

Potenziale und naturschutzfachliche Wirkungen von Photovoltaik- Freiflächenanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Moorböden

Dietmar Mehl, Janette Iwanowski, Timo Zeimet,
Bodo Degen, Conny Mehl, Anne Breznikar,
Sabine Schlacke, Eva Linde, David Plattner und
Georgia Erdmann

BfN-Schriften

784

2026





Bundesamt für
Naturschutz

Potenziale und naturschutzfachliche Wirkungen von Photovoltaik- Freiflächenanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Moorböden

Dietmar Mehl
Janette Iwanowski
Timo Zeimet
Bodo Degen
Conny Mehl
Anne Breznikar
Sabine Schlacke
Eva Linde
David Plattner
Georgia Erdmann

Impressum

Titelbild: Photovoltaik-Anlage mit Wiedervernässung in Lottorf (Foto: Jeremias Kempt)

Adressen der Autorinnen und der Autoren:

Dr. Dr. Dietmar Mehl	biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH Nebelring 15, 18246 Bützow E-Mail: dietmar.mehl@institut-biota.de
Janette Iwanowski	janette.iwanowski@institut-biota.de
Timo Zeimet	timo.zeimet@institut-biota.de
Bodo Degen	bodo.degen@institut-biota.de
Conny Mehl	conny.mehl@institut-biota.de
Dr. Anne Breznikar	anne.breznikar@institut-biota.de
Prof. Dr. Sabine Schlacke	Universität Greifswald, Institut für Energie-, Umwelt- und Seerecht (IfEUS) Ernst-Lohmeyer-Platz 1, 17489 Greifswald E-Mail: sabine.schlacke@uni-greifswald.de
Eva Linde	eva.linde@uni-greifswald.de
David Plattner	david.plattner@uni-greifswald.de
Dr. Georgia Erdmann	Bundesamt für Naturschutz (BfN) Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und erneuerbare Energien“ Alte Messe 6, 04103 Leipzig E-Mail: georgia.erdmann@bfm.de

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Georgia Erdmann Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und erneuerbare Energien“

Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) (FKZ:3522NK0700).

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

BfN-Schriften sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter www.bfn.de/publikationen 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.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (creativecommons.org/licenses).

ISBN 978-3-89624-548-9

DOI 10.19217/skr784

Bonn 2026

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	11
Abstract	14
1 Einleitung	17
1.1 Hintergrund	17
1.2 Zielstellung	21
2 Ausschlussflächen und Flächen mit auf der bundesweiten Ebene nicht erkennbaren Restriktionen (Prüfflächen) für Moor-Photovoltaik- Freiflächenanlagen in Deutschland.....	24
2.1 Grundsätze, Vorgaben und bestehende Fachkulissen oder Kriterien	24
2.1.1 Herausforderungen	24
2.1.2 Erfolgte Abstimmungen	25
2.1.3 Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2023	25
2.1.4 „Eignungsflächen“ für Paludikulturen für einzelne Bundesländer	27
2.2 Umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Flächenkulissen: Gewählte Systematik und genutzte Kriterien.....	28
2.2.1 Überblick	28
2.2.2 Flächenkulisse „Ausschluss“	29
2.2.3 Flächenkulisse „Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit“	37
2.2.4 Flächenkulisse „Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)“	37
2.2.5 Flächenkulisse „Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)“	37
2.2.6 Fallbeispiel Mecklenburg-Vorpommern: weitere, bundeslandspezifische Ausschlusskriterien	42
2.3 Datengrundlagen und -verfügbarkeit	44
2.3.1 Auswahl und Beschaffung der Datengrundlagen	44
2.3.2 Datenverfügbarkeit	45
2.3.3 Anwendungsgrenzen.....	53
2.4 Werkzeuge und Methoden der Datenaufbereitung und -verarbeitung.....	53
2.4.1 Grundlagen und Vorgehensweise	53
2.4.2 Datenaufbereitung	54
2.4.3 Datenverarbeitung und -aggregation	56
2.4.4 Splitterflächenbereinigung.....	56
2.4.5 Topologieprüfung.....	56
2.5 Karten und Auswertungen	57
2.5.1 Hinweise zu den Darstellungen und Auswertungen	57

