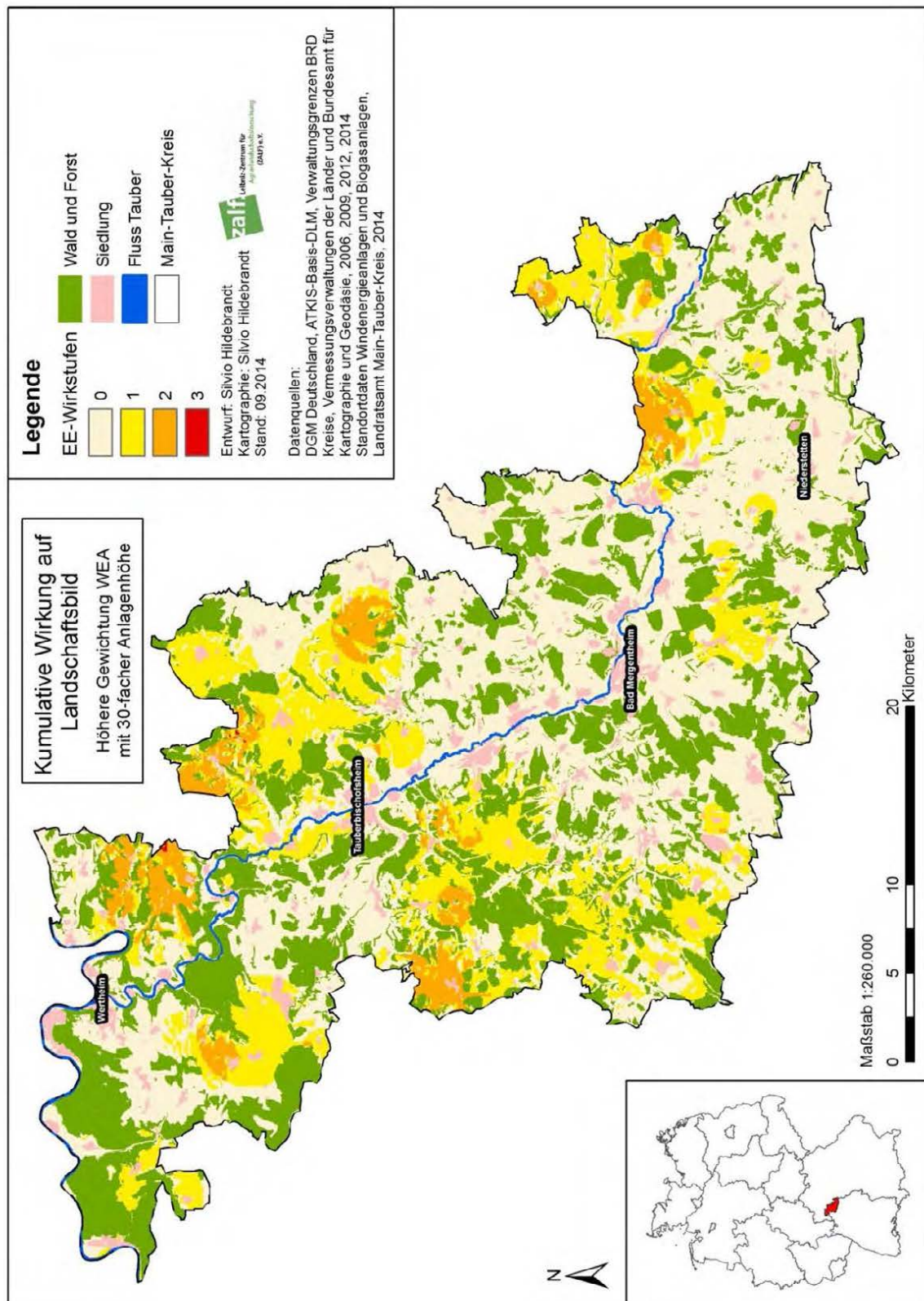


Abb. 51: Kumulative Wirkungen im Main-Tauber-Kreis (Höhere Gewichtung der Windenergie)

Begehung Main-Tauber-Kreis

Im Rahmen einer Begehung wurden die Ergebnisse der Sichtbarkeitsanalysen für den Main-Tauber-Kreis stichprobenartig überprüft. Der Besichtigungspunkt 1 (siehe Abb. 52) befindet sich an der Grenze von zwei gekennzeichneten Bereichen, von denen aus bis zu 15 (orange) und 16 (rot) Windenergieanlagen sichtbar sein sollten (bei Wirkradius von 60-facher Anlagenhöhe). Der rote Bereich liegt etwas höher als die umliegenden orange unterlegten Bereiche. Deshalb sind vom roten Gebiet aus alle 16 Anlagen im Umkreis sichtbar, während im orangen vereinzelte Anlagen durch einen Hügel verdeckt wurden.

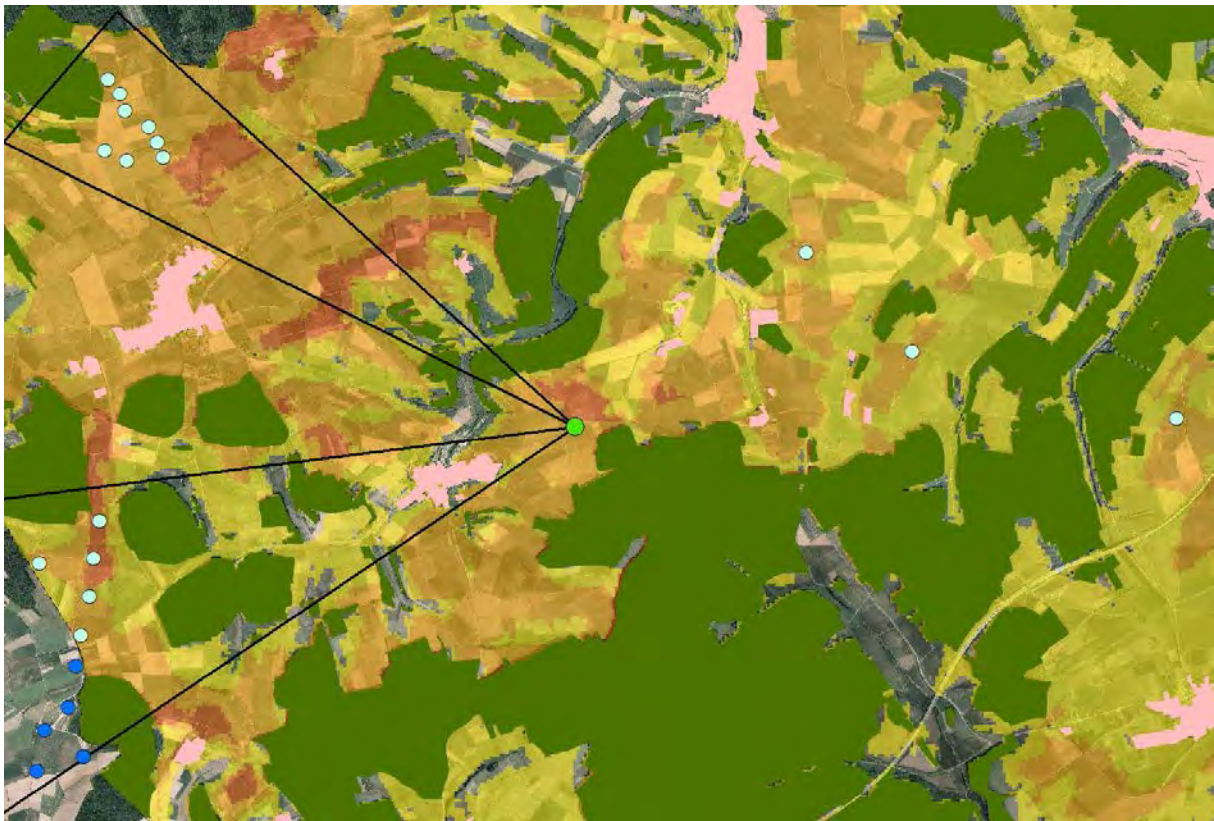


Abb. 52: Besichtigungspunkt 1 - Ackerfläche südlich von Gissigheim

In Abb. 53 sind Windenergieanlagen in einer Entfernung von rund 4 km westlich vom Besichtigungspunkt 1 zu sehen. Lediglich fünf der abgebildeten Anlagen befinden sich im Fallstudienraum. Die im Hintergrund zu sehenden Anlagen befinden sich im benachbarten Neckar-Odenwald-Kreis und wurden dementsprechend nicht bei den Sichtbarkeitsanalysen berücksichtigt (in Abb. 53 dunkelblau dargestellt). Die für den Main-Tauber-Kreis große Anzahl sichtbarer Anlagen am Besichtigungspunkt entsteht durch die freie Sichtlinie auf Ansammlungen von Windenergieanlagen im Norden (Abb. 54) und Osten. Am Beobachtungspunkt wurden darüber hinaus zwei Rotmilane gesichtet (Abb. 55).



Abb. 53: Bildausschnitt von Sichtkegel A (Ackerfläche südlich von Gissigheim)



Abb. 54: Bildausschnitt von Sichtkegel B (Ackerfläche südlich von Gissigheim)

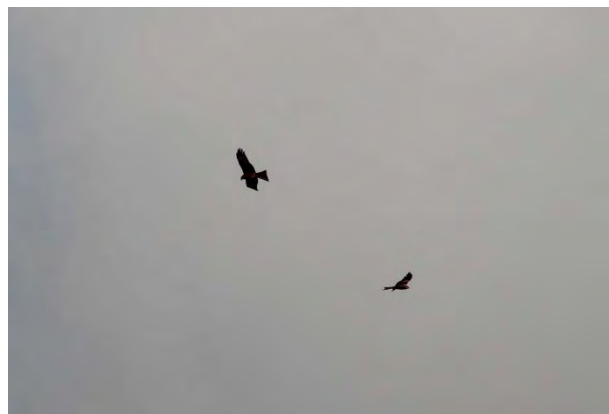


Abb. 55: Gesichtete Rotmilane bei Besichtigungspunkt 1 (Ackerfläche südlich von Gissigheim)

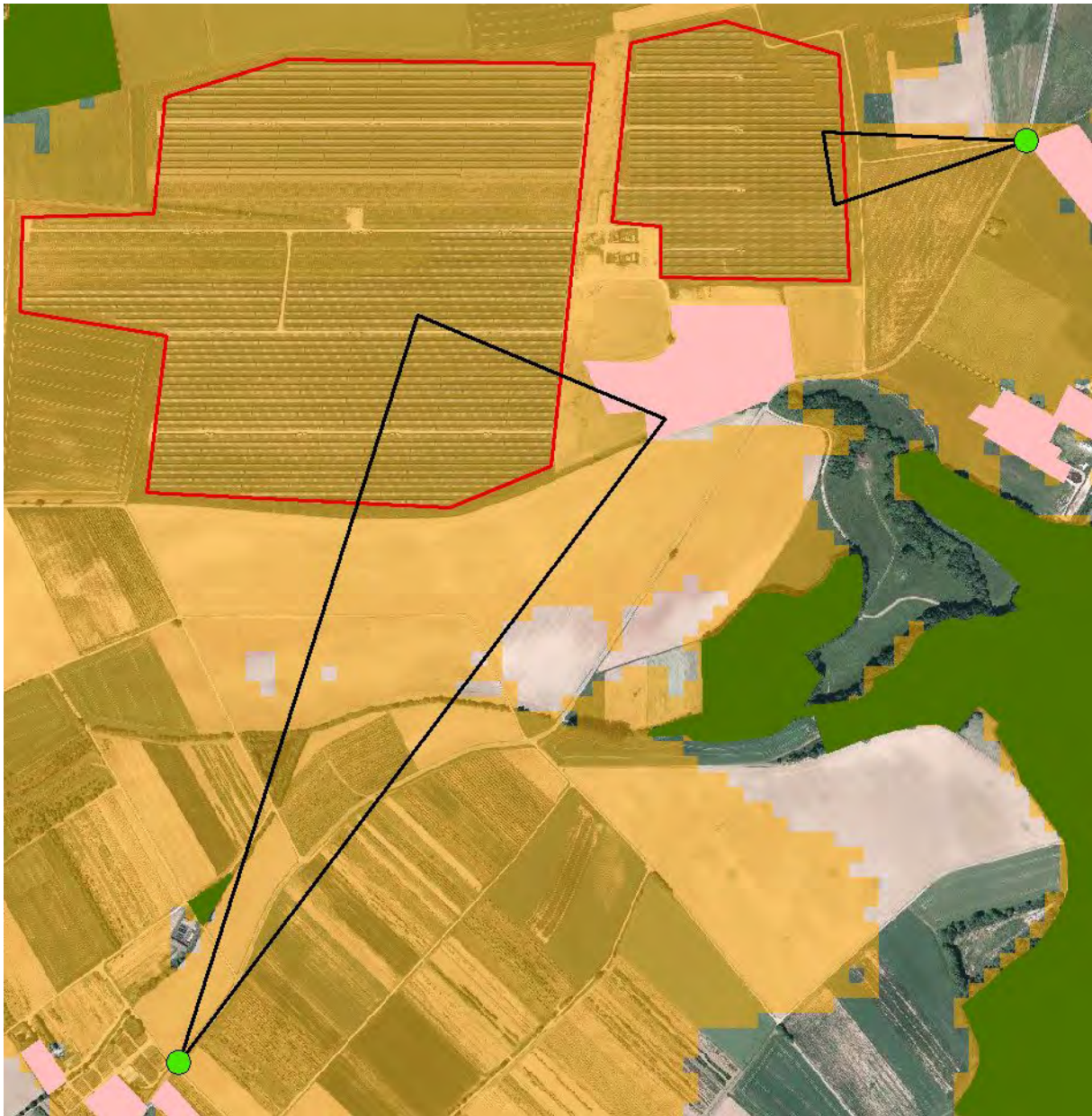


Abb. 56: Besichtigungspunkte 2 und 3 - FF-PV-Anlage Ernthof nördlich von Hundheim

Zweiter Anlaufpunkt der Begehung im Main-Tauber-Kreis war die Freiflächenphotovoltaikanlage Ernthof nördlich der Stadt Hundheim. Vom Besichtigungspunkt 2 (Abb. 56) am nördlichen Ortsausgang von Hundheim war die Anlage im Norden als große sich am Horizont erstreckende Fläche zu erkennen (Abb. 57). Da der Standort des Besichtigungspunktes leicht erhöht ist, wurde ein Großteil der Anlage nicht durch die davor befindlichen Vegetationsstrukturen verdeckt. Zusätzlich war eine Freileitung erkennbar, die in der Nähe der Freiflächenphotovoltaikanlage verläuft.

In Abb. 58 steht das dem Besichtigungspunkt 3 zugewandte Ende der Module auf einer Hügelkuppe. Dadurch ist nur eine Kante der gesamten Anlage zu erkennen, und der visuelle Einfluss sinkt stark. Ein Teil der Module wird zudem durch ein nahes Maisfeld verdeckt.



Abb. 57: Bildausschnitt von Sichtkegel C (Ernsthof nördlich von Hundheim)



Abb. 58: Bildausschnitt von Sichtkegel D (Ernsthof nördlich von Hundheim)

Letzter Anfahrtspunkt im Main-Tauber-Kreis war ein Windpark nahe Wertheim (Abb. 59). Bei der Anfahrt war ein Großteil des Windparks durch ein Waldstück verdeckt. Dementsprechend wurde das Gebiet, in dem sich der Standort befindet, gelb unterlegt. Nur die Rotorblätter der am nächsten liegenden Anlagen waren über den Bäumen zu erkennen (Abb. 60). Vom Besichtigungspunkt 5 aus war der gesamte Windpark sichtbar, von dem ein Teil in Abb. 61 dargestellt ist. Aufgrund von 14 sichtbaren Anlagen befindet sich der Besichtigungspunkt 5 im orange unterlegten Bereich. Folgt man der Straße entlang des betrachteten Windparks zu Besichtigungspunkt 6 bringt man eine erhöhte Fläche zwischen sich und einen Teil des Windparks (Abb. 62). Die Anlagen im Hintergrund verschwinden hinter der Hügelkuppe, sodass lediglich die Rotorblätter erkennbar sind. Insgesamt sind Teile von 13 der 14 Anlagen des Windparks auf dem Bild zu erkennen.

Generell wurden die Ergebnisse der Sichtbarkeitsanalyse durch die Beobachtungen vor Ort bestätigt. Allerdings lassen sich auf diese Weise lediglich Sichtverschattungen überprüfen, die durch die einberechneten Strukturen verursacht werden. Allgemeine Aussagen darüber, welcher Untersuchungsradius für die verschiedenen EE-Sparten anzuwenden ist, können durch die Begehungen allerdings nicht getroffen werden, da das Empfinden der visuellen Auswirkungen erneuerbarer Energien auf die Landschaft sehr subjektiv ist. Aus diesem Grund sind umfassende, empirische Untersuchungen notwendig, um den Einflussbereich der verschiedenen Sparten erneuerbarer Energien auf das Landschaftsbild zu überprüfen.



Abb. 59: Besichtigungspunkte 4, 5 und 6 - Windpark bei Wertheim



Abb. 60: Bildausschnitt von Sichtkegel E (Windpark bei Wertheim)



Abb. 61: Bildausschnitt von Sichtkegel F (Windpark bei Wertheim)



Abb. 62: Bildausschnitt von Sichtkegel G (Windpark bei Wertheim)

5.2 Zusammenstellung der Wirkungen der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft

Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung einer Wirkungsmatrix vorgestellt, mit deren Hilfe ein zusammenfassender Überblick über die von einzelnen EE-Sparten ausgehenden Wirkungen auf Natur und Landschaft möglich ist. Die Wirkungsmatrix erlaubt aufbauend auf der Darstellung der Einzelwirkung auch eine Ableitung möglicher kumulativer Wirkungen, die in einem Suchraum (siehe Kapitel 5.1) erwartet werden können. Die Erstellung der

Wirkungsmatrix erfolgt auf Basis einer Literaturanalyse beschriebener Einzelwirkungen der EE-Sparten auf Natur und Landschaft sowie anhand den Ergebnissen einer Expertenbefragung, die in den Fallstudienräumen (siehe Kapitel 4.4) durchgeführt wurde.

5.2.1 Literaturrecherche

Im Rahmen des Projektes wurde eine umfangreiche Literaturanalyse durchgeführt. Ziel war es, die bisher untersuchten Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft zusammenzustellen. Dabei wurden die Wirkungen in Abhängigkeit des beeinflussten Schutzgutes und der einwirkenden EE-Sparte differenziert.

Die Analyse zeigt, dass vorwiegend Wirkungen auf das Schutzgut Biodiversität und Landschaftsbild thematisiert werden und diese in erster Linie durch den Ausbau der Windkraft und die Zunahme des Energiepflanzenanbaus verursacht werden. Wirkungen, beeinflusst durch den Ausbau der Solarthermie, der kleinen Wasserkraft, der Geothermie und der Pumpspeicherwerke werden in der analysierten Literatur selten benannt. Diese EE-Sparten werden daher in der vorliegenden Untersuchung nicht weiter berücksichtigt, jedoch lässt dies nicht darauf schließen, dass nicht auch Wirkungen auf die Schutzgüter von diesen Sparten ausgehen können. Auf der Wirkungsseite werden Wirkungen auf den Wohn-Umfeld-Schutz und damit verbundene Belastungen des Wohlbefindens und der Gesundheit des Menschen nicht in die Betrachtung einbezogen, da der Untersuchungsgegenstand auf Natur und Landschaft konzentriert war. Eine tabellarische Übersicht der Ergebnisse der Literaturanalyse ist im Anhang aufgeführt.

Die Literaturanalyse zeigt im Bereich der **Windkraftnutzung** insbesondere Wirkungen auf die Schutzgüter Biodiversität und Landschaftsbild. Im Bereich der Biodiversität werden fast ausschließlich Wirkungen auf fliegende Arten wie Vögel und Fledermäuse thematisiert. Die wesentlichen Wirkungszusammenhänge betreffen:

- den Tod von Individuen durch Kollision mit den Anlagen,
- Störungen und resultierende Scheuch- und Meidewirkungen, die zu einem Lebensraumverlust führen können; allerdings wird bei einigen Arten auch von Gewöhnungseffekten ausgegangen,
- sowie weitere Beeinträchtigung von Lebensräumen durch Barriere- und Zerschneidungswirkungen, die damit ebenfalls wiederum Lebensraumverlust bedeuten können.

Zwischen verschiedenen Arten treten dabei gravierende Unterschiede in der Belastung durch Windkraftanlagen auf. So sind bspw. Rotmilane stark von Kollision betroffen, wohingegen andere Vogelarten wie z. B. Gänse und Krähen der Gefahr der Kollision weniger unterliegen (BUND 2011). Auch berichten einige Autoren von Gewöhnungseffekten, d.h. geringe Scheuchwirkungen bei einigen Vogelarten (z. B. Kormoran, Graureiher (KALUZA 2012a, 2012b)), andere Vogelarten scheinen sich jedoch kaum zu gewöhnen und meiden daher die entsprechenden Flächen. Angaben zu Kollisionszahlen und Meidungsabständen sind in Anhang 9.6 aufgeführt. Einige Fledermausarten sind regional ebenfalls stark von Kollision betroffen, von entsprechenden Gewöhnungseffekten wird nicht berichtet.

Das Landschaftsbild wird durch den Ausbau der Windkraft im Wesentlichen folgendermaßen beeinflusst:

- technischer Einfluss der Anlagen
- Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft durch die Anlagen (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust)
- Belastung der Erholungseignung

Ursächlich hierfür sind die Größe, die Bewegung sowie verursachte Geräusche und Befeuerung der Anlagen (BOSCH & PARTNER 2009; REINHARDT et al. 2004; RETTENMAIER 2011; HERDEN et al. 2012; PETERS et al. 2010; MENGEL et al. 2010), wodurch sie weit sichtbar sind und dominante Landschaftselemente darstellen. Zusätzlich zur großen Fernwirkung der Anlagen stören Anwohner sich häufig an den Geräuschen, die Getriebe und Rotoren verursachen, sowie dem Schattenwurf der bei einem flachen Sonnenstand weit reichen kann. Als Kriterien der Landschaftsbildbewertung (KÖHLER et al. 2000) sind in erster Linie die Eigenart und die Freiheit der Landschaft von Beeinträchtigung beeinflusst.

Wirkungen auf den Boden gehen von der Windkraft nur in geringem Maße aus. Es sind lediglich geringe Flächen für die Aufstellung der Masten notwendig, zusätzliche Flächen können für die Zuwegung erforderlich werden. In Bezug auf die genutzte Fläche können durch Windenergieanlagen hohe Strommengen, vor allem im Vergleich zu der Bioenergiebereitstellung, erzeugt werden (BUND 2011; PETERS et al. 2010; BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG 2010). Wirkungen der Windkraft auf die Schutzgüter Luft, Klima und Wasser werden in der betrachteten Literatur nicht angesprochen.

Wie bei der Durchführung intensiver Landbewirtschaftung im Allgemeinen, kann sich auch der Anbau von **Energiepflanzen** negativ auf die Schutzgüter des Naturschutzes auswirken. So kann das Schutzgut Biodiversität (Pflanzen- und Tierarten) durch Kontaktschäden mit Pflanzenschutzmitteln direkt (BOSCH & PARTNER 2013), aber insbesondere durch den Verlust an Lebensraum für Pflanzen- und Tierarten indirekt beeinflusst werden. So werden Lebensräume durch

- vermehrten Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln
- frühere und häufigere Ernte- bzw. Mahdtermine
- Inkulturnahme von Brachflächen
- Umbruch von Grünland
- Ausdehnung des Maisanbaus (Verengung von Fruchtfolgen bis zur Monokultur)

negativ beeinflusst. Besonders der vermehrte Anbau von Mais wird in der betrachteten Literatur häufig thematisiert. Maisanbauflächen erweisen sich als besonders erosionsanfällig und eignen sich für viele Vogelarten wenig als Brut- und Nahrungshabitat. Für Großvögel sind die dichten und hohen Maisfelder schlecht einsehbar und werden deshalb nur wenig als Jagdgrund genutzt. In die Diskussion Eingang gefunden haben jedoch auch der Anbau alternativer Kulturen für die Biogaserzeugung sowie der Anbau von Kurzumtriebsplantagen. Diese können bei entsprechender Gestaltung der Anbaumethode (z. B. KUP als „neue“ Strukturelemente in ausgeräumten Landschaften (MENGEL et al. 2010)) positive Wirkungen auf die Biodiversität haben.

Der Anbau von Energiepflanzen kann auch Auswirkungen auf das Landschaftsbild haben. So wirken insbesondere der Verlust an Kulturartenvielfalt, Zunahme der Wuchshöhe, sowie der Verlust an Grünland, extensiv genutzten Flächen und Strukturelementen negativ auf das Landschaftsbild (REINHARD & SCHEUERLEN 2004; BOSCH & PARTNER 2013; PETERS 2010;

PETERS et al. 2010; MENGEL et al. 2010). Die Anlagen wirken darüber hinaus durch ihren technischen Einfluss ebenfalls auf das Landschaftsbild (PETERS et al. 2010). Zu berücksichtigen ist auch, der mit dem Anbau von Energiepflanzen entstehende landwirtschaftliche Verkehr, der u. U. im Vergleich zur landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion (Zunahme von Maschinengröße und -gewicht, höhere Transportmassen bei Häckselguternte und Gärrestausbringung) ebenfalls Wirkungen auf das Landschaftsbild entfalten kann.

Die Wirkungen des Energiepflanzenanbaus auf den Boden können in Abhängigkeit der Ausgangssituation sowie Art und Gestaltung des Anbaus gravierend sein. So kann der Anbau von Energiepflanzen zu Bodenverdichtungen (REINHARDT et al. 2004; SCHLEGEL et al. 2005), Erosion (PETERS 2010; SCHLEGEL et al. 2005), Humusverlust (PETERS 2010), Eutrophierung (RETENMAIER 2011; NADAI & VAN DER HORST 2010), stofflichen Belastungen und Versauerung (RETENMAIER 2011; DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER LEOPOLDINA 2012; SCHLEGEL et al. 2005) führen. Allerdings können auch positive Effekte hinsichtlich der genannten Faktoren auftreten, wenn im Vergleich zur Ausgangssituation der Anbau unter natur- und umweltschutzfachlichen Gesichtspunkten z. B. durch die Diversifizierung der Fruchtfolge verbessert wird (SCHLEGEL et al. 2005).

Wirkungen des Energiepflanzenanbaus auf das Schutzgut Klima werden in der Literatur anhand gering positiver Treibhausgasbilanzen aufgeführt (RETENMAIER 2011). Belastungen des Schutzgutes Luft werden nicht genannt, wobei z. B. durch den ansteigenden landwirtschaftlichen Verkehr durchaus auch Wirkungen auf die Luft z. B. in Form von Feinstaubbelastungen möglich sind. Bzgl. des Schutzgutes Wasser werden Grundwasserabsenkungen durch Beregnung (DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER LEOPOLDINA 2012), die Zunahme des Anbaus von Kulturen mit einem hohen Wasserbedarf (NADAI & VAN DER HORST 2010) sowie Einträge von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Gewässer (DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER LEOPOLDINA 2012) thematisiert.

Auswirkungen auf die Biodiversität gehen auch vom Ausbau der **Freiflächenphotovoltaik** aus. Allerdings wird trotz der Thematisierung der Belastung durch Lärm (Wechselrichter, Trafos,...), Licht-Reflexionen der Module, elektromagnetischen Feldern, Veränderung von Lebensraumeigenschaften (HERDEN et al. 2009; REINHARDT et al. 2004; PETERS et al. 2010) nur von geringen Wirkungen auf die Fauna ausgegangen. Vielmehr werden auch positive Wirkungen durch Sitzmöglichkeiten für Sing- und Greifvögel und Nahrungshabitate durch schneefreie Flächen unter den Modulen aufgezeigt. Denkbar ist jedoch, dass sich die Flächen durch die schlechte Einsehbarkeit in die Anlagen nicht als Jagdgebiet für Greifvögel eignen. Beschrieben werden auch Lockwirkungen auf Insekten, wobei meist keine negativen Folgen entstehen (HERDEN et al. 2009), und Lebensraumverlust durch Einzäunung der Anlagen für Großsäuger. Diesbezüglich wurde jedoch in der Vergangenheit durch Abstände der Einzäunung zum Boden schon gegengesteuert. In einer intensiv genutzten Agrarlandschaft könnten Freiflächenphotovoltaikanlagen insgesamt durch ihre geringe Störungsintensität positiv auf bestimmte Arten wirken.

Auf das Landschaftsbild wirken Freiflächenphotovoltaikanlagen vor allem durch den technischen Einfluss und die Einzäunung (HERDEN et al. 2009; REINHARDT et al. 2004; BOSCH & PARTNER 2013a; RETENMAIER 2011; PETERS et al. 2010; MENGEL et al. 2010). Durch ihre weiträumigen Flächenansprüche haben sie das Potential einen großen Teil des Blickfeldes eines Beobachters einzunehmen. Allerdings wirken Photovoltaikmodule durch ihre geringe

Höhe weniger weit als WEA und werden leicht durch Vegetation und andere kleinere Strukturen verdeckt. Auch kommen sie weniger häufig vor als Windenergieanlagen, wodurch Freiflächenphotovoltaikanlagen weniger öffentlichen Widerstand bei der lokalen Bevölkerung hervorrufen.

Als Wirkungen von Freiflächenphotovoltaikanlagen auf den Boden werden Veränderung des Wasserhaushalts unter den Modulen bzw. durch von den Modulen abfließendes Wasser (Erosion) genannt (HERDEN et al. 2009). Des Weiteren treten direkte Versiegelungen und Flächenverluste nur in geringem Umfang auf (HERDEN et al. 2009). Beeinflussend auf den Boden kann zusätzlich die notwendige Zuwegung wirken (REINHARDT et al. 2004). Wirkungen auf das Klima und die Luft gehen von Freiflächenphotovoltaikanlagen in einem sehr kleinräumigen Maßstab durch Erwärmung und entsprechend aufsteigende Luft im Nahbereich der Module aus (HERDEN et al. 2009). Das Schutzgut Wasser wird von Freiflächenphotovoltaikanlagen dadurch beeinflusst, dass die Flächen unterhalb der Module bei Regen trocken bleiben und einige Flächen durch die Versiegelung der Wasserversickerung nicht mehr zur Verfügung stehen (REINHARDT et al. 2004).

Beeinflussungen durch den **Netzausbau** (insbesondere durch Freileitungen) werden in der analysierten Literatur nicht ausführlich betrachtet. Genannt werden Auswirkungen auf die Biodiversität durch Kollision und Stromschlag bei Drahtanflug, wobei hohe Opferzahlen geschätzt werden (BOSCH & PARTNER 2009). Des Weiteren wird auch der Lebensraumentzug durch die Trassenführung und Gefahren des Windbruchs bei Trassenführung durch Wald angesprochen.

Wirkungen des Netzausbaus auf das Landschaftsbild werden in der analysierten Literatur ebenfalls kaum beschrieben. Dennoch ist davon auszugehen, dass der Netzausbau ähnlich wie Windkraftanlagen auf das Landschaftsbild wirkt. Maßgeblich sind der technische Einfluss, die Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft und die Belastung der Erholungseignung. Im Gegensatz zu Windkraftanlagen wirken Freileitungen vor allem durch die Größe und die technische Ausprägung, Bewegung und Befeuerung spielen im Vergleich zur Windkraft keine Rolle.

Wirkungen des Netzausbaus auf die Schutzgüter Boden, Klima, Luft und Wasser wurden in der analysierten Literatur nicht benannt. In Bezug auf das Schutzgut Boden ist davon auszugehen, dass geringe Flächen für die Maststandorte versiegelt werden und des Weiteren Wirkungen in Abhängigkeit der Art der Trassenpflege entstehen.

Zusammenfassend zeigt die Literaturanalyse, dass eine Vielzahl von Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft beschrieben sind. Dabei überwiegt die Darstellung von Wirkungen auf die Biodiversität und das Landschaftsbild. Des Weiteren wurden die Wirkungen auf das Schutzgut Boden im Zusammenhang mit dem Anbau von Energiepflanzen thematisiert. Obwohl eine sehr umfangreiche Literatur zu den Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft vorliegt, existieren jedoch weitere offene Fragestellungen. Dies betrifft z. B. neben der deskriptiven Beschreibung einzelner Wirkungen, die Darstellung von Wirkungszusammenhängen, so z. B. Welche Parameter beeinflussen die Entstehung von Gewöhnungseffekten?, Lassen sich objektive Angaben bzgl. der Erheblichkeit der Belastung ableiten?.

Die dargestellten Ergebnisse der Literaturanalyse wurden in eine Wirkungsmatrix integriert. Für jedes Schutzgut wurde eine Matrix entwickelt, die die von den verschiedenen EE-

Sparten ausgehenden Wirkungen im Überblick zeigt. Beispielhaft ist als Tab. 18 die Matrix für das Schutzgut Biodiversität dargestellt. Die Matrix erlaubt einen raschen Überblick über die von den erneuerbaren Energien ausgehenden Wirkungen auf die Biodiversität, die in der analysierten Literatur beschrieben sind. Die vollständigen Matrizen sind im Anhang 9.7 zu finden. Weitere Erkenntnisse können zukünftig in die erstellte Matrix integriert werden.

Tab. 18: Entwurf einer Wirkungsmatrix für das Schutzgut Biodiversität

Wirkungen			Windkraft	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Freiflächenphotovoltaik
Vernichtung/ Tod/ Schädigung	Kollision		Kollision (Vögel, Fledermäuse)		(Aussagen bei Vögeln uneinheitlich)
	Kontakt-schaden	Schädigung der Arten durch Kontakt mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln			
	Versiegelung	durch Wege, Standorte der Anlagen			Versiegelung (Anlagenstandort) - direkte Vernichtung
	Immissions-belastung	Eintrag von Schadstoffen in Lebensräume wie Boden und Gewässer		direkte Schädigung (entweichendes Gas, Gärreste - Havariefall)	
Lebensraum-verlust / -gewinn	Störung	Scheuch- und Meidungswirkung/Lockwirkung (Bauwerke, Bewegung, Geräusche der Anlagen)	Scheuch- und Meidungswirkung - Lebensraumverlust (Vögel, Fledermäuse)	Scheuch- und Meidungswirkung (Betriebslärm, Verkehr, Geruch) - Lebensraumverlust	
		Gewöhnung	Neutral: Gewöhnung (Vögel)		Neutral: Lockwirkung (Erwärmung der Module) (Insekten)
		Einsatz schwerer Maschinen/ Nutzungs- und Überrollhäufigkeit		Störung (Zeitpunkt und Häufigkeit des Maschineneinsatzes) - Lebensraumverlust	
	Veränderung des Flächen-zustandes	Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Inkulturnahme, Vernichtung Landschaftselemente, Umbruch Grünland)		Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Inkulturnahme, Grünlandumbruch, Konkurrenz zu AUP) - Lebensraumverlust	Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Veränderung Flächenstruktur für Offenlandarten) - Lebensraumverlust
		Intensivierung der Flächennutzung (Acker, Grünland) Eutrophierung Fruchtfolgegestaltung (z.B. Verengung von FF)		Intensivierung Flächennutzung (Veränderung Flächen- und Habitateigenschaften) (Nährstoffeintrag, Änderung Anbauspektrum Verengung von FF bis zur Monokultur; Schlagvergrößerung) - Lebensraumverlust	
		Extensivierung der Flächennutzung (Erweiterung der Fruchtfolge, Anbau alter Sorten,...)		Positiv: Lebensraumgewinn (Veränderung Flächen- und Habitateigenschaften) (Erweiterung von FF, Änderung Anbauspektrum)	Positiv: Gewinn naturschutzrelevanter Flächen (Extensivierung Flächennutzung - Nahrungsquelle, wenig Störungen; Module als Singwarte, Nistplatz, Jagdansitz) - Lebensraumgewinn (Vögel, Groß- und Mittelsäuger, Insekten)

Wirkungen			Windkraft	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Freiflächenphotovoltaik
Barriere- wirkung/ Zer- schneidung von Lebens- räumen		Beeinträchtigung von Lebensräumen (Verkleinerung, Zersplitterung, Beseitigung von „Trittsteinen“, Vergrößerung der Schläge, horizontale, vertikale Barrieren durch Anlagen	Barrierewirkung/ Zerschneidung (u.a. Störung Vogelzug)	Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau/Anlage, Schlaggröße, Monokulturen)	Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau, Einzäunung) (Groß- und Mittelsäuger, Insekten)

5.2.2 Experteninterviews

In den Fallstudienräumen wurden leitfadengestützte Interviews (siehe Kapitel 1.2) mit verschiedenen Akteuren durchgeführt, die in den Ausbau der erneuerbaren Energien involviert bzw. davon betroffen sind. Im Rahmen der Befragung wurden wahrgenommene Wirkungen der einzelnen EE-Sparten im jeweiligen regionalen Kontext thematisiert (Tab. 19). Dabei wurden der Ausbau der Windkraft am häufigsten genannt, gefolgt von Wirkungen des Energiepflanzenanbaus, vorwiegend für die Erzeugung von Biogas. Dabei wurden die Interviews in der Untersuchungsregion Main-Tauber-Kreis dominiert von Aussagen bzgl. der Wirkungen des Windkraftausbaus, während in der Untersuchungsregion Nordfriesland die Wirkungen des Biomasseanbaus und auch des Netzausbaus ebenfalls stark thematisiert wurden.

Tab. 19: Anzahl Nennungen der wahrgenommenen Wirkungen der einzelnen EE-Sparten auf Natur und Landschaft

	Main-Tauber Kreis	Nordfriesland
Energiepflanzenanbau (vorwiegend Mais) zur Biogaserzeugung	27	51
Sonstige Biomassenutzung z. B. Kurzumtriebsplantagen	2	1
Netzausbau	3	32
Photovoltaik (Dachfläche)	6	8
Photovoltaik (Freifläche)	12	16
Windkraft	58	88

Die Nennung der Wirkungen, die am häufigsten in den jeweiligen Untersuchungsregionen thematisiert wurden, sind in Tab. 20 aufgeführt.

Tab. 20: Genannte Wirkungen in Abhängigkeit der Untersuchungsregion

	Main-Tauber Kreis	Nordfriesland
Energiepflanze- nanbau (vorwiegend Mais) zur Biogaserzeugung	Zunehmender Verkehr Landschaftsbild: Zunehmender Anbau von Mais jedoch auf geringem Niveau	Zunehmender Verkehr Beeinflussung der Biodiversität (allg.) Landschaftsbild: Zunehmender Anbau von Mais
Netzausbau		Wirkungen auf das Landschaftsbild
Photovoltaik (Dachfläche)		Landschaftsbild: Zubau an PV- Hallen
Photovoltaik (Freifläche)	Flächen-„verlust“	Wirkungen auf das Landschaftsbild
Windkraft	Wirkungen auf das Landschaftsbild Soziale Effekte Wirkungen auf den Wohn-Umfeld- Schutz	Wirkungen auf die Biodiversität Einkommensmöglichkeiten Wirkungen auf das Landschaftsbild

Zwar wurden die Befragungsergebnisse nicht explizit hinsichtlich Aussagen zur Akzeptanz ausgewertet, jedoch deuten die Antworten der Befragten auf Akzeptanzunterschiede beim Ausbau der erneuerbaren Energien zwischen den Untersuchungsregionen hin:

- insbesondere der Windkraftausbau im Landkreis Main-Tauber erfährt wenig Akzeptanz,

- dem Ausbau der erneuerbaren Energien wird im Allgemeinen in Nordfriesland eine relativ große Akzeptanz entgegengebracht, kritische Aspekte jedoch angesprochen und sehr reflektiert diskutiert.

Trotz unterschiedlicher Ausbaustände stellt sich die Akzeptanz des Ausbaus in den ausgewählten Untersuchungsregionen damit sehr verschiedenartig dar. Dies wirft auch die Frage nach Bewertungskriterien auf Grundlage der individuellen/subjektiven Bewertung von Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf. Da Wirkungen in einem regionalen Zusammenhang entstehen, erscheint auch deren individuelle/subjektive Bewertung überwiegend in einem regionalen Zusammenhang möglich zu sein. Regionale Charakteristika wie z. B. das Relief, der Waldanteil, die infrastrukturelle Prägung, die Landnutzung, die Biotopausstattung u. a. beeinflussen regional die Bewertung der Wirkungen durch den Ausbau der erneuerbaren Energien.

Tab. 21: „Projektspezifische“, im Rahmen der Leitfadeninterviews formulierte Wirkungen der EE-Sparten

EE-Sparte	Wirkung
Biogasanlagen, Energiepflanzenanbau (Biogas)	Landschaftsbild: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen, Eintönigkeit in der Landschaft durch Verengung von Fruchtfolgen, Grünlandumbruch, Schlagvergrößerung; Verkehr, störende Gerüche, Ernte bei Flutlicht Luft/Klima: Stickstoffemissionen, Geruchsemissionen
Photovoltaik (Dachfläche)	Landschaftsbild: technischer Einfluss der Anlage – Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit (weite Sichtbarkeit)
Photovoltaik (Freifläche)	Biodiversität: Gewinn von Habitaten durch die Bereitstellung von Ausgleichsflächen Landschaftsbild: Verlust von Strukturelementen in der Landschaft, "Momentercheinung" - nur im Moment des Vorbeifahrens sichtbar
Windkraft	Biodiversität: Gewinn von Habitaten durch die Bereitstellung von Ausgleichsflächen Landschaft: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen, evtl. Verlegung von Hecken (Knickverschiebungen) durch Zuwegung, Windkraft im Wald – Waldfläche als Ausgleich, Zunahme des Waldanteils, Ausgleichsflächen als "neue", natürliche Elemente in der Landschaft, „Zusammenziehen“ der Landschaft (Entfernungen zwischen verschiedenen Punkten werden einschätzbar)

Die Befragungsergebnisse zeigen eine Vielzahl formulierter Wirkungen, wobei einige bisher nicht in der analysierten Literatur beschrieben sind. Diese sind in Tab. 21 aufgeführt und werden im Weiteren als projektspezifische Wirkungen gekennzeichnet.

Die projektspezifischen Wirkungen wurden in die, im Rahmen der Literaturanalyse erstellten Wirkungsmatrix integriert und ergänzen diese um Wirkungen, die in der analysierten Literatur nicht beschrieben wurden. In der Matrix sind die projektspezifischen Wirkungen mit „I“ (Interview) gekennzeichnet.

Tab. 22: Wirkungsmatrix für das Schutzgut Biodiversität ergänzt um Interviewergebnisse (Gekennzeichnet durch „I“)

	Wirkungen		Windkraft	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Freiflächenphotovoltaik
Vernichtung/ Tod/	Kollision		Kollision (Vögel, Fledermäuse)			(Aussagen bei Vögeln uneinheitlich)
Schädigung	Kontakt-schaden	Schädigung der Arten durch Kontakt mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln durch Wege, Standorte Anlage				
	Versiegelung					Versiegelung (Anlagenstandort) - direkte Vernichtung
	Immissions-belastung	Eintrag von Schadstoffen in Lebensräume wie Boden und Gewässer		direkte Schädigung (entweichendes Gas, Gärreste - Havariefall)		
Lebens-raum-verlust / -gewinn	Störung	Scheuch- und Meidungswirkung/Lockwirkung (Bauwerke, Bewegung, Geräusche der Anlagen)	Scheuch- und Meidungswirkung - Lebensraumverlust (Vögel, Fledermäuse)	Scheuch- und Meidungswirkung (Betriebslärm, Verkehr, Geruch) - Lebensraumverlust		
		Gewöhnung	Neutral: Gewöhnung (Vögel) I: Gewöhnung (Vögel), Brutplatz in Gondel (Turmfalke)			Neutral: Lockwirkung (Erwärmung der Module) (Insekten)
		Einsatz schwerer Maschinen/ Nutzungs- und Überrollhäufigkeit		Störung (Zeitpunkt und Häufigkeit des Maschineneinsatzes) - Lebensraumverlust		
	Veränderung des Flächen-zustandes	Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Inkulturnahme, Vernichtung Landschaftselemente, Umbruch Grünland)		Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Inkulturnahme, Grünlandumbruch, Konkurrenz zu AUP) - Lebensraumverlust	I: vollständige Nutzung des Restholzes	Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Veränderung Flächenstruktur für Offenlandarten) - Lebensraumverlust
		Intensivierung der Flächennutzung (Acker, Grünland) Eutrophierung Fruchtfolgegestaltung (z.B. Vereingung von Fruchtfolgen)		Intensivierung Flächennutzung (Veränderung Flächen- und Habitateigenschaften) (Nährstoffeintrag, Änderung Anbauspektrum, Verengung von FF bis zur Monokultur, Schlagvergrößerung) - Lebensraumverlust	I: vollständige Nutzung des Restholzes	

		Extensivierung der Flächennutzung (Ausdehnung Fruchtfolge, Anbau alter Sorten,..)	positiv I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen	Positiv: Lebensraumgewinn (Veränderung Flächen- und Habitatigenschaften) (Erweiterung von FF, Änderung Anbauspektrum (Raps, KUP) I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen		Positiv: Gewinn naturschutzrelevanter Flächen (Extensivierung Flächennutzung - Nahrungsquelle, wenig Störungen; Module als Singwarte, Nistplatz, Jagdansitz) - Lebensraumgewinn (Vögel, Groß- und Mittelsäuger, Insekten) I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen
Barriere- wirkung / Zer- schneid- ung von Lebens- räumen		Beeinträchtigung von Lebensräumen (Verkleinerung, Zersplitterung, Beseitigung von „Trittsteinen“, Vergrößerung der Schläge, horizontale, vertikale Barrieren durch Anlagen	Barrierewirkung/ Zerschneidung (u.a. Störung Vogelzug)	Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau/Anlage, Schlaggröße, Monokulturen)		Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau, Einzäunung) (Groß- und Mittelsäuger, Insekten)

5.3 Ableitung möglicher kumulativer Wirkungen aus der Wirkungsmatrix

Zentraler Inhalt des Projektes ist es Erkenntnisse darüber zu gewinnen, welche kumulativen Wirkungen vom Ausbau der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft ausgehen können. Um Aussagen über die Entstehung möglicher kumulativer Wirkungen zu formulieren, kann die Wirkungsmatrix (siehe Kapitel 5.2 und Anhang 7), herangezogen werden. Die Wirkungsmatrix wird auch im Rahmen der entwickelten Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen zum Einsatz kommen (siehe Kapitel 5.3). In einem Exkurs werden im Folgenden auch diejenigen kumulativen Wirkungen genannt, die im Rahmen der Experteninterviews in den Fallstudienräumen formuliert wurden.

Die Wirkungsmatrix gibt einen Überblick, welche Wirkungen der erneuerbaren Energien Sparten auf das jeweilige Schutzgut ausgehen können. Z. B. zeigt die Matrix für das Schutzgut Biodiversität (siehe Tab. 22) Wirkungen wie die Kollisionsgefahr, die von Windkraftanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen auf Fledermäuse ausgehen kann. Die Wirkung der Kollisionsgefahr für Fledermäuse kann damit als additive Wirkung von Windkraft- und Freiflächenphotovoltaikanlagen angesehen werden. Additive Wirkungen ergeben sich aus der Betrachtung einer Zeile in der Matrix. So können als additive Wirkungen auf das Schutzgut Biodiversität folgende genannt werden (siehe auch Tab. 23):

- Scheuch- und Meidungswirkungen (insbesondere auf Vögel), die von Windkraftanlagen und dem Energiepflanzenanbau ausgehen
- Verlust naturschutzrelevanter Flächen und Habitate durch den Anbau von Energiepflanzen, die intensive Nutzung von Restholz u. a. und Freiflächenphotovoltaikanlagen,
- Gewinn naturschutzrelevanter Flächen z. B. durch die Bereitstellung von Ausgleichsflächen für den Ausbau der Windkraft und der Freiflächenphotovoltaik
- Barrierewirkung durch Windkraftanlagen, Energiepflanzenanbau und Freiflächenphotovoltaikanlagen

Im Hinblick auf das Schutzgut Landschaft (siehe Tab. 24) kann insbesondere der technische Einfluss von Anlagen, Einzäunung u. a. auf die Kriterien Natürlichkeit, historische Kontinuität und Freiheit von störenden Objekten als additive Wirkung genannt werden. Aber auch die Verursachung störender Geräusche z. B. durch den Transportverkehr der Biogasproduktion und die Rotorgeräusche von Windkraftanlagen oder die Versiegelung von Flächen durch unterschiedliche Anlagen wirken additiv auf das Kriterium Freiheit von Geräuschen bzw. von Versiegelung.

Synergetische Wirkungen ergeben sich durch die Kombination unterschiedlicher Wirkungen, die von verschiedenen EE-Sparten ausgehen. Dabei kann theoretisch jede Wirkungskombination, z. B. Kollisionsgefahr verursacht durch Windkraftanlagen und die durch den Einsatz schwerer Maschinen/ Nutzungs- und Überrollhäufigkeit hervorgerufene Störung als Folge des Energiepflanzenanbaus betrachtet werden, wobei einzelne Kombinationen aus Sicht der betroffenen Schutzgüter besonders relevant erscheinen. So kann bspw. der Verlust von Nahrungs- und Bruthabitaten durch den Anbau von Energiepflanzen zu einer Verdrängung von Vogelpopulationen führen, die z. B. durch den Ausbau der Windkraft und der einhergehenden Scheuchwirkung von einem weiteren Verlust geeigneter Habitate betroffen sind. So sind als synergetische Wirkungen in Bezug auf das

Schutzgut Biodiversität insbesondere alle Wirkungskombinationen von besonderer Bedeutung, die auf unterschiedliche Art und Weise die Menge und Qualität von Habitaten beeinflussen, die die betrachtete Art für ihr Überleben benötigt. Als synergetische Wirkung auf das Landschaftsbild kann vor allem die Sichtbarkeit technischer Anlagen und die technische Überprägung der Landschaft, die von Anlagen, Einzäunungen u. a. ausgeht sowie die Änderungen in der Bodennutzung angesehen werden. Sie wirken auf unterschiedliche Art und Weise auf die Eigenart der Landschaft und die Freiheit von Beeinträchtigung und verändern damit das Landschaftsbild nicht nur kleinräumig, sondern in großen Maßstäben.

Die aus der Wirkungsmatrix abgeleiteten kumulativen Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft und die von den Experten formulierten kumulativen Wirkungen stimmen damit weitgehend überein. Von den Experten wird jedoch angeführt, dass kumulative Wirkungen nicht nur von Anlagen verschiedener EE-Sparten ausgehen, sondern auch von vielen Anlagen der gleichen EE-Sparte. Ferner wird erwähnt, dass nicht nur der Ausbau der erneuerbaren Energien sondern auch andere Infrastrukturprojekte zur Kumulation von Wirkungen beitragen können. Es wird somit zukünftig zu diskutieren sein, ob auch diese Wirkungen abweichend von der Projektdefinition als kumulative Wirkungen betrachtet werden sollen, da auch von ihnen zusätzliche Wirkungen ausgehen. Allerdings ist in diesem Zusammenhang dann z. B. zu definieren, ab welcher Anzahl von Anlagen einer EE-Sparte, ab welcher Flächenbedeckung durch Erneuerbare Energien Anlagen und/oder weitere Infrastrukturprojekte diese Wirkungen als kumulative Wirkungen zu werten sind.

Tab. 23: Additive Wirkungen auf das Schutzgut Biodiversität (Wirkungsmatrix gekürzt)

Wirkungen			Windkraft	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Freiflächenphotovoltaik	Wesentliche additive Wirkungen
Ver- nichtung/ Tod/ Schädi- gung	Kollision		Kollision (Vögel, Fledermäuse)			Aussagen bei Vögeln uneinheitlich	
Lebens- raum- verlust/ gewinn	Störung	Scheuch- und Meidungswirkung/Lockwirkung (Bauwerke, Bewegung, Geräusche der Anlagen)	Scheuch- und Meidungswirkung - Lebensraumverlust (Vögel, Fledermäuse)	Scheuch- und Meidungswirkung (Betriebslärm, Verkehr, Geruch) - Lebensraumverlust			Scheuch- und Meidungswirkungen (besonders Vögel) – Windkraftanlagen, Biomasseanbau
	Veränderung des Flächen- zustandes	Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Inkulturnahme, Vernichtung Landschaftselemente, Umbruch Grünland)		Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Inkulturnahme, Grünlandumbruch, Konkurrenz zu AUP) - Lebensraumverlust	I: vollständige Nutzung des Restholzes	Verlust naturschutzrelevante r Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Veränderung Flächenstruktur für Offenlandarten) - Lebensraumverlust	Verlust naturschutzrelevante r Flächen und Habitats - Biomasseanbau, intensive Nutzung von Restholz u.a., Photovoltaik
		Extensivierung der Flächennutzung (Ausdehnung Fruchtfolge, Anbau alter Sorten,..)	positiv I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen	Positiv: Lebensraumgewinn (Veränderung Flächen- und Habitateneigenschaften) (Erweiterung von FF, Änderung Anbauspektrum I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen		Positiv: Gewinn naturschutzrelevante r Flächen (Extensivierung Flächennutzung - Nahrungsquelle, wenig Störungen; Module als Singwarte, Nistplatz, Jagdansitz) - Lebensraumgewinn (Vögel, Groß- und Mittelsäuger, Insekten)	Gewinn naturschutzrelevante r Flächen (z.B. Ausgleichsflächen) – Windkraft, Freiflächen-

Wirkungen			Windkraft	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Freiflächenphotovoltaik	Wesentliche additive Wirkungen
Barrierewirkung/ Zerschneidung von Lebensräumen		Beeinträchtigung von Lebensräumen (Verkleinerung, Zersplitterung, Beseitigung von „Trittsteinen“, Vergrößerung der Schläge, horizontale, vertikale Barrieren durch Anlagen	Barrierewirkung/ Zerschneidung (u.a. Störung Vogelzug)	Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau/Anlage, Schlaggröße, Monokulturen)		Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau, Einzäunung) (Groß- und Mittelsäuger, Insekten)	Barrierewirkung - Windkraft, Biomasseanbau Photovoltaik

Tab. 24: Additive Wirkungen auf das Schutzgut Landschaft (Matrix gekürzt)

		Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik - Freifläche	Wesentliche Wirkungen additive
Eigenart	Natürlichkeit	technischer Einfluss - intensive Landwirtschaft, Anlage I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Einengung der Fruchtfolge - Langeweile in der Landschaft I: Grünlandumbruch - Langeweile in der Landschaft I: Schlagvergrößerung I: Zurückdrängung anderer Produktionsverfahren, exten. Flächen	technischer Einfluss - Anlage Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage Belastung Erholungseignung I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Zuwegung (auch Knickverschiebungen) positiv: I: Ausgleichsflächen als "neue", natürliche Elemente	technischer Einfluss - Anlage/Einzäunung Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage Belastung Erholungseignung I: Verlust Strukturelemente in der Landschaft I: "Momentercheinung" - nur im Moment des Vorbeifahrens sichtbar	Technischer Einfluss – Energiepflanzenanbau, Biomasseanlage, Windkraft, Freiflächen-Photovoltaik Dominanz der Anlagen – Biomasseanlagen, Windkraft
	Historische Kontinuität	Verlust "alter" Nutzungen Auftreten " neuer" Nutzungen (evtl. KUP, Mais, Raps) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Einengung der Fruchtfolge I: Schlagvergrößerung I: Zurückdrängung anderer Produktionsverfahren, exten. Flächen positiv: Chance der Offenhaltung der Landschaft Auftreten " neuer" Nutzungen, Bereicherung "monotoner" Landschaften	technischer Einfluss - Anlage I: Schnelligkeit der Veränderungen I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Zuwegung (auch Knickverschiebungen)	technischer Einfluss - Einzäunung I: Verlust Strukturelemente in der Landschaft I: "Momentercheinung" - nur im Moment des Vorbeifahrens sichtbar	Technischer Einfluss – Energiepflanzenanbau, Biomasseanlage, Windkraft, Freiflächen-Photovoltaik Dominanz der Anlagen – Biomasseanlagen, Windkraft
	Vielfalt	Vereinheitlichung von Standorteigenschaften und Nutzungen I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Einengung der Fruchtfolge - Langeweile in der Landschaft I: Grünlandumbruch I: Schlagvergrößerung I: Zurückdrängung anderer Produktionsverfahren, exten. Flächen positiv: Vergrößerung der Kulturartenzahl Auftreten " neuer" Nutzungen	I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen positiv I: Ausgleichsflächen als "neue", natürliche Elemente in der Landschaft I: ästhetische Elemente		Dominanz der Anlagen – Biomasseanlagen, Windkraft
Freiheit von Beeinträchtigung	störende Objekte	Beeinträchtigungen Sichtbeziehungen und Sichtachsen Dominanz Belastung Erholungseignung (Verschlechterung Zuwege durch Holztransport) (Waldholz, Anlage) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Verkehr	technischer Einfluss - Anlage Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen	technischer Einfluss - Anlage, Einzäunung Barrierewirkung Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust)	Technischer Einfluss – Energiepflanzenanbau, Biomasseanlage, Windkraft, Freiflächen-Photovoltaik Dominanz der Anlagen – Biomasseanlagen, Windkraft
	Lärm	I: Verkehr	Geräusche, Verlärmung der Landschaft		Störende Geräusche – Energiepflanzenanbau, Windkraft
	Versiegelung	Versiegelung (Anlage)	Versiegelung (Anlage)	Versiegelung (Anlage)	Versiegelung – Biomasseanlage, Windkraftanlage, Freiflächen-photovoltaikanlage
	Visuelle Störung	I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Ernte bei Flutlicht	Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft Belastung Erholungseignung I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen	Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft Belastung Erholungseignung	Visuelle Störung – Energiepflanzenanbau, -anlage, Windkraft, Freiflächen-photovoltaik

Exkurs: In den Experteninterviews formulierte kumulative Wirkungen

Um einen Einblick in das Auftreten und die Relevanz kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft auf regionaler Ebene zu erhalten, wurde in den Experteninterviews nach dem Auftreten kumulativer Wirkungen in den Fallstudienräumen gefragt. Die Befragungsergebnisse zeigen, dass kumulative Wirkungen nur selten benannt wurden. Vielmehr dominierten in den Interviews die Betrachtung der Wirkungen einzelner EE-Sparten auf Natur und Landschaft bzw. die Abwägung der Wirkungen einzelner EE-Sparten gegeneinander. Als Erklärungsansätze, warum kumulative Wirkungen selten benannt wurden, können folgende Aussagen abgeleitet werden:

- Das Konzept der kumulativen Wirkungen war für die befragten Akteure ein „neuer“ Ansatz, der bisher im Denken keine Rolle gespielt hat
- Die Komplexität des Ansatzes macht es schwierig, entsprechende Wirkungen abzuleiten
- Die Wirkungen einzelner erneuerbarer Energien sind so dominant, dass im Vergleich die Wirkungen anderer erneuerbarer Energien oder kumulativer Wirkungen kaum eine Rolle spielen.
 - o *„Also ich habe mit der kumulativen Wirkung ein Problem, weil bei uns die Windkraft massiv im Vordergrund steht. Insofern, die Windkraft verändert das Landschaftsbild massiv. Die Photovoltaik spielt die große Rolle nicht, die hat vielleicht die Dachlandschaft auf den Dörfern schon verändert.“*
- Kumulative Wirkungen werden nicht wahrgenommen, da eine exakte Definition zum Ausmaß des regionalen Zusammenhangs nicht existiert.
 - o *„Windkraft und Biogasanlagen haben einen anderen Schwerpunkt. In einem anderen Naturraum wo ich mit anderen Arten auch zu tun habe. Und insofern, diese Vermischung könnte ich jetzt nicht so sehen.“*

Als kumulative Wirkungen formuliert wurden folgende:

- Lebensraumverlust durch Störungen, Kollision, Meidung vor allem verursacht durch Windkraft und Energiepflanzenanbau (Wirkung auf die Biodiversität)
- Technischer Einfluss auf das Landschaftsbild verursacht durch den Ausbau aller EE-Sparten.
 - o *„Da sieht es auch industriell aus, da findet man neben den Windparks großflächige Freiflächenphotovoltaikanlagen“;*
 - o *„Es verändert natürlich die Landschaft, also selbstverständlich, Biogasanlagen haben Einfluss darauf, was angebaut wird, Windkraftträder stehen dann quasi im Blickfeld. Also ich denke jede Wandlung bringt das mit sich, dass da auch Änderungen im Landschaftsbild entstehen.“*
- Flächenkonkurrenzen, so dass z. B. auch Ausgleichsflächen knapp werden bzw. andere Flächennutzungen beeinflusst werden.
 - o *„Was ich mitbekomme ist, dass es schwieriger wird, für die großen Planungsvorhaben, wie Windkraft, aber auch für Photovoltaik, Kompensationsflächen zu bekommen, weil dann tatsächlich die Flächen knapp werden.“*

- o *„Die Frage ist, kommen andere Systeme ins Wanken. Findet kein Hopfenanbau mehr statt weil die Pachtpreise zu hoch sind. Evtl. wird ein labiles Gleichgewicht – Systeme die ökonomisch und ökologisch nachhaltig waren - gestört, sie sind nicht mehr konkurrenzfähig.“*

Es lässt sich feststellen, dass vorwiegend additive Wirkungen, wie der Verlust naturschutzrelevanter Flächen durch den Ausbau mehrerer EE-Sparten bzw. die technische Überprägung des Landschaftsbildes durch vielfältige Einflüsse beschrieben, werden. Synergetische Wirkungen werden insbesondere durch die Beeinflussung von Habitatmenge und –qualität durch verschiedene Wirkmechanismen genannt. Interaktionen (siehe Kapitel 2.2) werden zwar als theoretisches Konstrukt anerkannt, allerdings wurden keine konkreten Beobachtungen angeführt. Als kumulative Wirkungen benannt wurden auch additive und synergetische Wirkungen, die durch den Ausbau einer EE-Sparte in Form vieler Anlagen entstehen.

5.4 Ableitung einer Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen und deren Übertragbarkeit auf andere Regionen

Zentrale Zielstellung dieses Projektes war es, eine Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen zu entwickeln. Hierfür wurden die im Rahmen des Projektes gewonnenen Erkenntnisse der durchgeführten räumlichen Analyse, Literaturanalyse, und Expertenbefragung zu einem methodischen Ansatz zusammengeführt.

5.4.1 Allgemeine Erläuterung zur Ableitung der entwickelten Methode

Die räumliche Analyse dient dazu, mithilfe eines Geoinformationssystems vorhandene oder geplante Anlagen zu verorten. Ebenfalls Eingang finden können weitere anhand von Geodaten verortbare Angaben z. B. die Standorte von Horsten bestimmter Vogelarten. Anhand geographischer Angaben bzgl. geforderter bzw. erwünschter Abstände zwischen Schutzgütern und Anlagen erneuerbarer Energien können sogenannte Suchräume ausgewiesen werden. Diese ergeben sich dort, wo sich der Wirkraum von EE-Anlage und der Schutzraum des betrachteten Schutzgutes überlagern. In den Suchräumen kann es potentiell zu Wechselwirkungen zwischen dem Schutzgut und den EE-Anlagen kommen. Anhand dieser Verortung lassen sich auch Räume definieren, in denen mehrere Anlagen erneuerbarer Energien unterschiedlicher Sparten, mit dem Schutzgut in Wechselwirkungen treten können. Mittels der räumlichen Analyse werden demnach in einem ersten Schritt Räume potentiell auftretender kumulativer Wirkungen ermittelt. Es wird somit die Frage „WO können kumulative Wirkungen auftreten?“ beantwortet.

Bei diesem ersten Analyseschritt wird bspw. im Falle einer windenergieempfindlichen Greifvogelart der Ausschluss- und der Prüfbereich der LAG-VSW um ein kartiertes Brutvorkommen der Wiesenweihe gelegt (Abb. 63). Kommen innerhalb des Ausschlussgebietes Anlagen mehrerer EE-Sparten vor, bzw. findet im Ausschlussbereich im Falle der Biogaserzeugung Substratanbau statt, sind kumulative Wirkungen auf das entsprechende Brutpaar wahrscheinlich. Deren Auftreten ist vor Ort im Einzelfall zu überprüfen. Ist lediglich innerhalb des Prüfbereiches die Präsenz mehrerer EE-Sparten zu erkennen, kann dies ein Hinweis auf kumulative Wirkungen durch EE sein. Deren Auftreten ist davon abhängig, ob etwa Nahrungshabitate oder Flugkorridore durch die EE-Vorkommen eingeschränkt oder verstellt werden könnten (Abb. 63). Je höher die Konzentration der

erneuerbaren Energien innerhalb von Ausschluss- und Prüfbereich desto wahrscheinlicher wird, dass das entsprechende Brutpaar von kumulativen Wirkungen betroffen ist.

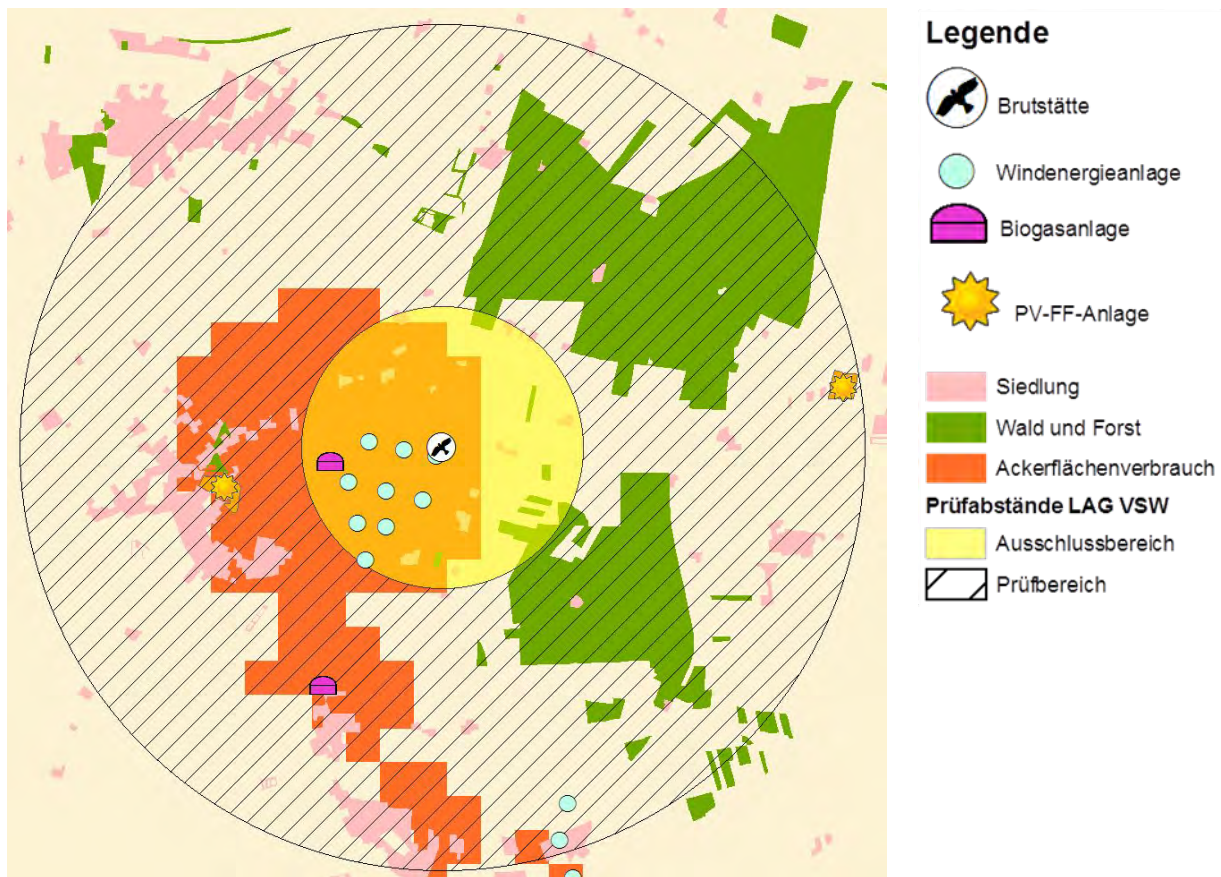


Abb. 63: Vorgehensweise bei der räumlichen Eingrenzung kumulativer Wirkungen auf einzelne Vogelarten

Bei der Analyse des Schutzgutes Landschaft werden die potentiellen Bereiche kumulativer Wirkungen durch die räumliche Analyse eingegrenzt. Empfehlenswert sind zu diesem Zweck Vorgehensweisen, die zunächst die jeweiligen Wirkbereiche jeder einzelnen EE-Sparte analysieren und diese dann überlagern. Die sich auf diese Weise ergebenden Suchräume sind dann näher zu betrachten. Die räumliche Analyse sollte durch eine Begehung und Fotodokumentation der jeweiligen lokalen Voraussetzungen und zur Evaluation der Computeranalyse ergänzt werden. Bereiche für die die räumliche Analyse keine kumulativen Wirkungen ergibt, können von einer genaueren Betrachtung ausgeschlossen werden.

Bei dem in Abb. 63 gezeigten Beispiel sind kumulative Wirkungen auf das Brutpaar wahrscheinlich, da das Nest nahe einer Windenergieanlage und innerhalb eines Gebietes gelegen ist, das potentiell zum Energiepflanzenanbau genutzt wird. Auch der Prüfbereich deutet auf kumulative Wirkungen hin. Im Einzelfall ist zu untersuchen, ob Nahrungshabitate im belasteten Bereich westlich des Nestes oder im von EE unbelasteten Bereich im Osten liegen.

Die Ergebnisse der Literaturanalyse, d. h. eine Übersicht der bisher beschriebenen Einzel-Wirkungen der EE-Sparten Windenergie, Freiflächenphotovoltaik und Energiepflanzenanbau (vorwiegend zur Biogaserzeugung) sind in entsprechenden Wirkungsmatrizen aufgeführt

(siehe Kapitel 5.2.1 und Anhang 9.7). Diese sind gemäß den verschiedenen Schutzgütern unterteilt. Die Wirkungsmatrizen wurden um die in den Leitfadeninterviews „zusätzlich“ genannten Einzel-Wirkungen ergänzt (gekennzeichnet mit I), wie z. B. der Einfluss von landwirtschaftlichen Hallen, die für die Installation von Dachflächenphotovoltaikanlagen gebaut wurden, auf das Landschaftsbild. So können die Matrizen einen Überblick liefern, welche Wirkungen auf ein spezielles Schutzgut durch den Ausbau mehrerer EE-Sparten in einem Suchraum auftreten können. Die Matrizen beantworten so die Frage „WELCHE kumulativen Wirkungen können in den Suchräumen auftreten?“ Sie können insbesondere bei der Einzelfalluntersuchung zunächst wertvolle Anhaltspunkte liefern und bei der Erläuterung der kumulativen Wirkungen Hilfestellungen geben.

Räumliche Analyse und Matrix grenzen damit den Suchraum geographisch und thematisch ein. In einem weiteren Schritt ist zu prüfen, ob die genannten Wirkungen im Suchraum wirklich auftreten. Dazu ist eine Einzelfallprüfung vor Ort notwendig. Beispielsweise könnten Landschaftsstrukturelemente, die aufgrund ihrer geringen Größe in der räumlichen Analyse nicht berücksichtigt werden können, Sichtachsen verdecken und somit einer Belastung des Landschaftsbildes entgegenwirken. Auch könnten Flugkorridore von als gefährdet eingeschätzten Vogelvorkommen außerhalb der Gefahrenzone eines Windparks verlaufen.

Ebenfalls vor Ort hat die Bewertung der Wirkungen zu erfolgen. So können die Wirkungen einzelner Vorhaben im Vergleich zu anderen Vorhaben vor Ort als gering oder hoch eingestuft und damit akzeptiert oder abgelehnt werden. Dies betrifft auch die Bewertung von Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Vergleich zu anderen Infrastrukturprojekten vor Ort.

5.4.2 Anwendung der Methode anhand von Arbeitsschritten

Die Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft sieht folgende Schritte vor (siehe Abb. 64):

1. In der zu betrachtenden Region sind die EE-Anlagenstandorte, EE-Anlagencharakteristika wie z. B. Höhe von Windkraftanlagen sowie die relevanten Informationen bzgl. naturschutzrelevanter Artenvorkommen (z. B. Vögel) und Schutzgebieten als GIS-verwertbare Daten zu erheben. Eine Reihe dieser Daten liegt bei den Behörden vor Ort bzw. den zuständigen Kreis- und Landesbehörden in geeigneter Datenqualität vor und kann somit dort abgefragt werden. Liegen die Daten nicht vor, so erscheint die Durchführung der räumlichen Analyse (Schritt 2, siehe unten) nur mit erheblichem zeitlichen Mehraufwand möglich. Zeitlicher Mehraufwand tritt auch auf, wenn die Daten nicht in der erforderlichen Qualität vorliegen und nachbearbeitet werden müssen.
2. Die in Arbeitsschritt 1 erhobenen Daten werden mit Hilfe eines Geo-Informationssystems räumlich analysiert und sowohl Anlagen, als auch naturschutzrelevante Informationen wie z. B. Horststandorte sowie Siedlungen und Landschaftsstrukturen (Wald) in Kartenform dargestellt. Des Weiteren werden Angaben über die Wirkradien der EE-Anlagen (Sichtbarkeitsanalyse) bzw. Aktionsradien der vorkommenden Arten (Biodiversität) ebenfalls in die räumliche Analyse integriert. Im Ergebnis visualisiert die entstandene Karte, wo sich die Wirkradien mehrerer EE-Anlagen überlagern bzw. im Aktionsraum betroffener Arten Anlagen mehrerer EE-Sparten vorzufinden sind. Dieser Analyseschritt klärt damit die

Frage, in welchem Raum (Wo) es zur Entstehung kumulativer Wirkungen kommen kann.

3. Nachdem in Analyseschritt 2 räumlich abgegrenzt wurde, wo es zur Entstehung kumulativer Wirkungen kommen kann, ist in Analyseschritt 3 zu klären, welche kumulativen Wirkungen entstehen können. Hierfür wird festgestellt, welches Schutzgut von welchen EE-Sparten im abgegrenzten Suchraum betroffen ist. Die Wirkungsmatrix für das entsprechende Schutzgut kann nun genutzt werden, um sich einen raschen Überblick zu beschaffen, welche Wirkungen auftreten können und welche Kombinationen von Wirkungen ausgehend von unterschiedlichen EE-Sparten möglich sind. Damit kann die Frage geklärt werden, welche Wirkungen zu erwarten sind.

Die im Rahmen dieses Projektes vorgestellte Wirkungsmatrix kann zukünftig durch weitere Erkenntnisse bzgl. der Wirkungen einzelner EE-Sparten ergänzt werden bzw. in eine Online-Datenbank überführt werden, die dann für jeden Interessierten einfach zu nutzen sein soll.

4. Im letzten Analyseschritt sind die Ergebnisse der vorangegangenen Schritte vor Ort zu überprüfen und zu bewerten. Da einige Informationen, wie z. B. die Flugrouten betroffener Vogelvorkommen oder das Vorkommen kleinräumiger Landschaftsstrukturelemente (z. B. Hecken) bisher nicht in die räumliche Analyse integrierbar sind, ist vor Ort zu überprüfen, ob die erwarteten Wirkungen wirklich auftreten. Ebenso hat die Bewertung der Wirkungen vielfach vor Ort zu erfolgen. Dies betrifft insbesondere die Bewertung des Einflusses auf das Landschaftsbild. In Bezug auf das Schutzgut Biodiversität sind zumindest für einige Arten entsprechende Vorgaben definiert, die beim Ausbau der Windenergie zu beachten sind.

1. Erfassung der Datengrundlage:

- Erfassung von Anlagenstandorten
- Erfassung von Vogelvorkommen, Schutzgebieten usw.
- Datensätze für räumliche Analyse (DGM, Siedlungs- und Waldflächen, Verwaltungsgrenzen usw.)



2. Durchführung einer räumlichen Analyse

- Nutzung eines GIS (ArcGIS, QuantumGIS, GrassGIS usw.)
- Biodiversität: Abgleich von Abstandsvorgaben zwischen EE-Anlage und Brutplatz, Nahrungshabitat o.ä.
- Sichtbarkeitsanalyse: Abgleich der visuellen Wirkräume von EE-Anlagen



3. Anwendung der Wirkmatrix

- Erhebung kumulativer Wirkungen durch Vergleich der Einzelwirkungen
- Erweiterung der Wirkmatrix durch Einrichtung einer Online-Datenbank, Nutzung weiterer Quellen und Forschungsergebnisse



4. Überprüfung und Bewertung der kumulativen Wirkungen vor Ort, durch:

- Begehung
- Einbeziehung regionaler Akteure

Abb. 64: Ablaufschema der abgeleiteten Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen

5.4.3 Übertragbarkeit der Methode auf andere Regionen

Die abgeleitete Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft ist auf jede andere Region übertragbar. Voraussetzung ist, dass die benötigten Daten (Analyseschritt 1) vorliegen bzw. erhoben werden können. Die Durchführung der räumlichen Analyse auf Basis eines Geo-Informationssystems bedarf der Kenntnis der Funktionsweise dieser Systeme, mit denen jedoch auch in anderen Zusammenhängen häufig gearbeitet wird und somit die Analysen von verschiedenen Institutionen und Personen durchführbar sind. Die zusammengestellten Wirkungsmatrizen sind – zumindest nach Überführung in eine Online-Datenbank – für jeden öffentlich zugänglich und somit nutzbar. Sie können zukünftig durch weitere Erkenntnisse bzgl. der Wirkungen einzelner EE-Sparten ergänzt werden. Der Schritt der Überprüfung und Bewertung bedarf immer des Zugangs zur Region und der Einschätzung und Bewertung der regionalen Akteure. Somit ist es notwendig diese Akteure einzubeziehen, eine Durchführung der dargestellten Methodik ohne den Kontakt zu diesen Akteuren erscheint nicht möglich.

Zukünftig kann die Methodik jedoch auch dazu genutzt werden, anhand von Szenarien das mögliche Auftreten kumulativer Wirkungen im Rahmen von Planungen zu untersuchen. Dabei können auch andere Infrastrukturprojekte und deren Wechselwirkungen untereinander oder mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien in die Betrachtung mit einbezogen werden.

5.5 Bewertung der Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde eine Methodik zur Erhebung kumulativer Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft erarbeitet. In Kapitel 5 sind die Herleitung und der Einsatz dieser Methodik beschrieben. Im Folgenden werden die Projektergebnisse sowie die abgeleitete Methodik kurz bewertet.

Die im Projekt zugrunde gelegte Definition kumulativer Wirkungen berücksichtigt bisher Wirkungen, die durch den Ausbau verschiedener EE-Sparten entstehen. Kumulative Wirkungen werden jedoch auch durch den starken Ausbau einzelner EE-Sparten hervorgerufen werden. Die erarbeitete Methodik lässt die Berücksichtigung dieser kumulativen Wirkungen ohne weiteres zu.

Bisher ist die erarbeitete Methodik auf die Schutzgüter Biodiversität und Landschaftsbild anwendbar. In Bezug auf die Schutzgüter Luft/Klima, Boden und Wasser ist ein entsprechender methodischer Ansatz bisher nicht abgeleitet, da zum einen diese Schutzgüter weniger von den Wirkungen des Ausbaus betroffen erscheinen, zum anderen sich aber auch Schwierigkeiten in Bezug auf den räumlichen und zeitlichen Zusammenhang kumulativer Wirkungen ergeben. Bspw. existieren bisher keine Aussagen, in welchem räumlichen Zusammenhang Versiegelungen auftreten müssen, um sie als additiv-kumulative Wirkungen auf das Schutzgut Boden zu bewerten.

Die Thematik des zeitlichen Zusammenhangs spielt auch im Hinblick auf die bisher berücksichtigten Schutzgüter Biodiversität und Landschaftsbild eine Rolle. Insbesondere das Erscheinungsbild und die Habitatqualität werden durch die Art der Bodennutzung wesentlich beeinflusst. Die landwirtschaftliche Bodennutzung zeigt sich jedoch im Jahresverlauf und über die Jahre hinweg unterschiedlich, so dass meist nur einzelne Stadien der entsprechenden Bodennutzung bewertet werden können.

Ebenso sind auch die Schutzgüter selbst Veränderungen unterworfen. So ist z. B. die Wiesenweihe bei der Nestwahl nicht standorttreu, sondern brütet jährlich an anderen Standorten. Damit kann sie in einem Jahr von Wirkungen des Windkraftausbaus stark betroffen sein, in anderen jedoch nicht, da die Nester außerhalb des Wirkradius der WEA liegen. Auch kann es bei einzelnen Vogelarten zu Gewöhnungseffekten kommen, wodurch die Art nach Errichtung der Anlage zuerst stark negativ beeinflusst wird, dieser Einfluss jedoch im Zeitverlauf abnimmt.

In den Sichtbarkeitsanalysen wird die Sichtbarkeit auf von Siedlungen und Wäldern bedeckten Flächen als grundsätzlich sichtverdeckt angenommen, wodurch Anlagen höchstens vom Rand dieser Strukturen als sichtbar angezeigt werden. Sind innerhalb dieser Flächen jedoch ausreichende Freiflächen, wie Dorfanger oder Lichtungen so ist es durchaus möglich Windenergieanlagen zu sehen, sofern diese nahe genug am Beobachter sind. Umgekehrt wurden in den Sichtbarkeitsanalysen Kleinstrukturen, wie Alleen oder Feldrandvegetation, z. B. Knicks in Nordfriesland, nicht berücksichtigt. Dies führt zu einer regelmäßigen Überschätzung der Sichtbarkeit, insbesondere in Nordfriesland, da dort große Teile der Straßen durch den Randbewuchs sichtverdeckt sind. Die Sicht in die Agrarlandschaft, und dadurch die Sichtbarkeit von EE-Anlagen, ist dadurch an vielen Stellen verstellt, obwohl in der Sichtbarkeitsanalyse anders ermittelt.