2.5.2	Bundesweite Flächenkulissen	57
2.5.3	Flächenkulissen der Bundesländer	59
2.6	Aussagekraft der Ergebnisse, Einschränkungen, weitere Prüfbedarfe.....	84
3	Umwelterhebliche Anforderungen und Wirkungen von Moor-PV-Anlagen	86
3.1	Einführung.....	86
3.2	Technische Erfordernisse und Möglichkeiten bei Moor-PV-Anlagen.....	88
3.2.1	Photovoltaik-Anlagen und Begleitmaßnahmen.....	88
3.2.2	Maßnahmen zur Wiedervernässung.....	91
3.3	Literatur- und Informationsrecherche/-analyse.....	93
3.3.1	Zielstellung	93
3.3.2	Methodik.....	93
3.3.3	Ergebnisüberblick, Metadaten-Analyse.....	94
3.4	Ökologische und naturschutzfachliche Anforderungen	96
3.4.1	Grundlagen.....	96
3.4.2	Prognose für Lebensgemeinschaften wiedervernässter Moore mit Photovoltaikanlagen (Moor-PV-Anlagen).....	101
3.4.3	Belange von Naturschutz und Landschaftspflege in der Umsetzungspraxis	113
3.4.4	Bewertung der Anforderungen und Wirkungen nach Moortypen und regionalen Ausprägungen	114
3.5	Kenntnisstand und vorläufige Schlussfolgerungen zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen.....	122
3.5.1	Überblick	122
3.5.2	Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung	127
3.5.3	Veränderung des Wärmehaushalts, Abschirmung gegenüber vertikalen und horizontalen Luftströmungen, Veränderung des Wasserhaushalts	130
3.5.4	Bodenerosion (Abflusszonen der PV-Module) und ggf. schlechtere Wasserversorgung im Niederschlagsschatten	135
3.5.5	Bodenmechanische, ggf. hydrogeologische Veränderungen	136
3.5.6	Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren, ggf. optische Vergrämung für Flugorganismen	137
3.5.7	Störungen und Wirkungen infolge von Abschirmungen und Barrieren	139
3.5.8	Veränderungen von Stoffflüssen, Nährstoffeintrag in Boden und Gewässer (Grundwasser, Oberflächengewässer).....	141
3.5.9	Einflüsse auf Nahrungsketten, Veränderung von Nahrungs-/Rasthabitaten	143
3.5.10	Schadstoffabgabe, Gefährdung durch Havarien.....	145
3.5.11	Bau-(Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen.....	148

3.5.12	Störungen und Wirkungen durch Anlagenunterhaltung und Bewirtschaftung von Paludikulturen	149
3.5.13	Störungen/Wirkungen durch Anlagenbegleitelemente	151
3.5.14	Veränderungen des Landschaftsbildes; Auswirkungen auf die Erholungseignung.....	153
3.6	Fazit: Deutliche Defizite im Kenntnisstand zu den naturschutz- und umweltfachlichen Auswirkungen.....	155
3.6.1	Grundsätzlicher Forschungsbedarf	155
3.6.2	Wichtiger Beurteilungsbedarf aus der Perspektive von umweltfachlichen Genehmigungsverfahren – Empfehlungen	157
3.7	Landwirtschaftliche Anforderungen (Paludikulturen)	158
3.7.1	Einführung.....	158
3.7.2	Empfohlene/notwendige Managementmaßnahmen.....	160
3.8	Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung	169
3.8.1	Gesetzliche Vorgaben und Empfehlungen Dritter	169
3.8.2	Empfehlungen zur Vermeidung und Konfliktminderung	171
4	Untersuchungskonzept zur Ermittlung der Auswirkungen auf die ökologische Qualität relevanter Standorte	187
4.1	Zielstellung, Untersuchungsvarianten und Aufbau	187
4.2	Berücksichtigung von Ausgangs-/Rahmenbedingungen	189
4.2.1	Erfordernis.....	189
4.2.2	Typologische und geographische Aspekte.....	189
4.3	Untersuchungsschwerpunkte/-fragestellungen und hierfür geeignete Untersuchungsparameter	191
4.4	Ermittlung der Auswirkungen auf die abiotischen Verhältnisse	194
4.4.1	Erläuterung.....	194
4.4.2	Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und Wärmehaushalt.....	195
4.4.3	Luftaustauschverhältnisse.....	198
4.4.4	Boden-/moorkundliche Verhältnisse	200
4.4.5	Moorhydrologische Verhältnisse/Wasserhaushalt.....	212
4.4.6	Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe, Schadstoffe)	216
4.4.7	Treibhausgasfreisetzung	218
4.5	Ermittlung der Auswirkungen auf Arten und Lebensräume	222
4.5.1	Erläuterung.....	222
4.5.2	Biotope/Biotoptypen	222