In der Sichtbarkeitsanalyse ist der Einfluss weiterer Infrastrukturprojekte – so wie generell in der gesamten Methodik – nicht enthalten. Diese entfalten jedoch ebenfalls Wirkungen auf die Schutzgüter und können im Zusammenspiel mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien auch zu kumulativen Wirkungen führen.

Mit Hilfe der erarbeiteten Methodik lassen sich kumulative Wirkungen formulieren und deren mögliches Auftreten verorten. Eine Bewertung der Wirkungen kann nicht erfolgen. Dies ist zum einen dadurch verursacht, dass Kriterien der Bewertung bisher häufig nicht existieren, bzw. eine Bewertung nur im räumlichen Zusammenhang vor Ort möglich ist. Dabei spielt eine Vielzahl an räumlichen Faktoren eine Rolle – die z. B. die Nutzung von Habitaten (u. a. Feuchtflächen), die Rückschluss auf Flugrouten und potentielle Gefährdung von Vögeln durch Kollision geben können oder die Akzeptanz des Ausbaus der regionalen Bevölkerung betreffen. Dabei spielt auch eine Rolle, wie sehr vor allem das Landschaftsbild als sich ständig veränderndes Schutzgut angesehen wird, bzw. ein stärker bewahrender Ansatz herangezogen wird.

6 Handlungsempfehlungen

Sowohl innerhalb der Literaturanalyse als auch an konkreten Beispielen in der Fallstudienanalyse wurden Bereiche identifiziert, bei denen das Zusammentreffen verschiedener EE-Sparten innerhalb einer Region zu kumulativen Wirkungen führen kann. Im folgenden Kapitel werden deshalb Ansätze formuliert, wie kumulative Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien zukünftig besser vermindert und vermieden werden können. Zunächst werden Handlungsempfehlungen vorgestellt, die sich aus der Projektarbeit ableiten. In einem weiteren Schritt werden generelle Handlungsempfehlungen beleuchtet, die sich insbesondere mit der Berücksichtigung kumulativer Wirkungen in Planungsprozessen beschäftigen.

6.1 Aus den Projekterkenntnissen abgeleitete Handlungsempfehlungen

6.1.1 Implementierung einer geeigneten Methodik als gute fachliche Praxis

Um eine Verbesserung im planerischen Umgang zu erreichen, sollte in dem Vorhaben eine Methode zur Erhebung von kumulativen Wirkungen erneuerbarer Energien entwickelt werden. Die in dieser Arbeit vorgestellte Methodik zur Erfassung dieser Wirkungen (siehe Kapitel 5.3) eignet sich dafür, als gute fachliche Praxis implementiert zu werden. Wie aufgezeigt, kann die räumliche Analyse dazu verwendet werden, den Ist-Zustand auch größerer Gebiete zu analysieren und darzustellen, sowie Abschätzungen über Wahrscheinlichkeit und räumliche Verteilung von kumulativen Wirkungen erneuerbarer Energien zu treffen. Hauptanwendungsbereich ist die Abschätzung der Folgen geplanter EE-Vorhaben im Zusammenwirken mit bestehenden EE-Vorhaben, sowohl auf Raumordnungsebene als auch in der Bauleitplanung und den jeweils integrierten Umweltprüfungen. Auch kann sie in der im Naturschutzrecht verankerten FFH-Verträglichkeitsprüfung und im artenschutzrechtlichen Fachbeitrag (besonderer Artenschutz) angewendet werden. Dazu wird das zu betrachtende Vorhaben in einer räumlichen Analyse der bereits vorhandenen Ausstattung und anderen geplanten Anlagen von erneuerbaren Energien gegenübergestellt. In der Folge können Aussagen über ein potentiell Zusammenwirken der EE-Sparten in der Region getroffen werden. Auf Basis eines solchen Vorgehens können auch umfassende Szenarien erstellt werden. Die räumliche Analyse dient als Grundlage für eine ausführliche verbal-argumentative Erläuterung des Zusammenwirkens der die Wirkungen verursachenden Strukturen. Eine Hilfestellung können dabei Übersichten, wie die in der Arbeit erstellte Wirkungsmatrix, bieten.

Die vorgestellte Vorgehensweise ist dabei nicht zwingend einzuhalten. So ist die in dieser Arbeit verwendete Methode zur Erfassung kumulativer Wirkungen auf das Landschaftsbild nur ein mögliches Konzept. Hierbei wird die Intensität der visuellen Wirkung der Windenergie an der Anzahl der sichtbaren Anlagen gemessen, ohne z. B. die Entfernung des Beobachters zu der jeweiligen Anlage zu beachten (der Beeinträchtigungsgrad nimmt mit zunehmender Entfernung ab). Es gibt zu Sichtbarkeitsanalysen verschiedene Vorgehensweisen, die sich teils auch durch die verwendete Software unterscheiden. Auch bei der räumlichen Analyse der kumulativen Wirkungen auf Brutvorkommen sind alternative Vorgehensweisen denkbar. So könnten, statt einzelnen Brutvorkommen, Brutgebiete insgesamt betrachtet werden, wenn sich mehrere Brutvorkommen in einem engen räumlichen Zusammenhang befinden. Wichtig ist die Durchführung einer räumlichen

Analyse, bei der die Wirkräume den individuellen Belastungsfaktoren gegenübergestellt werden. Hierbei sollte nach Möglichkeit auf Verfahren und Kenntnisse zurückgegriffen werden, die dem neuesten Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen. Weiterhin sollte sich der Aufwand in einem zumutbaren Rahmen bewegen.

Ohne Zweifel sind räumliche Analysen auch das geeignete Mittel um kumulative Wirkungen auf andere Schutzgüter als die biologische Vielfalt und die Landschaft zu betrachten. Die jeweiligen Raumansprüche der zu betrachtenden Schutzgüter und auf sie wirkenden Umwelteinflüsse müssten jeweils recherchiert und entsprechend integriert werden, wie in dieser Arbeit für die beiden genannten Schutzgüter Biologische Vielfalt und Landschaftsbild geschehen.

6.1.2 Vermeidung und Verminderung von Einzelwirkungen

Der Ausbau der einzelnen EE-Sparten ist mit einer Reihe von Wirkungen auf Natur und Landschaft verbunden (siehe Wirkungsmatrizen). Da kumulative Wirkungen durch das gemeinsame räumliche und zeitliche Auftreten der Wirkungen von Anlagen der einzelnen EE-Sparten entstehen, kann durch die Vermeidung und Verminderung dieser Einzelwirkungen auch das Potential der Entstehung kumulativer Wirkungen reduziert werden. Möglichkeiten zur Vermeidung und Verminderung von Auswirkungen einzelner EE-Sparten wurden in vergangenen Studien z. B. im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz bereits erläutert (z. B. MENGEL et al. 2010) bzw. an der Minderung dieser Wirkungen wird weiterhin geforscht. Beispielhaft werden hier einige Ansätze vorgestellt, die der Minderung von Einzelwirkungen des Ausbaus der EE-Sparten dienen können.

Die Erzeugung von Biogas wird häufig mit dem Anbau von Mais in Monokultur in Zusammenhang gebracht (allerdings wird Mais auch für die Futtererzeugung angebaut). Der Anbau in Monokulturen hat vielfältige negative Wirkungen u. a. auf die Biodiversität (siehe Wirkungsmatrix Biodiversität). Um diese negativen Wirkungen zu mindern bietet sich der Anbau von Energiepflanzen in vielfältigen Fruchtfolgen mit mehrjährigen Arten an (wie z. B. Ackerfutter (WILLMS et al. 2009) oder speziellen Wildpflanzen(-mischungen) (VOLLRATH et al. 2013)).

In Bezug auf Windkraftanlagen können negative Wirkungen auf Vögel und Fledermäuse schon durch die Standortwahl vermindert werden, bspw. durch die Freihaltung von Gebirgskämmen (hohes Vorkommen an Greifvögeln), Feuchtgebieten und Waldrändern (hohes Vorkommen an Fledermäusen) (HÖTKER et al. 2005). Auch die Ausrichtung von Windparks parallel zur Hauptflugrichtung von Vögeln, das Abschalten von Windkraftanlagen während der Hauptaktivitätszeit von Fledermäusen sowie die Erhöhung der Wahrnehmbarkeit der Rotorflügel erscheinen als Maßnahmen geeignet die Wirkungen von Windkraftanlagen zu minimieren (HÖTKER et al. 2005). Gleiches gilt auch für Maßnahmen, durch die die Fläche im „Gefahrenradius“ der Windkraftanlagen nicht aufgrund ihrer Attraktivität als Nahrungshabitate Vögel erst anlocken und so die Kollisionsgefahr erhöht wird (HÖTKER et al. 2005).

Im Hinblick auf Freiflächenphotovoltaikanlagen lassen sich Wirkungen auf die Schutzgüter Biodiversität und Landschaftsbild durch eine geeignete Standortwahl vermindern, die z. B. das Vorkommen gefährdeter bzw. besonders empfindlicher Arten berücksichtigt und Standorte, die gut einsehbar sind (exponierte Hanglagen) einschränkt. Des Weiteren lassen

sich die Wirkungen auf das Landschaftsbild durch Anpflanzung von Hecken und die Verwendung reflexarmer, unauffälliger Materialien und Zäune minimieren (HERDEN et al. 2009). Neue Entwicklungen beschreiben auch die Integration von Modulen in Straßen- und Gehwegbeläge, wodurch eine zusätzliche Flächeninanspruchnahme umgangen würde und auch die Wirkungen auf das Landschaftsbild voraussichtlich minimiert würden (THE ECONOMIST 2014).

Der Überblick macht ersichtlich, dass es z. B. durch die Minderung von Einzelwirkungen der Windkraft und des Energiepflanzenanbaus auf die Biodiversität auch zu geringeren kumulativen Wirkungen durch den Ausbau dieser Erneuerbaren-Energien-Sparten auf die biologische Vielfalt kommt. Gleiches gilt auch für die Betrachtung der anderen Schutzgüter bzw. der anderen EE-Sparten.

6.1.3 Verankerung einer eindeutigen Definition kumulativer Wirkungen und dazugehöriger Wirkungsschwellen

Wie in Kapitel 2.3 dargestellt, zeigen Erfahrungen aus dem Ausland (Beispiel Kanada), dass die explizite Behandlung von kumulativen Wirkungen in einem eigenständigen Teil der Umweltprüfungen nicht ausreicht, um deren zuverlässige Berücksichtigung sicherzustellen. Grund hierfür ist, dass das Zusammenwirken mehrerer geplanter Vorhaben oder eines geplanten Vorhabens mit bereits vorhandenen Strukturen sehr komplex und schwer zu fassen ist. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Unsicherheiten im Umgang mit kumulativen Wirkungen hoch sind. Um relevanten Akteuren (wie z. B. Planern, Projektentwicklern) zukünftig einen verlässlichen und sicheren Umgang mit kumulativen Wirkungen in Planungsprozessen zu ermöglichen, sind eindeutige Vorgaben in der Gesetzgebung und in Form von Leitfäden notwendig.

Am Beispiel des Ausbaus der erneuerbaren Energien ist zu erkennen, dass auf Grund der großen räumlichen und zeitlichen Nähe, in der anthropogene Belastungen auftreten, kumulative Wirkungen eher die Regel sind und keine Ausnahme darstellen. Raumplanung und Umweltprüfungen sollten diese Rahmenbedingungen entsprechend widerspiegeln und so gestaltet sein, dass sie geeignet sind, die Herausforderungen zuverlässig zu berücksichtigen.

In jedem Einzelfall muss überprüft werden können, ob die vorhandenen kumulativen Wirkungen einen erheblichen Eingriffscharakter entwickeln. In Verbindung mit diesem Sachverhalt ist es deshalb notwendig, Intensitäten kumulativer Wirkungen messbar, oder zumindest einschätzbar zu machen.

Zunächst ist für Deutschland eine einheitliche Definition kumulativer Umweltauswirkungen erforderlich. Das Ziel muss sein, kumulative Wirkungen von einem unbestimmten Begriff zu einem etablierten Thema in der Umweltplanung zu machen. Unter Definition wird hier nicht die grundsätzliche Erklärung kumulativer Wirkungen verstanden, sondern genauere Beschreibungen und Abgrenzungen zu Umweltauswirkungen anderer Art.

Zudem stellt sich die Frage, wie mit kumulativen Wirkungen zu verfahren ist, die sich erst aus dem Zusammenwirken von abgeschlossenen Projekten mit neuen Vorhaben ergeben. Ist durch die Umsetzung neuer Vorhaben in Wechselwirkung mit schon vorhandenen Projekten von der Entstehung kumulativer Wirkungen auszugehen, so könnten Ausgleichsmaßnahmen für diese Wirkungen bisher nur den neuen Vorhaben („Neu-

Verursacher“) angelastet werden (Bestandsschutz). Allerdings ist zu prüfen, ob es der Entwicklung weiterer Instrumente bedarf, um „Alt-Verursacher“ und „Neu-Verursacher“ gleichermaßen in die entsprechenden Vermeidungs-, Minderung- oder Ausgleichsmaßnahmen einzubinden.

Es muss geklärt sein, mit welchen Vorhabentypen sich die Wirkungen eines betrachteten Sachverhalts kumulieren können (hier sind Wirkungsmatrizen geeignet, wie sie in dieser Arbeit vorgestellt werden). In den jeweiligen Gesetzestexten bzw. dazugehörigen Erläuterungen für die einzelnen Umweltprüfungen, müssen kumulative Wirkungen genau definiert und mit Beispielen unterlegt werden. Der Unsicherheit bei den Verfassern einer Umweltprüfung sollte, so gut es geht, entgegengewirkt werden.

Die Erhöhung des Stellenwertes kumulativer Wirkungen in der Umweltplanung ist sicherlich nicht kurzfristig möglich, sondern wird in einen längeren Prozess münden. Das Vorantreiben des Prozesses ist in erster Linie durch die Gesetzgebung sowie den sonstigen rahmengebenden Akteuren zu forcieren. Nur wenn die Einbeziehung kumulativer Umweltauswirkungen konsequent begründet und eingefordert wird, und die notwendigen Voraussetzungen zur Handhabbarkeit erarbeitet werden, wird deren Erfassung und Bewertung in Zukunft zum Standard werden können.

6.1.4 Verbesserung der Datenverfügbarkeit

Im vorliegenden Projekt traten Probleme bei der Beschaffung der für eine räumliche Analyse erforderlichen Standortdaten insbesondere der Anlagen erneuerbarer Energien auf. Allgemein ist festzustellen, dass die Datenverfügbarkeit in den beiden Fallstudienräumen unterschiedlich war. So mussten die Standorte von Windenergieanlagen in Nordfriesland, sowie von Freiflächenphotovoltaikanlagen im Main-Tauber-Kreis und in Nordfriesland selbstständig per Luftbild erhoben werden. Zudem ergaben sich Einschränkungen bei der Verfügbarkeit von Datensätzen über Brutplätze windkraftempfindlicher Vogelarten. Teilweise sind GIS-Datensätze zu einigen Vogelarten nicht von den sonst zuständigen Landesanstalten zu beziehen, sondern zu hohen Kosten von externen Trägern. Es ist davon auszugehen, dass diese Erfahrungen keine Einzelfälle darstellen. Die rechtlichen Voraussetzungen für eine bundesweit nach einheitlichen Maßstäben erhobene und leicht verfügbare Datengrundlage liegen derzeit nicht vor, wären aber sinnvoll. Diese sind für die Erhebung kumulativer Wirkungen umso erforderlicher, da die Daten aller Vorhaben und Strukturen, deren Wirkungen sich kumulieren können, sowie der jeweiligen Schutzgüter benötigt werden. Ist nicht gewährleistet, dass Vorhabenträger die entsprechenden Datensätze ohne große Barrieren erhalten können, ist die Betrachtung potentieller kumulativer Wirkungen mit einem sehr großen Aufwand verbunden. Zudem muss sichergestellt werden, dass die Daten eine einheitliche Mindestqualität aufweisen.

6.2 Weitere Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Berücksichtigung kumulativer Planung in Planungsinstrumenten

6.2.1 Grundsätzliche Überlegungen zur räumlichen Steuerung von erneuerbaren Energien hinsichtlich kumulativer Wirkungen

Nachfolgend werden mögliche Strategien zur Steuerung des räumlichen Ausbaus der erneuerbaren Energien hinsichtlich des Auftretens kumulativer Wirkungen betrachtet. Dabei

bleibt vorerst unberücksichtigt, welche Steuerungsstrategien in der Planungspraxis aktuell Anwendung finden, vielmehr erfolgt eine rein theoretische Betrachtung aus dem Blickwinkel der Entstehung kumulativer Wirkungen.

Grundsätzlich mögliche Steuerungsstrategien beim Ausbau der erneuerbaren Energien sind die Optionen einer **Konzentration** oder einer **Dekonzentration**. Zum Beispiel wird bei der raumordnerischen Steuerung des Ausbaus der Windenergie in Deutschland derzeit eine **Konzentrationsstrategie** verfolgt. Dabei werden Windenergieanlagen mit Hilfe der Festlegung von Windeignungs-, Vorrang- oder Ausschlussgebieten in ihrem Raumanspruch möglichst begrenzt. So sind zwar einzelne Räume stark von den Landschaftsveränderungen betroffen, es ist aber auch möglich, Gebiete mit hohen Ansprüchen an Natur- und Landschaftsschutz frei von den Auswirkungen des Ausbaus der Windenergie zu halten. Im Hinblick auf die Entstehung kumulativer Wirkungen bedeutet die Umsetzung einer Konzentrationsstrategie, dass mehrere EE-Sparten dieselbe Fläche nutzen. So kann z. B. der Substratanbau zur Biogaserzeugung bevorzugt auf einer Fläche erfolgen, die auch Standort eines Windparks ist, um die gesamte Flächeninanspruchnahme zu minimieren und durch die geringe Eignung von Mais als Futterhabitat eine geringe Lockwirkung im Umfeld der Anlagen zu entfalten. Eine gemeinsame Flächennutzung von Photovoltaik und Substraterzeugung oder Photovoltaik und Windenergie wird bisher meist nicht praktiziert. Allerdings existieren Entwicklungen, die es ermöglichen die Fläche unter Photovoltaikmodulen auch weiterhin ackerbaulich zu nutzen (BECK et al. 2012).

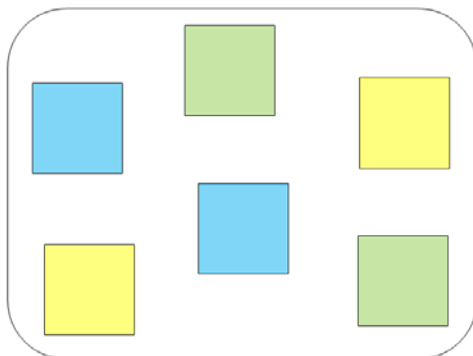
Eine alternative **Dekonzentrationsstrategie** würde im Gegensatz dazu bedeuten, EE-Anlagen (gleichmäßig) über die gesamte Fläche zu verteilen, wobei die einzelnen Anlagen einen ausreichenden Abstand voneinander haben. Dadurch, dass sich die Belastungen auf eine deutlich größere Fläche verteilen, fallen sie für jeden einzelnen Raum geringer aus. Allerdings ist insgesamt auch eine deutlich größere Fläche beeinträchtigt und es wäre schwer, Räume, für die dies gewünscht ist, von den Einflüssen erneuerbarer Energien freizuhalten. Grundsätzlich steht eine Dekonzentrationsstrategie den Grundsätzen der Raumordnung (§ 2 (2) ROG) eher entgegen, da Aspekte wie das Freihalten von Freiraum, eine unzerschnittenen Landschaft und eines übergreifenden, ökologisch wirksamen Freiraumverbundsystems wesentlich erschwert würden. Eine Konzentrationsstrategie unterstützt diese Grundsätze sehr viel besser. Im nachfolgenden wird eine Dekonzentrationsstrategie dennoch thematisiert, um ihr Verminderungspotential hinsichtlich kumulativer Wirkungen zu beleuchten.

Möchte man ausschließlich kumulative Wirkungen von verschiedenen EE-Sparten vermeiden oder vermindern, bietet sich die dargestellte Dekonzentrationsstrategie an, da Aggregationen von EE-Vorkommen gezielt umgangen werden. Inhalt einer solchen Strategie unter dem Blickwinkel der Entstehung kumulativer Wirkungen wäre nicht die gleichmäßige räumliche Verteilung von Anlagen aller EE-Sparten, sondern die gleichmäßige Verteilung von Gebieten in denen jeweils eine EE-Sparte geballt vorkommt. (Abb. 65, Variante 1). Ziel ist dabei die explizite Trennung der einzelnen EE-Sparten voneinander, um kumulative Wirkungen zwischen ihnen zu verhindern. Die insgesamt hohe Dichte an erneuerbaren Energien in Deutschland, gepaart mit dem auch in Zukunft voranschreitenden Ausbau (ausgenommen voraussichtlich der Biogaserzeugung), lassen die effektive Verfolgung einer solchen Strategie unrealistisch erscheinen und sind zudem im Sinne des Raumordnungsgesetzes (ROG) nicht zielführend.

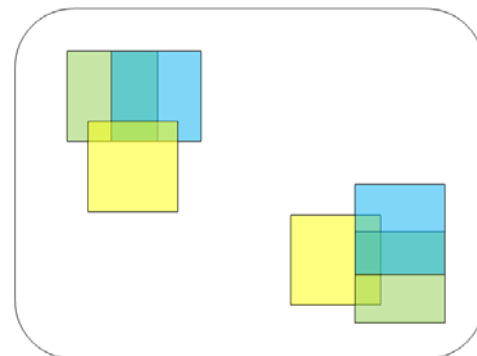
Zur Steuerung von erneuerbaren Energien empfiehlt sich also stattdessen ein Ansatz, der zum Ziel hat, alle erneuerbaren Energien räumlich zu konzentrieren (Konzentrationsstrategie), um so die Möglichkeit zu eröffnen, Gebiete mit sensiblen Natur- und Landschaftsattributen von erneuerbaren Energien weitgehend freizuhalten (Abb. 65, Variante 2).

Aus Sicht der Entstehung kumulativer Wirkungen nicht zu favorisieren, wäre die Nutzung von Flächen für die Bereitstellung verschiedener EE-Sparten in unmittelbarer Nähe zueinander (Abb. 65, Variante 3). Grenzen z. B. Windparks und Ackerflächen, die häufig zum Energiepflanzenanbau genutzt werden, aneinander, bedeutet dies, dass die größtmögliche Fläche von kumulativen Wirkungen beeinträchtigt wird. Eine großräumige Entwertung des Lebensraumes für (windenergieempfindliche) Vogelarten ist die Folge, da nahrungsreiche Flächen in der Umgebung sich mit Flächen abwechseln, die zwar ein reicheres Nahrungsangebot bereithalten, allerdings ein unmittelbares Gefährdungspotential aufweisen. Auch in Bezug auf das Landschaftsbild ist die Beeinträchtigung umso einschneidender, je größer der Sichtwinkel des Betrachters ist, der von EE geprägt wird.

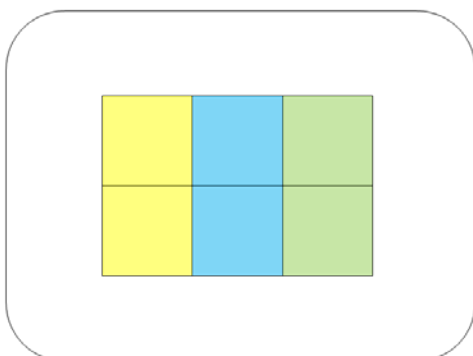
Variante 1 (Dekonzentration)



Variante 2 (Konzentration)



Variante 3



Ausbauräume

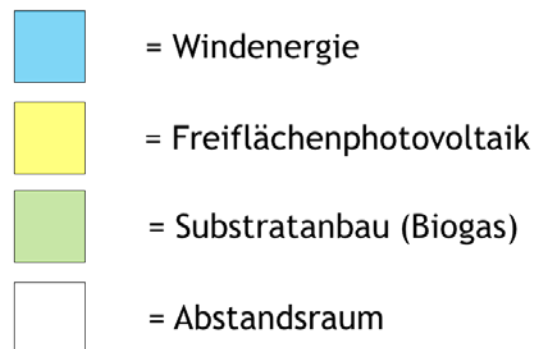


Abb. 65: Schema zu grundsätzlichen Steuerungsstrategien von Sparten der erneuerbaren Energien zueinander.

Die farbigen Kästchen kennzeichnen Wirkungsbereiche der jeweiligen EE-Sparte.

Egal ob angestrebt wird, die EE-Sparten räumlich getrennt umzusetzen oder in einem Gebiet zu aggregieren, sollte zwischen den einzelnen Nutzungsräumen ein Puffer in Form eines Mindestabstands gegeben sein. Für Variante 2 bedeutet dies, dass zwischen den einzelnen Gebieten, in denen EE konzentriert werden sollen, ein Mindestabstand zu definieren ist.

Angemessene Abstandsangaben müssten unter gründlicher Betrachtung aller betroffenen Schutzgüter definiert werden, sind aber ggf. vom Einzelfall abhängig. Finden in den Abstandsräumen Nutzungen statt, die verträglicher für die entsprechenden Schutzgüter sind, wirkt dieses entlastend in Bezug auf die Entstehung kumulativer Wirkungen erneuerbarer Energien. Analog zu den in einigen Bundesländern verwendeten Abstandsregelungen zu Siedlungen könnte ein Mindestabstand zwischen EE-Nutzflächen definiert werden, sodass sich belastete und unbelastete Flächen abwechseln. In der Praxis erscheint dies jedoch kaum umsetzbar.

6.2.2 Berücksichtigung kumulativer Wirkungen in Regional- und Bauleitplanung

Grundsätzlich kann eine Vermeidung oder Verminderung kumulativer Wirkungen erneuerbarer Energien umso effektiver erfolgen je höher die Planungsebene ist, auf der sie erfolgt. Wichtigster Ansatzpunkt ist hier die Regionalplanung, da durch sie eine überörtliche Koordination erfolgen kann.

Darstellungen auf Regionalplanungsebene sind für Vorhaben relevant, die als raumbedeutsam eingestuft sind. Dazu gehören auf Grund ihrer Höhe und Auswirkungen auch Windenergieanlagen. Deshalb verfügt die Regionalplanung je nach Bundesland über weitreichende Steuerungsmaßnahmen durch die Definition von Windeignungs-, Ausschluss- und/oder Vorranggebieten. Eine Festsetzung solcher Flächen ist, ebenfalls für alle EE-Sparten gemeinsam, als Erneuerbare-Energien-Gebiete denkbar. Zwar würden kumulative Wirkungen in diesen Gebieten wahrscheinlicher, jedoch könnten andere Gebiete von ihnen freigehalten werden. Kumulative Wirkungen erneuerbarer Energien könnten so bereits auf überörtlicher Ebene gesteuert werden. Eine solche Konzentrationsstrategie für erneuerbare Energien ist jedoch nicht ohne weiteres umsetzbar. Ein Hindernis ist hier vor allem die Praxis des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen, da dieser schwer durch die vorhandenen Instrumente im Sinne einer natur- und landschaftsverträglichen Standortsteuerung greifbar ist.

In Regionalplänen werden in der Regel keine Standortvorgaben für Biogasanlagen gemacht. Allerdings sind gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 6 d BauGB Anlagen, deren Kapazität zur Erzeugung von Biogas 2,3 Millionen Normkubikmeter (entspricht etwa 0,5 MW_{el}) pro Jahr übersteigt, nicht mehr privilegiert und erfordern somit die Aufstellung eines Bebauungsplans oder einen Standort mit bestehendem Bebauungsplan. Dies beinhaltet auch die Prüfung der Vereinbarkeit mit Zielen der Raumordnung gemäß § 1 Abs. 4 BauGB. Die regionale Steuerung größerer Biogasanlagen ist somit grundsätzlich möglich. Um auch kleinere Biogasanlagen einer gezielten räumlichen Steuerung zu unterwerfen, müssten zwangsläufig die Bedingungen für eine Privilegierung abgeschafft werden. Nach derzeit herrschenden Regelungen müssen Biogasanlagen auf der Hofstelle eines landwirtschaftlichen Betriebes errichtet werden. Durch die Privilegierung im Außenbereich kann der Bau einer Anlage aber kaum verwehrt werden, wenn nicht andere öffentliche Belange überwiegen. Der Anlagenstandort kann daher nur schwer beeinflusst werden. Noch schwerer ist es, die Standorte der Flächen abzuschätzen, die dem Substratanbau zur Belieferung der entsprechenden Anlage dienen. Die in der Anlage verwendete Biomasse muss überwiegend, d. h. zu mindestens 50,1 % aus dem Betrieb, oder überwiegend aus diesem und nahe liegenden Bereichen stammen (§ 35 Abs. 1 Nr. 6 BauGB). Ein nahe liegender Bereich ist jedoch nicht genau definiert und kann im Zweifelsfall auch große Entfernungen zwischen

Anbau- und Verwertungsort bedeuten, solange ein regionaler Zusammenhang besteht. Der restliche Teil der Substraterzeugung ist nicht räumlich gebunden. Die Standorte des Energiepflanzenausbaus zur Versorgung von Biogasanlagen lassen sich im Einzelnen kaum nachvollziehen und noch weniger steuern.

Die Standorte von Freiflächenphotovoltaikanlagen werden derzeit im Wesentlichen durch Vorgaben im EEG bestimmt. Demnach werden sie verstärkt auf speziell definierten Flächen errichtet, wie z. B. entlang von Autobahnen und Schienenwegen, auf bereits in der Vergangenheit versiegelten Flächen sowie auf Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung (§ 51 Abs. 1 Nr. 3 c). Ab 2015 wird ein Pilotvorhaben für Freiflächenphotovoltaikanlagen durchgeführt, bei dem für PV als erste EE-Sparte in Deutschland testweise auf ein Ausschreibungsmodell umgestellt wird. Ob sich die Bedingungen für die Standorte der Anlagen durch die Umstellung ändern, ist derzeit noch unklar (siehe Kapitel 7.1).

Ebenfalls im § 51 Abs. 1 Nr. 3 EEG ist festgelegt, dass ein Bebauungsplan für Freiflächenphotovoltaikanlagen aufgestellt und ggf. der Flächennutzungsplan angepasst werden muss. Diese Pflicht ergibt sich auch aus der fehlenden Privilegierung im Außenbereich. Auf Ebene der Regionalplanung ergeben sich in der Folge gute Steuerungsmöglichkeiten, da Bauleitpläne an die Ziele der Raumordnung anzupassen sind. Prinzipiell ist ein Steuerungsmodell durch Vorrang-, Eignungs- und Ausschlussgebiete in Regionalplänen möglich.

Übergreifend für alle EE-Sparten ist sowohl eine Lösung durch EE-Eignungsgebiete, also Räumen in denen EE projektiert werden sollen, und dabei andere Flächen als EE-Standorte ausschließen, und Vorranggebieten die ggf. durch Ausschlussgebiete ergänzt werden können, denkbar. Angesichts der Herausforderungen, die sich bei der Auswahl von Eignungsgebieten für die Windenergie in der Regionalplanung zeigen, erscheint es wenig realistisch mit Hilfe von Eignungsgebieten genügend Raum für alle erneuerbaren Energien schaffen zu können. Deshalb empfiehlt sich eher ein Konzept, das mit Vorranggebieten arbeitet, in denen erneuerbare Energien zwar bevorzugt projektiert werden sollen, die aber keine Ausschlusswirkung für andere Gebiete besitzen. Dabei können ergänzend Räume durch Ausschlussgebiete gezielt und vollständig von erneuerbaren Energien freigehalten werden.

Die Möglichkeit der Standortsteuerung besteht auch auf Ebene der vorbereitenden Bauleitplanung mit Regelungen im Flächennutzungsplan. Im Fall der Windenergie wird von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht, wenn entweder keine verbindliche Regelung auf Regionalplanungsebene vorliegt, oder um diese zu ergänzen und zu konkretisieren. In Baden-Württemberg ist z. B. die verbindliche Standortsteuerung der Windenergie vollkommen auf Gemeindeebene geregelt. Liegen für einzelne EE-Sparten keine Regelungen auf der Raumordnungsebene vor, wie meist im Falle von Biogasanlagen und Freiflächenphotovoltaikanlagen, ist es möglich diese innerhalb eines Flächennutzungsplanes zu ergänzen, indem Flächen darin als Sondergebiete der entsprechenden EE-Nutzung gekennzeichnet werden. Die privilegierten Biogasanlagen unterliegen zusätzlich dem Planvorbehalt, weshalb durch eine positive Flächenausweisung, wie auch bei der Windenergie zunächst gute Voraussetzungen bestehen, eine Steuerung auf Flächennutzungsplanebene vorzunehmen. Allerdings ist die Ausweisung von Konzentrationsgebieten für privilegierte Biogasanlagen aufwändig zu begründen und

rechtlich leicht anfechtbar. Zudem hat eine solche Planung vermutlich nur geringe Verschiebungen im einstelligen Kilometerbereich gegenüber dem privilegierten Standort zur Folge und die Substratanbauflächen bleiben ebenfalls unverändert. Aufgrund der Anforderung des Gesetzes, dass die Biomasse überwiegend aus dem eigenen oder aus diesem und nahe gelegenen Betrieben stammen soll, können nur sehr wenige Anlagen pro Gemeinde errichtet werden. Eine Konzentration von Biogasanlagen auf begrenzten Teilen des Gemeindegebiets steht also im Widerspruch zu den gesetzlichen Standortvoraussetzungen (ARL 2013).

Allgemein empfiehlt es sich für die Berücksichtigung kumulativer Wirkungen, Vorgaben für alle EE-Sparten auf einer Planungsebene zu machen, da diese dann besser aufeinander abgestimmt werden können. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Steuerung bereits auf Regionalplanungsebene erfolgen sollte, da die verschiedenen EE-Vorhaben einer Region kumuliert zum gesamträumlichen Ausbau einen raumbedeutsamen Charakter entfalten. Die Gemeindeebene kann in vielen Fällen bereits zu kleinmaßstäbig sein, um kumulativen Wirkungen zwischen erneuerbaren Energien effektiv vorzubeugen. Sekundär ist die Steuerung jedoch auch auf Gemeindeebene möglich. Wichtig für eine Einbindung kumulativer Wirkungen erneuerbarer Energien ist, dass Vorgaben für alle zu berücksichtigenden EE-Sparten auf einer Planungsebene erfolgen.

Wie an den Fallstudienräumen gezeigt wurde, ist die im Projekt entwickelte Methode der räumlichen Analyse geeignet, um die Einbeziehung kumulativer Wirkungen auf die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes auch schon auf der Regionalplanungsebene einfließen zu lassen. Auf der Gemeindeebene sollte eine ergänzende Koordination der Flächen für erneuerbare Energien erfolgen. Die vorgestellte GIS-Methodik ist generell an keine Maßstabsebene gebunden und kann hier ebenfalls gut genutzt werden.

6.2.3 Einbindung kumulativer Wirkungen in regionale Energiekonzepte

Ein anderes Instrument der Landes- und Regionalplanung sind regionale Energiekonzepte, in denen der Energieverbrauch sowie Einspar- und Erzeugungspotentiale ermittelt werden, und energiepolitische Strategien für die Region formuliert werden können. Diese werden in der Regel von den regionalen Planungsgemeinschaften erarbeitet, die auch für die Erstellung des jeweiligen Regionalplans verantwortlich sind.

Es fehlt jedoch häufig an wirksamen Strategien für die breite Verankerung und Umsetzung der in den Energiekonzepten benannten energiepolitischen Ziele und Handlungsempfehlungen. Eine verbindliche Steuerungswirkung kann durch regionale Energiekonzepte nicht erreicht werden. Dies ist Aufgabe des Regionalplans. Wohl aber können grundsätzliche und ergänzende Leitbilder und Empfehlungen für einen natur- und landschaftsverträglichen Ausbau der erneuerbaren Energien entwickelt werden, in denen auch explizit auf kumulative Wirkungen hingewiesen wird. Die Erläuterungen im regionalen Energiekonzept sollten mit den Festlegungen im Regionalplan konform sein.

6.2.4 Einbindung kumulativer Wirkungen in Umweltprüfungen

Wie bereits in Kapitel 2.2.3 erläutert, erfolgt die Berücksichtigung kumulativer Wirkungen in Umweltprüfungen in Deutschland nur sporadisch und nicht sehr tiefgehend. Eine Ausnahme bildet die FFH-Verträglichkeitsprüfung, da hier Projekte und Pläne auf erhebliche Beeinträchtigungen ausdrücklich auch im Zusammenwirken mit anderen Projekten und

Plänen geprüft werden müssen. Es wird daher empfohlen die FFH-Verträglichkeitsprüfung in dieser Beziehung als Vorbild für andere Umweltprüfungen, wie UVP, SUP und Eingriffsregelung gemäß § 1a BauGB und §§ 14, 15 BNatSchG heranzuziehen. Der Ablauf der Prüfungen muss nicht grundsätzlich verändert werden. In der FFH-Verträglichkeitsprüfung werden kumulative Wirkungen bereits in einem gesonderten Teil behandelt, unabhängig von den Wirkungen, die vom Projekt oder Plan allein ausgehen. Als selbstständiger Teil sollte die Überprüfung kumulativer Wirkungen und die Beteiligung der jeweiligen Projekte und Pläne in den entsprechenden Unterlagen (z. B. Umweltverträglichkeitsstudie (UVS), Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP), Umweltbericht) dargestellt werden, so dass es möglich ist, diese in nachfolgende Entscheidungs- und Abwägungsprozesse einzubinden.

Allerdings weist die FFH-Verträglichkeitsprüfung einen markanten Unterschied zu anderen Umweltprüfungen auf, der den Umgang mit kumulativen Wirkungen erleichtert. Im Gegensatz zur UVP und Eingriffsregelung, bei der die Beeinträchtigungen eines Vorhabens standortbezogen mit allen seinen Schutzgütern im Mittelpunkt stehen, sind es bei der FFH-Verträglichkeitsprüfung die Beeinträchtigungen eines bestimmten Schutzgebietes und seinen entsprechenden Erhaltungszielen. Während die FFH-Verträglichkeitsprüfung beim konkreten Schutzzweck bzw. den Erhaltungszielen ansetzt, geht die UVP und Eingriffsregelung vom Vorhaben bzw. Eingriffstatbestand aus. Wie in dieser Arbeit erläutert, ist es zur Behandlung kumulativer Wirkungen jedoch notwendig, vom betroffenen Schutzgut auszugehen (siehe Kapitel 2.1). Der Prüfungsteil, der sich mit kumulativen Wirkungen beschäftigt, müsste insofern nach Vorbild der FFH-Verträglichkeitsprüfung gestaltet werden. So müsste für jedes Schutzgut anschließend an die Darstellung der Beeinträchtigungen durch das Vorhaben, das Gegenstand der Prüfung ist, in einem zusätzlichen Prüfteil die Beeinträchtigungen identifiziert werden, die von bestehenden Projekten und Plänen auf das behandelte Schutzgut ausgehen. Darauf aufbauend könnten in der FFH-Verträglichkeitsprüfung Aussagen zu einer potentiellen Kumulationswirkungen des neuen Eingriffs mit denen von bereits geprüften Projekten und Plänen getroffen werden.

Insbesondere in Bezug auf Naturgüter wie die biologische Vielfalt sollten auch Effekte anderer Projekte berücksichtigt werden und nicht nur die Effekte von erneuerbaren Energien. So besitzt der Maisanbau seine typischen ökologischen Nachteile, unabhängig davon, ob er zur Erzeugung von Biogas oder als Futtermittel dient. Auch kumulieren sich die Einflüsse andersartiger Vorhaben, zum Beispiel aus dem Straßenbaubereich, mit EE-Projekten. Im Bereich sozio-kultureller Schutzgüter wie zum Beispiel dem Landschaftsbild erscheint eine gesonderte Betrachtung von EE-Vorhaben durchaus sinnvoll, da der Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Bevölkerung eine Sonderstellung einnimmt.

6.2.5 Räumliche Steuerungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit dem EEG

Zielführend bei einer Umstrukturierung des EEG wäre eine Kopplung der Förderung an die Einhaltung von Vorgaben aus der Landschaftsplanung und dem Bundesnaturschutzgesetz (Kapitel 4, Abschnitt 1 Biotopverbund und Biotopvernetzung; geschützte Teile von Natur und Landschaft). Ein solches Verfahren bietet die Möglichkeit, Gebietskulissen zu definieren, von denen eine Förderung durch das EEG abhängig gemacht werden kann. Theoretisch ist es auch möglich, über Schutzgebietsatzungen die landwirtschaftliche Produktion zu beschränken, also z. B. den Maisanbau. In der Praxis findet sich dies jedoch selten.

Regelmäßig dürfte allerdings die Existenz eines Schutzgebiets die Errichtung einer privilegierten Biogasanlage verhindern, wenn öffentliche Belange entgegenstehen (s. § 35 Abs. 1 BauGB).

Trotz der in der EEG-Novelle 2014 eingeführten Umstrukturierung des Fördersystems hin zu einem Ausschreibungsmodell bietet sich auch in Zukunft die Möglichkeit, entsprechende Steuerungsmechanismen beizubehalten und neue zu integrieren. Dies gilt jedoch nur, solange das EEG von Projektentwicklern in Anspruch genommen wird und Erneuerbare Energien nicht ohne Förderung marktfähig sind.

6.2.6 Fazit zu den Handlungsempfehlungen

Um zukünftig kumulative Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (und Vorhaben anderer Art) besser in die Raumordnung und die Umweltplanung zu integrieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die parallel umgesetzt werden können.

Die räumliche Analyse in Verbindung mit einer ausführlichen verbal-argumentativen Erläuterung erscheint als das geeignete Mittel, um kumulative Wirkungen in die Raumplanung sowie Umweltprüfungen zu integrieren. Dabei kann die Methodik, die in dieser Arbeit vorgestellt wurde, als Grundlage verwendet werden.

Setzt man sich mit kumulativen Umweltauswirkungen auseinander, muss stets auch daran erinnert werden, dass eine möglichst natur- und landschaftsverträgliche Umsetzung von Planungen in der Folge auch kumulative Wirkungen minimiert.

Um Unsicherheiten im Umgang mit kumulativen Wirkungen in der Umweltplanung abzubauen, müssen auf gesetzlicher und politischer Ebene die notwendigen Rahmenbedingungen festgelegt werden. Grundsätzlich ist eine bessere Einbindung des gemeinsamen Einwirkens mehrerer - auch verschiedenartiger - Vorhaben auf ein Schutzgut, angesichts der heutigen Vorhabendichte, überfällig.

Kumulative Wirkungen sollten bereits auf der überörtlichen Planungsebene behandelt werden. Zu diesem Zweck sollte überprüft werden, ob sich nicht nur Standorte von Windenergieanlagen sondern auch Freiflächenphotovoltaik- und Biogasanlagen, Anbau von Energiepflanzen auf der Regionalplanungsebene räumlich eingrenzen lassen (Konzentrationsgebiete). Dies kann entweder durch Vorrang-, Ausschluss- und Eignungsgebiete, für alle EE-Sparten gemeinsam oder jede einzelnen EE-Sparte erfolgen. Ergänzend können Ansprüche an den natur- und landschaftsverträglichen Ausbau auch in regionalen Energiekonzepten erfolgen.

In UVP und SUP sollten nach dem Vorbild der FFH-Prüfung kumulative Wirkungen in Form des Zusammenwirkens mit anderen Projekten bzw. Plänen als eigenständiger Teil etabliert werden, sodass eine Auseinandersetzung mit diesem Themenkomplex zwingend stattfinden muss. Auch andere Vorhabensarten sollten dabei mit einbezogen werden, da die Umweltauswirkungen von EE-Projekten sich auch mit anderen Vorhabensarten kumulieren.

Eine standortsteuernde Wirkung des EEG könnte integriert werden, indem eine Förderung an die Einhaltung von Vorgaben aus der Landschaftsplanung und dem naturschutzfachlichen Ordnungsrecht gekoppelt wird. Diese Option besteht gerade auch mit der Umstellung auf ein Ausschreibungssystem.

Um kumulative Wirkungen mit möglichst niedrigem Aufwand abschätzen zu können, sollten räumliche Daten zu Schutzgütern und den betrachteten Vorhaben leicht und vollständig abgerufen werden können.

7 Ausblick

7.1 Zukünftige Entwicklungen

Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG

Das EEG ist das Steuerungsinstrument, das den Ausbau erneuerbarer Energien seit dem Jahr 2000 maßgeblich vorantreibt hat. Es ist damit gleichzeitig mit Konflikten für Natur und Landschaft verbunden. Aus diesem Grund ist es nicht nur sinnvoll einen Blick auf die vergangenen Entwicklungen dieses Gesetzes zu werfen, sondern auch einen Ausblick auf künftige Entwicklungen zu geben; insbesondere, weil das EEG in den letzten Jahren immer wieder novelliert wurde und weitere Novellierungen zu erwarten sind. Hervorzuheben sind hier speziell die zukünftig geplanten Ausschreibungen.

Mit dem Umbau des EEG im Jahr 2014 wurde in § 2 Abs. (5) festgelegt, dass die finanzielle Förderung erneuerbarer Energien spätestens ab dem Jahr 2017 auf Ausschreibungen umgestellt werden soll. 5% der vorgesehenen EE-Projekte sollen zudem europaweit ausgeschrieben werden (§ 2 Abs. 6). Diese Umstellung soll allerdings zuvor in einer Pilotphase getestet werden. Als etablierte Technologie setzt das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) dabei auf Freiflächenphotovoltaikanlagen, die nach den Vergütungskürzungen der vergangenen Jahre immer unattraktiver wurden und aus diesem Grund hinter den Ausbauzielen zurückliegen (KLESSMANN et al. 2014). Das Pilotvorhaben befindet sich zum jetzigen Zeitpunkt in der Startphase. Der § 88 EEG (2014) ermächtigt die Bundesregierung, eine Verordnung ohne Zustimmung des Bundesrates zu verabschieden, die diese Ausschreibungen regelt. Diese Verordnung¹¹ wurde am 28. Januar 2015 durch das Bundeskabinett beschlossen. Die erste Pilotausschreibung ist am 24. Februar 2015 gestartet worden. Das Volumen dieses ersten Ausschreibungsverfahrens beträgt für das Jahr 2015 500 MW für Freiflächenphotovoltaikanlagen (vgl. Ausschreibungsverordnung 2015 § 3 Abs. (1)). 2016 und 2017 wird dieses Volumen auf 300 MW reduziert. Die Obergrenze je Projekt liegt bei 10 MW (vgl. Ausschreibungsverordnung 2015 § 6 Abs. (2)) und damit nicht über der bisherigen Grenze von 10 MW für Freiflächenphotovoltaikanlagen. Eine völlige Aufhebung der Leistungsgrenze wurde unter anderem aufgrund von naturschutzfachlichen Bedenken nicht vorgenommen.

Ziel ist es, an dieser Stelle zu einer ersten Bewertung zu kommen, welche Auswirkungen dieses künftige Ausschreibungsmodell auf die potentielle Entstehung von kumulativen Wirkungen zwischen den EE-Sparten hat. Erfahrungen mit Ausschreibungen in anderen Ländern zeigen, dass sich Projekte in Gunsträumen erneuerbarer Energien ballen (Öko-Institut 2014: 88f.). Dies könnte durch eine Indexierung nach Kapazitäten je Region umgangen werden, um einen gleichmäßigen Ausbau in Deutschland zu erreichen (Öko-Institut 2014: 92f.). Bei der räumlichen Steuerung der Freiflächenphotovoltaikanlagen orientiert man sich sehr stark an den Vorgaben des EEG. Die Anlagen dürfen nur im Bereich bestehender Bebauungspläne mit dem Zweck PV-Anlagen zu errichten, eingerichtet werden (vgl. Ausschreibungsverordnung 2015 § 22 Abs. 1 Satz Nr. 2). Zu den weiteren Bedingungen zählt, dass die Bebauungspläne auf Flächen liegen, die bereits vor der Überplanung

¹¹ Verordnung zur Einführung von Ausschreibungen der finanziellen Förderung für Freiflächenanlagen sowie zur Änderung weiterer Verordnungen zur Förderung der erneuerbaren Energien

versiegelt waren, es sich um Konversionsflächen handelt, die entlang von Autobahnen oder Schienenwegen liegen, die sich im Eigentum des Bundes oder der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben oder die als Ackerfläche in einem benachteiligten Gebiet liegen. Generell dürften Skaleneffekte Investoren eher zur Entwicklung großer Projekte anreizen. Nicht zuletzt ist Kostensenkung ein offensichtliches Ziel des EEG 2014 (KLESSMANN et al. 2014). Bei Großprojekten ist davon auszugehen, dass erhebliche Einzelwirkungen auf Natur und Landschaft auftreten. Allein die Größe (entspricht bei 10 MW etwa 450 Fußballfeldern) einer solchen Anlage macht das Auftreten von kumulativen Wirkungen mit anderen erneuerbaren Energien oder anderen technischen Infrastrukturen deutlich wahrscheinlicher. Auch der räumliche Steuerungsmechanismus kann zusätzliche Wirkungen auf Natur und Landschaft zur Folge haben. So ist zu erwarten, dass insbesondere benachteiligte landwirtschaftliche Standorte aufgrund der geringeren Bodenpreise vorteilhaft für den Ausbau erscheinen. Benachteiligte landwirtschaftliche Standorte (definiert durch die Gemeinsame Agrarpolitik der EU) sind jedoch häufig von besonderer Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz. So kann eine Nutzung dieser benachteiligten Standorte für Freiflächenphotovoltaik eine positive Wirkung haben, da die Flächen in Nutzung gehalten werden und dadurch nicht verbuschen. Damit würden wertvolle Ökosysteme erhalten. Allerdings kann dies auch negative Wirkungen haben, wenn eine Beeinträchtigung von der Anlage auf die Schutzgüter ausgeht. Mit der Entstehung dieser Einzelwirkungen wird dann auch das Auftreten kumulativer Wirkungen wahrscheinlicher. Wie dies zu begutachten ist, lässt sich erst mit Vorliegen des Erfahrungsberichts zur Flächeninanspruchnahme am 31.12.2016 konkret abschätzen, der in § 36 der Ausschreibungsverordnung verankert ist.

Bei Anlagen, die künftig nach dem deutschem Recht gefördert werden könnten, aber nicht auf deutschem Territorium errichtet werden, ist davon auszugehen, dass in diesem Fall kumulative Wirkungen auch jenseits der deutschen Grenze auftreten¹². Hierfür sind zwei mögliche Szenarien denkbar. Einmal kumulative Wirkungen, die dann auftreten, wenn auf einer Seite der Grenze bereits eine Anlage besteht und eine weitere Anlage auf der anderen Seite der Grenze hinzugefügt werden soll. Als zweites Szenario wäre es denkbar, dass mehrere verschiedenartige Anlagen zur Stromerzeugung im Ausland errichtet werden, deren Strom auf Basis der EEG-Ausschreibungsverordnung nach Deutschland exportiert wird. Selbst wenn kumulative Wirkungen in Deutschland berücksichtigt würden, stellt sich die Frage, wie mit diesem Sachverhalt außerhalb Deutschlands umgegangen werden kann. Wie bereits bei Biogas- und Biomethananlagen zu beobachten ist, werden Umweltauswirkungen des Substratanbaus im Ausland in den Betrachtungen bisher ausgeblendet.

Ebenfalls unberücksichtigt sind Wirkungen, die sich durch grenznahe Anlagen ergeben und Wirkungen im grenznahen Ausland hervorrufen.

Bundeskompensationsverordnung

Im April 2013 wurde der zweite Entwurf für eine Bundeskompensationsverordnung (BKompV) vorgelegt, und kurze Zeit später vom Bundeskabinett beschlossen. Eine

¹² „In einem zweiten Schritt soll auch die Öffnung der Förderung für ausländischen Strom im Rahmen der Pilotverfahren für Freiflächenphotovoltaikanlagen getestet werden. Das EEG 2014 ermächtigt die Bundesregierung zur Regelung solcher geöffneter Pilotverfahren.“ (Ausschreibungsverordnung, Abschnitt Begründung, Kapitel VI. Vereinbarkeit mit dem Recht der Europäischen Union, S.58)

Zustimmung des Bundesrates steht jedoch noch immer aus. Mit der Verordnung über die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft sollen die Standards und Vorgehensweisen bei der Ermittlung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen bzw. Kompensationszahlungen vereinheitlicht werden (WARNKE et al. 2013).

Der Entwurf der Verordnung steht bei Naturschutzverbänden in der Kritik, weil teils eine Vereinfachung bei der Erfassung und Bewertung von Eingriffen und eine Tendenz zum nicht funktionsbezogenen Ausgleich zu erkennen ist (NABU 2013). Die Entscheidung über den bereits im Bundestag beschlossenen Entwurf der Verordnung wurde mehrmals verschoben und ist bisher nicht erfolgt (Stand: 17.11.2014). Grund für die Verschiebung waren weitreichende Änderungswünsche des Umweltausschusses des Bundesrates im Jahr 2013.

Sollen kumulative Wirkungen ein stärkerer Gegenstand in Umweltprüfungen werden, müssen sie auch in einer Bundeskompensationsverordnung thematisiert werden. So ist es fraglich, wie mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie Kompensationszahlungen zu verfahren ist, wenn ein neues Vorhaben im Zusammenwirken mit bereits abgehandelten oder anderen zukünftigen Vorhaben erhebliche kumulative Wirkungen hervorruft.

7.2 Künftige Forschungsfelder

Im Rahmen des Projektes wurden Kenntnislücken deutlich, die den Umgang mit kumulativen Wirkungen erneuerbarer Energien erschweren und einschränken. Probleme beim Erfassen, Einordnen und Abwägen kumulativer Wirkungen bereitet u. a. die nach wie vor vorhandene Unsicherheit über die Einflüsse jeder einzelnen EE-Sparte. Um das Maß ihres Zusammenwirkens abschätzen zu können, ist es Voraussetzung, die Art und Ausdehnung der Einzelwirkungen jeder EE-Sparte sachgerecht einordnen zu können. Auch besteht noch in vielen Bereichen Unkenntnis darüber, wie und in welchem Umfang sich die verschiedenen Einzelwirkungen erneuerbarer Energien durch Kumulation ihrer Wirkungen auf ein Schutzgut auswirken. Im Folgenden wird auf die aufgetretenen Fragestellungen genauer eingegangen.

Dominante visuelle Fernwirkung von Windenergieanlagen in Abhängigkeit von Größe und Anzahl der Anlagen

Für die räumliche Analyse ist es förderlich, den Wirkungsbereich von Vorhaben und bestehenden Strukturen auf jedes Schutzgut einfach abschätzen zu können. Aus diesem Grund sind Vorgaben aus der Kompensationsermittlung für das Landschaftsbild, wie sie in Kapitel 5.1.2 beleuchtet werden, hilfreich. Allerdings müssen diese Vorgaben sich an der aktuellen und zukünftigen Ausbausituation orientieren. Bisher gibt es in Deutschland kaum wissenschaftliche Erkenntnisse darüber, wie weit Windenergieanlagen in Abhängigkeit von ihrer Größe und Anzahl visuell auf einen Betrachter wirken. Dies liegt in erster Linie daran, dass das menschliche Empfinden um die Ästhetik der Landschaft subjektiv ist, und somit von Person zu Person variiert. Um innerhalb einer räumlichen Analyse zuverlässige Aussagen darüber treffen zu können, in welchem Umkreis um einen Windpark eine visuelle Beeinträchtigung vorhanden ist, werden jedoch solide Grundlagen benötigt. Die Angaben, auf die sich die gegenwärtige Planungspraxis stützt, beruhen auf Annahmen aus den 1990er Jahren und sind der heutigen Ausbausituation und der Öffentlichkeitswirksamkeit des Themas keinesfalls angemessen. Es bedarf sorgfältiger Studien, um die visuelle Wirkdistanz von Anlagen und Windparks heutiger Größe zu erfassen und in der Folge zur Verwendung in

der Planungspraxis in Deutschland aufzuarbeiten. Daraus entstehende Richtdistanzen können in die räumliche Analyse von kumulativen Wirkungen eingebracht werden und die Durchführung erheblich vereinfachen.

Wirkung von Freiflächenphotovoltaikanlagen auf Natur und Landschaft

Bei Freiflächenphotovoltaikanlagen bestehen dieselben Probleme wie bei der Einschätzung der visuellen Wirkdistanz von Windenergieanlagen. Der Einfluss von Windenergieanlagen auf das Landschaftsbild ist auf Grund der größeren vertikalen Ausmaße und Menge der Anlagen ohne Frage stärker zu bewerten als der von FF-PV-Anlagen. Dies drückt sich auch im öffentlichen Widerstand verschiedener Bevölkerungsgruppen gegen die Windkraft aus. Um innerhalb einer räumlichen Analyse Suchräume für kumulative Wirkungen zu erschließen, ist es jedoch unabdingbar, auch für FF-PV-Anlagen realistische Wirkräume definieren zu können. Dazu bedarf es weiterer Studien, die den visuellen Wirkungsbereich der Anlagen in Abhängigkeit von ihrer Flächenausdehnung erheben. Des Weiteren kann das Relief einen großen Einfluss auf die Wirkdistanz haben. Die Positionierung an einem Hang kann einen weitaus größeren Eingriff auf das Erscheinungsbild der Landschaft bedeuten als im Flachland.

Auch ist unklar, wie sich die Freiflächenphotovoltaikanlagen auf verschiedene Vogelarten auswirken. In der Literatur gefundene Informationen bestehen zum Großteil aus Vermutungen. So ist es fraglich, ob Freiflächenphotovoltaikanlagen sich als Jagdgebiet für Greifvögel eignen. Ob sie gemieden werden, ein erhöhtes Verletzungsrisiko bergen, sie schlichtweg keinen oder als Bereich geringer Bearbeitung sogar einen positiven Einfluss auf das Verhalten der Vögel haben, ist weitgehend ungeklärt. Das geeignete Mittel diese Kenntnisse zu erlangen sind Feldstudien an großen Freiflächenphotovoltaikanlagen mit Vorkommen der entsprechenden Vogelart.

Einfluss von Biogasanlagen auf die räumliche Verteilung der Kulturarten in der Region

Im Bereich der Biogaserzeugung aus Energiepflanzen gibt es unabhängig von dem Zusammenwirken mit anderen erneuerbaren Energien weitere drängende Fragestellungen. So sagt der Standort und die Anlagenleistung nur wenig über die verwendeten Einsatzstoffe und deren Herkunft aus. Grundsätzlich muss nicht, wie in der Arbeit angenommen, von einem Zusammenhang zwischen der Errichtung von Biogasanlagen und dem Anstieg von Maismonokulturen in deren Umfeld ausgegangen werden. Wahrscheinlich sind die Auswirkungen im direkten Umfeld der Anlage nicht so groß wie in der vorliegenden Arbeit angenommen, da Substrate überregional angekauft werden. In anderen Fällen wird außerdem auf Flächen angebaut, die sich nicht in direkter Nachbarschaft zur Biogasanlage befinden. Es bedarf lokaler Fallstudien, die erheben, wie sich der prozentuale Anteil jeder Fruchtartenzusammensetzung in Abhängigkeit von der Dichte der Biogasanlagenzahl in einem bestimmten Umkreis verändert. Auf dieser Basis wäre es möglich, eine räumliche Analyse besser an die Realität anzupassen.

Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf das Landschaftsbild

Schwierig ist der planerische Umgang mit dem Einfluss des Energiepflanzenanbaus für die Bioenergieerzeugung auf das Landschaftsbild. Im Vergleich zur Windenergie und Solarenergie, die sich durch technische Elemente auszeichnen, die eine Landschaft deutlich

anthropogen prägen können, fügt sich der Anbau von Energiepflanzen eher in das typisch agrarisch geprägte Kulturlandschaftsbild ein. Der Durchschnittsbetrachter stellt nicht zwangsläufig eine Verbindung zur Erzeugung erneuerbarer Energien (Energiewende) her. Der Energiepflanzenanbau wirkt erst durch sein flächenhaftes Auftreten (visuelle Monotonie) und durch die verursachte Sichtverschattung (Mais im Sommer) negativ auf das Landschaftsbild, während Wind- und Sonnenenergie durch ihr bloßes Erscheinungsbild wirken. Der Energiepflanzenanbau wirkt so zwar negativ, aber dennoch diametral zu den Wirkungsweisen von Wind- und Sonnenenergie. Hinzu kommt, dass der direkte Einfluss nur für einen begrenzten Zeitraum des Jahres besteht (z. B. bei Mais von Juli bis September). Eine Einbeziehung in die räumliche Analyse sowie eine grundsätzliche Beschreibung der kumulativen Wirkungen gestalten sich durch diese Besonderheiten schwierig, obwohl sie zweifellos vorhanden sind. Forschungsprojekte, die sich mit dem Einfluss speziell des Energiepflanzenanbaus auf das Landschaftsbild im Vergleich zur Wind- und Solarenergie beschäftigen, wären demnach notwendig.

Beobachtung von Interaktionen

Spezielle synergetische, kumulative Wirkungen, bei denen ein für das einzelne Schutzgut neuer umweltwirksamer Einfluss entsteht, wenn die einzelnen Einflüsse interagieren (siehe Kapitel 2.2), konnten in der vorliegenden Arbeit nicht gefunden werden. Experten konnten innerhalb der Interviews keine Beispiele von Interaktionen der verschiedenen EE-Sparten benennen. Da eigene Feldstudien nicht Teil dieses Forschungsprojektes waren, konnte auch die in Kapitel 2.2 formulierte These zu einer Interaktion zwischen Windenergie und der Flächeninanspruchnahme durch den Energiepflanzenanbau weder bestätigt noch verworfen werden. Um solche und andere potentielle Interaktionen beobachten und beschreiben zu können, sind längere Feldstudien notwendig. Um z. B. tiefere Kenntnisse über Verhalten potentiell gefährdeter Vogelarten in Bezug auf kumulative Wirkungen durch EE zu erheben, bedarf es Langzeitbeobachtungen in entsprechenden Suchräumen. So können Interaktionen aufgenommen und eventuell ausgeschlossen werden, bzw. gezielte Gegenmaßnahmen abgeleitet werden.

Kumulative Wirkungen innerhalb einer EE-Sparte sowie unabhängig von EE und kumulative Wirkungen auf weitere Schutzgüter

Im Projekt wurden vor allem kumulative Wirkungen behandelt, die durch das mengenhafte Auftreten erneuerbarer Energien entstehen. Insbesondere additive kumulative Wirkungen gehen jedoch auch von jeder EE-Sparte für sich aus. Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, handelt es sich auch um kumulative Wirkungen, wenn z. B. mehrere Windparks großräumig das Landschaftsbild prägen. Durch ihre große Präsenz, den auch in Zukunft erwarteten hohen Ausbauraten bei bereits bestehender Vorbelastung und den damit verbundenen gesellschaftlichen Vorbehalten (fehlende Akzeptanz), besteht hier bei der Windenergie großer Forschungsbedarf. Aber auch durch die anderen EE-Sparten können durch ein übermäßiges Aufkommen in einem engen räumlichen Zusammenhang (additive) kumulative Wirkungen hervorgerufen werden.

Zudem entstehen kumulative Wirkungen von erneuerbaren Energien vermutlich in der Gemeinwirkung mit anderen Infrastrukturprojekten (z. B. Straßenbau). Die Berücksichtigung kumulativer Wirkungen in Planung und Forschung darf sich nicht auf bestimmte Sparten oder

Themengebiete beschränken, da alle Vorhaben prinzipiell in der Lage sind, Natur und Landschaft im Zusammenwirken mit anderen Vorhaben erheblich zu beeinträchtigen.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage welcher räumliche und zeitliche Zusammenhang in der jeweiligen Konstellation der Belastungen bestehen muss, um von kumulativen Wirkungen zu sprechen können (z. B. in welchem räumlichen Zusammenhang kann man von additiven Wirkungen auf das Schutzgut Boden durch Versiegelung sprechen? Welcher zeitliche Zusammenhang ist notwendig um Erosionsgeschehen als kumulative Wirkung zu bewerten)?

Im Rahmen des Projektes wurden nur die Schutzgüter biologische Vielfalt (Teile der Avifauna) und Landschaftsbild behandelt, sowie die sie betreffenden Wirkungen. Nicht behandelt wurden die Schutzgüter Boden, Wasser, Klima, Luft sowie das menschliche Wohlbefinden und kulturelle Güter. Geht es um die Erfassung kumulativer Wirkungen auf andere als die in der vorliegenden Arbeit behandelten Schutzgüter, empfiehlt sich grundsätzlich dennoch die vorgestellte Vorgehensweise. Jedes Schutzgut hat jedoch andere charakteristische Schutzzräume zur Folge. Auch die Wirkräume, der von einzelnen Strukturen oder Vorhaben bedingten Einflüsse, können mit dem betrachteten Schutzgut variieren. Die räumliche Analyse bedarf also je nach Anwendungsfall spezifischer Anpassung. Bei der gewissenhaften Durchführung solcher Analysen für andere Problemstellungen kumulativer Wirkungen als die vorgestellten (z. B. die Betrachtung anderer Schutzgüter) werden sich zwangsläufig weitere offene Fragestellungen ergeben. So ist es z. B. fraglich, welche räumlichen Zusammenhänge bestehen müssen, um von kumulativen Wirkungen von verschiedenen Flächenversiegelungen ausgehen zu können. Grundsätzlich sind kumulative Umweltauswirkungen ein sehr komplexer Themenbereich und es ist davon auszugehen, dass es längere Zeit und Erfahrung braucht, ehe diese zuverlässig in die Planungspraxis eingebunden werden können.

8 Quellenverzeichnis

8.1 Literaturverzeichnis

- AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (2010), Entwicklung der Kosten und Wirkungsgrade von Solarzellen. <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/detailansicht/article/530/entwicklung-der-kosten-und-wirkungsgrade-von-solarzellen.html> (24.03.2013).
- ARL Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2013): Privilegierung von Außenbereichsvorhaben i. S. d § 35 BauGB. Positionspapier aus der ARL 94. http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospaper_94.pdf (19.10.2014).
- BALLA, S.; PETERS, H.-J.; WULFERT, K. (2009): Leitfaden zur strategischen Umweltprüfung (SUP). <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3746.pdf> (18.05.2014).
- BAUER, O. (2013): "Wind-WAHN-Nein-Danke" bekräftigen in Althausen ihre Positionen. In: Südwestpresse, Tauber-Zeitung, Bad Mergentheim vom 09.10.2013. www.swp.de/bad_mergentheim/lokales/bad_mergentheim/Wind-WAHN-Nein-Danke-bekraeftigen-in-Althausen-ihre-Positionen;art5642,2243144 (21.11.2013).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2004): Umweltwissen Sonnenenergie, Augsburg.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2010): Einfluss des Biomasseanbaus auf die Ackervögel am Beispiel der Wiesenweihe. Augsburg.
- BBSR (2014): Standorte von Windenergieanlagen 1998 und 2010 : http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Downloads/HaeufigNachgefragteKarten/standorteWind.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (9.9.2014).
- BDLA BUND DEUTSCHER LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (2013): Galgenfrist für die Bundeskompensations-verordnung?. Online: <http://www.bdla.de/aktuell/news/942-galgenfrist-fuer-die-bundeskompensationsverordnung> (22.09.2013).
- BERGER, H. (2011): Grenzen der Erneuerbarkeit. Das Dilemma biogener Energien. In: Kommune. Zeitschrift für Politik – Ökonomie – Kultur 01/2011.
- BECK, M., BOPP, G., GOETZBERGER, A., OBERGFELL, T., REISE, C., SCHINDELE, S. (2012): Combining PV and Food Crops to Agrophotovoltaic – Optimization of Orientation and Harvest, 10.4229/27thEUPVSEC2012-5AV.2.25. <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-236477.html>
- BISHOP, I. D. (2002): Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines. Environment and Planning B: Planning and Design. British Wind Energy Association.
- BMVBW BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND WOHNUNGSWESEN (2004): Leitfaden zur FFH-Verträglichkeitsprüfung im Bundesfernstraßenbau. http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/naturschutz/20090605_naturschutz_vertraeglichkeitspruefung_leitfaden.pdf (21.07.2014).

- BMWi (2014): Verordnung der Bundesregierung Verordnung zur Einführung von Ausschreibungen der finanziellen Förderung für Freiflächenanlagen sowie zur Änderung weiterer Verordnungen zur Förderung der erneuerbaren Energien. Berlin. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/V/verordnung-zur-einfuehrung-von-ausschreibungen-der-finanziellen-foerderung-fuer-freiflaechenanlagen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (30.03.2015)
- BORTZ, J.; DÖRING, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin.
- BOSCH & PARTNER (2009): Abschätzung der Ausbaupotenziale der Windenergie an Infrastrukturachsen und Entwicklung von Kriterien der Zulässigkeit – Abschlussbericht.
- BOSCH & PARTNER (2013): Protokoll zum Vernetzungstreffen der Naturschutzbezogenen Untersuchungen innerhalb der Projekte zum EEG-Erfahrungsbericht und den parallel laufenden Vorhaben des BfN am 19./20.03.2013 in Reinhausen.
- BÖMER, J.; REHTANZ, C.; WALLASCH, A.-K. et al. (2011): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2011 gemäß § 65 EEG – Vorhaben Ite Windenergie. Varel. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/EEG/eeg_eb_2011_netz_einspeisung_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (12.09.2014).
- BRAGAGNOLO, C.; GENELETTI, D. (2012). "Addressing cumulative effects in Strategic Environmental Assessment of spatial planning." *Aestimum* 60: 39-52.
- BRAHMS, E.; PETERS, J. (2012): Landschaftsbild, Erholungsnutzung und Windenergieanlagen in der Planungsregion Magdeburg. Beschreibung und Bewertung der Landschaft hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber der Errichtung von Windkraftanlagen und der Eignung für Tourismus und Erholung aufgrund landschaftlicher und naturräumlicher Potenziale. unveröffentlichter Projektbericht im Auftrag der Regionalen Planungsstelle Magdeburg. Unveröffentlichter Bericht.
- BREUER, W. (2001): Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes - Vorschläge für Maßnahmen bei Errichtung von Windkraftanlagen. Naturschutz und Landschaftsplanung, Heft 8/2001.
- BRUNS, E. et al. (2009): Erneuerbare Energien in Deutschland – Eine Biographie des Innovationsgeschehens. Universitätsverlag der TU Berlin.
- BUCHAN, N. (2002) (University of Newcastle): Visual Assessment of Windfarms Best Practice, Scottish Natural Heritage Commissioned Report F01AA303A. http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/commissioned_reports/f01aa303a.pdf (12.09.2013).
- BUND (2011): Für einen natur- und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie. Berlin.
- BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG 2010: Genügend Raum für den Ausbau der erneuerbaren Energien?. BBSR-Berichte KOMPAKT 13/2020. S. 9.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2008) Vergütungssätze und Degressionsbeispiele nach dem neuen Erneuerbare-Energien-

- Gesetz (EEG).vom 31. Oktober 2008 mit Änderungen vom 11. August 2010;
http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_2009_verguetungsdegression_bf.pdf,
 (17.02.2013).
- CEQ (US COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY) (1997): Considering Cumulative Effects under the National Environmental Policy Act. US Executive Office of the President. http://energy.gov/sites/prod/files/nepapub/nepa_documents/RedDont/G-CEQ-ConsidCumulEffects.pdf (19.02.2014).
- COOPER, L. M. (2004): Guidelines for Cumulative Effects Assessment in SEA of Plans. EPMG Occasional Paper 04/LMC/CEA, Imperial College London.
www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/21559696.PDF (26.09.2012).
- DEGEN-ROSENBERG, D. (2011): Rechtliche Herausforderungen an die Windenergie im Wald. Vortrag gehalten auf BMU-Fachtagung „Windenergie im Wald“ Berlin, 13. September 2011.
- Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (Hrsg.) (2012): Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. Halle.
- DEUTSCHE WINDGUARD (2013): Status des Windenergieausbaus in Deutschland – Jahr 2012. <http://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/statistiken/fact-sheet-statistik-we-2012-12-31.pdf> (21.08.2014).
- DGS (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.) (2012): EnergyMap - Auf dem Weg zu 100% EE - Der Datenbestand: - <http://www.energymap.info/download.html> (31.11.2012).
- DÖRFEL, D. (2008): Windenergie und Vögel – Nahrungsflächenmonitoring des Frehner Weißstorchbrutpaares im zweiten Jahr nach Errichtung der Windkraftanlagen. In KAATZ, C. et al. (Hrsg.): 3. Jubiläumsband Weißstorch Loburg: 278-283.
- DUINKER, P. N.; GREIG, L. A. (2006): The Impotence of Cumulative Effects Assessment in Canada: Ailments and Ideas for Redeployment. Environmental Management. 37 (2),153-161.
- DÜRR, T. (2009): Zur Gefährdung des Rotmilans *Milvus milvus* durch Windenergieanlagen in Deutschland. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen Heft 3/09: 185 – 195.
- DÜRR, T.; LANGGEMACH, T. (2013) – Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel (Stand 09.10.2013). Hrsg.: Staatliche Vogelschutzwarte Buckow/Landesamt für Umwelt. Online:
http://www.lugv.brandenburg.de/media_fast/4055/vsw_dokwind_voegel.pdf
 (03.07.2014)
- EC (EUROPEAN COMMISSION) (1999): Guidelines for the Assessment of Indirect and Cumulative Impacts as well as Impact Interactions. <http://ec.europa.eu/environment/eia/eia-studies-and-reports/guidel.pdf> (19.02.2014)

- FEIX, O.; OBERMANN, R.; STRECKER, M.; BRÖTEL, A. (2012): Netzentwicklungsplan Strom 2012- Überarbeitete Fassung.
http://www.netzentwicklungsplan.de/system/files/documents/NEP2012_2_Kapitel_9.pdf
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK (IWES) BEREICH ENERGIEWIRTSCHAFT UND NETZBETRIEB (2012): Windenergie Report Deutschland 2011 http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/bilder/upload/Windreport_2011_de.pdf (09.09.2014).
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK (IWES) BEREICH ENERGIEWIRTSCHAFT UND NETZBETRIEB (2014): Windenergie Report Deutschland 2013 http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/bilder/upload/Windenergie_Report_Deutschland_2013.pdf (9.9.2014).
- GAASCH, N.; STARICK, A.; KLÖCKNER, K.; MÖLLER, I.; MÜLLER, K.; MATZDORF, B. (2011): Sicherung einer nachhaltigen Bioenergiebereitstellung : Räumlicher Steuerungsbedarf und Steuerungsmöglichkeiten durch die Regionalplanung. In: Informationen zur Raumentwicklung 5/6 2011: Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung: 339-353. Bonn (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung).
- GFN GESELLSCHAFT FÜR FREILANDÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZPLANUNG MBH (2011): Auswirkungen der Ausbauziele zu den Erneuerbaren Energien auf Naturschutz und Landschaft. FuE-Vorhaben (FKZ 3509 83 0600), Endbericht., Bundesamt für Naturschutz (BfN), Kiel.
- GRAJETZKY, B.; HOFFMANN, M.; NEHLS, G. (2010): BMU-Projekt Greifvögel und Windkraft. Teilprojekt Wiesenweihe. Telemetrische Untersuchungen. http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/bmuwindkraftundgreifwebsite/wiesenweihe_telemetrie_grajetzky.pdf (13.05.2014).
- HEILAND, S.; REGENER, M.; STRATMANN, L.; HAUFF, M.; WEIDENBACHER, S. (2006): Kumulative Auswirkungen in der Strategischen Umweltprüfung. In: UVP-report 20 (3) 2006, S. 122-126.
- HEINL, T.; WEIDENBACHER, S.; ANDRÄ, H. (2008): Die digitale Flurbilanz als Grundlage für die Freiraumsicherung in der Regionalplanung. In: landinfo 02/ 2008: 18-22.
www.regionalverband-heilbronn-franken.de/projekte/freiraum/landinfo_digitale_flurbilanz.pdf (21.08.2013).
- HERDEN, C.; GHARADJEDAGHI, B.; RASSMUS, J. (2009): Naturschutzfachliche Bewertung von Freilandphotovoltaikanlagen. BfN-Skripten 247. Bonn.
- HERDEN, C., GEIGER, S.; MILALSAUSKAITE (2012): Regionale Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft. In: Natur und Landschaft 87. Jahrgang (2012). S. 531-537.
- HÖTKER, H.; THOMPSEN, K.-M.; KÖSTER, H. (2005): Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse. Bonn.

- JANSEN, B. (2013a): Auf dem Weg zum Bürgerwindpark. Das Beispiel Nordfriesland. Vortrag auf den Berliner Energietagen 2013. www.berliner-energietaege.de/fileadmin/user_upload/2013/Tagungsmaterial/BET2013_211_IOEW_05_Jansen_Buergerwindpark.pdf (19.11.2013).
- JERING, A.; KLATT, A.; SEVEN, J. et al. (2012): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Hrsg. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- JONCK, J.; HODSMAN, M. (2012): Ziele der Erneuerbaren-Energien-Politik in den Bundesländern. In: Solarzeitalter 01/ 2012.
- KALUZA, M. (2012a) Sicher fliegen? In: neue energie 07/2012. S. 45-47.
- KALUZA, M. (2012b): Schlaues Federvieh. In: neue energie 07/2012. S. 42-45.
- KLEINHÜCKELKOTTEN, S.; NEITZKE, P. (2012): Naturbewusstseinsstudie 2011. Hannover.
- KLESSMANN, C.; WIGAND, F.; GEPHART, M. et al. (2014): Ausgestaltung des Pilotausschreibungssystems für Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Wissenschaftliche Empfehlung. Projektbericht durch Ecofys Germany GmbH im Auftrag des BMWi.
- KOCH, A.; PORSCHE, L.; WACKER, A. (2010): Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? BBSR-Berichte KOMPAKT 13/2010. Bonn.
- KÖHLER, B.; PREIß, A. 2000: Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes, Hildesheim.
- KRESS, M.; LANDWEHR, I. (2012): Akzeptanz Erneuerbarer Energien in EE-Regionen- Ergebnisse einer telefonischen Bevölkerungsbefragung in ausgewählten Landkreisen und Gemeinden. Diskussionspapier des IÖW 66/12.
- KUHNHÄUSER, H.P. (2013): Bürgerinitiative: "Wind-Wahn"-Gegner vereint. In: Südwestpresse, Tauber-Zeitung, Bad Mergentheim vom 26.06.2013. www.swp.de/bad_mergentheim/lokales/bad_mergentheim/Buergerinitiativ-e-Wind-Wahn-Gegner-vereint;art5642,2078177 (21.11.2013).
- LAG-VSW Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (2007): Abstandregelungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten. http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/bzv_abstand.pdf (23.05.2014).
- LAMNEK, S. (2010): Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch. Weinheim.
- LANA BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT NATURSCHUTZ, LANDSCHAFTSPFLEGE UND ERHOLUNG (1996): Vorschläge zur bundeseinheitlichen Anwendung der Eingriffsregelung nach § 8 Bundesnaturschutzgesetz. <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/50038/perw01.pdf?command=downloadContent&filename=perw01.pdf&FIS=200> (02.04.2014).
- LANGGEMACH, T.; DÜRR, T. (2013): Informationen über die Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. Staatliche Vogelschutzwarte

- Brandenburg. http://www.lugv.brandenburg.de/media_fast/4055/vsw_dokwind_voegel.pdf (03.05.2014).
- LEIBENATH, M., OTTO, A. (2012): "Diskursive Konstituierung von Kulturlandschaft am Beispiel politischer Windenergiediskurse in Deutschland." *Raumforschung und Raumordnung* 70 (2): 119 - 31.
- LINDEINER, A. (2012): Windkraft – eine Gefahr für Vögel und Fledermäuse? Vortrag auf dem 31. Deutschen Naturschutztag am 20.09.2012 in Erfurt.
- LONDON LANDSCAPE INSTITUTE (2011): Guidelines for landscape and visual Impact Assessment. Third Edition. Consultation Draft. <http://www.landscapeinstitute.org/PDF/Contribute/GLVIA3consultationdraftformembers.pdf> (21.02.2014).
- LUBW LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (o.J.a): Naturraumsteckbriefe Baden-Württemberg - Naturraumverzeichnis: Naturraumsteckbrief Nr. 129: Tauberland. www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/92374/brief129.pdf?COMMAND=DisplayBericht&FIS=200&OBJECT=92374&MODE=BER&RIGHTMENU=null (20.11.2013)
- LUBW LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2006): Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse - Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung ab 1 MW. Karlsruhe.
- LUBW LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2014): Potenzialatlas Erneuerbare Energien. <http://rips-app.lubw.baden-wuerttemberg.de/maps/?lang=de&app=potenzialatlas> (15.04.2014).
- LUGV LANDESAMT FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2014): Vogelverluste an Windenergieanlagen in Deutschland, Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg.
- MAMMEN, K.; MAMMEN, U., HEINRICHS, N. et al.(2010): Rotmilan und Windkraftanlagen. Aktuelle Ergebnisse zur Konfliktminderung. http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/bmuw_indkraftundgreifwebsite/wka_von_mammen.pdf (18.08.2014).
- MACDONALD, L. H. (2000): Evaluating and Managing Cumulative Effects: Process and Constraints. *Environmental Management* Vol. 26, No. 3, pp. 299–315.
- MENGEL, A.; REIß, A.; THÖMMES, A.; HAHNE, U.; VON KAMPEN, S.; KLEMENT, M. (2010): Steuerungspotenziale im Kontext naturschutzrelevanter Auswirkungen erneuerbarer Energien. Abschlussbericht des F+E-Vorhabens (FKZ 806 82 110) „Naturschutzrelevanz raumbedeutsamer Auswirkungen der Energiewende“. In: *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 97, 367 S.; Bonn – Bad Godesberg.
- MENGEL, A.; REIß, A. (o.J.): Steuerung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien – Instrumente und Handlungsoptionen, http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbare_energien/Vilm_EEregio_03mengel.pdf (30.4.2013).