4.5.3	Pflanzengesellschaften	224
4.5.4	Libellen	225
4.5.5	Schmetterlinge	228
4.5.6	Käfer (Wasserkäfer, Laufkäfer)	235
4.5.7	Landmollusken	239
4.5.8	Vögel.....	241
4.5.9	Fledermäuse.....	248
4.5.10	Amphibien	251
4.6	Ermittlung der Auswirkungen auf das Landschaftsbild	253
4.6.1	Erläuterung.....	253
4.6.2	Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung.....	254
4.6.3	Schönheit und Akzeptanz.....	256
4.7	Vorschlag einer Methodik zur zusammenfassenden Bewertung der moorökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen von Moor-PV- Anlagen.....	258
4.7.1	Zielstellung	258
4.7.2	Methodik	259
4.8	Bundesweit bereits vorhandene oder geplante Moor-PV-Anlagen	262
4.9	Potenzielle Flächen bzw. Standorte für wissenschaftliche Untersuchungen an Moor-PV-Anlagen.....	263
5	Umsetzungsmöglichkeiten der naturverträglichen Ausgestaltung von Moor- PV-Anlagen auf rechtlicher und planerischer Ebene.....	269
5.1	Überblick	269
5.2	Nutzungskonkurrenz und Mehrgewinne durch Mehrfachnutzung von Flächen....	269
5.2.1	Herausforderung Flächenbedarf und Nutzungskonkurrenzen	269
5.2.2	Unionsrechtliche Anknüpfungspunkte für die Regelung der Mehrfachnutzung von Flächen	271
5.2.3	Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen	272
5.3	Aktuelle Rechtslage	273
5.3.1	Überblick	273
5.3.2	Rechtliche Anforderungen an die Wiedervernässung	273
5.3.3	Rechtliche Anforderungen an die Errichtung von PV-Anlagen	292
5.3.4	Wechselwirkungen zwischen Wiedervernässung und Moor-PV	314
5.3.5	Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen	320
5.4	Rechtspolitische Möglichkeiten der Förderung, Steuerung und Regelung von Moor-PV	321

5.4.1	Überblick	321
5.4.2	Rechtliche Möglichkeiten der Steuerung und Regelung von Moor-PV	322
5.4.3	Unionsrechtliche Vorgaben zur erleichterten Umsetzung von EE-Anlagen	328
5.4.4	Über unionsrechtliche Vorgaben hinausgehende Möglichkeiten zur Erleichterung von Moor-PV.....	330
5.4.5	Möglichkeiten der Vereinfachung von Wiedervernässungsvorhaben	332
5.4.6	Vertragliche Möglichkeiten der Steuerung von Moor-PV	335
5.4.7	Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen	337
5.5	Vollzugsinstrumente im Rahmen des Bundes- und Landesrechts, insbesondere mit Blick auf Beseitigung von Nichtbefolgung und Monitoringmaßnahmen	338
5.5.1	Gesetzliche Regelung	338
5.5.2	Bauleitplanung	339
5.5.3	Zulassungsebene	339
5.5.4	Naturschutzrecht.....	341
5.5.5	Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen	343
6	Ansätze zum regionalen sozioökonomischen Interessenausgleich im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen.....	345
6.1	Einführung.....	345
6.2	Partizipative Ansätze	347
6.3	Regionalentwicklungsstrategien in Richtung Energieautarkie	349
6.4	Unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Gemeinden und der Bürger.....	350
6.4.1	Finanzielle Beteiligung der Gemeinden an den Erträgen von Freiflächen-Solaranlagen (EEG-Vorgaben)	350
6.4.2	Unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Bürger (Umsetzungsmöglichkeiten)	351
6.4.3	Rechtliche Regelungen zur finanziellen Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Gemeinden in den Bundesländern	355
6.5	Eigentumsverfügbarkeit sichernde Ansätze	357
6.5.1	Flächenankauf	357
6.5.2	Entschädigungen, Grunddienstbarkeiten, beschränkte persönliche Dienstbarkeiten.....	357
6.5.3	Einsatz von Instrumentarien der Flurneuordnung.....	358
6.6	Ökonomische Steuerungs- bzw. marktbasierte Instrumente	359
6.6.1	Ökonomische/betriebswirtschaftliche Anreize gemäß EEG 2023	359