- MEZ, L.; SCHNEIDER, S.; REICHE D. et. al. (2008): Zukünftiger Ausbau erneuerbarer Energieträger unter besonderer Berücksichtigung der Bundesländer. Forschungsbericht.
- MKULNV - MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2012): Leitfaden Rahmenbedingungen für Windenergieanlagen auf Waldflächen in Nordrhein-Westfalen. https://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/leitfaden_wind_im_wald.pdf (11.06.2014).
- MPLSH DER MINISTERPRÄSIDENT DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN - LANDESPLANUNGSBEHÖRDE (HRSG.) (2012): Regionalplan für den Planungsraum V des Landes Schleswig-Holstein – Teilfortschreibung 2012 zur Ausweisung von Eignungsgebieten für die Windenergienutzung. Karte. Kiel.
- MTK MAIN-TAUBER-KREIS (2012). "Serie »Energiewende im Main-Tauber-Kreis erleben«, Teil 5: Windkraft." <http://www.main-tauber-kreis.de/index.php?object=tx|266.2164.1&ModID=7&FID=266.7356.1&sNavID=1.100&La=1>. (26.06.2013).
- MUNF - MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATUR UND FORSTEN DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (Hrsg.) (2002): Landschaftsrahmenplan für den Planungsraum V. Kreise Nordfriesland und Schleswig-Flensburg, kreisfreie Stadt Flensburg. Kiel.
- MWAT - MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN (2009): Gesamtstrategie - „Energieland 2020“ für Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- NABU NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND (NABU) (2013): Neuer Entwurf der Bundeskompensations-verordnung.
Online: <http://www.nabu.de/themen/naturschutz/naturschutzrecht/news/15267.html> (22.09.2013).
- NADAI, A.; VAN DER HORST, D. (2010): "Introduction: Landscapes of Energies." Landscape Research 35 (2): 143-55.
- NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN LEOPOLDINA (2012): Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen, Halle (Saale).
- NOHL, W. (1993): Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe - Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensations-ermittlung. Studie im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Kirchheim bei München. http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/landschaftsbildbewertung_pdf.pdf (15.08.2014).
- NOHL, W. (2010): Ist das Landschaftsbild messbar und bewertbar? – Bestandsaufnahme und Ausblick - Referat auf der Fachtagung „Was ist schiach - Das Landschaftsbild im Prüfverfahren“, Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung

- (ILEN) an der Universität für Bodenkultur in Wien am 25. Februar 2010. <http://www.skiaudit.info/media/files/landschaftsbildtagung/nohl.pdf> (15.08.2014).
- PAHL, H.; RAUH, S.; FAATZ, M. (2009): Viehhaltung und Biogaserzeugung – eine Chance für die Entwicklung landwirtschaftlicher Unternehmen. Bayern Biogas Forum Nr. V – 5/2009 <http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Viehhaltung.und.Biogaserzeugung.pdf> (26.09.2014).
- PAUL, H.-U.; UTHER, D.; NEUHOFF, M. et al. (2004): GIS-gestütztes Verfahren zur Bewertung visueller Eingriffe durch Hochspannungsfreileitungen – Herleitung von Kompensationsmaßnahmen für das Landschaftsbild. Naturschutz und Landschaftsplanung Heft 5/2004.
- PETERS, W. (2010): Raumwirksamkeit von Biogasanlagen - Ist eine planerische Steuerung nötig?; Vortrag gehalten auf dem 4. Oberhausener Workshop zu Rechtsfragen bei der Einspeisung von Biogas in Gasnetze, Fraunhofer Umsicht Oberhausen, 17. Mai 2010.
- PETERS, W.; SCHULTZE, C.; SCHMELTER, H.; MORKEL, L.; GÜNNEWIG, D.; PÜSCHEL, M. (2010): "Naturschutzstandards Erneuerbare Energien: Infodatenbank."; 25.07.2013, 2013, von <http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/index.php/infodatenbank> (12.06.2013).
- PETERS, W. (2011): Strategien der Konfliktminderung bei der Nutzung der Windenergie in Waldgebieten, Vortrag gehalten auf BMU-Fachtagung „Windenergie im Wald“ Berlin, 13. September 2011.
- REICHMUTH, M. (2011): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß §65 EEG im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Vorhaben II c Solare Strahlungsenergie. Leipzig.
- REINHARDT, G; SCHEUERLEN, K. (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien.
- RETENMAIER, N. (2011): Umweltwirkungen der Erzeugung und Nutzung von Strom aus Biomasse. Vortrag gehalten auf der BMELV-Konferenz "Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung" Berlin, 17. Februar 2011.
- ROSER, F. (2013). Vielfalt, Eigenart und Schönheit - eine landesweite Planungsgrundlage für das Schutzgut Landschaftsbild. Naturschutz-Info 1/2013 (S. 23-29). Karlsruhe.
- RVHNF REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2006): Regionalplan Heilbronn-Franken 2020. Heilbronn.
- RVHNF REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2013a): Energie. www.regionalverband-heilbronn-franken.de/projekte/energie.html#energie_oben (21.08.2013).
- RVHNF REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2013b): Demografischer Wandel. www.regionalverband-heilbronn-franken.de/projekte/demogr_wandel.html (21.08.2013).
- RVHNF REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2013c): Freiraum. www.regionalverband-heilbronn-franken.de/projekte/freiraum.html (21.08.2013).

- RVHNF REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2013d): Verkehr. www.regionalverband-heilbronn-franken.de/projekte/verkehr.html (21.08.2013).
- RVHNF REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2013e): Wirtschaftsstruktur. www.regionalverband-heilbronn-franken.de/projekte/verkehr.html (21.08.2013).
- SÄBL STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (HRSG.) (2011): Agrarstrukturen in Deutschland – Einheit in Vielfalt. Regionale Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010. Stuttgart.
- SÄBL STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (Hrsg.) (2013a): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung - Stichtag 31.12. - regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie Städte. www.regionalstatistik.de (19.11.2013).
- SÄBL STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (Hrsg.) (2013b): Anbau auf dem Ackerland in landwirtschaftlichen Betrieben nach Fruchtarten - Jahr - regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie Städte. www.regionalstatistik.de (19.11.2013).
- SÄBL STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (Hrsg.) (2013c): Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen (Schätzung) - Jahresdurchschnitt - regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie Städte. www.regionalstatistik.de . (19.11.2013).
- SÄBL STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (Hrsg.) (2013d): Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte einschließlich privater Organisationen ohne Erwerbszweck - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie. Städte. www.regionalstatistik.de (19.11.2013).
- SADLER, B. (1996): Environmental Assessment in a Changing World: Evaluating practice to Improve Performance: International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment Final Report. International Association for Impact Assessment and Canadian Environment Assessment Agency, Canada. http://www.iaia.org/publicdocuments/EIA/EAE/EAE_10E.PDF (19.02.2014).
- SCHLEGEL, S. ET AL. (2005): Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe - Gutachten für die Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes. Berlin.
- SCHMID, H.; HÜLSBERGEN, H.-J. (o.J.): Ergänzung/Überprüfung der fruchtartenspezifischen Richtwerte für die Veränderung der Humusvorräte für Energiepflanzen incl. Mais. Speyer.
- SNH SCOTTISH NATURAL HERITAGE (2012): Assessing the cumulative impact of onshore wind energy developments. <http://www.snh.gov.uk/docs/A675503.pdf> (20.02.2014)
- SEYFERT, U.; BUNZEL, C., THRÄN, D. (2011): Biomassepotenziale in Deutschland 2008 bis 2020. DBFZ Report Nr. 8. https://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/dbfz_report_kompakt_web.pdf (21.07.2014).
- SIEDENTOP, S. (2001): Zum Umgang mit kumulativen Wirkungen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung. UVP-Report 2/2001. S. 88 – 93.

- SIEDENTOP, S. (2002): Kumulative Wirkungen in der Umweltverträglichkeitsprüfung. Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele, Dortmund.
- SIEDENTOP, S. (2004): Die "Tyrannei kleiner Entscheidungen". Zum Dilemma kumulativer Wirkungen in der räumlichen Umweltvorsorge. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 36 (11).
- SIEDENTOP, S. (2005): Kumulative Umweltauswirkungen in der Strategischen Umweltprüfung. In: Storm, C.-P. & Bunge, T. (Hrsg.): Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP). Abschnitt 5030. Berlin.
- SINCLAIR, G. (2001): The Potential Visual Impact of Wind Turbines in relation to distance: an approach to the environmental assessment of planning proposals, Environmental Information Services, Narberth.
- STARICK, A.; KLÖCKNER, K.; MÖLLER, I.; GAASCH, N. ; MÜLLER, K. (2011): "Entscheidungshilfen für eine nachhaltige räumliche Entwicklung der Bioenergiebereitstellung – Methoden und ihre instrumentelle Anwendung." Raumforschung und Raumordnung 69 (6): 367-82.
- STARICK, A.; SYRBE, R.-U.; STEINHÄÜBER, R.; LUPP, G.; MATZDORF, B. ; ZANDER, P. (2013): "Scenarios of bioenergy provision: technological developments in a landscape context and their social effects." Environment, Development and Sustainability: 1-20.
- SULLIVAN, R. G. (2012): Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances in Western Landscapes, Argonne. <http://visualimpact.anl.gov/windvitd/> (14.09.2014).
- THE ECONOMIST (2014): On the not so sunny side of the street. Online: <http://www.economist.com/blogs/schumpeter/2014/06/crowdfunding-solar-roadways> (22.11.2014)
- THRÄN, D. et al. (2011): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG. Leipzig. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/EEG/eeg_eb_2011_biomasse_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (24.11.2014).
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2002): Standpunkt zur Erzeugung und Verwendung von Biogas in der Landwirtschaft. Jena.
- TORKLER, F. (2013): Sichtbarkeitsanalyse von bestehenden Windenergieanlagen sowie geplanten Windeignungsfeldern für die Fläche des Nationalparks Unteres Odertal (Phase 1). http://www.nlpuo1.alfahosting.org/wp-content/uploads/2013/10/Bericht_Sicht_phase1_nlpuo_torkler_redAe20131022.pdf (21.08.2014).
- VISSERING, J. (2011): A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects – CleanEnergy States Alliance. <http://www.cleanenergystates.org/assets/2011-Files/States-Advancing-Wind-2/CESA-Visual-Impacts-Methodology-May2011.pdf> - (12.09.2014).

- VOLLRATH, B.; WERNER, A.; MARZINI, K.; DEGENBECK, M. (2013): Wildpflanzenmischungen als Biogassubstrat. Biogasforum Bayern Nr. I 21/2013. http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Wildpflanzenmischungen_als_Biogassubstrat.pdf (13.05.2014).
- WARNKE, M.; WITTROCK, E.; SCHÜTTE, P. (2013): Was bringt uns die Bundeskompensationsverordnung – Der Verordnungsentwurf des BMU aus Sicht des Planers, in Naturschutz und Landschaftsplanung, 45(7) 2013, S. 207 – 212.
- WBA; WBD Wissenschaftliche Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und für Düngungsfragen (WBD) beim Bundesministerium für Ernährung, L. u. V. B. (2013): Kurzstellungnahme Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. S. S. f. Umweltfragen. Berlin: 22.
- WEIGEL, J. (2007): Kompensationsflächenberechnung für Freileitungen. Hannover. Internetauftritt der Firma ECOGIS. http://www.ecogis.de/GIS/Visibility_Analyst/Dokumentation_Kompensationsflächenberechnung (21.08.2014)
- WILLMS, M.; DEUMLICH, D.; HUFNAGEL, J.; REINICKE, F.; WAGNER, B.; V. BUTTLAR, C.(2009): Anbauverfahren für Energiepflanzen – Auswirkungen auf Boden und Umwelt. http://www.eva-verbund.de/uploads/media/Willms_et_al_2009_.pdf (13.05.2014).
- WIRTH, H. 2013: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Freiburg (<http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (17.2.2013).
- WUNDERLICH, C. (2012): Akzeptanz und Bürgerbeteiligung für erneuerbare Energien – Ergebnisse aus Akzeptanz- und Partizipationsforschung. Berlin.

8.2 Gesetzestexte

Alle Gesetzestexte wurden jeweils in der zum 1. November 2014 aktuellen Fassung genutzt.

BAUGB :	Baugesetzbuch
BIOKRAFTQUG:	Biokraftstoffquotengesetz
BNATSCHG:	Bundesnaturschutzgesetz
EEG:	Erneuerbare Energien Gesetz
EEWÄRMEG:	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich
FFH-RL:	Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen
GAKG :	Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
ROG:	Raumordnungsgesetz

SUP-RL:	Richtlinie des europäischen Parlamentes und des Rates über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme
UVPG:	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

8.3 Quellen der Literaturanalyse

- 1) HÖTKER, H.; THOMPSEN, K.-M.; KÖSTER, H. (2005): Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse. Bonn.
- 2) HERDEN, C.; GHARADJEDAGHI, B.; RASSMUS, J. (2009): Naturschutzfachliche Bewertung von Freilandphotovoltaikanlagen. BfN-Skripten 247. Bonn.
- 3) BOSCH & PARTNER (2009): Abschätzung der Ausbaupotenziale der Windenergie an Infrastrukturachsen und Entwicklung von Kriterien der Zulässigkeit.
- 4) REINHARDT, G; SCHEUERLEN, K. (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien.
- 5) MARÁZ, L. (2012): Auswirkungen der Biomasseproduktion auf Natur und Landschaft. Vortrag auf dem 31. Deutschen Naturschutztag am 19.09.2012 in Erfurt.
- 6) SCHÖNAUER, S. (2012): Wasserkraft – Problematik kleiner Wasserkraftwerke. Vortrag auf dem 31. Deutschen Naturschutztag am 20.09.2012 in Erfurt.
- 7) NEULING, E. (2012): Neue Stromnetze und Naturschutz. Vortrag auf dem 31. Deutschen Naturschutztag am 20.09.2012 in Erfurt.
- 8) RUNGE, K. (2012): Freileitung oder Kabel: Aus den Augen, aus dem Sinn? Bewertung der Auswirkungen verschiedener Übertragungstechnologien auf die Umwelt. Vortrag auf dem 31. Deutschen Naturschutztag am 20.09.2012 in Erfurt.
- 9) CERANNA, L.; HARTMANN, G.; HENGER, M. (O.J.): Der unhörbare Lärm von Windkraftanlagen – Infraschallmessungen an einem Windrad nördlich von Hannover. [/www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Kernwaffenteststopp/Verifikation/Infraschall/Quellen_Phaenomene/Feldmessungen/windkraftanlagen.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Kernwaffenteststopp/Verifikation/Infraschall/Quellen_Phaenomene/Feldmessungen/windkraftanlagen.html) (24.04.2013)
- 10) BOSCH & PARTNER (2013a): Protokoll zum Vernetzungstreffen der Naturschutzbezogenen Untersuchungen innerhalb der Projekte zum EEG-Erfahrungsbericht und den parallel laufenden Vorhaben des BfN am 19./20.03.2013 in Reinhausen.
- 11) PETERS, W. (2010): Raumwirksamkeit von Biogasanlagen - Ist eine planerische Steuerung nötig?; Vortrag gehalten auf dem 4. Oberhausener Workshop zu Rechtsfragen bei der Einspeisung von Biogas in Gasnetze, Frauenhofer Umsicht Oberhausen, 17. Mai 2010.
- 12) ZEDDIES, J.; BAHRS, E.; SCHÖNLEBER, N.; GAMER, W. (2012): Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächennutzungspotentials, Stuttgart.
- 13) RETTENMAIER, N. (2011): Umweltwirkungen der Erzeugung und Nutzung von Strom aus Biomasse. Vortrag gehalten auf der BMELV-Konferenz "Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung" Berlin, 17. Februar 2011.

- 14) DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER LEOPOLDINA (HRSG.) (2012): Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. Halle.
- 15) HERDEN, C.; GEIGER, S.; MILASAUSKAITE, E. (2012): Regionale Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft. In: Natur und Landschaft 87. Jahrgang (2012). S. 531-537.
- 16) SCHLEGEL, S. et al. (2005): Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe - Gutachten für die Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes. Berlin.
- 17) HÖTKER, H. (2006): Auswirkungen des "Repowering" von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse. Bergenhusen.
- 18) FLADE, M. (2012): Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster - zur Lage des Vogelschutzes in Deutschland. In: Vogelwelt 133:149-158.
- 19) BUND (2011): Für einen natur- und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie. Berlin.
- 20) FRANKEN, M. (2011): Auf gute Nachbarschaft. In: neue energie 1/2011. S. 52-56.
- 21) WILKENING, B. (2010): Windkraft aus der Vogelperspektive. In: BWIntern 08/10. Bi6-Bi7.
- 22) KALUZA, M. (2012a): Schlaues Federvieh. In: neue energie 07/2012. S. 42-45.
- 23) KALUZA, M. (2012b) Sicher fliegen? In: neue energie 07/2012. S. 45-47.
- 24) PETERS, W.; SCHULTZE, C.; SCHMELTER, H.; MORKEL, L.; GÜNNEWIG, D.; PÜSCHEL, M. (2010): "Naturschutzstandards Erneuerbare Energien: Infodatenbank." Retrieved 25.07.2013, 2013, from <http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/index.php/infodatenbank>
- 25) NADAI, A.; VAN DER HORST, D. (2010). "Introduction: Landscapes of Energies." Landscape Research 35(2): 143-55.
- 26) RODE, M.; SCHNEIDER, C.; KETELHAKE, GERD; REIßHAUER, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. BfN-Skripten 136.
- 27) NABU (2011): Naturverträglicher Ausbau der Windenergie. NABU-Hintergrund.
- 28) PETERS, W.; SCHULTZE, C.; KÖPPEL, J. (2008): Naturschutzfachliche Anforderungen an den Energiepflanzenanbau.
- 29) MENGEL, A.; REIß, A.; THÖMMES, A.; HAHNE, U.; VON KAMPEN, S.; KLEMENT, M. (2010): Steuerungspotenziale im Kontext naturschutzrelevanter Auswirkungen erneuerbarer Energien.

8.4 Mündliche und schriftliche Auskünfte, Interviews

EAMT Energieagentur Main-Tauber-Kreis, schr., 09.08.2013.

EBERT, P.; BOTH, R. (14.08.2014): mündliche Mitteilung (Telefonat) bezüglich der GIS-Datensätze von Biogas und Windenergieanlagen.

HUMMEL, F. J. (Abteilung Forstamt in Landratsamt Main-Tauber-Kreis) (12.06.2014): mündliche Mitteilung (Telefonat) bezüglich eines durchschnittlichen Höhenwertes für Wald- und Forstflächen im Main-Tauber-Kreis.

JANSEN, B. (2013b): Telefongespräch mit Burkhard Jansen, Funktion: Leiter Fachbereich Kreisentwicklung, Bau und Umwelt (Landratsamt), Datum: 12.07.2013.

KIECKBUSCH, J., (Email), 26.03.2014.

MEINEL, H., mündliche Mitteilung, 17.10.2013.

SCHULZE, K. (Abteilung Bauamt in Landratsamt Main-Tauber-Kreis) (12.06.2014): mündliche Mitteilung (Telefonat) bezüglich eines durchschnittlichen Höhenwertes für Wald- und Forstflächen im Main-Tauber-Kreis.

8.5 Workshops

Kürzel	Titel/ Thema	Datum	Ort	Teilnehmer	Protokoll
AV	Auftaktveranstaltung zum Projekt	15.10.2012	Leipzig	Matthias Herbert (BfN, Abteilungsleiter II 4), Kathrin Ammermann (BfN, Fachgebietsleiterin II 4.3), Maria Moorfeld (BfN, II 4.3), Friedhelm Igel (BfN, II 4.3), J. Schuler (ZALF, Projektleiter), Anja Starick (ZALF, Projektbearbeiterin), Dr. Christine Krämer (Projektbüro mareg, Projektbearbeiterin)	eigenes Protokoll
PAG1	erstes Treffen der PAG	01.02.2013	Leipzig	Kathrin Ammermann, Friedhelm Igel, Claudia Hildebrandt (BfN, II 4.3), J. Schuler, Anja Starick, Andrea Bues, Michaela Reutter (ZALF), Dr. Christine Krämer (Projektbüro mareg), Frau Frenzel (juwi), Dr. Dieter Günnewig (Bosch & Partner), Klaus Mandel (Regionalverband Heilbronn-Franken), Ulrike Jungemann (Stabsstelle Kreisentwicklung/ Regionalplanung Rotenburg/ Wümme), Yvonne Koch (UBA, FG I 2.3), Harald Uphoff (BEE), Jens Lochmann (Regionale Planungsstelle Lausitz-Spreewald)	eigenes Protokoll
VEEG	Vernetzung der Naturschutzbezogenen Untersuchungen innerhalb der Projekte zum EEG-Erfahrungsbericht und den parallel laufenden Vorhaben des BfN	19./ 20.03.2013	Reinhau sen	Wolfgang Peters (Bosch & Partner); Henning Jachmann (ZSW); Sven Schicketanz (Bosch & Partner); Sebastian Dijks (Bosch & Partner); Mattes Scheftelowitz (DBFZ); Ronny Wirkner (DBFZ); Sebastian Janczik (TU Hamburg-Harburg); Dieter Günnewig (Bosch & Partner); Rita Keuneke (Büro Floecksmühle); Thomas Grünkorn (BioConsult SH); Janet Witt (DBFZ); Anja Starick (ZALF); Sonja Rosenthal (Bosch & Partner); Ralf Christmann (BMU, Abt. E); Heike Holzfuß (BMU, Abt. N); Kathrin Ammermann (BfN, II 4.3)	Bosch & Partner 2013a
PAG 2	zweites Treffen der PAG	28.11.2013	Leipzig	J. Schuler, Anja Starick, Reimund Steinhäuser (alle ZALF), Dr. Christine Krämer (Projektbüro mareg), Matthias Herbert, Ulrike Seyfert (BfN, II 4.3), Sebastian Dijks (Bosch & Partner), Katrin Frenzel (juwi), Dr. Dieter Günnewig (Bosch & Partner), Prof. Dr. Stefan Heiland (TU Berlin), Jens Lochmann (Regionale Planungsstelle Lausitz-Spreewald), Klaus Mandel (Regionalverband Heilbronn-Franken), Prof. Dr. Daniela Thrän (UFZ), Harald Uphoff (BEE), Carla Vollmer (UBA)	eigenes Protokoll

Kürzel	Titel/ Thema	Datum	Ort	Teilnehmer	Protokoll
AT-BfN	BfN-Arbeitstreffen Präsentation der Zwischenergebnisse	25.03.2014	Leipzig	J. Schuler, Reimund Steinhäuser, Silvio Hildebrandt (alle ZALF), Dr. Christine Krämer (Projektbüro mareg), Ulrike Seyfert, Kathrin Ammermann (BfN, II 4.3)	
WS-NF	Workshop zur Ergebnispräsentation in Nordfriesland	11.07.2014	Husum	J. Schuler, Reimund Steinhäuser, Silvio Hildebrandt (alle ZALF), Dr. Christine Krämer (Projektbüro mareg), Burkhardt Jansen (Landkreis Nordfriesland), Franz Brambrink (Landkreis Nordfriesland), Frau Mewaldt (Landkreis Nordfriesland), Frau Watermann (Landkreis Nordfriesland), Herr Peché (Landkreis Nordfriesland), Herr Schmidt (MELUR SH), Frau Mertens (LLUR SH), Ulrich Tasch (Staatskanzlei SH), Beate Leibbrandt (Bürgerforum Eiderstedt), Herr Burck (Bürgerforum Eiderstedt), Herr Rietz (Bioenergie-Region Nordfriesland Nord), Herr Schmidt (Wirtschaftsförderungsgesellschaft Nordfriesland mbH)	Eigenes Protokoll
WS- MTK	Workshop zur Ergebnispräsentation im Main-Tauber- Kreis	24.07.2014	Tauber- bischofs- heim	J. Schuler, Christine Krämer, Silvio Hildebrandt, Reimund Steinhäuser, Reinhard Frank, Franz Adam, Horst Behringer, Sebastian Damm, Frank Künzig, Karl-Heinz Geier, Helgard Toppert, Jürgen Weihmann, Werner Rüger, Bernhardt Ries, Tobias Lübke, Thomas Maertens, Tobias Blessing	Eigenes Protokoll
PAG 3	Drittes Treffen der PAG	13.10.2014	Leipzig	Silvio Hildebrandt (ZALF), Dr. Johannes Schuler (ZALF), Reimund Steinhäuser (ZALF), Dr. Christine Krämer (Projektbüro mareg), Ulrike Seyfert (BfN, II 4.3), Katrin Ammermann (BfN, II 4.3), Dr. Bernd Demuth (TU Berlin), Marcus Eichhorn (UFZ) Katrin Frenzel (juwi), Klaus Mandel (Regionalverband Heilbronn-Franken), Almut Siewert (Uni Hannover), Ulrike Seyfert (BfN), Harald Uphoff (BEE), Carla Vollmer (UBA), Asja Weber (BfN, II 4.3)	Eigenes Protokoll

9 Anhang

9.1 Anhang: Leitfadeninterview

Kumulative Wirkungen des Ausbaus der EE – Leitfaden

a) Landschaft, Natur, Mensch

Bitte charakterisieren Sie in ein paar Sätzen und Stichpunkten Landschaft, Natur und Menschen in der Region heute.

(neutrale Formulierung, noch kein Fokus auf EE)

Bitte beschreiben Sie die Wirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf Landschaft, Natur und Menschen in der Region. Falls notwendig, nehmen Sie bitte eine Differenzierung zwischen den Erneuerbaren Energieträgern vor.

(wie wirkt sich der Ausbau aus)

Welche kumulativen Wirkungen beobachten Sie?

(Wirkungen, die durch den Ausbau mehrerer erneuerbarer Energieformen gleichzeitig entstehen)

Bitte beschreiben Sie die Einstellung der Menschen zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region. Falls notwendig, nehmen Sie bitte eine Differenzierung zwischen den Erneuerbaren Energieträgern vor. Welche Gruppen sind erkennbar?

(Akzeptanz der einzelnen EE-Träger: positive und negative Kritik, Differenzierung der Meinungen)

Welche Akteure „treiben“ den Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region voran?

(regionale Treiber als Erklärung für den unterschiedlichen Ausbauzustand)

Wie wird sich der Ausbau der Erneuerbaren Energien in ihrer Region entwickeln? Welche Faktoren sind für diese Entwicklung verantwortlich?

Wie sollte der Ausbau der Erneuerbaren Energien in ihrer Region sich aus ihrer Sicht entwickeln? Welche Faktoren wären für diese Entwicklung notwendig?

Gibt es aus ihrer Sicht eine Grenze für den Ausbau der erneuerbaren Energien in der Region? Wo liegt diese Grenze? Aufgrund welcher Bewertung wird diese Ausbaugrenze definiert?

b) Planungsprozess und –inhalt

Gibt es ein Leitbild für die Entwicklung der Region? Wie sieht das Leitbild für die Entwicklung in der Region aus?

Wenn nein, wie sieht das persönliche Leitbild aus? Wie kommen Sie zu dieser Bewertung?

Welche Defizite gibt es im aktuellen Planungsprozess? Welche Vorschläge gibt es diese Defizite zu beheben?

Findet eine Berücksichtigung kumulativer Wirkungen im Planungsprozess statt, wenn ja wie?

9.2 Anhang: Übersicht Interviewpartner

		Nordfriesland	Main-Tauber
Produktion	Landwirtschaft	•Landesamt für Landwirtschaft und Umwelt, Landwirtschaft •Versuch Zwischenfruchtanbau Biogas	•Landwirtschaftsamt
	Forstwirtschaft	•Untere Forstbehörde - Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume	•Forstamt
	Energieerzeugung	•Ellhöft •Bioenergieregion Nordfriesland Nord	Energieagentur TBB Bioenergie-Region Hohenlohe-Odenwald-Tauber
Wohn- und Lebensraum	Bevölkerung	•AktivRegion •Bürgerforum Eiderstedt	BI Windwahn - nein Danke
	Gemeinde-vertreter	•Informationsabend Netzausbau	Bürgermeister Lauda-Königshofen
Erholung	Bevölkerung	•Bürgerforum Eiderstedt	BI Windwahn - nein Danke
	Tourismus	•Wirtschaftsförderungsgesellschaft Nordfriesland mbH - Tourismus	Landratsamt Dezernat Tourismus, Wirtschaftsförderung
Naturschutz	Arten- und Habitatschutz	•Landratsamt Fachdienst Umwelt •BUND	Naturschutzbeauftragter Stadt Wertheim Landratsamt Naturschutz
	Umweltschutz	•Landratsamt Fachdienst Umwelt	Landratsamt Naturschutz
Planung		•Regionalplanung, Kiel	Regionaler Planungsverband Heilbronn-Franken

9.3 Anhang: Tabelle zu Definitionen kumulativer Wirkungen

Quelle (Autor)	Definition	Arten
SADLER (1996)	“Cumulative effects are the net result of environmental impact from a number of projects and activities. By definition, they are combined within a time and space framework established through direct and indirect activity effect relationships. This is typically bio-regional in scope, but can be extended to larger scale, cross regional effects. Acid rain and the long range transportation of air pollutants are well documented examples (e.g., circumpolar Arctic). In addition, there are truly global and pervasive cumulative effects, such as climate warming and loss of biodiversity, that are ground in the overall pattern and tempo of human activity.” (SADLER 1996, S. 161 f.)	“With reference to specific policies, plans, or programmes, cumulative effects may be assessed from four different standpoints, including: accumulation of the same impact of a number of projects, e.g., dioxin emissions of a number of waste incinerators in a region; accumulation of different impacts from a number of projects -- for a certain class of impacts, e.g., neighborhood noise from all sources; and for different classes of impacts, e.g., the combined effect on human health from all sources of environmental pollution; and accumulation over time (whether the same or different types of impacts), e.g., build up of toxic contaminants and trace elements in ecosystems.” (SADLER 1996, S. 162 f.)
US Council on Environmental Quality (CEQ 1997)	“The impact on the environment which results from the incremental impact of the action when added to other past, present and reasonably foreseeable future actions” (CEQ 1997, S. 1) [...] “Cumulative effects result from spatial (geographic) and temporal (time) crowding of environmental perturbations. The effects of human activities will accumulate when a second perturbation occurs at a site before the ecosystem can fully rebound from the effect of the first perturbation” (CEQ 1997, S. 7)	Unterscheidung von additiven oder interaktiven Effekten in jeweils 2 Arten abhängig davon, ob sie mono- oder multikausal verursacht wurden (CEQ 1997, S. 9)
EC (EUROPEAN COMMISSION) (1999)	Geben keine allgemeingültige Definition von kumulativen Wirkungen, sondern behandeln nur einzelne Definitionen von verschiedenen Arten (siehe andere Spalte)	Unterscheidung von kumulativen und interaktiven Effekten (Bedeutung wie additiv und synergetisch): “Cumulative Impacts: Impacts that result from incremental changes caused by other past, present or reasonably foreseeable actions together with the project. Impact Interactions: The reactions between impacts whether between the impacts of just one project or between the impacts of other projects in the areas.” (EC 1999, S. III)
MACDONALD (2000)	“Cumulative effects (CEs) result from the combined effect of multiple activities over space or time. This implies a persistence through time and often a transmittal mechanism through space.” (MacDonald 2000, S.299)	“CE’s can be additive or synergistic although the former is far more common. To be synergistic the combined effect has to be greater than the sum of the individual effects, and in most physical systems this will rarely be the case.” (MacDonald 2000, S. 299).
COOPER 2004	“Cumulative effects are the combined impacts of a single activity or multiple activities. The individual impacts from a single development may not be significant on their own but when combined with other impacts, those effects could become significant.” (Cooper 2004, S. 2)	Es werden die zwei Wirkpfade “additive” (or „incremental“) und “interactive” (or „synergistic“) unterschieden: “Impact Pathways: These effects can accumulate through additive or interactive processes: • Incremental effects are those where impacts are repeated additions of the same nature. (a + a + a + a....) • Interactive or synergistic effects occur when the resulting impact is different in nature to the individual ones. (a + b + c....+ n results in a significant impact).” (Cooper 2004, S. 4)

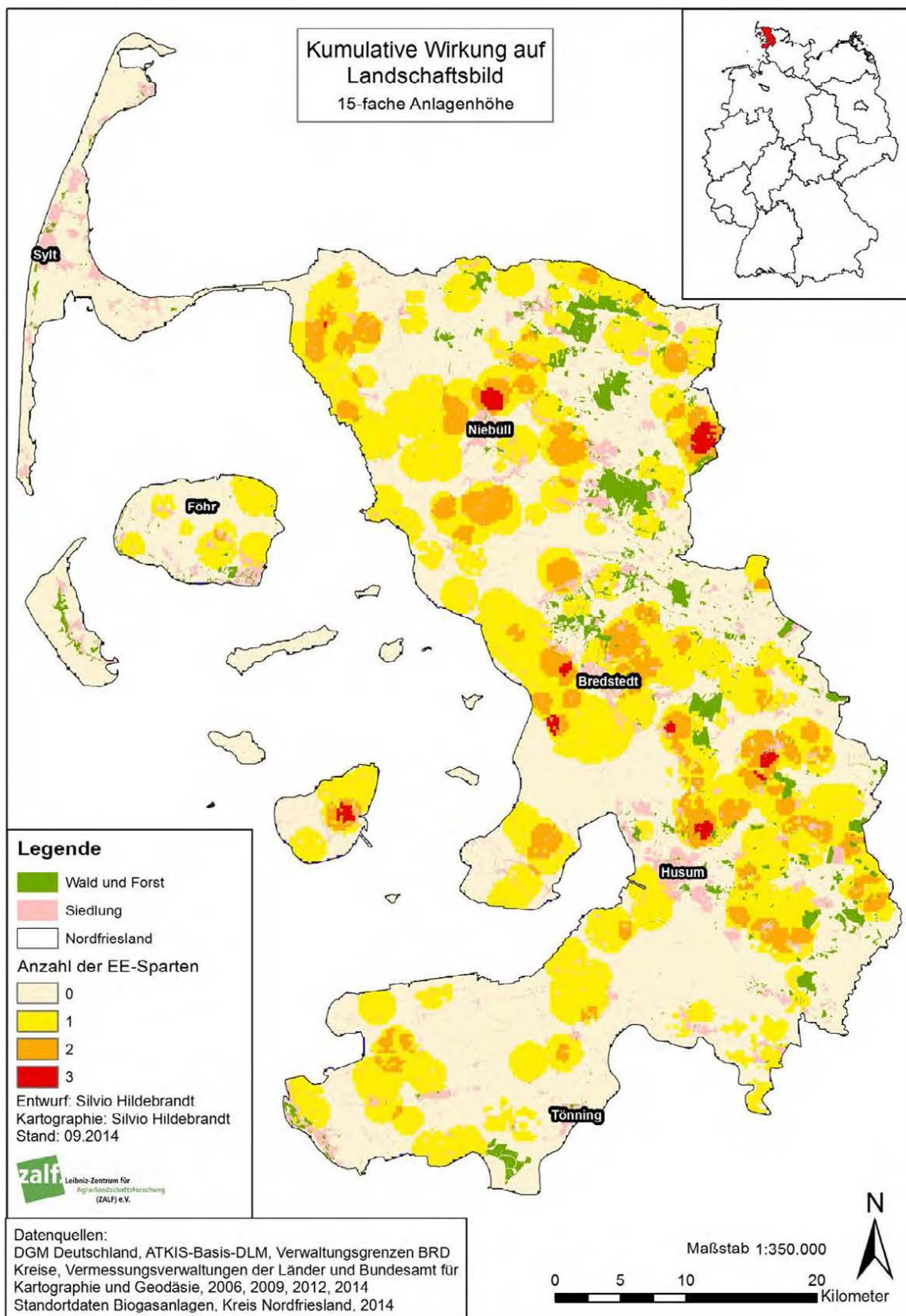
Quelle (Autor)	Definition	Arten
BRAGAGNOLO et al. (2012)	Zwei Punkte werden als charakteristisch angesehen: “1. The causal-effects relationship between the combination of activities (sources) and impacts on the receptor or resources of concern (also called Valued Ecosystem Components or VEC). 2. The accumulation of individually minor effect of multiple actions over space and time.” (BRAGAGNOLO et al. 2012, S. 42)	Gehen nicht auf eine Einteilung in verschiedene Arten ein.
MACDONALD (2000)	“Cumulative effects (CEs) result from the combined effect of multiple activities over space or time. This implies a persistence through time and often a transmittal mechanism through space.” (MacDonald 2000, S. 299)	CE's can be additive or synergistic (additive is more common). “To be synergistic the combined effect has to be greater than the sum of the individual effects, and in most physical systems this will rarely be the case.” (MacDonald 2000, S. 299)
SIEDENTOP (2001, 2002, 2004 und 2005)	„Kumulative Wirkungen: Wirkungen die durch eine Mehrzahl unterscheidbarer, anthropogener Belastungsbeiträge, bzw. Belastungsfaktoren verursacht werden. Letztere können: - Durch einzelne oder mehrere Handlungen (Eingriffe, Projekte etc.) ausgelöst werden, - Im Verantwortungsbereich eines oder mehrerer Akteure liegen, - Bereits zeitlich zurückliegen oder in der Zukunft erwartet werden. - Voneinander vollständig autonom sein oder gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen [...] - Individuell unterhalb der Schwellen bleiben, welche die Erheblichkeit eines Vorhabens anzeigen, aber kollektiv zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Schutzgüter führen. - Kumulative Wirkungen vor allem Wahrscheinlich, wenn Umweltwirkungen – bzw. Eingriffe in engem räumlichen Zusammenhang und zeitlicher Abfolge stattfinden.“ (SIEDENTOP 2001, S. 88)	Unterscheidung additiver und synergistischer Wirkungspfade (Siedentop 2001, S. 89): Additiv: „Zusammenwirken gleichartiger Umweltbelastungen. Lokalisation und zeitliche Abfolge. Lokalisation und zeitliche Abfolge sind hier besonders bedeutend.“ (Siedentop, S. 89) Synergismus: Kombinationswirkung zweier oder mehrerer unterschiedlicher Belastungsfaktoren. Zwei Arten - „Aus Interaktion unterschiedlicher Belastungsfaktoren geht qualitativ unterscheidbarer Belastungsfaktor hervor - Mehrere nicht in kausaler Beziehung zueinander stehende Faktoren wirken parallel, jedoch über unterschiedliche Belastungspfade auf ein Schutzgut ein.“ (SIEDENTOP 2001, S. 89).
LONDON LANDSCAPE INSTITUTE (2011)	“Additional changes to the landscape or visual amenity caused by the proposed development in conjunction with other developments (associated with or separate to it), or actions that occurred in the past, present or are likely to occur in the foreseeable future” (London Landscape Institute 2011, S. 34)	Es wird nicht zwischen verschiedenen Arten unterschieden.

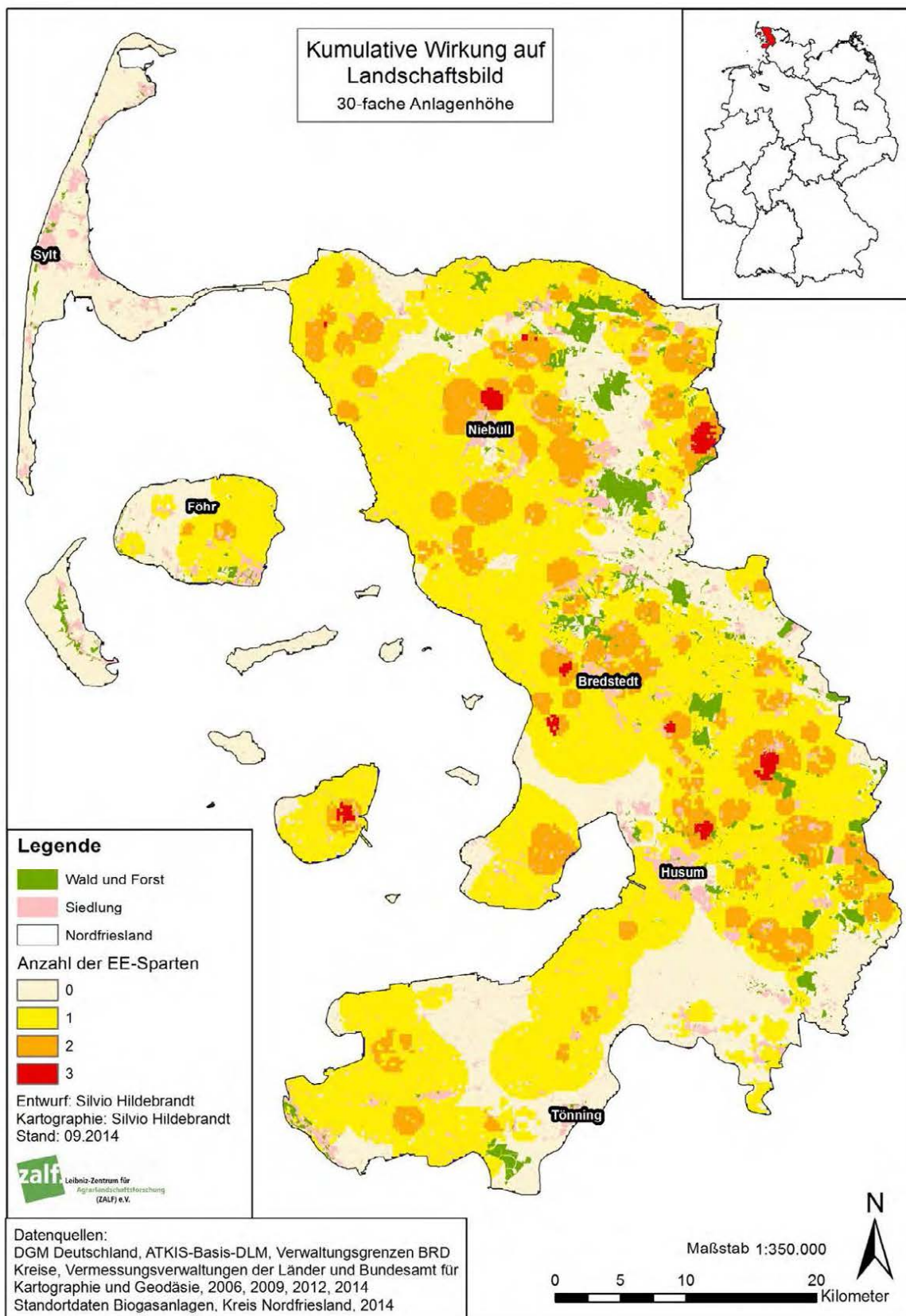
Quelle (Autor)	Definition	Arten
HEILAND et al. (2006)	„Wirkungen auf ein Schutzgut, die durch eine Mehrzahl unterscheidbarer anthropogener Belastungsbeiträge bzw. Belastungsfaktoren verursacht werden“ (Heiland 2006, S. 123). Die Belastungen können durch einzelne oder mehrere Handlungen eines oder mehrerer Akteure entstehen, sie können zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintreten sowie voneinander unabhängig sein oder gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen.“ (HEILAND et al. 2006, S. 124)	Es werden additive und synergetische Effekte unterschieden: Additive: Anhäufung gleichartiger Auswirkungen (Belastungen) (HEILAND et al. 2006, S. 124) Synergetische: Kombinationswirkung verschiedener Belastungen (HEILAND et al. 2006, S. 124)
SNH (2012)	Additional changes caused by a proposed development in conjunction with other similar developments or as the combined effect of a set of developments, taken together. (SNH 2012, S. 4)	Es wird nicht zwischen verschiedenen Arten unterschieden. Die Arbeit bezieht sich jedoch auch nur auf die additiven Wirkungen verschiedener Windfarmen in einer Region. Die Thematik wird auch mit Beispielen deutlich gemacht (z. B. S. 4).

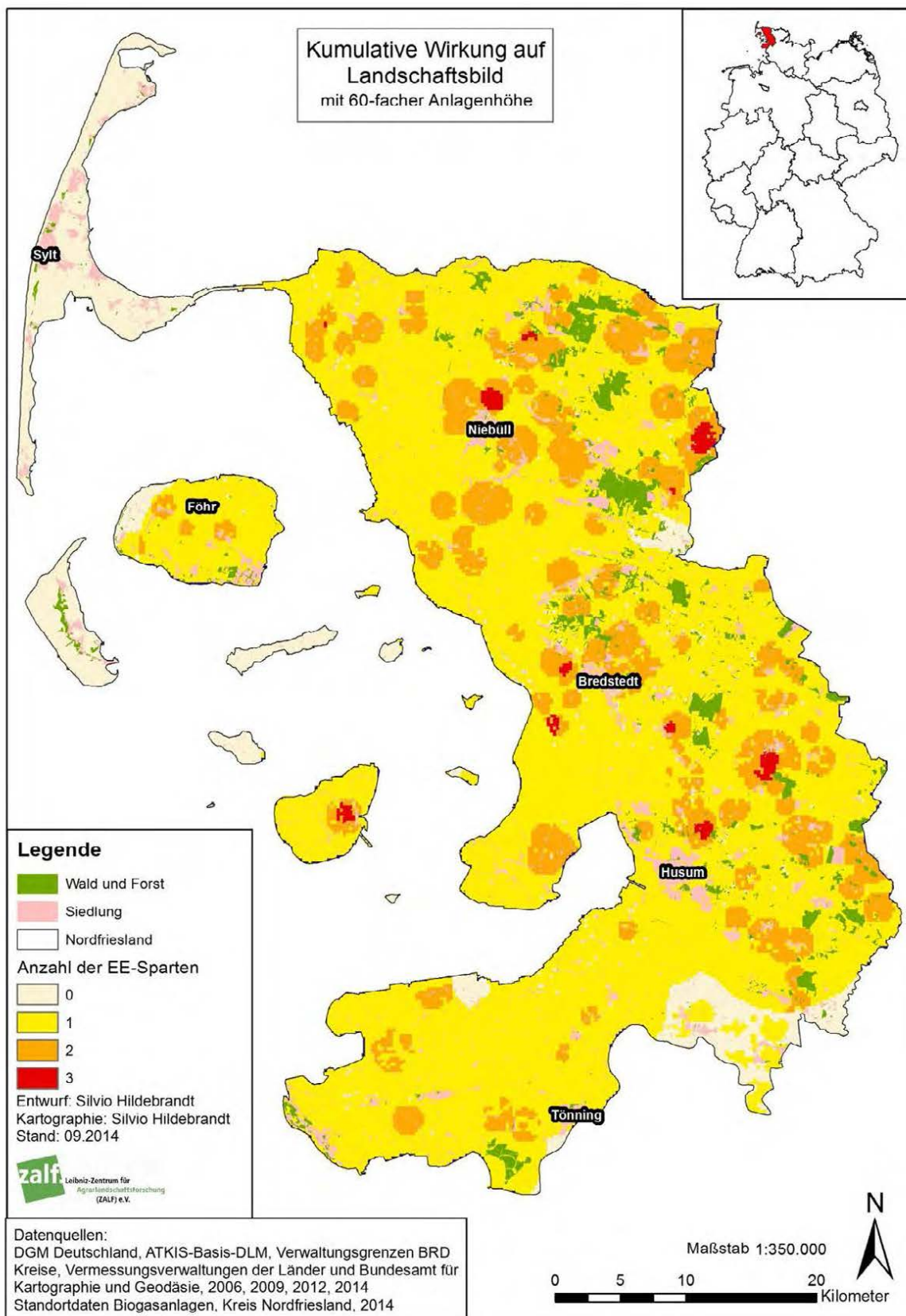
9.4 Anhang: Karten zum Schutzgut Landschaft

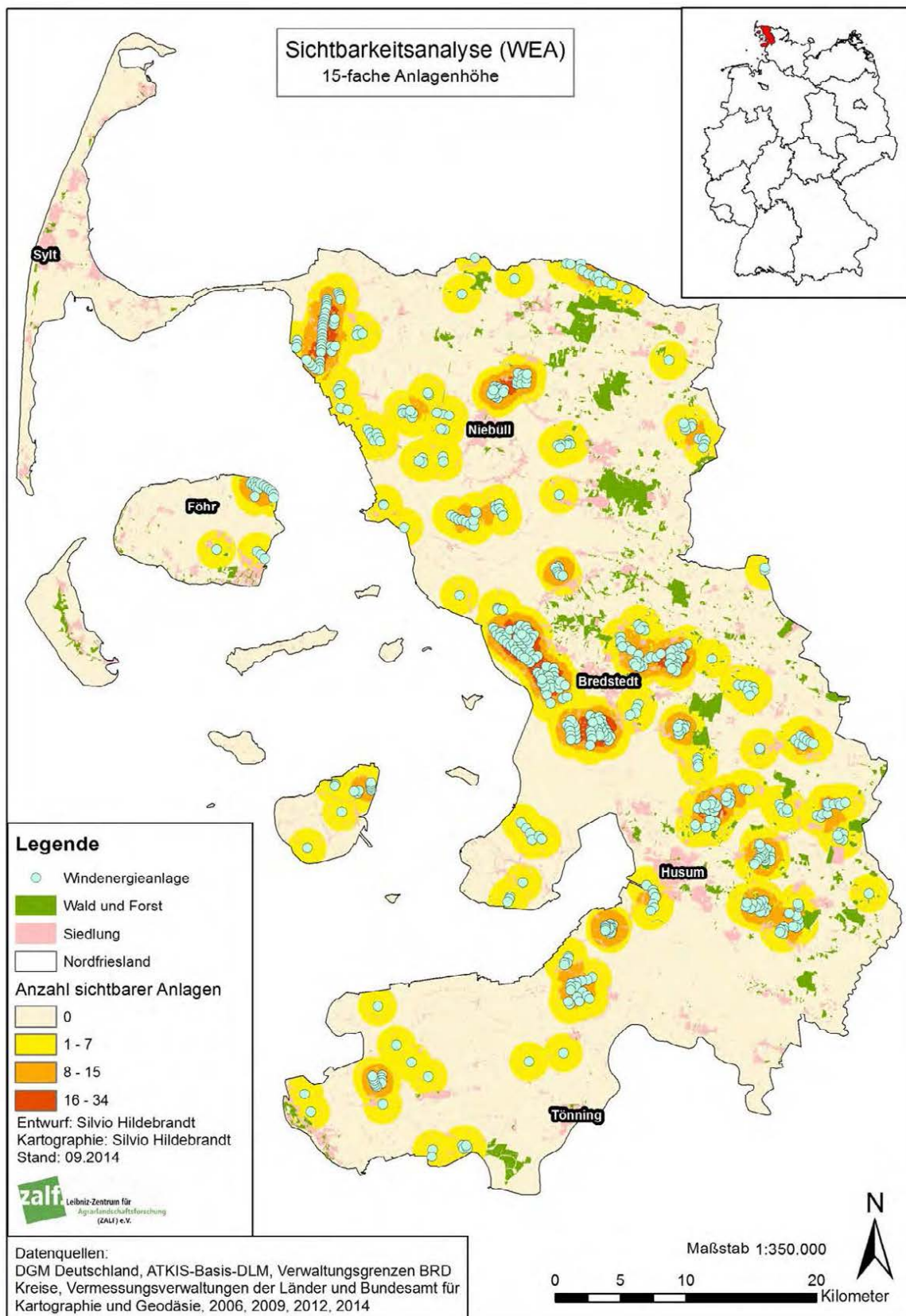
- Kumulative Wirkungen (Gleichgewichtet) (Nordfriesland)
- Sichtbarkeit der WEA (Nordfriesland)
- Kumulative Wirkung (Windenergie höher gewichtet) (Nordfriesland)+
- Kumulative Wirkungen (Gleichgewichtet) (Main-Tauber-Kreis)
- Sichtbarkeit der WEA (Main-Tauber-Kreis)
- Kumulative Wirkung (Windenergie höher gewichtet) (Main-Tauber-Kreis)

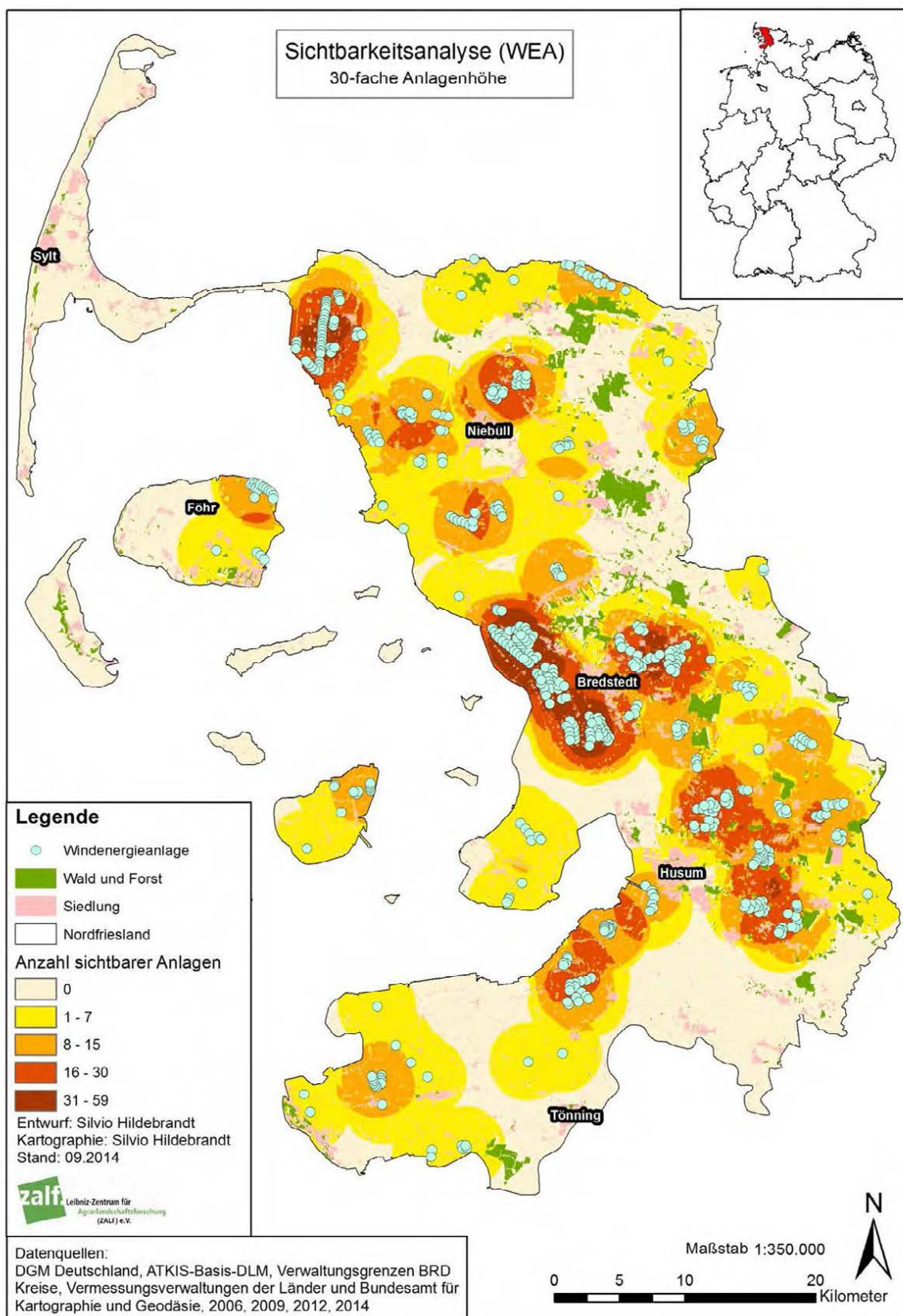
Jede Karte in drei Varianten (Wirkradius der WEA mit 15-facher, 30-facher- und 60-facher Anlagenhöhe).