6.6.2	Ausgleichsmaßnahmen oder Ersatzzahlungen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung	361
6.6.3	Vergütung von Ökosystemleistungen, Einsatz von Ökowertpapieren, freiwilligen Anreizsystemen, Klimazertifikaten o. ä.....	362
6.6.4	Förderung des Anbaues von Paludikulturen.....	363
6.6.5	Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)	363
6.6.6	Weitere Finanz-/Fördermittel zur Renaturierung von Mooren (verschiedene potenzielle Finanzierungsquellen und Ziele/Fördertatbestände)	364
6.7	Moor-PV als Teillösung/ökonomischer Anreiz in größeren Moorschutzzvorhaben	365
6.8	Entscheidungshilfe zur Auswahl zielführender Ansätze	366
7	Zusammenfassende Handlungsempfehlungen und wichtigster Forschungsbedarf für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen	369
7.1	Grundsätze	369
7.2	Rechtliche und planerische Ebene	369
7.2.1	Mehrfachnutzung von Flächen	369
7.2.2	Gesetzliche Regelungen zur Zulässigkeit von Moor-PV	370
7.2.3	Räumliche Steuerung von Moor-PV.....	372
7.2.4	Möglichkeiten der Vereinfachung der Moorwiedervernässung.....	372
7.2.5	Information, Kooperation zwischen Behörden.....	375
7.2.6	Weiterer Regelungsbedarf	376
7.3	Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen.....	378
7.3.1	Überblick	378
7.3.2	Umfassende Wirkungsermittlung und ökologische Beurteilung	378
7.3.3	Berücksichtigung landschafts- und moortypischer Faktoren	378
7.3.4	Berücksichtigung von Bodenschutz und Stoffhaushalt.....	378
7.3.5	Bewertung von Synergien von Wiedervernässung und Erneuerbarer Energie („Mehrfachnutzen“)	379
7.3.6	(Potenzielle) Effekte der verschiedenen Moor-PV-Lösungen, der Moor-Wiedervernässung und der Bewirtschaftungsformen auf die Treibhausgasbilanzen.....	379
7.3.7	Material- und Technologieforschung.....	380
7.3.8	Notwendigkeit fundierter empirischer Datenerhebung.....	380
7.3.9	Forschungsseitige Berücksichtigung von Paludikultur als Nutzungsoption bei Moor-PV-Anlagen.....	381

7.3.10	Ausrichten der Forschung auf praktische, insbesondere umwelt-/naturschutzfachliche und -rechtliche Relevanz im Rahmen von Genehmigungsverfahren	381
7.3.11	Forschung für bessere Kompensation und ökologische verträglichere technische Gestaltung.....	382
7.4	Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung	382
7.5	Sozioökonomischer Interessenausgleich	382
7.5.1	Überblick	382
7.5.2	Verbot von PV-Anlagen auf entwässertem Moorboden und Verbesserung des finanziellen Anreizes nach dem EEG 2023	383
7.5.3	Stärkere Nutzung partizipativer Ansätze, auch bei der Umsetzung von Moor-PV-Anlagen	383
7.5.4	Verstetigung, weitere Förderung der unternehmerischen bzw. finanziellen Beteiligung der Gemeinden und/oder der Bürger.....	384
7.5.5	Verbesserter Einsatz weiterer ökonomischer Steuerungs- bzw. marktbasierter Instrumente.....	384
7.5.6	Etablierung sozioökonomischer Begleitforschung.....	384
7.6	Zusammenstellung der wichtigsten Aspekte	386
	Literaturverzeichnis	392
	Abbildungsverzeichnis	426
	Tabellenverzeichnis	428
	Abkürzungsverzeichnis.....	436
A	Anhang.....	439
A.1	Relevante FFH-Lebensraumtypen (LRT) der Moore für Deutschland.....	439
A.2	Beschluss durch den Landtag Mecklenburg-Vorpommern (2024): „Klima- und Naturschutz gemeinsam denken – Photovoltaikanlagen auf Moorflächen zulassen“	439
A.3	Bundeslandspezifische Aufschlüsselung der Datenverfügbarkeiten für die Kriterien zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV 441	
A.4	Verwendete Datensätze.....	444
A.5	Übersicht der verwendeten Literaturquellen zur Einordnung des aktuellen Kenntnisstandes und vorläufigen Schlussfolgerungen zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 3.5)	488
A.6	Bei Freiflächen-PV-Anlagen gängige oder vor dem Hintergrund von Moor-PV-Anlagen einsetzbare Stoffe/Materialien	503

A.7	Standortanforderungen ausgewählter Paludikulturarten im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen	506

Zusammenfassung

Die Bedeutung des Moorschutzes ergibt sich aus bodenkundlichen, naturschutzfachlichen und gewässerschutzrechtlichen Gründen sowie insbesondere aus seiner zentralen Funktion für den Klimaschutz. Entwässerte Moore sind in Deutschland – trotz ihres geringen Flächenanteils von rund fünf Prozent – die größte Emissionsquelle im LULUCF-Sektor (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft). Sie sind zu über 95 % trockengelegt und verursachen einen erheblichen Anteil der nationalen Treibhausgasemissionen, da über 70 % der Moorböden landwirtschaftlich genutzt werden. Das Klimaschutzgesetz (KSG) verpflichtet Deutschland, bis 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen und die Emissionen bis 2030 um 65 % gegenüber 1990 zu reduzieren; für den LULUCF-Sektor gilt ein Senkungsziel von 25 Mio. t CO₂-Äquivalent.

Moore sind zudem wertvolle Lebensräume und unterliegen nationalen und europäischen Schutzregelungen (u. a. FFH-Richtlinie, WRRL, Ramsar-Konvention, BNatSchG). Die 2024 in Kraft getretene EU-Wiederherstellungsverordnung (EU) 2024/1991 (WVO) verpflichtet die Mitgliedstaaten zu gestaffelten Wiederherstellungsmaßnahmen, insbesondere zur Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter organischer Böden, bis 2030 auf mindestens 30 % der Flächen. Damit bildet der Moorschutz einen zentralen Baustein europäischer Klima- und Biodiversitätspolitik.

Eine möglichst vollständige Wiedervernässung ist dringend geboten, da nur so Torfabbau und Kohlenstoffverluste bzw. dahingehende Treibhausgasemissionen gestoppt werden können. Auch eine nasse Nutzung landwirtschaftlicher Nutzflächen (Paludikultur) kann Emissionen mindern, ist jedoch bislang ökonomisch kaum tragfähig. Als innovativer Ansatz gilt die Kombination von Wiedervernässung mit Photovoltaik („Moor-PV“). Diese wird seit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2023 (EEG 2023) ausdrücklich gefördert (§§ 37, 48, 85c EEG) und mit erhöhten Vergütungen angereizt. Moor-PV-Anlagen haben insofern das Potenzial, Klimaschutz durch erneuerbare Energieerzeugung mit Moorschutz, CO₂-Sequestrierung sowie Biodiversitäts- und Gewässerschutz zu verbinden. Andererseits ist zu den umwelt- und vor allem naturschutzfachlichen Wirkungen von Moor-PV-Anlagen kaum etwas bekannt. Es bestehen erhebliche Wissenslücken zu den ökologischen, planerischen und rechtlichen Implikationen solcher Anlagen. Insbesondere fehlt eine übergreifende raumplanerische Steuerung, die Nutzungskonflikte vermeidet und Mehrgewinnstrategien aus Wiedervernässung und Energieerzeugung integriert. Eine Weiterentwicklung des Rechtsrahmens und eine konsequentere Nutzung bestehender Steuerungsmöglichkeiten sind erforderlich, um diese Potenziale systematisch zu erschließen.

Hier setzen die nachstehenden Analysen und Ausarbeitungen an, die das Ergebnis des Forschungsvorhabens „Potenziale und naturschutzfachliche Wirkungen von Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Moorböden“ im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (Förderkennzeichen 3522NK0700) darstellen. Zielstellung des Vorhabens war folglich die Schaffung von Grundlagen zur naturschutzfachlichen Bewertung von Moor-PV-Anlagen und zur Ausgestaltung des Ausbaus von Moor-PV im Sinne des Natur- und Klimaschutzes unter Berücksichtigung landwirtschaftlicher, technischer, rechtlicher und sozio-ökonomischer Anforderungen.

Die im Bericht behandelten Themen sind vor diesem Hintergrund:

- Hintergrund und Zielstellung des Vorhabens (Kapitel 1)

- Bundesweite Flächenanalyse: GIS-gestützte Ableitung auf der Basis eines Kriterienkatalogs und geeigneter Datengrundlagen von umwelt-/naturschutzfachlich begründeten Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland (Kapitel 2)
- Analyse und vorläufige Bewertung umwelterheblicher Anforderungen und Wirkungen von Moor-PV-Anlagen (Kapitel 3)
- Ableitung von Hinweisen und (vorläufigen) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung (Kapitel 3)
- Erstellung eines Untersuchungskonzepts zur Ermittlung der Auswirkungen auf die ökologische Qualität relevanter Standorte (Kapitel 4)
- Analyse und Darstellung der Umsetzungsmöglichkeiten der naturverträglichen Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen auf rechtlicher und planerischer Ebene, Ableitung rechtspolitischer Empfehlungen (Kapitel 5)
- Analyse und Bewertung der bestehenden Ansätze zum regionalen sozioökonomischen Interessenausgleich im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen (Kapitel 6)
- Ableitung zusammenfassender Handlungsempfehlungen und des wichtigsten Forschungsbedarfs für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen (Kapitel 7)

Im Ergebnis der Analysen und Bewertungen können insbesondere die nachfolgenden Schlüsse gezogen werden. Zu den ökologischen Folgen von Moor-PV-Anlagen besteht ein erhebliches Forschungsdefizit, weil die internationale und nationale Studienlage schwach ist. Bis Juli 2023 konnten nur 132 relevante Arbeiten identifiziert werden. Direkte Forschung an Moor-PV-Anlagen beinhalten nur 30 Veröffentlichungen. Besonders fehlen empirische Erkenntnisse zu abiotischen Prozessen, Lebensräumen, Arten und komplexen ökologischen Wechselwirkungen. Ergebnisse anderer PV-Typen (Floating-, Agri-, Freiflächenanlagen) sind nur eingeschränkt übertragbar.