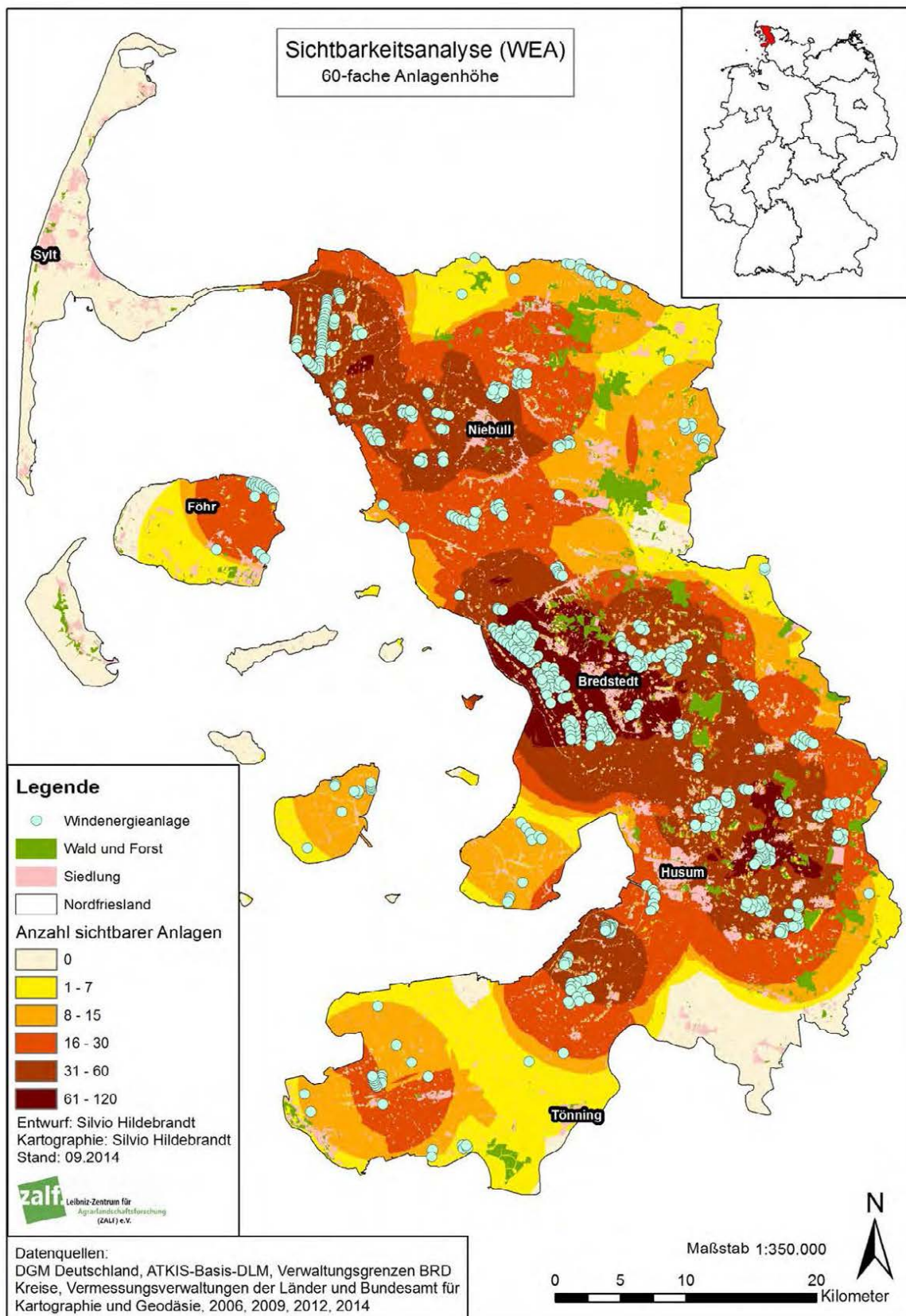


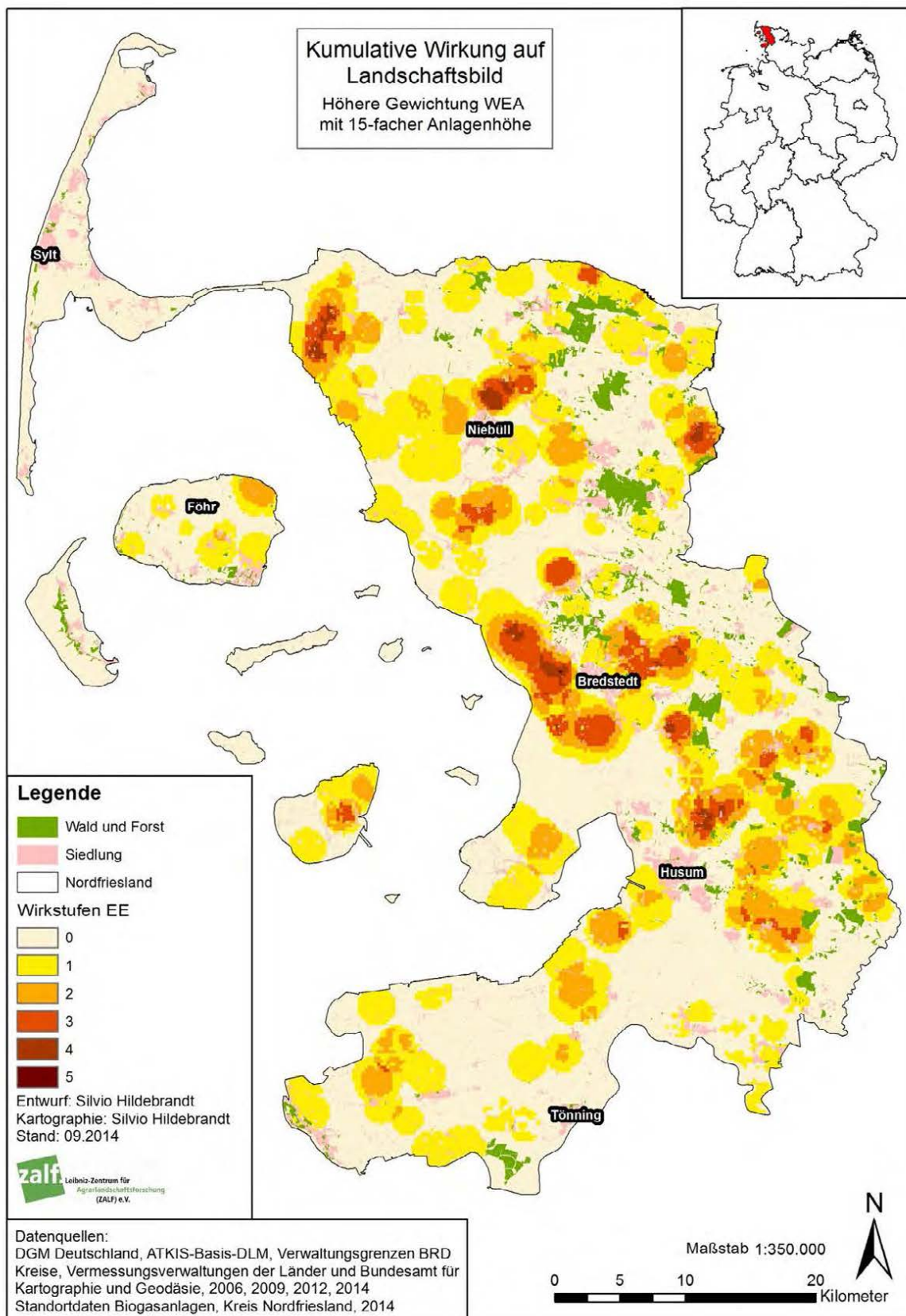


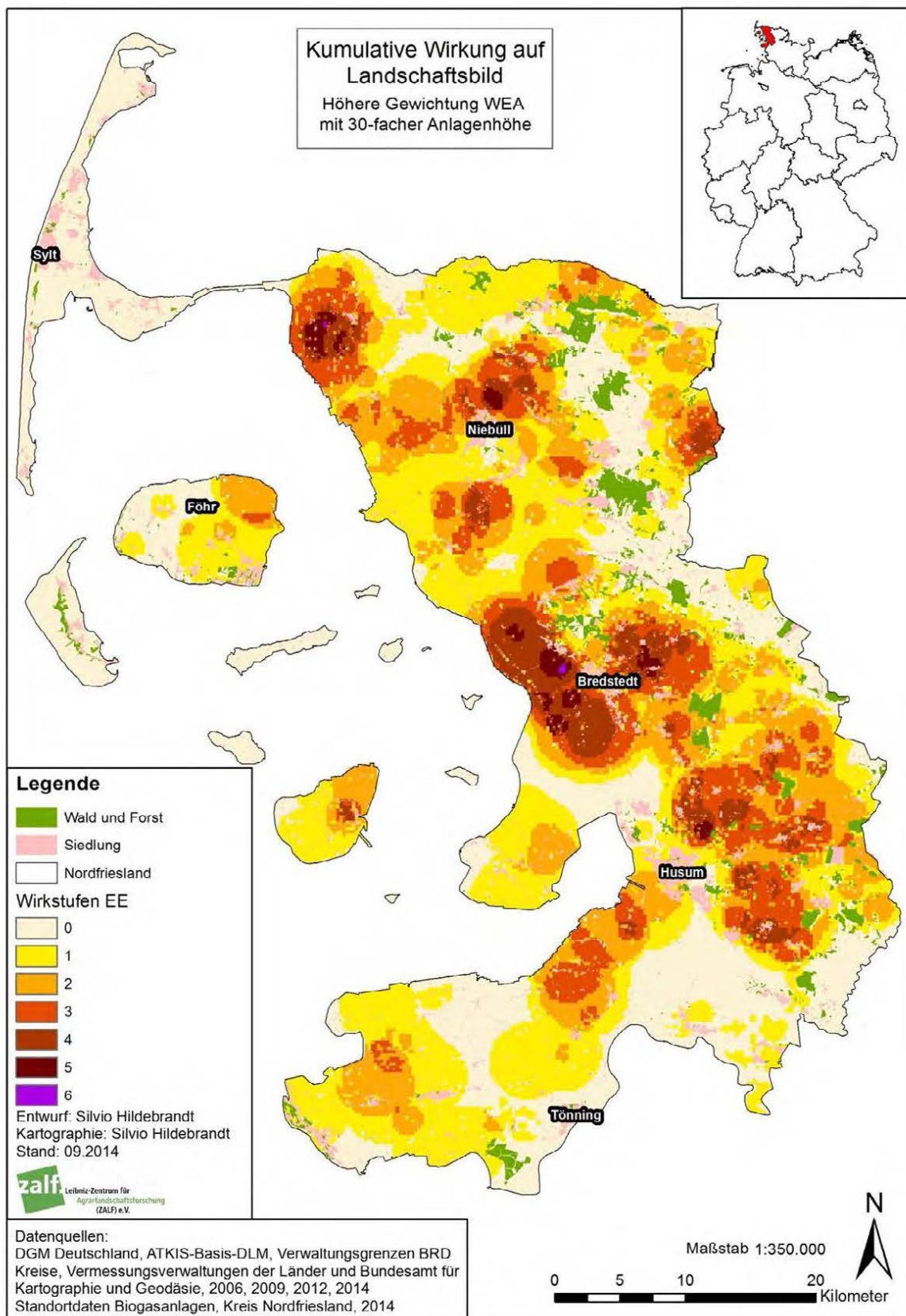


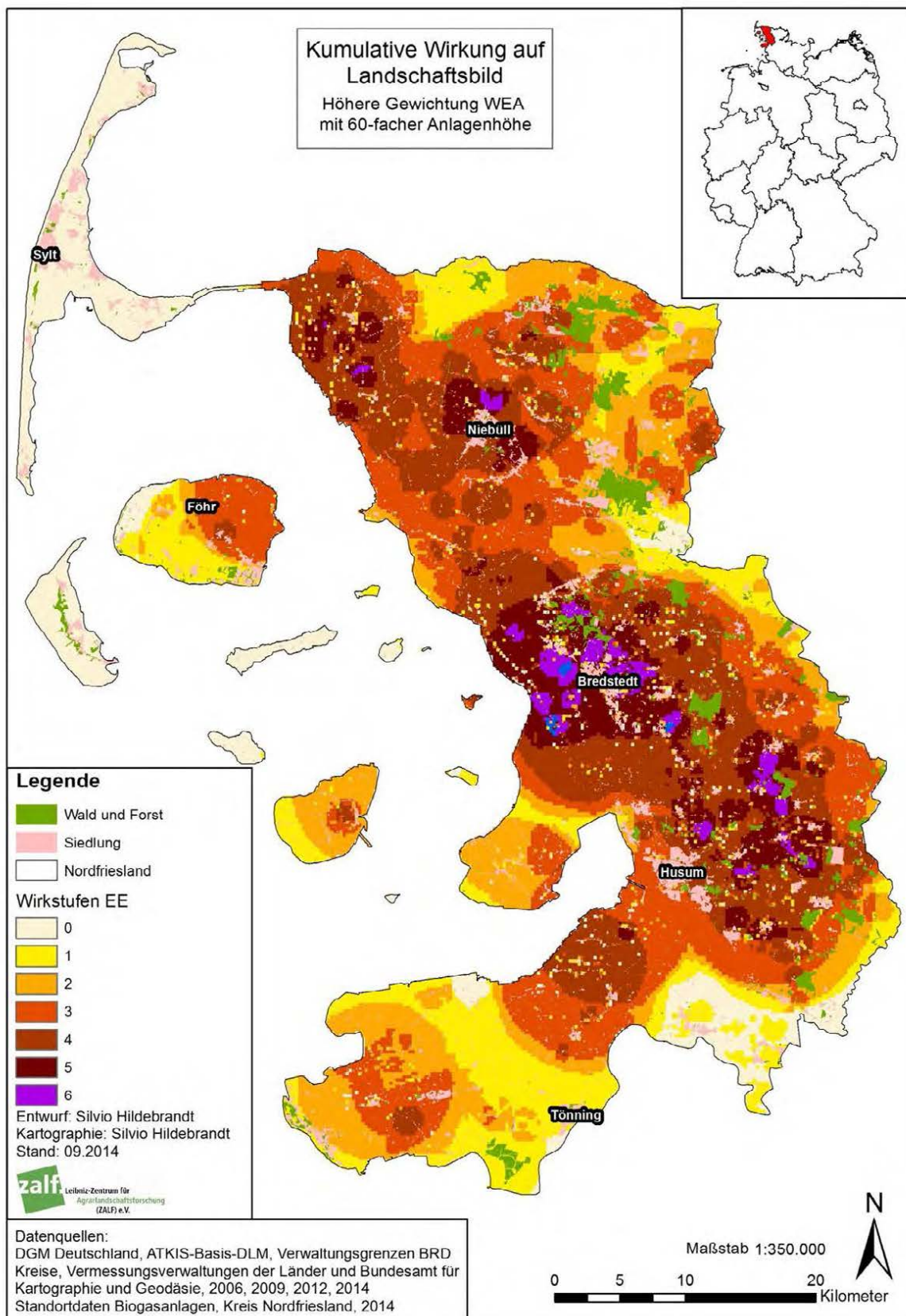


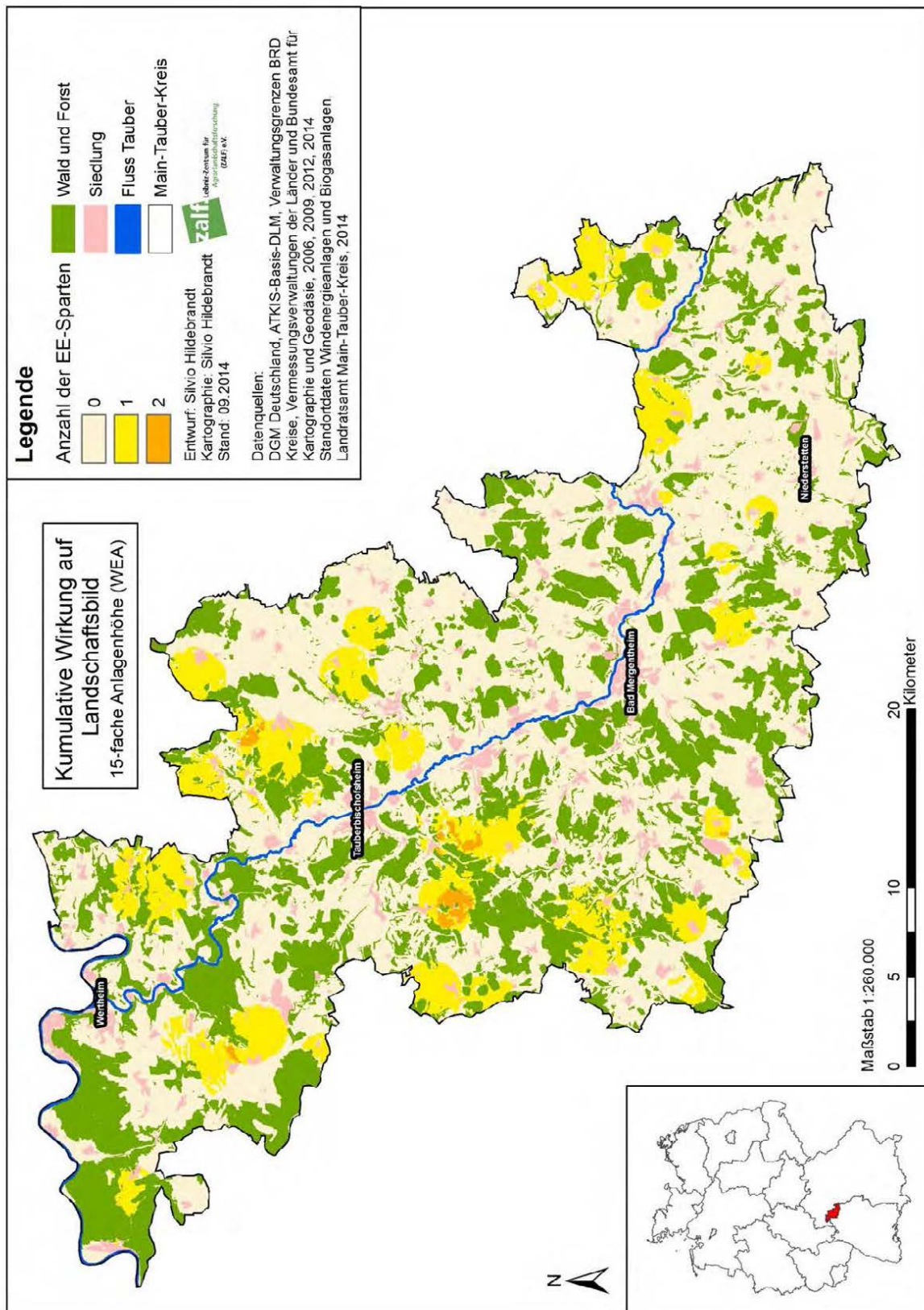


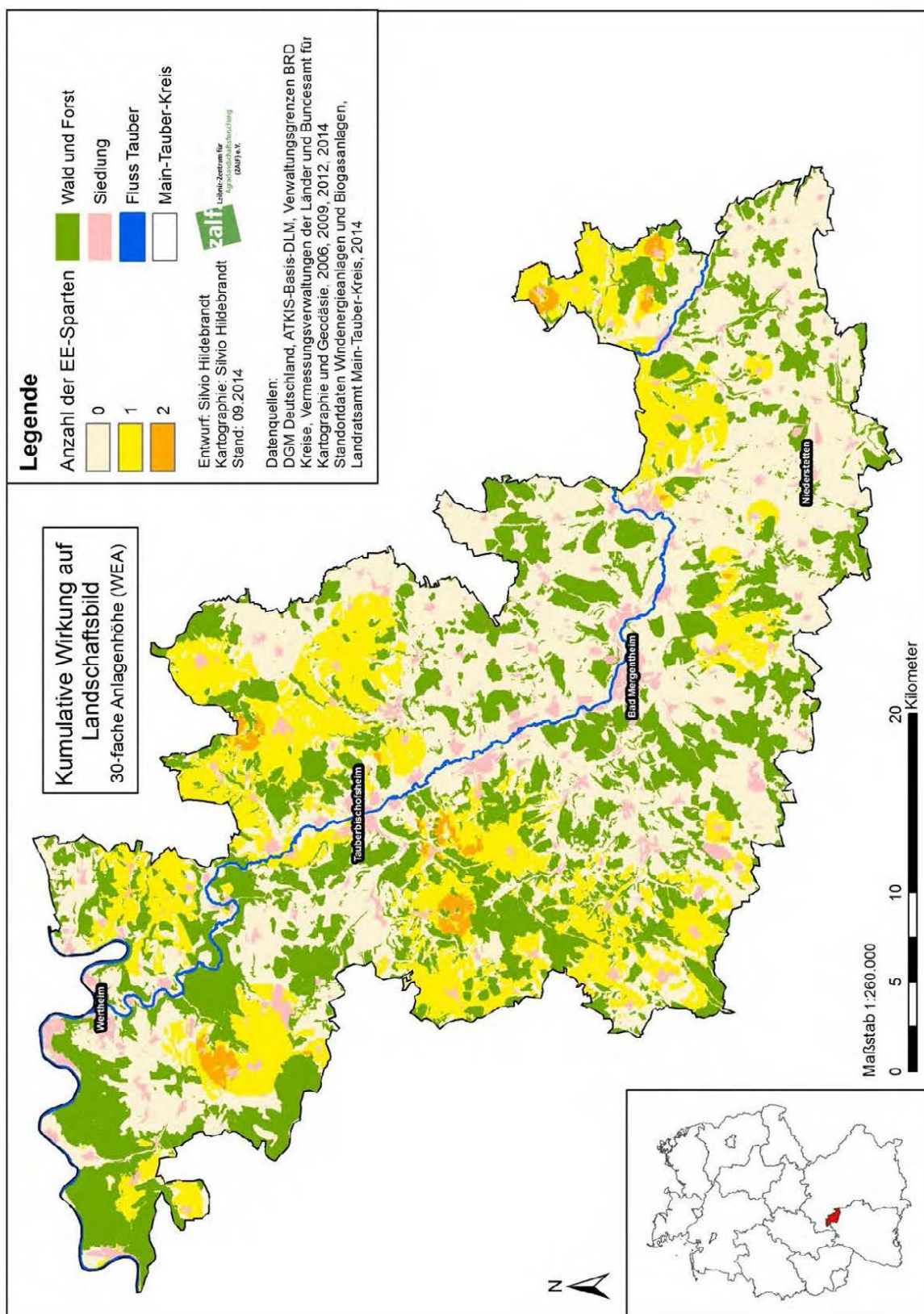


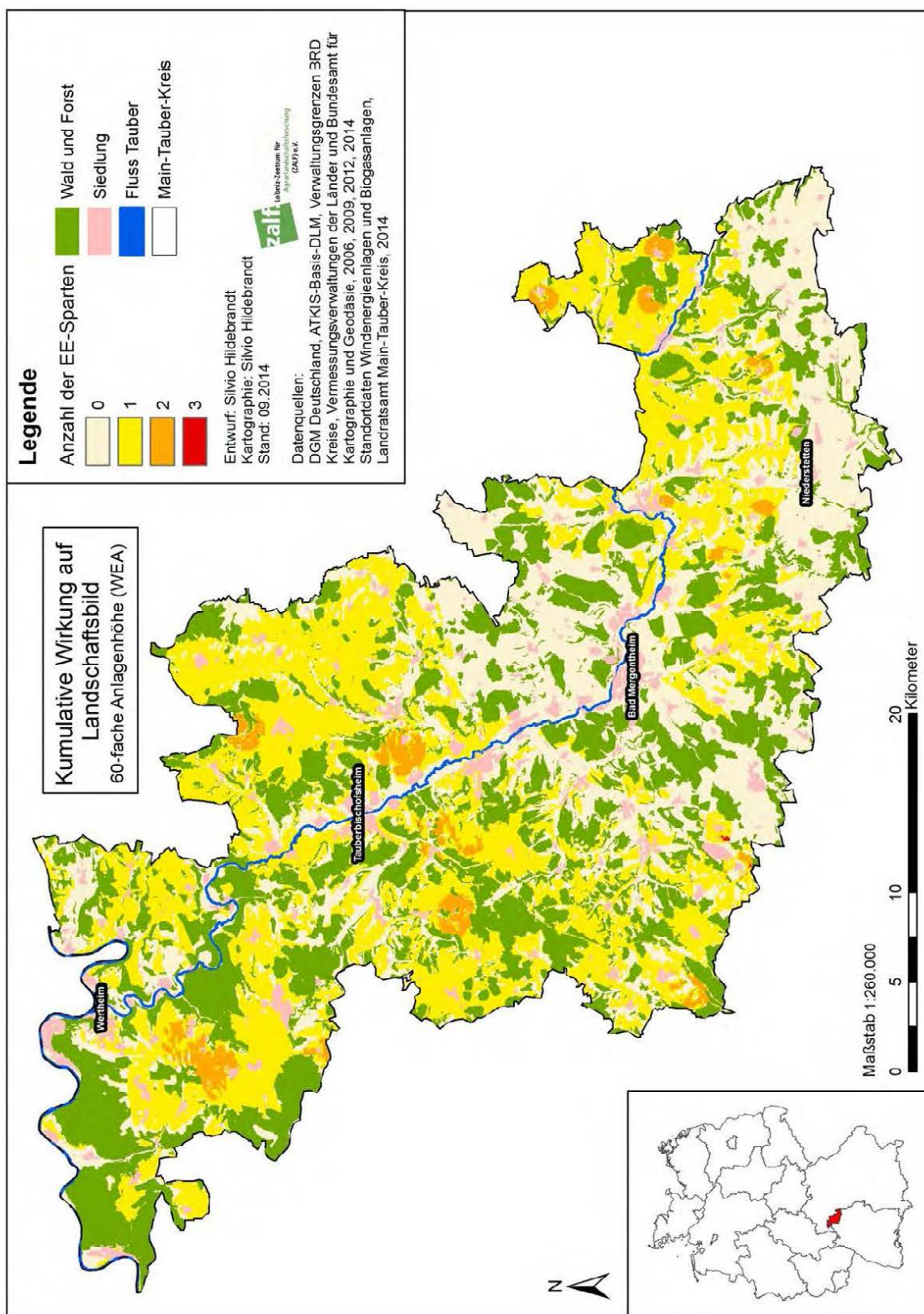


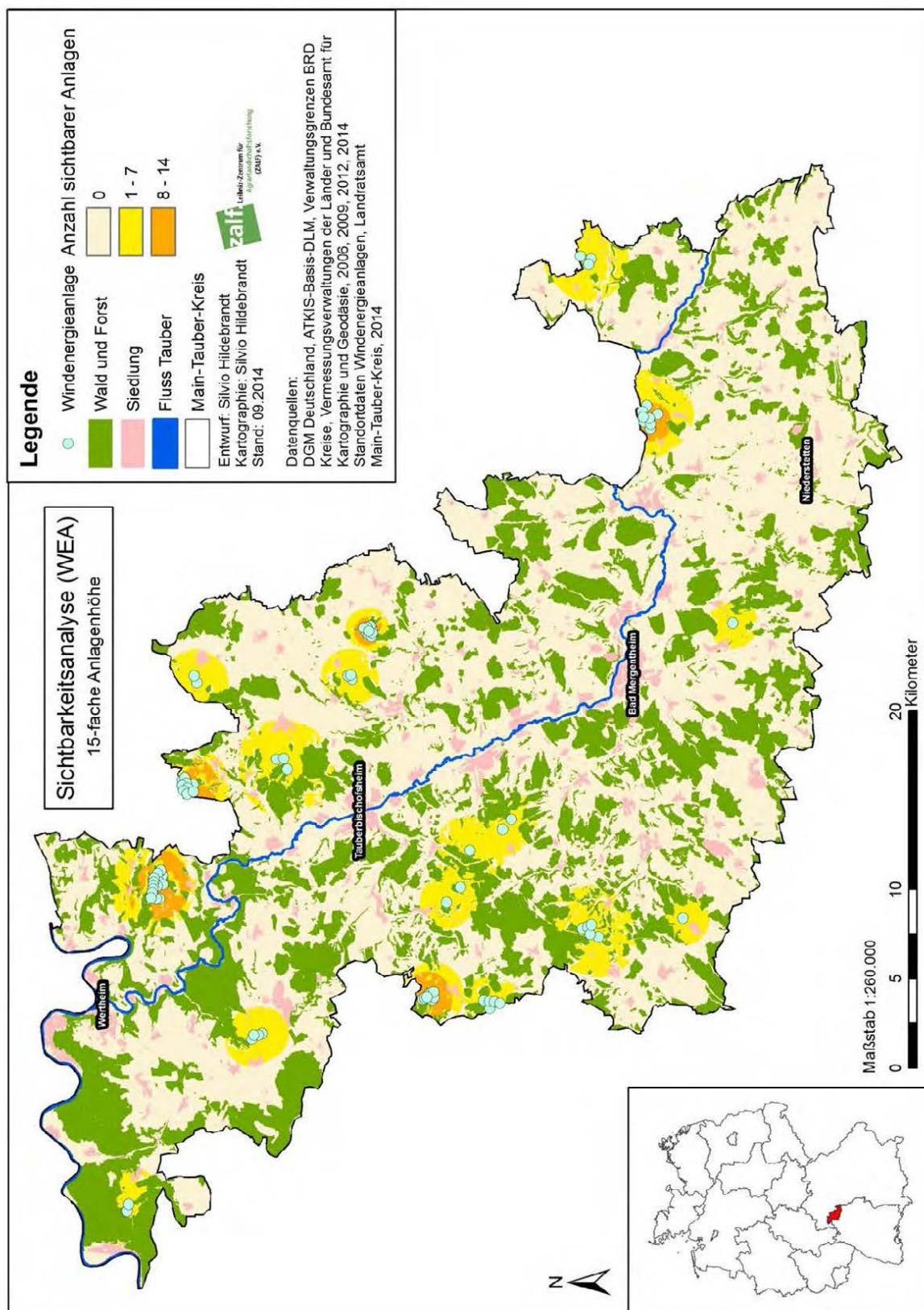


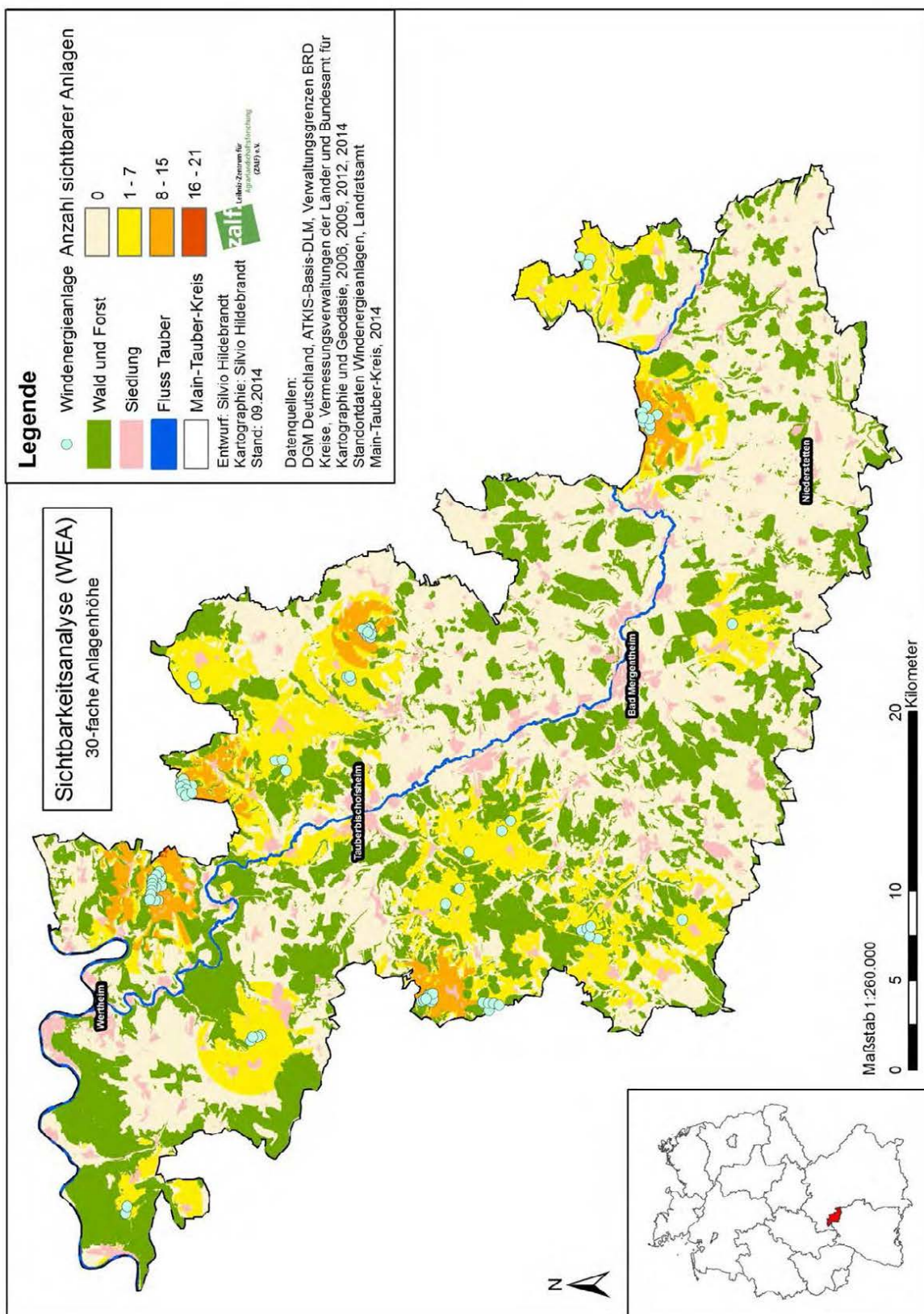


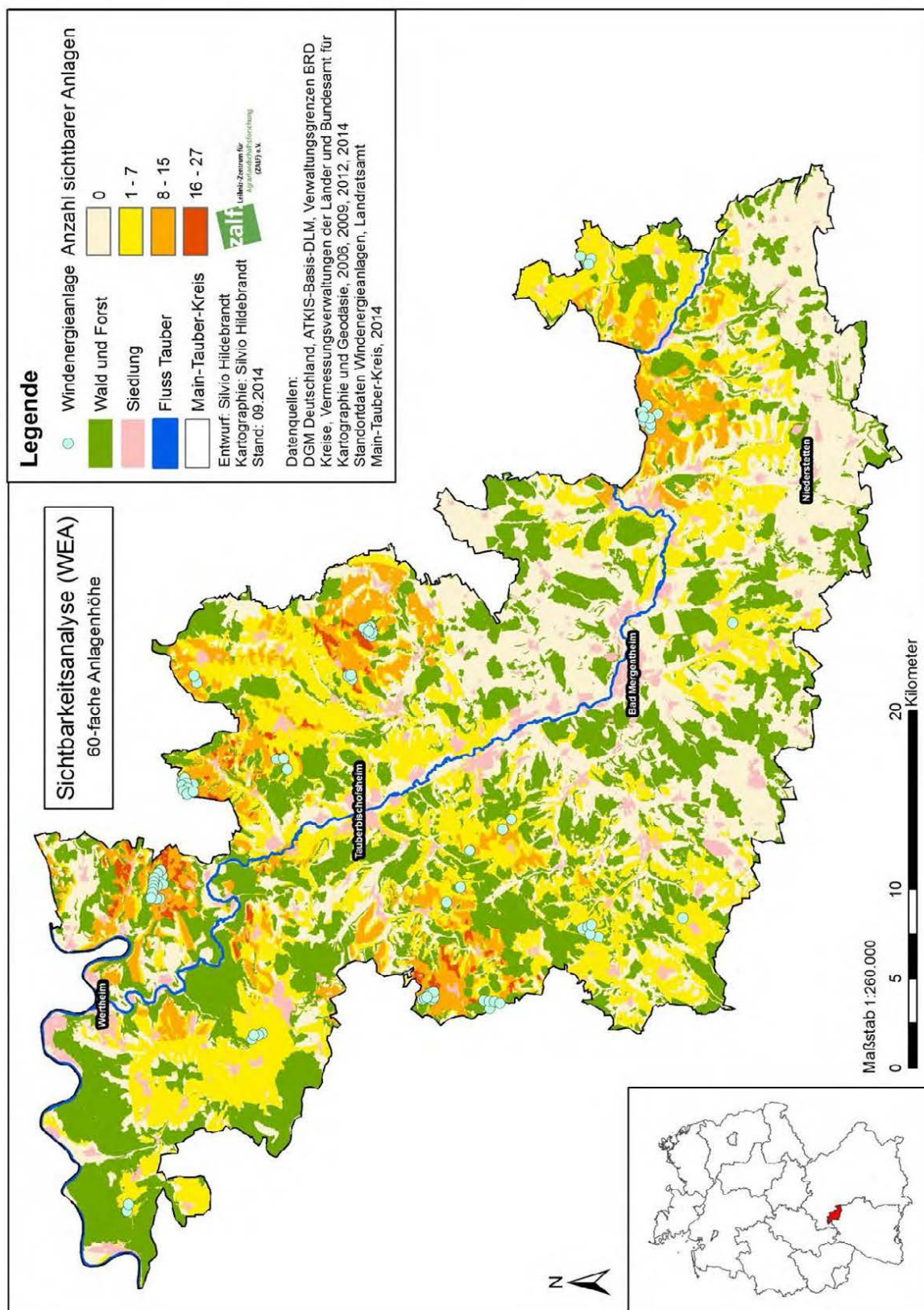


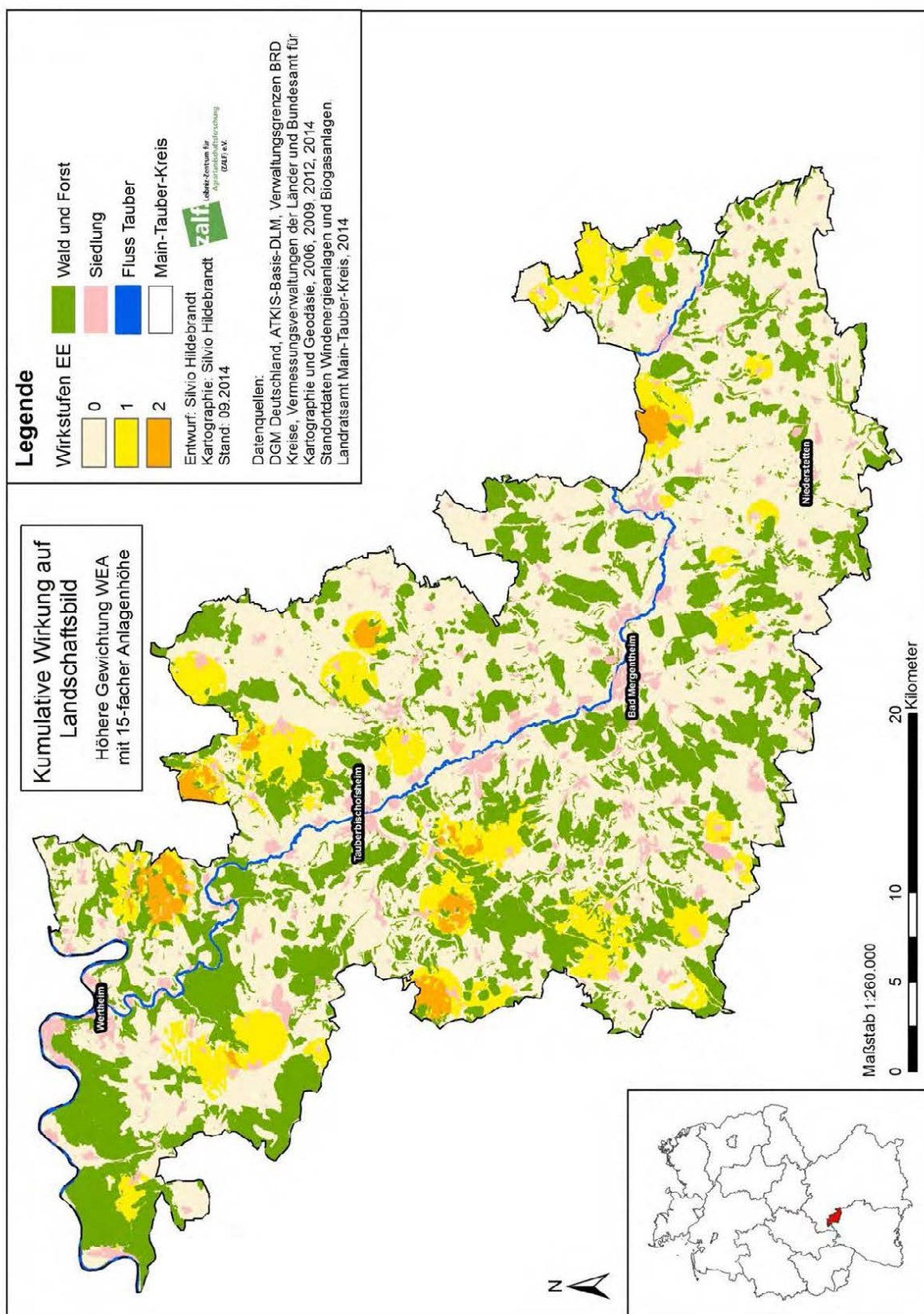


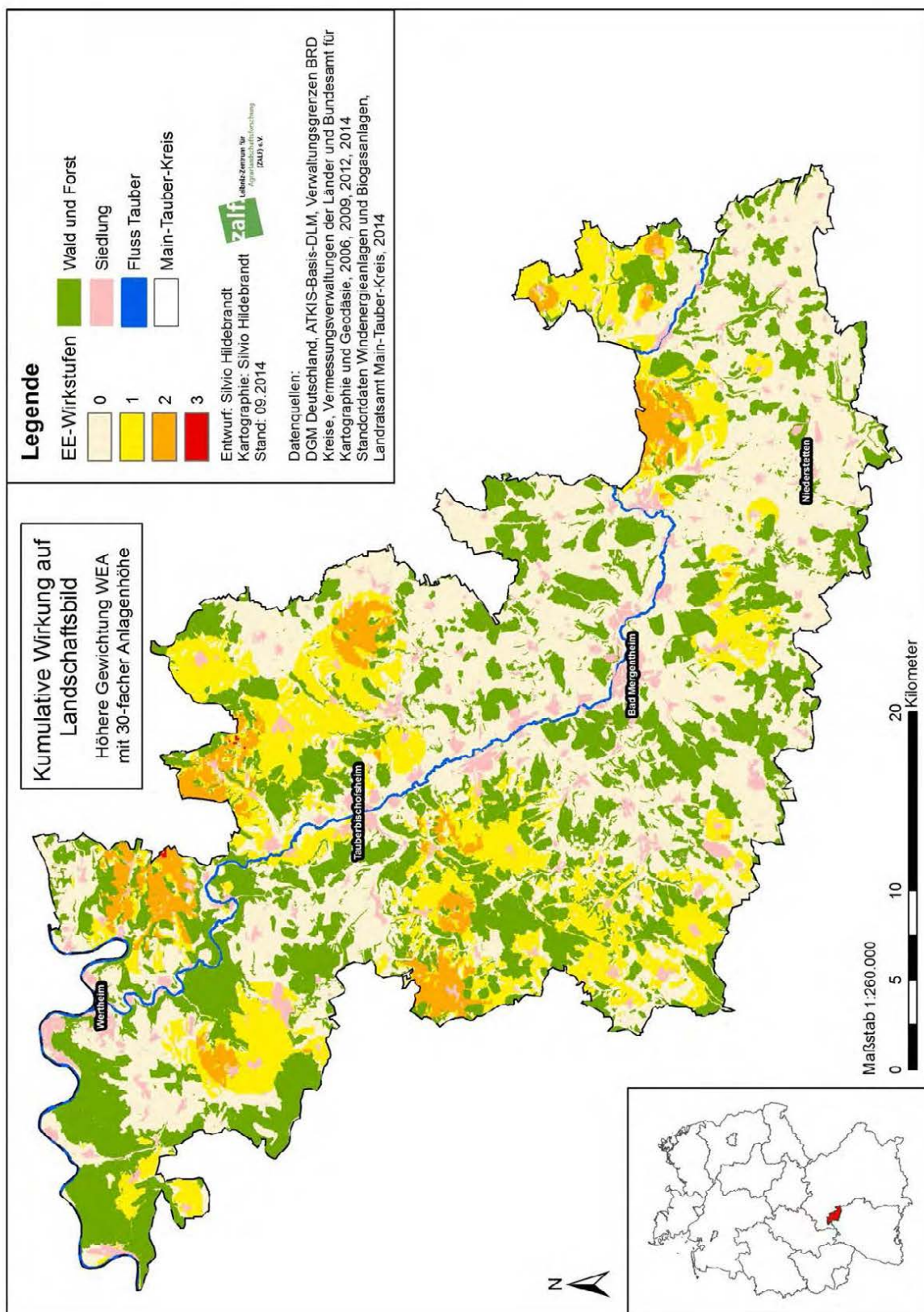


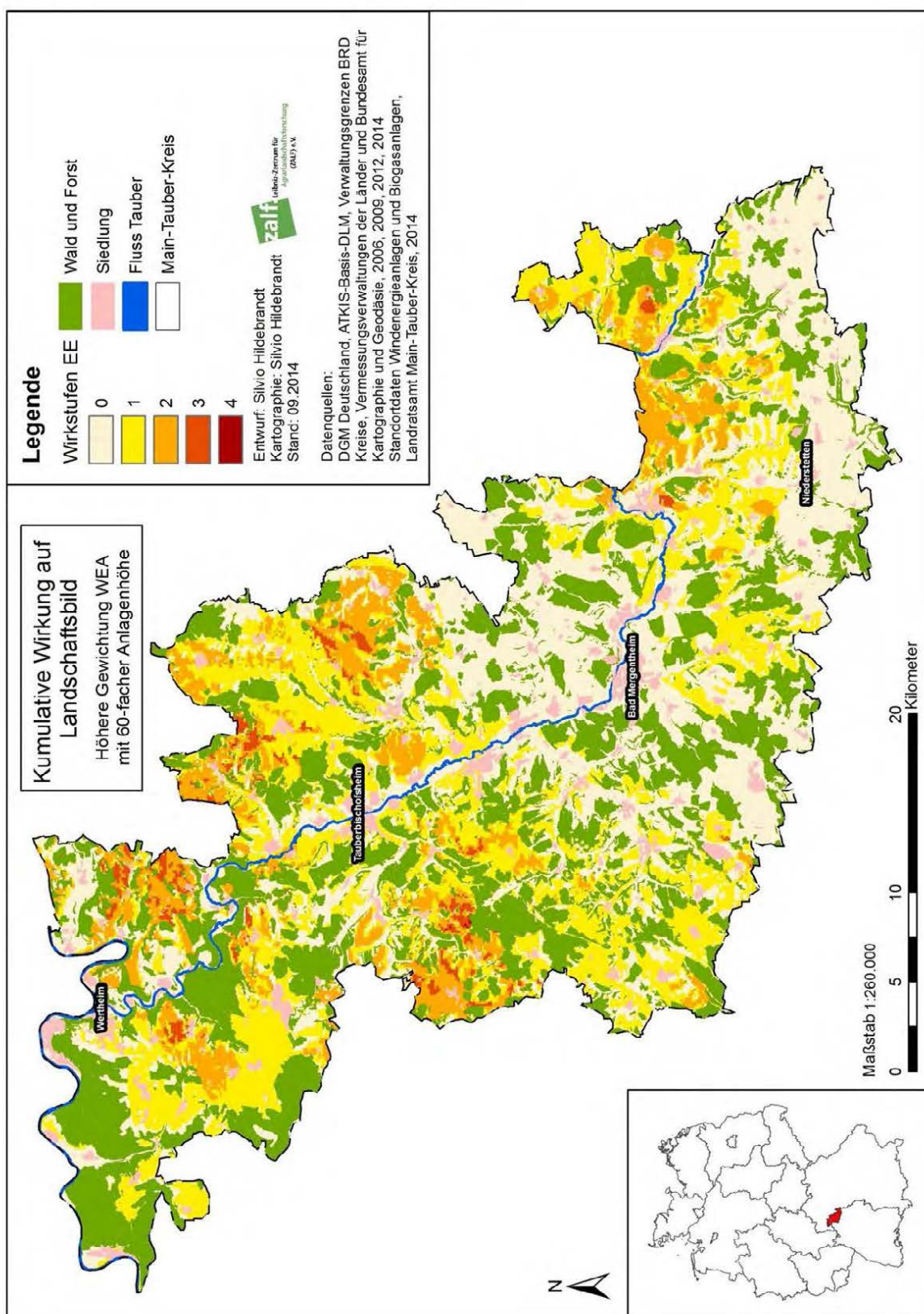












9.5 Anhang: Ergebnisse der Literaturanalyse

9.5.1 Schutzgut: Biodiversität

Vernichtung/Tod/Schädigung

Typ	Beschreibung	Wind	Energiepflanzenanbau	
Kollision		<u>Vögel</u> Kollision von Vögeln 24), 3), 4) Entweder Vögel meiden WKA und die umgebenden Lebensräume oder sie sind durch den Aufenthalt im Bereich der Rotoren einem direkten Kollisionsrisiko ausgesetzt 27) Kollisionsraten im Vgl. zu sonstigen Risiken eher gering; bei den meisten Anlagen verunglücken weniger als 1 Vogel/Jahr/Turbine 3) Vogelschlag wird eine geringe Bedeutung beigemessen 4), Kollisionen, Kollisions- und Mortalitätsrisiko steigt mit Anlagenhöhe, erhöhte Opferraten um Gewässer/ Feuchtgebiete, auf kahlen Bergrücken 29) Kollision: hohe Opferzahlen in Feuchtgebieten 19) <u>Fledermäuse</u> Kollision mit den sich drehenden Rotorblättern 3) „... wird davon ausgegangen, dass es zu einer Zunahme des Kollisionsrisikos bei Fledermäusen an Waldstandorten kommen kann (S. 58).“ 29)		<u>Vögel</u> keine Kollisionsereignisse und kein Meideverhalten zu beobachten 2) Kollision von Vögeln 24)

Typ	Beschreibung	Wind	Energiepflanzenanbau	
Kontakt-schäden, Immis-sionsbe-lastungen	Schädigung der Arten durch Kontakt mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln Eintrag von Schadstoffen in Lebensräumen		<u>Fauna</u> Schädigungen durch Pflanzenschutzmittel 10) intensive LW mit großflächigen Monokulturen und hohem Düngemittel- und Pestizideinsatz ~ Fruchtfolge, Grad der Eutrophierung, PSM, Nutzung Stilllegungsflächen --> Artenvielfalt bei Nutzinsekten und Laufkäfern 29) <u>Flora</u> Schädigungen durch Pflanzenschutzmittel 10) intensive LW mit großflächigen Monokulturen und hohem Düngemittel- und Pestizideinsatz ~ Fruchtfolge, Grad der Eutrophierung, PSM, Nutzung Stilllegungsflächen NH4-Emissionen aus nicht abgedichteten Gärrestbehältern --> Schäden an Vegetation 24) Schädigung von Vegetation durch Eintrag von Gärsubstrat oder Gärresten im Havariefall 24)	
Ver-siegelung	Wege, Standorte Anlage		<u>Flora</u> Anlage: Zerstörung der Vegetation/ Entzug von Vegetationsfläche 24)	Bodenverdichtung, -abtrag, -umlagerung 4), Versiegelung 4) Veränderung und Beseitigung von Vegetation4),

a) Lebensraumverlust/ -gewinn

Störung

Typ	Beschreibung	Wind	Energiepflanzenanbau
Scheuch- und Meidungswirkung / Lockwirkung Bauwerke, Bewegung, Geräusche der Anlagen	<u>Vögel</u> Störung von Brut- und Rastvögeln durch sich drehende Windenergieanlagen und dadurch Meidung des Gebietes mit Lebensraumverlust (Scheuchwirkung, Verdrängungseffekte, Vertreibungswirkungen) 24) Meidung des Lebensraums, Scheucheffekt, Lebensraumverlust 3) Habitatverlust, Scheuch- und Verdrängungswirkung, Barrierewirkung 29) WKA wirken Scheuchwirkung 4) Entweder Vögel meiden WKA und die umgebenden Lebensräume oder sie sind durch den Aufenthalt im Bereich der Rotoren einem direkten Kollisionsrisiko ausgesetzt 27) einige Vogelarten meiden WKA im Umkreis von 200-500 m 4) Ausfall großer Flächen als Nahrungshabitat 4) WKA wirken durch Vogelschlag und Scheuchwirkung 4); Störungen durch optische und akustische Reize können dazu führen, dass Vögel die Umgebung von WKA meiden und eine von der Art und der Umgebung abhängige Mindestdistanz zu WKA einhalten. Bisher als Lebensraum genutzte Flächen werden nicht mehr aufgesucht - der Lebensraum verkleinert sich. Hiervon sind in erster Linie Vogelarten betroffen, die in offenen Landschaften wie Feuchtgebieten, aber auch in strukturell entsprechenden Lebensräumen der Agrarlandschaft vorkommen. Während der Brutzeit trifft dies vor allem für die Gruppe der Wiesenbrüter zu. 27), während der Brutzeit geringere Meidungsabstände als außerhalb der Brutzeit 19), „ Außerhalb der Brutzeit werden einzelne Vogelarten nachweislich von ihren Rast- und Nahrungsgebieten vertrieben, die negativen Wirkungen von Windenergieanlagen sind hier entscheiden deutlicher als bei Brutvögeln 29), Schallemissionen 4) Disko-Effekt, entsteht durch die Reflexion der Sonnenstrahlen an den Rotorblätter - heute durch entsprechende Beschichtung weitgehend vermieden 19) <u>Fledermäuse</u> Meidung des Lebensraums 3)	<u>Fauna</u> Lärm z.B. durch Verkehrsbelastung, Geräusche 11), Störung von empfindlichen Tierarten durch baubedingten Lärm (Bau) 24) Störung von Brutvogelvorkommen durch betriebsbedingte Lärmemissionen 24),	<u>Vögel</u> keine Kollisionsereignisse und kein Meidverhalten zu beobachten 2); Verwechslung der Modulflächen mit Wasserflächen konnten (auch bei Zugvögeln) nicht beobachtet werden 2) <u>Insekten</u> Lockwirkung: Erwärmung der Module: Lockwirkung für Fluginsekten 2); Attraktionswirkung (morgendl. Aufwärmen) 2) meist keine Schädigungen, da genügend Zeit zur Flucht aus dem erhitzten Bereich 2), <u>Fauna</u> Überschirmung/ Überdeckung 24); Flächen unter Modul oft schneefrei und Vegetation damit dem Frost ausgesetzt bzw. weiterhin lichtexponiert 2); geringere Wüchsigkeit der Vegetation, Verschiebung des Artenspektrums durch Beschattung und/oder weniger Niederschlagswasser 2) kleinräumig können mikroklimatische Veränderungen u. U. die Habitateignung der Flächen beeinflussen 24), Verlärnung durch Wechselrichter, Trafos, Elektromotoren zur Nachführung der Module, keine Umweltrelevante Größenordnung 2) Licht-Reflexionen 4) elektromagnetische Felder 4) Verlustwärme 2), gering, für Organismen unbedeutend, hinsichtlich Umweltwirkungen vernachlässigbar 2)

Typ	Beschreibung	Wind	Energiepflanzenanbau
Gewöhnung	<u>Vögel</u> die meisten Arten - unter ihnen Möwen, Bussarde, Pfeifenten und Rebhühner - leben von den Anlagen unbeeindruckt an ihren Brutplätzen weiter, gewöhnen sich an die WKA 22) Gewöhnungseffekte in den meisten Fällen gering 19)		
Einsatz schwerer Maschinen/ Nutzungs- und Überrollhäufigkeit		<u>Fauna</u> unkontrollierte Entnahmeaktivitäten - Störung der Tierwelt 29) vorgezogenen Erntetermine --> Verluste Niederwild, Bodenbrüter (z.B. Wiesenweihe) 29) Wiedererhöhung der Bewirtschaftungsintensität: Nährstoffinput, Mahdfrequenz, vorgezogene Erntetermine,... 13), auf intensiven Maisflächen können Feldvögel nicht existieren, weil Hauptbearbeitungsgänge mitten in die Brutzeit fallen 18), Verlust von Lebensräumen durch Grünlandintensivierung (Düngereinsatz, Anzahl der Schnitte) und –umbruch 24)	

Veränderung des Flächenzustandes

Typ	Wind	Energiepflanzenanbau
Verlust / Gewinn naturschutzrelevanter Flächen (Inkulturnahme, Vernichtung Landschaftselemente, Umbruch Grünland)	Gefahr der Inanspruchnahme von Säumen/ Brachen, Konkurrenz mit dem Flächennaturschutz 10) Verlust von Brachflächen; Grünlandumbruch 11) Verlust tierischer Lebensräume wie Feldraine, Hecken, Feldgehölze 29) zunehmende Schlaggröße--> Verlust von Landschaftselementen 29) Zunahme Schlaggröße, Verstärkung Anbau Monokulturen --> Verlust tierischer Lebensräume wie Feldraine, Hecken, Feldgehölze 29) Ausstieg auf Agrarumweltprogrammen/ Kündigung von Vertragsnaturschutz-Flächen KUP: negativ Auswirkungen auf Wiesenbrüter intensive LW mit großflächigen Monokulturen und hohem Düngemittel- und Pestizideinsatz ~ Fruchtfolge, Grad der Eutrophierung, PSM, Nutzung Stilllegungsflächen --> Artenvielfalt bei Nutzinsekten und Laufkäfern 29) Verlust von Lebensräumen durch Grünlandintensivierung (Düngereinsatz, Anzahl der Schnitte) und –umbruch 24) Waldrestholz: ansteigende Entnahmemengen, Ausweitung der nutzbaren Holzfraktionen (Entnahme ggf. auch der Blätter/ Nadeln/ von Reisig im Zuge der Voll- und Ganzbaumernte), intensiver Technikeinsatz --> Nährstoffhaushalt, Biotope (Kleinstrukturen), Waldboden, Waldstrukturen --> Übernutzung der Systeme 29) mgl. Entnahme von Totholz, absterbenden oder qualitativ minderwertigen Bäumen à Verringerung tierischer Lebensräume, insbes. Nist- und Höhlenbäume 29)	Entwertung von Bruthabitaten, Rastplätzen, Nahrungsbiotopen für Arten , die offenen Landschaften benötigen und höherer Strukturen meiden 2) „Durch Flächeninanspruchnahme, die veränderte Nutzung der Flächen in Verbindung mit einer Verä. der Vegetation sowie durch Silhouetteneffekte bzw. generell visuelle Effekte sind Habitatverluste und/ oder eine Minderung des Habitatwerts auch in angrenzenden Flächen für einige Vogelarten des Offenlandes zu erwarten (67).“ 29) positiv: Aufwertung Lebensraumfkt. auf vormaligen intensiv genutzten Ackerflächen 29) Neste im Gerüsten unter Modulen 2) Nutzung der Module als Singwarte 2) Module werden teils als Jagdansitz genutzt 2); Flächen werden von vielen Vogelarten als Nahrungsbiotop genutzt auch im Winter auf schneefreien Flächen unter den Modulen 2) Module stellen keine Hindernisse für die Jagd dar 2); Flächen unter Modul oft schneefrei Nahrung für Vögel 2); mgl. Aufwertung der Lebensraumfunktion für Kleinvögel und einige Greifvogelarten 29),

Typ	Wind	Energiepflanzenanbau
Intensivierung der Flächennutzung, Eutrophierung, Intensivierung der Grünlandnutzung, Fruchtfolgegestaltung (z.B. Einengung von Fruchtfolgen)	<u>Fauna/Flora</u> Beein. Lebensraumfkt. Gewässer durch erhöhte N-Belastung durch Gärrestausbringung 24); laterale Stoffflüsse von Nährstoffen, PSM --> Beein. d. Qualität der Felddraine und benachbarter Biotope 29); Wiedererhöhung der Bewirtschaftungsintensität: Nährstoffinput, Mahdfrequenz, vorgezogene Erntetermine, 13), intensive LW ~ Fruchtfolge, Grad der Eutrophierung, PSM, Nutzung Stilllegungsflächen --> Artenvielfalt bei Nutzinsekten und Laufkäfern 29), Nährstoffeintrag durch Gärrestausbringung 11); NOx-Freisetzung durch Verbrennung des Biogases im BHKW als N-Eintrag auf den umgebenden Flächen, Nährstoffanreicherung --> Veränderung Vegetation nahe gelegener nährstoffarmer Standorte 24) Verlust von Lebensräumen durch Grünlandintensivierung (Düngereinsatz, Anzahl der Schnitte) und -umbruch 24) intensive LW mit großflächigen Monokulturen 29) Veränderung auf Blühaspekte-- Wirkung auf blütensuchende Insekten 29), dichter Aufwuchs von Hauptfrüchten -- Unterdrückung lichtliebender Arten 29) Zunahme Kulturen mit hohem Wasserbedarf 28); KUP: Beein. von Vogelarten offener, weiträumiger Ackerlandschaften/ von Wiesenbrütern durch Gehölze 29), Änderungen der räumli. Verteilung der Anbaufläche mit Auswirkungen ggf. auf Rastvögel, wenn z.B. große Wiesenflächen hinter den Deichen umgewidmet werden, Großvögel (z.B. Wiesenweihe) 29), neue Strukturelemente in sonst intensiv genutzten Landschaften - Bedeutung für Vogelwelt 29) Mais: Hinweise auf verminderte Lebensraumeignung für einzelne Vogelarten z.B. Weißstorch (Verlust von Nahrungshabitaten durch Inanspruchnahme von Grünland), Wiesenweihe (Verlust von Bruthabitaten durch Anbau von Mais statt Gerste) 15), auf intensiven Maisflächen können Feldvögel nicht existieren -nach der Brut kein Futter 18), Zunahme Maisanbau --> Verdrängung bestimmter Tierarten, Bodenbrüter z.B. Wiesenweihe, Rotmilan (keine Beute), Hamster 29), Raps: geschlossene Vegetationsdecke im Winter bietet insbesondere überwinternden Vögel Nahrungsangebot 1); dichter Pflanzenbestand im Frühjahr wird gemieden 1), GVO-Anbau: mögliche Auskreuzungen, Saatgut-verunreinigungen, negative Auswirkungen auf Nicht-Schädlinge (mgl. Blütenbesucher bspw. durch Bt-Toxine) 24), Anbau/ Inverkehrbringen von invasiven Arten 24), 11) Anbau alter Kulturarten --> Agrobiodiversität 29)	

Typ	Wind	Energiepflanzenanbau
Extensivierung der Flächennutzung (Ausdehnung FF, Anbau alter Sorten,..)		Groß- und Mittelsäuger (Wildschwein, Reh, Rotwild) Aufwertung Lebensraumfkt. auf vormaligen intensiv genutzten Ackerflächen 29) Flora Aufwertung Lebensraumfkt. auf vormaligen intensiv genutzten Ackerflächen 29)

b) Barrierewirkung/Zerschneidung von Lebensräumen

Typ	Beschreibung	Wind	Energiepflanzenanbau
Beeinträchtigung von Lebensräumen durch Verkleinerung, Zersplitterung oder Beseitigung, Beseitigung von „Trittsteinen“ wie Landschaftselementen, Vergrößerung der Schläge ohne Landschaftselemente; horizontale, vertikale Barrieren durch Anlagen	<u>Vögel</u> Barriere zwischen Teillebensräumen (Brut-, Rast-, Nahrungsreviere) 4), Zerschneidung von Lebensräumen 4) Zerschneidung und Barrierewirkung, ggf verstärkte Barrierewirkung an Infrastrukturtrassen? 10) Flächenzerschneidung 13), Barrierewirkung/Zerschneidung von Vogelwanderwegen 4); in ca. 2% der Beobachtungen konnten Barrierewirkungen beobachtet werden 19); im Extremfall Zerschneidung zwischen Rast-, Schlaf- und/oder Brutgebiet des für die Art lebenswichtigen Biotopverbundes 19), Habitatverlust, Scheuch- und Verdrängungswirkung, Barrierewirkung 29) Barrierewirkung Vogelzug 24) <u>Groß- und Mittelsäuger (Wildschwein, Reh, Rotwild)</u> Barriere für wandernde Tierarten 3),	Zerschneidung von Biotopstrukturen, durch die Baukörper und Flächen der Anlage selbst sowie ggf. deren Zuwegung und Umzäunung, geht die Fläche als Korridor für Arten, die zwischen verschiedenen Teillebensräumen wandern, verloren 24), Beein. großer unzerschnittener Räume durch Maisanbau 29)	<u>Vögel</u> Module stellen keine Hindernisse für die Jagd dar 2); Flächenzerschneidung 13), <u>Groß- und Mittelsäuger (Wildschwein, Reh, Rotwild)</u> Lebensraumzug für Großsäuger durch Einzäunung der Anlage 2), Barrieren für wandernde Tierarten durch Abzäunung, Zerschneidung durch Wegenetz 2) 4); Barrierewirkung durch Einzäunung, Isolation und Fragmentierung von Tierpopulationen und Habitaten, Verlust und Veränderung von faunistischen Funktionsbeziehungen durch Barrierewirkung der Anlage (z. B. Trennung von Teillebensräumen wie Tageseinstände, Äsungsflächen oder Jagdgebiete und Wildwechseln (Bauseits Durchlässigkeit der Abzäunung für Klein- und Mittelsäuger und Maschengröße gewährleisten!) 24) Flächenzerschneidung 13)

Netzausbau: Vögel

Tod durch Stromschlag, Gefährdung bei Drahtanflug 3);

geschätzte Opferzahl an Freileitungen und anderen Objekten 5-10 Mio. Vögel/Jahr in Deutschland 3);

Zahl der direkten Vogelverluste an Freileitungen durch Stromschlag und Leitungsanflug ist sehr hoch und wird höher eingeschätzt als die Zahl der Kollisionen an Windenergieanlagen