Für eine fundierte ökologische Bewertung sind daher empirische Untersuchungen nötig, die sowohl die Überbauung durch PV-Anlagen als auch die Wiedervernässung der Moorböden erfassen. Dabei müssen technische, landschaftliche und moortypische Faktoren berücksichtigt werden. Forschung sollte Grundlagen für ökologische Optimierung, Schadstoffvermeidung (Material- und Technologieforschung) und nachhaltige Nutzungskonzepte wie Paludikulturen schaffen. Ziel ist eine Bewertung von Risiken, Chancen und Synergien („Mehrfachnutzen“) zwischen Wiedervernässung und erneuerbaren Energien. Von zentraler Bedeutung ist die Ausrichtung der Forschung auf praxisrelevante naturschutzfachliche und rechtliche Fragen in Genehmigungsverfahren.

Des Weiteren erfordert die rechtliche Steuerung von Moor-PV und Moorwiedervernässung eine engere Verzahnung von Raumordnungs-, Bau- und Naturschutzrecht. Zentrale Herausforderungen bestehen in der Flächenkonkurrenz, fehlenden Verboten für PV auf entwässertem Moor und unklaren Rahmenbedingungen für Wiedervernässung und Mehrfachnutzung. Um Nutzungskonflikte zwischen Energiebereitstellung, Landwirtschaft und Naturschutz zu vermeiden, sollten Potenziale der Mehrfachnutzung gezielt genutzt und rechtlich abgesichert werden, etwa durch eine Pflicht zur Prüfung in § 7 ROG und eine entsprechende Verankerung im BauGB.

Dringend empfohlen wird ein gesetzliches Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trocken-gelegten Mooren ohne gleichzeitige Wiedervernässung sowie die Herausnahme solcher Anlagen aus der Privilegierung des § 2 EEG. Eine bauplanungsrechtliche Privilegierung von Moor-PV sollte nur bei klarer übergeordneter Steuerung erfolgen. Auf Ebene der Raumordnung sind Vorrang- und Vorbehaltsgebiete geeignete Instrumente, um Moor-PV räumlich zu steuern, Wiedervernässung zu sichern und Nutzungskonflikte auszuschließen.

Zur Vereinfachung von Wiedervernässungsvorhaben sollten ein gesetzlicher Vorhabenbegriff geschaffen werden, eine Präzisierung des wasserrechtlichen Unterhaltungsbegriffs erfolgen und der natürliche Klimaschutz als Schutzgut in § 6 WHG aufgenommen werden. Im Naturschutzrecht wäre die Verankerung des Moorschutzes als Schutzgut und die Befreiung von Wiedervernässungsmaßnahmen von Kompensationspflichten sinnvoll. Zudem sollte die Wiedervernässung als im öffentlichen Interesse liegend definiert werden, um Genehmigungsverfahren zu erleichtern. Verfahrensvereinfachungen können durch die Einrichtung einer einheitlichen Ansprechstelle und verbindliche Kooperationspflichten zwischen Behörden erreicht werden. Ergänzend sind Leitfäden und Informationsangebote für Kommunen und andere Akteure erforderlich. Schließlich sollten die Vorgaben der Bundesnetzagentur zu Wasserständen präzisiert, die Qualität hydrologischer Gutachten verbindlich gesichert und die Nachnutzung wiedervernässter Moorflächen als Paludikultur rechtlich festgeschrieben werden, um eine erneute Entwässerung auszuschließen.

Auch die bestehenden Instrumente für einen gerechten sozioökonomischen Interessenausgleich reichen nicht aus. Das EEG 2023 bietet keine ausreichenden Anreize für Moor-PV und erlaubt weiterhin Anlagen auf entwässertem Moorboden, was Wiedervernässung konterkariert. Ein Verbot solcher Vorhaben ist notwendig. Ggf. sind darüber hinaus verstärkte EEG-Anreize erforderlich; das wäre zu prüfen. Zudem profitieren derzeit nur Flächeneigentümer innerhalb der PV-Anlage finanziell, während Wiedervernässung über hydrologische Grenzen hinauswirkt und weiteren Ausgleichsbedarf erzeugt. Erfolgreicher Moorschutz erfordert daher die Einbindung lokaler Akteure und partizipative Ansätze, etwa über energieautarke Regionen oder Bürgerbeteiligung nach § 22b Abs. 6 EEG 2023. Verbindliche Länderregelungen sollten Akzeptanz und Teilhabe sichern.

Da klassische Moorschutzprogramme bisher nicht greifen, sind neue Förderinstrumente nötig, die Wiedervernässung und Moor-PV im Sinne der Nationalen Moorschutzstrategie zu verbinden. Grundsätzlich ließe sich auch eine ökonomisch attraktive Honorierung von Ökosystemleistungen sowohl durch öffentliche als auch durch private Finanzierung oder in Mischformen realisieren. Auch Klima- und Biodiversitätszertifikate können freiwillig oder verpflichtend ausgestaltet werden. Problematisch ist jedoch, dass es bislang an einer klaren staatlichen Steuerung fehlt. Weder bestehen ausreichende rechtliche noch konzeptionelle Grundlagen, die verbindliche Märkte verlässlich regeln oder den freiwilligen Markt mit größerer fachlicher und rechtlicher Sicherheit versehen würden. Parallel braucht es Forschung zu Akzeptanz, ökonomischen Effekten und Umsetzungsperspektiven und dies eng verknüpft mit natur- und technikwissenschaftlichen Untersuchungen.

Das Forschungsvorhaben wurde durch zahlreiche Fachleute aus Bundes- und Landesverwaltungen, aus öffentlichen Forschungseinrichtungen sowie aus Verbänden und Vereinen fachlich unterstützt. Viele engagierten sich zudem in einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe. Diese Mitwirkung verdient große Anerkennung, aufrichtigen Dank und hat entscheidend zum Erfolg des Projekts beigetragen.

Abstract

The importance of peatland conservation stems from soil science, nature conservation and water protection reasons, and in particular from its central role in climate protection. Despite accounting for only around five per cent of Germany's land area, drained peatlands are the largest source of emissions in the LULUCF sector (land use, land use change and forestry). Over 95% of them have been drained and cause a significant proportion of national greenhouse gas emissions, as over 70% of peatland soils are used for agriculture. The Climate Protection Act (KSG) commits Germany to achieving greenhouse gas neutrality by 2045 and reducing emissions by 65% compared to 1990 levels by 2030; for the LULUCF sector, the reduction target is 25 million tonnes of CO₂ equivalent.

Moors are also valuable habitats and are subject to national and European protection regulations (including the FFH Directive, WRRL, Ramsar Convention, BNatSchG). The EU Restoration Regulation (EU) 2024/1991 (WVO), which came into force in 2024, obliges member states to implement phased restoration measures, in particular the rewetting of agricultural organic soils, on at least 30% of the area by 2030. This makes peatland protection a central component of European climate and biodiversity policy.

It is imperative that rewetting be as complete as possible, as this is the only way to stop peat extraction, carbon losses, and the associated greenhouse gas emissions. Wet use of agricultural land (paludiculture) can also reduce emissions, but has so far been economically unviable. An innovative approach is to combine rewetting with photovoltaics ("moor PV"). This has been explicitly promoted since the amendment of the Renewable Energy Sources Act in 2023 (EEG 2023) (§§ 37, 48, 85c EEG) and incentivized with increased remuneration.

In this respect, peatland PV systems have the potential to combine climate protection through renewable energy generation with peatland conservation, CO₂ sequestration, and biodiversity and water protection. On the other hand, little is known about the environmental and, above all, nature conservation effects of peatland PV systems. There are considerable gaps in our knowledge about the ecological, planning, and legal implications of such systems. In particular, there is a lack of comprehensive spatial planning control that avoids conflicts of use and integrates strategies for generating additional benefits from rewetting and energy production. Further development of the legal framework and more consistent use of existing control options are necessary in order to systematically exploit this potential.

This is where the following analyses and elaborations come in, which represent the results of the research project "Potential and nature conservation impacts of open-space photovoltaic systems on agriculturally used peatland" commissioned by the Federal Agency for Nature Conservation (funding code 3522NK0700). The aim of the project was therefore to create a basis for the nature conservation assessment of moor PV systems and for the design of moor PV expansion in the interests of nature and climate protection, taking into account agricultural, technical, legal, and socio-economic requirements.