9.5.2 Schutzgut Landschaft

Eigenart

Typ	Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik (Freifläche)
Natür- lichkeit	<u>Mais</u> <i>negativ</i> hochwüchsige Energiemaissorten > Verä. Eigenart 29) Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch hochwüchsigen Energiepflanzen auf Acker und Grünland: Beeinträchtigungen von Sichtbeziehungen und Sichtachsen, insbes. großflächiger und kompakter Strukturen 24) <u>KUP</u> <i>negativ</i> als negativ empfunden wird die jährliche oder mehrjährige Ernte von hochwüchsigen Dauerkulturen 28)	<i>negativ</i> technische Überprägung Veränderung des Landschaftsbildes 13); 4) Überprägung der Landschaft - auch bedingt durch die weite Sichtbarkeit 15) technische Überprägung 29) technisches Bauwerk in naturbetonter Umgebung; weithin sichtbare technische Elemente, "Verspargelung" der Landschaft, "Technisierung" der Landschaft, Maßstabsverlust, Oberflächenverfremdung 24) Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft 3) Abhängig von Exponiertheit und Einsehbarkeit der Anlage 4); eingeschränkte Erholungsfunktion 3)	<i>negativ</i> technische Überprägung: auffällig, heben sich ab durch regelmäßige(n) Umriss und innere Strukturen, Verä. des La.Bi durch Größe, Uniformität, Gestaltung und Materialien, Nahbereich: Dominanz bei fehlender Sichtverschattung, groß, "technisch" 24) Flächenumwidmung, Errichtung eines baulich-technischen Elementes/ technische Überprägungswirkung 29) Einzäunung: Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Einzäunung 2) Verlust von Naherholungsräume, mgl. Zerschneidungswirkung 29) Veränderung des Landschaftsbildes 13), 4), 10);
Histor- ische Kon- tinuität	<u>allgemein</u> <i>negativ</i> Verlust an Kulturartenvielfalt 24) Wirkfaktoren: Wechsel der Kulturarten, Landnutzungsänderungen, Intensivierung vorhandener Nutzung. Wirkung ~ Ziele der Landschaftsentwicklung. Gefahr insbes. der Nivellierung von Landschaften und Landschaftseindrücken 29) Intensivierung und Grünlandumbruch: Beeinträchtigung des Landschaftsbildes Landschaftsstrukturänderung 4); Änderung der Vegetationsstruktur 4); Änderung der Bestandshöhe 4), Verlust von Landschaftselementen in der Kulturlandschaft 4); Verlust von Lebensräumen und Artenvielfalt in der Kulturlandschaft 4)		<i>negativ</i> Einzäunung Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Einzäunung 2)

Typ	Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik (Freifläche)
Historische Kontinuität	<i>positiv</i> Chance der Offenhaltung der Landschaft 29) <u>KUP</u> <i>positiv</i> neuartige Landschaftselemente 28), strukturelle Anreicherung der Landschaft mit nur gering ausgeprägtem Relief 28); <u>Mais</u> <i>negativ</i> hochwüchsige Energiemaissorten > Verä. Eigenart 29) <i>positiv</i> Potenzial der strukturellen Anreicherung der Landschaft 24)		
Vielfalt	<u>allgemein</u> <i>negativ</i> Monotonisierung 10) 11) Verlust an Kulturartenvielfalt, Verengung FF 24) Wirkfaktoren: Wechsel der Kulturarten, Landnutzungsänderungen, Intensivierung vorhandener Nutzung. Wirkung ~ Ziele der Landschaftsentwicklung. Gefahr insbes. der Nivellierung von Landschaften und Landschaftseindrücken 29) Intensivierung und Grünlandumbruch: Beeinträchtigung des Landschaftsbilde Landschaftsstrukturänderung 4); Änderung der Vegetationsstruktur 4); Änderung der Bestandshöhe 4), Verlust von Landschaftselementen in der Kulturlandschaft 4); Verlust von Lebensräumen und Artenvielfalt in der Kulturlandschaft 4) <i>positiv</i> ggf. Vergrößerung der Kulturartenzahl, Zunahme unterschiedlicher Wuchsformen/ Blühaspekte, vergleichbar: Mischanbau, Zwischenfrüchte, Untersaaten 29)		

Typ	Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik (Freifläche)
Vielfalt	<u>KUP</u> <i>positiv</i> neuartige Landschaftselemente 28), strukturelle Anreicherung der Landschaft mit nur gering ausgeprägtem Relief 28); Potenzial der strukturellen Anreicherung der Landschaft 24) Strukturanreicherung durch KUP 29) <u>Mais</u> <i>positiv</i> Potenzial der strukturellen Anreicherung der Landschaft 24) Dominanz 24)		

Freileitung: *negativ* Umformung von strukturarmen und leicht einsehbaren, offenen Landschaften 3)

Freiheit von Beeinträchtigung

Typ	Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik (Freifläche)
störende Objekte	<u>Waldrestholz</u> <i>negativ</i> Verschlechterung der Zuwege durch Holztransport > Erholungseignung 29) <u>Mais</u> <i>negativ</i> hochwüchsige Energiemaissorten > Verä. Erlebbarkeit der La., optische Barrierewirkungen 29) Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch hochwüchsigen Energiepflanzen auf Acker und Grünland: Beeinträchtigungen von Sichtbeziehungen und Sichtachsen, insbes. großflächiger und kompakter Strukturen 24 <u>Anlage</u> <i>negativ</i> Beein. der Erholungsfkt. durch Beein. des La.Bi. 24) mgl. Beein. des Landschaftsbildes durch Baukörper/ versiegelte Flächen --> Beein. von Natürlichkeit, typischen Eigenarten, Schönheit der La. 24)	<i>negativ</i> Veränderung und Beseitigung von Vegetation 4) Abhängig von Exponiertheit und Einsehbarkeit der Anlage 4)	<i>neutral</i> geringe Konflikte bei bereits versiegelten Flächen in baulichem Umfeld mit technischer Prägung 29) <i>negativ</i> mgl. Zersiedlungswirkung in wenig vorbelasteten Räumen 29) Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Einzäunung 2) Veränderung und Beseitigung von Vegetation 4); Verlust von Naherholungsräume, mgl. Zerschneidungswirkung 29)
störende Geräusche	<u>KUP</u> <i>negativ</i> Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch hochwüchsigen Energiepflanzen auf Acker und Grünland: Beeinträchtigungen von Sichtbeziehungen und Sichtachsen, insbes. großflächiger und kompakter Strukturen 24 Dominanz 24)	<i>negativ</i> Geräusche Verlärmung 24); Geräusche: Übertönen natürlicher, für das Landschaftserleben bedeutsamer Umgebungsgeräusche durch Schall 24) Lärm 29)	
störende Gerüche			

Typ	Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik (Freifläche)
Ver-siegelung	<u>allgemein</u> <i>negativ</i> Flächenbedarf 4),	<i>negativ</i> Veränderung und Beseitigung von Vegetation 4)	<i>neutral</i> geringe Konflikte bei bereits versiegelten Flächen in baulichem Umfeld mit technischer Prägung 29) <i>negativ</i> mgl. Zersiedlungswirkung in wenig vorbelasteten Räumen 29)
visuelle Störung		<i>negativ</i> Störung von Anwohnern/ Erholungssuchenden durch Reflexion, Befeuerung 24); Reflexion, Befeuerung 29)	<i>negativ</i> Reflexeigenschaften, Farbgebung 29) Fernbereich: visuelle Integration (~Reflexion), bes. disponiert: Ebene, exponierte (Hang-)Lagen 24) Lichtreflexe der Module und Metallkonstruktionen als hellere Objekte in der Landschaft sichtbar 2); Licht-Reflexionen 4); Beleuchtung sichtbar 2)
störende Bewegung		<i>negativ</i> Bewegung Rotorbewegung: Unruhe durch Flügelbewegung 24) Schattenwurf: Unruhe durch Bewegung 24); Störung von Anwohnern/ Erholungssuchenden durch Schattenwurf 24), 29); ruhigere Fernwirkung von größeren Anlagen, da geringere Drehzahl der Rotoren 29) <i>kumulativ</i> Problem der optischen Verschmelzung von Einzelanlagen zu einer großen, kompakt erscheinenden Ansammlung insbes. in Regionen mit flachem Relief 29)"	
sonstige Störungen		<i>negativ</i> Infraschall 29) Eiswurf 29)	

9.5.3 Schutzgut Boden

Typ	Energiepflanzenanbau	Photovoltaik (Freifläche)	Wind
Ver-siegelung		Flächenverlust 10); Stromerzeugung: 35 kWh/qm (Freifläche) 19) <2% bei Reihenaufstellung; <5% bei nachgeführten Auflagen 2) nach ARGE Monitoring PV-Anlagen 2005; Versiegelung 4), Stromerzeugung: 1-2 kWh /qm 19)	50 kWh/q/m im Windpark, 3.000 kWh/qm in Bezug auf die Mastfüße 19); Im Vergl. Zum Anbau von Energiepflanzen kann aber auf der gleichen Fläche mindestens 15 bis 30 Mal mehr nutzbare Energie "geerntet" werden. Gleichzeitig ist die Intensität und Qualität des ökologischen Eingriffs bzgl. des Flächenverbrauchs begrenzt. Zwar gibt es bei der Errichtung der WKA kurzfristige Störungen während des Aufbaus und danach anlagenbedingte Beeinträchtigungen durch Zuwegung und Fundamente. Aber während des Betriebes ist der Lebensraum unterhalb des Rotorbereichs für die meisten Tierarten weiterhin nutzbar. 24)
Flächenum-wandlung	<u>allgemein</u> Flächenumwandlung 13); Wiederaufnahme intensiver Nutzung von ökologisch wertvollen Brachen oder extensiv genutzten Grenzertragsflächen 25); Umwandlung von Grünland in Acker 25)11), 13); - Filter-, Puffer-, Transformatorfunktion; Grundwasserschutzfunktion Nutzung von Stilllegungsflächen 25)	Flächenumwandlung 13)	Flächenumwandlung 13)
Flächenzer-schneidung	<u>allgemein</u> Flächenzerschneidung 13)	Flächenzerschneidung 13)	Flächenzerschneidung 13)
Verdichtung	<u>allgemein</u> Bodenverdichtung-, abtrag-, -umlagerung 4); <u>KUP</u> sehr geringes Gefährdungspotential 16) <u>Mais</u> mittleres Gefährdungspotential 16); Bodenverdichtung 26) <u>Raps</u> geringes Gefährdungspotential 16)	Bodenverdichtung, - abtrag, -umlagerung auch durch Zufahrtswege 4), Versiegelung durch Zufahrtswege 4),	

Typ	Energiepflanzenanbau	Photovoltaik (Freifläche)	Wind
Beschattung		Reduzierung des Niederschlagswassers, oberflächliche Austrocknung 2) - Wasserspeicher- und Retentions-, damit auch Abflussregulationsfunktion	
Erosion	<u>allgemein</u> Erosion 11) <u>KUP</u> sehr geringes Gefährdungspotential 16) <u>Mais</u> Hohe Erosionsgefährdung 16), hohe Erosionsgefahr da Reihenpflanzung mit weiten Abständen, Später Aussaat und später Bodenbedeckung 26) <u>Raps</u> geringes bis mittleres Gefährdungspotential 16)	Erosion durch von Modulkanten abfließendes Wasser 2)	
Versauerung	<u>allgemein</u> Versauerung 10g SO ₂ -Äquivalent 13), Versalzung von Böden 14) <u>KUP</u> Versauerung 13) <u>Mais</u> Versauerung 13) <u>Raps</u> Versauerung 13)		
Humusverlust	<u>allgemein</u> Humusverlust 11) <u>KUP</u> positive Wirkung auf Humusbilanz 16) <u>Raps</u> positive Wirkung auf Humusbilanz 16)		

Typ	Energiepflanzenanbau	Photovoltaik (Freifläche)	Wind
Eutrophierung	<u>allgemein</u> Nährstoffeintrag 13), Zunahme des Anteils wirkintensiver Kulturen innerhalb der Fruchtfolge (insb. Mais) 25), Intensivierung der Grünlandnutzung durch häufigere Mahd und stärkere Düngung 25) <u>KUP</u> Eutrophierung 13), sehr geringes Gefährdungspotential 16) <u>Mais</u> Eutrophierung 13); hohes Gefährdungspotential 16) <u>Raps</u> Eutrophierung 13), mittleres Gefährdungspotential 16)		
Stoffliche Emissionen/ Immissionen	<u>Waldrestholz</u> Nährstoffmangel durch Restholznutzung 5) - Regulationsfunktion im Stoffkreislauf <u>KUP</u> sehr geringes Gefährdungspotential 16) <u>Mais</u> mittlere Belastung mit PSM 16) <u>Raps</u> hohe Belastung mit PSM 16)		

9.5.4 Schutzgut Klima/Luft

Typ	Untertyp	Energiepflanzenanbau	Wind	Photovoltaik(Freifläche)
Klimaveränderung	Mikroklima			Beeinflussung des lokalen Mikroklimas: Erwärmung des Nahbereichs, aufsteigende Warmluft - durch Erwärmung der Module2)
	Klimaschutzfunktion	THG-Bilanzen können negativ ausfallen, wenn Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand umgewandelt werden 13); Grünlandumbruch: Kohlenstoffverlust 13)		
Emissionen		stoffliche Emissionen 13)		
elektrische Felder				
Infraschall			Untersuchungen an eine 200 kW Anlage, bei einem Abstand von 2 km liegt der emittierte Lärm im Bereich des Hintergrundrauschens, bei größeren Anlagen vergrößert sich die Reichweite, das Infraschallsignal von Anlagen mit einer Nabenhöhe von 80m und mit 600 kW Leistung liegt noch in 10 km Entfernung oberhalb des Hintergrundrauschens, ebenso nimmt die Reichweite mit wachsender Anzahl der Anlagen (in einem Windpark) zu 9) S. 3,11; Infraschall ist ein technisches Problem, eine Belästigung von Anwohnern ist nicht gegeben 9) S. 14	
Lärm --> Mensch			direkter Zusammenhang zwischen Wind und Lärm für alle Anlagen über 100 kW, Lärm kann entsprechend in direkter Nachbarschaft belastend sein, geht jedoch in größeren Entfernungen im Hintergrundrauschen, das durch Verkehr, Industrie und Windgeräusche entsteht, unter 9) S. 2	
Lärm --> Tier				

9.5.5 Schutzgut Wasser

Typ	Energiepflanzenanbau	Photovoltaik (Freifläche)
Wasserdargebotsfunktion, Grundwasserneubildungsfunktion	negative Effekte auf den Grundwasserspiegel bei Bewässerung 14); Zunahme des Anteils von Kulturen mit hoher Biomasseproduktion und großem Wasserbedarf 25) Raps: Wasserverbrauch bei der Umwandlung von Biomasse in flüssige Brennstoffe (z.B. pro Liter Bioethanol werden ca. 10 l Wasser benötigt) 14)	Versiegelung 4)
Regulationsfunktion im Wasser-, Klima-, Stoffhaushalt, insbesondere:		
Retentions-/ Abflussregulationsfunktion einschl. Reinigungsvermögen		
stoffliche Belastung	Verunreinigung von Grundwasser, von Flüssen und von Seen mit Nitrat und Phosphat 14) Mais: Stickstoffüberschuss (durch geringe Stickstoffaufnahme und Humusabbau), Auswaschung im Herbst 26)	
Wasserhaushalt allgemein	Veränderung des Wasserhaushalts 13);	Veränderung abiotischer Standortfaktoren 2)

9.6 Anhang: Angaben zu Kollisionszahlen, Meideabständen und weitere Informationen

Art		Kollisionsdaten (Stand Okt. 2013)	Meideabstand (Mittelwert)	Weitere Informationen
Gavia stellata	Sternaucher	1		
Phalacrocorax carbo	Kormoran	3		wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19)
Pelecanus onocrotatus	Rosapelikan	1		
Ardea cinerea	Graureiher	5	ca. 120 m 17)	wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19)
Ciconia ciconia	Weißstorch	32		
Ciconia nigra	Schwarzstorch	1	ca. 500 m (B) 17), 3)	sehr störungsanfällig 3)
Cygnus cygnus	Singschwan	2		
Cygnus olor	Höckerschwan	17		
Cygnus cygnus / olor	Schwan spec.	4	ca. 150 m 17)	
Anser anser	Gaugans	5		
Anser albifrons	Blessgans	4		
Anser fabalis	Saatgans	3		
Anser albifrons / fabalis	Bless-/Saatgans	3		
Branta leucopsis	Weißwangengans	6		
Tadorna tadorna	Brandgans	1		
Anas crecca	Krickente	3		
Anas platyrhynchos	Stockente	76	ca. 160 bis 130 m (B) 17)	
Anas strepera	Schnatterente	1		
Anas clypeata	Löffelente	1		
Aythya fuligula	Reiherente	1		
Somateria molissima	Eiderente	1		
Pandion haliaetus	Fischadler	9		
Aquila pomarina	Schreiadler	3		
Haliaeetus albicilla	Seeadler	87		hohe Kollisionsraten 1), 3), 19), 22) meiden Windräder nicht, es wird vermutet, dass Seeadler rund um die Fundamente Beute machen oder dort kollidierte Vögel auflesen 20) bisher kein statistischer Zusammenhang zwischen der Errichtung von WKA und der Brutbestandentwicklung bzw. dem Bruterfolg nachgewiesen 27)
Milvus milvus	Rotmilan	213		überdurchschnittlich häufig Opfer von WKA 1), 3), 20), über 300 Rotmilane, das sind schätzungsweise über drei Prozent des Landesbestandes, verunglücken heute schon jährlich an Rotoren 18), hohe Kollisionsraten vor allem zur Brutzeit 19), Hauptteil der windenergiebedingten Mortalität entfällt auf adulte Vögel im Frühjahr 27) Verdrängung von Rotmilan durch WKA bisher nicht festgestellt 27) empfindlich auf Barrierewirkungen 19) bisher kein statistischer Zusammenhang zwischen der Errichtung von WKA und der Brutbestandentwicklung bzw. dem Bruterfolg nachgewiesen 27)
Milvus migrans	Schwarzmilan	22		

Art		Kollisionsdaten (Stand Okt. 2013)	Meideabstand (Mittelwert)	Weitere Informationen
Accipiter gentilis	Habicht	6		
Accipiter nisus	Sperber	11		wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19)
Buteo buteo	Mäusebussard	245	ca. 75 m 17)	besonders gefährdet im Hinblick auf Kollision 3), 19) wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19) bisher kein statistischer Zusammenhang zwischen der Errichtung von WKA und der Brutbestandentwicklung bzw. dem Bruterfolg nachgewiesen 27)
Buteo lagopus	Raufußbussard	3		
Pernis apivorus	Wespenbussard	4		
Circus aeruginosus	Rohrweihe	12		
Circus pygargus	Wiesenweihe	2		mit Einschränkungen, können die WKA für Wiesenweißen kritisch werden 20) Wiesenweihe fallen im Verhältnis zu ihrem Gesamtbestand häufiger Kollisionen zum Opfer 22), in räuml. Nähe zu WKA brütende Wiesenweißen unterliegen einem Kollisionsrisiko, von Bedeutung vor allem die im Nestbereich in größerer Höhe erfolgende Balz, Feindabwehr, Beuteübergabe und Thermiksegeln zw. Brut- und Jagdgebieten 27), bleiben an der Küste zu 90% unter 20 m, im Binnenland steigen sie an warmen Tagen mit der Thermik in die Höhe 20) bisher kein eindeutiges Meideverhalten erkennbar 27) es konnte kein Zusammenhang zwischen dem Rückgang des Brutbestandes und dem Bau von WKA festgestellt werden 23)
Falco peregrinus	Wanderalke	6		
Falco subbuteo	Baumfalke	8		
Falco columbarius	Merlin	2		
Falco tinnunculus	Turmfalke	55	ca. 35 m 17)	besonders gefährdet im Hinblick auf Kollision 3), 19) wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19) bisher kein statistischer Zusammenhang zwischen der Errichtung von WKA und der Brutbestandentwicklung bzw. dem Bruterfolg nachgewiesen 27)
Falconiformes spec.	Greifvogel spec.	3		
Perdix perdix	Rebhuhn	2	ca. 125 m (B) 17)	keine negativen Wirkungen auf Populationsebene festgestellt 4)
Phasianus colchicus	Fasan	12		
Rallus aquaticus	Wasserralle	2		
Gallinula chloropus	Teichralle	1		
Fulica atra	Blessralle	6		
Grus grus	Kranich	7		geringe Meidung gegenüber WKA 21) empfindlich auf Barrierewirkungen 1), 19), Störungen des Zugablaufs durch in der Flugbahn befindliche WKA 27) verläuft der positive Bestandstrend des Kranichs parallel zur Entwicklung der Windkraft 21)
Haematopus ostralegus	Austernfischer	3		
Charadrius dubius	Flussregenpfeifer	1		
Pluvialis apricaria	Goldregenpfeifer	15	ca. 200 m 17)	zunehmende Meidedistanz mit zunehmender Größe der WKA 27)

Art		Kollisionsdaten (Stand Okt. 2013)	Meideabstand (Mittelwert)	Weitere Informationen
Vanellus vanellus	Kiebitz	5	ca. 270 bis 135 m (B) 17)	reagieren außerhalb der Brutzeit sehr empfindlich auf WKA 19) zunehmende Meidedistanz mit zunehmender Größe der WKA 27) stärkste Störwirkungen 3) keine negativen Wirkungen auf Populationsebene festgestellt 4)
Scolopax rusticola	Waldschnepfe	3		
Gallinago gallinago	Bekassine	1		
Numenius arquata	Großer Brachvogel	1		
Larus ridibundus	Lachmöwe	72	ca. 90 m 17)	
Larus argentatus	Silbermöwe	45		
Larus cachinnans	Steppenmöwe	1		
Larus fuscus	Heringsmöwe	5		
Larus marinus	Mantelmöwe	1		
Larus canus	Sturmmöwe	27	ca. 120 m 17)	unempfindlich gegen störende Wirkungen 3)
Laridae spec.	Möwe spec.	7	ca. 120 m 17)	wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19) überdurchschnittlich häufig Opfer von WKA 1), häufig, wenn WKA an Nähe zu Feuchtgebieten 1), 19)
Sterna hirundo	Flussseeschwalbe	1		
Chlidonias niger	Trauerseeschwalbe	1		
Uria aalge	Trottellumme	1		
Columba livia f. domestica	Haustaube	36		
Columba oenas	Hohltaube	3		
Columba palumbus	Ringeltaube	66	ca. 175 m 17)	
Streptopelia decaocto	Türkentaube	2		
Tyto alba	Schleiereule	8		
Strix aluco	Waldkauz	2		
Asio otus	Waldohreule	7		
Asio flammea	Sumpfohreule	2		
Bubo bubo	Uhu	14		
Cuculus canorus	Kuckuck	3		
Apus apus	Mauersegler	74		
Apus melba	Alpensegler	2		
Picus viridis	Grünspecht	1		
Dendrocopos major	Buntspecht	1		
Alauda arvensis	Feldlerche	72	ca. 40 bis 120 m (B) 17)	keine negativen Wirkungen auf Populationsebene festgestellt 4)
Lullula arborea	Heidelerche	5		
Eremophila alpestris	Ohrenlerche	1		
Anthus trivialis	Baumpieper	3		
Hirundo rustica	Rauchschwalbe	16		
Delichon urbica	Mehlschwalbe	23		
Riparia riparia	Uferschwalbe	3		

Art		Kollisionsdaten (Stand Okt. 2013)	Meideabstand (Mittelwert)	Weitere Informationen
Hirundidae spec.	Rauch-/ Mehlschwalbe	1		
Motacilla alba	Bachstelze	3	ca. 70 m (B) 17)	
Motacilla flava	Schafstelze	5	ca. 110 m (B) 17)	keine negativen Wirkungen auf Populationsebene festgestellt 4)
Troglodytes troglodytes	Zaunkönig	3	ca. 50 bis 90 m (B) 17)	
Acrocephalus palustris	Sumpfrohrsänger	1	ca. 65 m (B) 17)	
Phylloscopus trochilus	Fitis	2	ca. 40 m 17)	
Phylloscopus collybita	Zilpzalp	1	ca. 50 bis 40 m (B) 17)	
Hippolais polyglotta	Orpheusspötter	1		
Sylvia curruca	Klappergrasmücke	1		
Sylvia communis	Dorngrasmücke	1	ca. 75 m (B) 17)	
Sylvia atricapilla	Mönchsgrasmücke	4		
Regulus regulus	Wintergoldhähnchen	47		
Regulus ignicapillus	Sommergoldhähnchen	17		
Regulus spec.	Goldhähnchen spec.	8		
Ficedula hypoleuca	Trauerschnäpper	4		
Luscinia megarhynchos	Nachtigall	1		
Saxicola rubetra	Braunkehlchen	2	ca. 150 m (B) 17)	
Erithacus rubecula	Rotkehlchen	18		
Oenanthe oenanthe	Steinschmätzer	3		
Turdus pilaris	Wacholderdrossel	8		
Turdus philomelos	Singdrossel	10		
Turdus iliacus	Rotdrossel	1		
Turdus viscivorus	Misteldrossel	1		
Turdus merula	Amsel	6	ca. 80 m (B) 17)	
Parus caeruleus	Blaumeise	4		
Parus major	Kohlmeise	5		
Parus ater	Tannenmeise	3		
Aegothalus caudatus	Schwanzmeise	1		
Sitta europaea	Kleiber	2		
Certhia familiaris	Waldbaumläufer	2		
Emberiza calandra	Grauammer	28	ca. 90 m (B) 17)	
Emberiza citrinella	Goldammer	27	ca. 90 m (B) 17)	
Emberiza schoeniclus	Rohrhammer	1	ca. 85 m (B) 17)	
Carduelis carduelis	Stieglitz	1		
Carduelis chloris	Grünfink	7		
Carduelis cannabina	Bluthänfling	1		
Carduelis flammea	Birkenzeisig	1		
Fringilla coelebs	Buchfink	9		
Coccothraustes coccothraustes	Kernbeißer	3		

Art		Kollisionsdaten (Stand Okt. 2013)	Meideabstand (Mittelwert)	Weitere Informationen
Passer montanus	Feldsperling	13		
Passer domesticus	Haussperling	3		
Sturnus vulgaris	Star	60	ca. 40 bis 70 m (B) 17)	wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19) unempfindlich gegen störende Wirkungen 3)
Lanius collurio	Neuntöter	16		
Lanius excubitor	Raubwürger	1	500 m 17), 3)	sehr störungsanfällig 3)
Garrulus glandarius	Eichelhäher	5		
Pica pica	Elster	2		
Coloeus monedula	Dohle	1		
Corvus corax	Kolkrabe	19		
Corvus frugilegus	Saatkrähe	4		
Corvus corone	Aaskrähe	25		
Corvus spec.	Krähe spec.	4		wenig empfindlich für Barrierewirkungen 19) Krähen vergleichsweise selten unter den Opfern zu finden 19)

(B) = während der Brutzeit

Quelle: Kollisionsdaten, Dürr, T.

9.7 Anhang: Wirkungsmatrix

Biodiversität

Wirkungstyp			Wind	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse- Holz	Photovoltaik (Freifläche)
Ver- nichtung/ Tod Schädi- gung /	Kollision		<u>negativ</u> Kollision (Vögel, Fledermäuse)			(Vögel :Aussagen uneinheitlich)
	Kontaktschaden (Pflanzenschutzmitte- l)	Schädigung der Arten durch Kontakt mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln				
	Versiegelung (Wege, Standorte Anlage)					Versiegelung (Anlagenstandort) - direkte Vernichtung
	Immissions- belastung	Eintrag von Schadstoffen in Lebensräume wie Boden und Gewässer		<u>negativ</u> direkte Schädigung (entweichendes Gas, Gärreste - Havariefall)		
Lebens- raum- verlust/ - gewinn	Störung	Scheuch- und Meidungswirkung/Lockwirkung Bauwerke, Bewegung, Geräusche der Anlagen	<u>negativ</u> Scheuch- und Meidungswirkung - Lebensraumverlust (Vögel, Fledermäuse)	<u>negativ</u> Scheuch- und Meidungswirkung (Betriebslärm, Verkehr, Geruch) - Lebensraumverlust		
		Gewöhnung	<u>neutral</u> Gewöhnung (Vögel) I: Gewöhnung (Vögel), Brutplatz in Gondel (Turmfalke)			<u>neutral</u> Lockwirkung (Erwärmung der Module) (Insekten)
		Einsatz schwerer Maschinen/ Nutzungs- und Überrollhäufigkeit		<u>negativ</u> Störung (Zeitpunkt und Häufigkeit des Maschineneinsatzes) – Lebensraumverlust		
	Veränderung des Flächenzustandes	Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Inkulturnahme, Vernichtung Landschaftselemente, Umbruch Grünland)		<u>negativ</u> Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Inkulturnahme, Grünlandumbruch, Konkurrenz zu AUP) - Lebensraumverlust	<u>negativ</u> I: vollständige Nutzung des Restholzes	<u>negativ</u> Verlust naturschutzrelevanter Flächen (Entzug von Habitaten z.B. durch Veränderung Flächenstruktur für Offenlandarten) - Lebensraumverlust

Wirkungstyp			Wind	Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse- Holz	Photovoltaik (Freifläche)
Lebens- raum- verlust/ - gewinn		Intensivierung der Flächennutzung Eutrophierung Intensivierung der Grünlandnutzung Fruchtfolgegestaltung (z.B. Einengung von Fruchtfolgen)		I <u>negativ</u> Intensivierung Flächennutzung (Veränderung Flächen- und Habitateigenschaften) (Nährstoffeintrag, Verengung FF, Änderung Anbauspektrum (Mais, Raps, KUP), Schlagvergrößerung) - Lebensraumverlust	I <u>negativ</u> : vollständige Nutzung des Restholzes	
		Extensivierung der Flächennutzung (Ausdehnung FF, Anbau alter Sorten,..)	<u>positiv</u> I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen	<u>positiv</u> Lebensraumgewinn (Veränderung Flächen- und Habitateigenschaften)(Ausdeh- nung FF, Änderung Anbauspektrum (Raps, KUP) I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen		<u>positiv</u> Gewinn naturschutzrelevanter Flächen (Extensivierung Flächennutzung - Nahrungsquelle, wenig Störungen; Module als Singwarte, Nistplatz, Jagdansitz) - Lebensraumgewinn (Vögel, Groß- und Mittelsäuger, Insekten) I: Bereitstellung von Ausgleichsflächen
Barriere- wirkung/ Zer- schnei- dung von Lebens- räumen		Beeinträchtigung von Lebensräumen durch Verkleinerung, Zersplitterung oder Beseitigung, Beseitigung von „Trittsteinen“ wie Landschaftselementen, Vergrößerung der Schläge ohne Landschaftselemente; horizontale, vertikale Barrieren durch Anlagen	<u>negativ</u> Barrierewirkung/Zerschneidung (u.a. Störung Vogelzug)	<u>negativ</u> Barrierewirkung/Zerschneidung (Wegebau/Anlage, Schlaggröße, Monokulturen)		<u>negativ</u> Barrierewirkung/ Zerschneidung (Wegebau, Einzäunung) (Groß- und Mittelsäuger, Insekten)

Landschaft

		Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Wind	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)
Eigen-art	Natürlichkeit	<u>negativ</u> technischer Einfluss - intensive Landwirtschaft, Anlage I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Einengung der Fruchtfolge - Langeweile in der Landschaft I: Grünlandumbruch - Langeweile in der Landschaft I: Schlagvergrößerung I: Zurückdrängung anderer Produktionsverfahren, exten. Flächen (Ökon. Dominanz der Biogasproduktion)	<u>negativ</u> I: Restholz - "saubere Landschaft" - alles wird genutzt	<u>negativ</u> technischer Einfluss - Anlage Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust) Belastung Erholungseignung I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Zuwegung (auch Knickverschiebungen) TBB: Windkraft im Wald - Ausgleich als Waldfläche, Zunahme von Wald <u>positiv</u> I: Ausgleichsflächen als "neue", natürliche Elemente in der Landschaft	<u>negativ</u> technischer Einfluss - Anlage/Einzäunung Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust) Belastung Erholungseignung I: Verlust Strukturelemente in der Landschaft I: "Momentercheinung" - nur im Moment des Vorbeifahrens sichtbar	<u>negativ</u> I: technischer Einfluss der Anlage - Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit (weite Sichtbarkeit)

		Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Wind	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)
Eigenart	historische Kontinuität	<u>negativ</u> Verlust "alter" Nutzungen (Vereinheitlichung Standorteigenschaften - Intensivierung, Verlust Kulturartenvielfalt, Grünlandumbruch, Verlust naturschutzrelevanter Flächen,...) Auftreten " neuer" Nutzungen (Landschaftsstrukturen) (evtl. KUP, Mais, Raps) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Einengung der Fruchtfolge I: Schlagvergrößerung I: Zurückdrängung anderer Produktionsverfahren, exten. Flächen (Ökon. Dominanz der Biogasproduktion) <u>positiv</u> Chance der Offenhaltung der Landschaft Auftreten " neuer" Nutzungen (Landschaftsstrukturen) (evtl. KUP) Bereicherung "monotoner" Landschaften (evtl. KUP, Mais, Raps)	<u>negativ</u> I: Restholz - "saubere Landschaft" - alles wird genutzt	<u>negativ</u> technischer Einfluss - Anlage I: Schnelligkeit der Veränderungen I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Zuwegung (auch Knickverschiebungen) NF: veränderte Ausrichtung - vertikale, anstatt horizontale Ausrichtung NF: "Zusammenziehen der Landschaft" (positiv und negativ) TBB: Windkraft im Wald - Ausgleich als Waldfläche, Zunahme von Wald	<u>negativ</u> technischer Einfluss - Einzäunung I: Verlust Strukturelemente in der Landschaft I: "Momentercheinung" - nur im Moment des Vorbeifahrens sichtbar	<u>negativ</u> I: technischer Einfluss der Anlage - Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit (weite Sichtbarkeit)

		Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Wind	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)
Eigenart	Vielfalt	<u>negativ</u> Vereinheitlichung von Standorteigenschaften und Nutzungen (Vereinheitlichung Standorteigenschaften - Intensivierung, Verlust Kulturartenvielfalt, Grünlandumbruch, Verlust naturschutzrelevanter Flächen,...) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Einengung der Furchtfolge - Langeweile in der Landschaft I: Grünlandumbruch I: Schlagvergrößerung I: Zurückdrängung anderer Produktionsverfahren, exten. Flächen (Ökon. Dominanz der Biogasproduktion) <u>positiv</u> Vergrößerung der Kulturartenzahl (Anbau "neuer" Energiepflanzen) (Zunahme unterschiedlicher Wuchsformen/ Blühaspekte, Gewinn Lebensraum,...) Auftreten " neuer" Nutzungen (Landschaftsstrukturen) (evtl. KUP) Bereicherung "monotoner" Landschaften (evtl. KUP, Mais, Raps)	<u>negativ</u> I: Restholz - "saubere Landschaft" - alles wird genutzt	<u>negativ</u> I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen TBB: Windkraft im Wald - Ausgleich als Waldfläche, Zunahme von Wald <u>positiv</u> I: Ausgleichsflächen als "neue", natürliche Elemente in der Landschaft I: ästhetische Elemente		
Freiheit von Beeinträchtigung	störende Objekte	<u>negativ</u> Beeinträchtigungen Sichtbeziehungen und Sichtachsen (Auftreten hoher Landschaftsstrukturen) (KUP, Mais, Anlage) Dominanz Belastung Erholungseignung (Verschlechterung Zuwege durch Holztransport) (Waldholz, Anlage) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Verkehr		<u>negativ</u> technischer Einfluss - Anlage Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust) I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen	<u>negativ</u> technischer Einfluss - Anlage, Einzäunung Barrierewirkung Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Anlage (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust) geringe Konflikte bei bereits versiegelten Flächen in baulichem Umfeld mit technischer Prägung 30)	-

		Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Wind	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)
Freiheit von Beeinträchtigung	störende Geräusche	<u>negativ</u> I: Verkehr		<u>negativ</u> Geräusche, Verlärmung der Landschaft		
	störende Gerüche	<u>negativ</u> I: störende Gerüche				
	Versiegelung	<u>negativ</u> Versiegelung (Anlage)		<u>negativ</u> Versiegelung (Anlage)	<u>negativ</u> Versiegelung (Anlage) geringe Konflikte bei bereits versiegelten Flächen in baulichem Umfeld mit technischer Prägung 30)	-
	visuelle Störung	<u>negativ</u> I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen I: Ernte bei Flutlicht		<u>negativ</u> Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft (weite Sichtbarkeit, Maßstabsverlust, Befeuerung, Reflexion) Belastung Erholungseignung I: Dominanz der Anlagen gegenüber natürlichen Elementen	<u>negativ</u> Störung der visuellen Wahrnehmbarkeit der Landschaft (Reflexe, Farbgebung, Beleuchtung, weite Sichtbarkeit) Belastung Erholungseignung	-

		Energiepflanzenanbau (Biogaserzeugung, vorwiegend Maisanbau)	Biomasse-Holz	Wind	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)
	störende Bewegung			<u>negativ</u> Bewegung in der Landschaft (Rotorbewegung, Schattenwurf) Belastung Erholungseignung KUMULATIV Problem der optischen Verschmelzung von Einzelanlagen zu einer großen, kompakt erscheinenden Ansammlung insbes. in Regionen mit flachem Relief		
	sonstige Störungen			<u>negativ</u> Infraschall Eiswurf)		

Boden

	Energiepflanzenanbau (Biogas, vorwiegend Mais)	Photovoltaik (Freifläche)	Wind
Versiegelung	durch Anlage	Modulständigung Stromerzeugung: 35 kWg/qm, 1-2 kWh /qm <2% bei Reihenaufstellung; <5% bei nachgeführten Auflagen	Mastfuß-Fundamente, Zuweg Störungen beim Aufbau 50 kWh/qm im Windpark, 3.000 kWh/qm in Bezug auf die Mastfüße
Verdichtung	Anlage allgemein: Anbau Biomasse KUP: sehr geringes Gefährdungspotential Mais: mittleres Gefährdungspotential Raps geringes Gefährdungspotential	Zufahrtswege	
Flächenumwandlung	Inkulturnahme naturschutzrelevanter Flächen Grünlandumbruch - Filter-, Puffer-, Transformator-; Grundwasserschutzfunktion	Inkulturnahme naturschutzrelevanter Flächen I: Flächenverbrauch guter Böden	

	Energiepflanzenanbau (Biogas, vorwiegend Mais)	Photovoltaik (Freifläche)	Wind
Beschattung		Module - Reduzierung Niederschlagswasser, oberflächliche Austrocknung Wasserspeicher- und Retentions-, damit auch Abflussregulationsfunktion	
Erosion allgemein	allgemein: Anbau Biomasse KUP: sehr geringes Gefährdungspotential Mais: hohes Gefährdungspotential, da Reihenpflanzung mit weiten Abständen, später Aussaat und später Bodenbedeckung Raps: geringes bis mittleres Gefährdungspotential	Erosion durch von Modulkanten abfließendes Wasser	
Humusverlust	allgemein: Anbau Biomasse KUP: positive Wirkung auf Humusbilanz Raps: positive Wirkung auf Humusbilanz		
Eutrophierung	allgemein: Nährstoffeintrag Zunahme wirksamer Kulturen innerhalb Fruchtfolge (insb. Mais) Intensivierung Grünlandnutzung durch häufigere Mahd und stärkere Düngung KUP: sehr geringes Gefährdungspotential Mais: hohes Gefährdungspotential Raps: mittleres Gefährdungspotential		
Stoffliche Emissionen/ Immissionen	allgemein: Nährstoffeintrag Versalzung von Böden Versauerung 10g SO ₂ -Äquivalent Waldrestholz: Nährstoffmangel durch Restholznutzung - Regulationsfunktion im Stoffkreislauf KUP: PSM - sehr geringes Gefährdungspotential, Versauerung von Böden Mais: PSM - mittlere Belastung mit PSM, Versauerung von Böden Raps: PSM - hohe Belastung, Versauerung von Böden		

Klima/Luft

		Energiepflanzenanbau (Biogas, vorwiegend Mais)	Wind	Photovoltaik (Freifläche)
Klimaveränderungen	Mikroklima			Beeinflussung des lokalen Mikroklimas - Erwärmung des Nahbereichs, aufsteigende Warmluft
	Klimaschutzfunktion	THG-Bilanzen können negativ ausfallen, wenn Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand umgewandelt werden		
Emissionen		stoffliche Emissionen I: Stickstoffemissionen I: Geruchsemissionen		
elektrische Felder				
Infraschall			abh. von Nabenhöhe, Leistung, Anzahl Anlagen	
Lärm --> Mensch		I: Verkehrs- Betriebslärm	abh. von Nabenhöhe, Leistung, Anzahl Anlagen, sonstige Geräusche	
Lärm --> Tier		I: Verkehrs- Betriebslärm		

Wasser

	Energiepflanzenanbau (Biogas, vorwiegend Mais)	Photovoltaik-Freifläche
Wasserdargebotsfunktion, Grundwasserneubildungsfunktion	Absenkung Grundwasserspiegel bei Bewässerung Zunahme von Kulturen mit hoher Biomasseproduktion und großem Wasserbedarf	
Wasserabfluss	-	teils Verhinderung Abfluss durch Versiegelung
stoffliche Belastung	<u>allgemein</u> Eintrag von Nitrat und Phosphat in Gewässer I: Einleitung von Silagesickerwasser <u>Mais</u> Eintrag von Nitrat und Phosphat in Gewässer (Stickstoffüberschuss, Humusabbau, Auswaschung)	
Wasserhaushalt allgemein	<u>allgemein</u> Veränderung des Wasserhaushalts Wasserverbrauch bei Umwandlung von Biomasse in flüssige Brennstoffe (z.B pro Liter Bioethanol werden ca. 10 l Wasser benötigt)	Veränderung abiotischer Standortfaktoren