Against this background, the topics covered in the report are:

- Background and objectives of the project (Chapter 1)
- Nationwide land analysis: GIS-supported derivation based on a catalog of criteria and suitable data sources of areas excluded for environmental/nature conservation reasons and areas with restrictions not recognizable at the nationwide level for open-space peatland photovoltaic systems in Germany (Chapter 2)
- Analysis and preliminary assessment of environmentally relevant requirements and effects of peatland PV systems (Chapter 3)
- Derivation of recommendations and (preliminary) requirements for avoidance and conflict mitigation (Chapter 3)
- Development of a study concept to determine the effects on the ecological quality of relevant sites (Chapter 4)
- Analysis and presentation of the implementation options for the nature-compatible design of peatland PV systems at the legal and planning level, derivation of legal policy recommendations (Chapter 5)
- Analysis and evaluation of existing approaches to regional socio-economic balancing of interests in connection with peatland PV systems (Chapter 6)
- Derivation of summary recommendations for action and the most important research needs for the assessment and design of peatland PV systems (Chapter 7)

The following conclusions can be drawn from the analyses and evaluations. There is a considerable lack of research on the ecological consequences of peatland PV systems because international and national studies are scarce. By July 2023, only 132 relevant studies had been identified. Direct research on peatland PV systems comprises only 30 publications. There is a particular lack of empirical findings on abiotic processes, habitats, species and complex ecological interactions. The results of other PV types (floating, agri, open-space systems) are only transferable to a limited extent.

Empirical studies that include both PV construction and the rewetting of peatland soils are therefore necessary for a sound ecological assessment. Technical, landscape and peatland-specific factors must be taken into account. Research should lay the foundations for ecological optimisation, pollutant avoidance (materials and technology research) and sustainable utilisation concepts such as paludiculture. The aim is to assess the risks, opportunities and synergies ("multiple benefits") between rewetting and renewable energies. It is of central importance that research focuses on practical nature conservation and legal issues in approval procedures.

Furthermore, the legal regulation of peatland PV and peatland rewetting requires closer integration of spatial planning, construction and nature conservation law. Key challenges include competition for land, the lack of bans on PV on drained peatlands and unclear framework conditions for rewetting and multiple use. In order to avoid conflicts of use between energy supply, agriculture and nature conservation, the potential for multiple use should be exploited in a targeted manner and legally secured, for example through an obligation to review in Section 7 of the Regional Planning Act (ROG) and a corresponding provision in the Building Code (BauGB).

A legal ban on the construction of PV systems on drained moors without simultaneous rewetting and the removal of such systems from the privileges of Section 2 EEG are urgently recommended. Peatland PV should only be privileged under public planning law if there are control mechanisms at a higher level. At the regional planning level, priority and reserve areas are suitable instruments for spatially controlling peatland PV, ensuring rewetting, and ruling out conflicts of use.

To simplify rewetting projects, a legal definition of what constitutes a “project” should be established, the term “maintenance” in water law should be clarified, and natural climate protection should be included as a protection goal in Section 6 of the Federal Water Act (WHG). In nature conservation law, it would make sense to establish moorland protection as a protected resource and to exempt rewetting measures from compensation obligations. In addition, rewetting should be defined to be in the public interest in order to facilitate approval procedures.

Procedural simplifications can be achieved by establishing a single point of contact and binding cooperation obligations between authorities. In addition, guidelines and information for local authorities and other actors are required. Finally, the Federal Network Agency's specifications on water levels should be clarified, the quality of hydrological reports should be guaranteed, and the reuse of rewetted peatland areas as paludiculture should be legally enshrined in order to prevent renewed drainage.

The existing instruments for a fair socio-economic balance of interests are also insufficient. The EEG 2023 does not offer sufficient incentives for peatland PV and continues to allow installations on drained peatland, which counteracts rewetting. Such projects must be banned. Increased EEG incentives may also be necessary; this should be examined. Furthermore, only landowners within the PV plant currently benefit financially, while rewetting has an impact beyond hydrological boundaries and creates further compensation requirements. Successful peatland protection therefore requires the involvement of local stakeholders and participatory approaches, for example through energy-self-sufficient regions or citizen participation in accordance with Section 22b (6) of the EEG 2023. Binding state regulations should ensure acceptance and participation.

Since traditional peatland protection programs have not been effective so far, new funding instruments are needed that combine rewetting and peatland PV in line with the National Peatland Protection Strategy. In principle, economically attractive remuneration for ecosystem services could also be achieved through public and private financing or a combination of both. Climate and biodiversity certificates can also be designed to be voluntary or mandatory. However, the problem is that there has been a lack of clear government guidance to date. There is neither a sufficient legal nor conceptual basis to reliably regulate binding markets or to provide the voluntary market with greater technical and legal certainty. At the same time, research is needed on acceptance, economic effects, and implementation prospects, closely linked to scientific and technical studies.

The research project was supported by numerous experts from federal and state administrations, public research institutions, and associations and societies. Many of them were also involved in a project-accompanying working group. This participation deserves great recognition and sincere thanks and has contributed significantly to the success of the project.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Notwendigkeit eines umfassenden Moorschutzes ist boden-/moorkundlich, naturschutzfachlich sowie aus Sicht des Gewässerschutzes unbestritten. Besonders relevant ist zunächst die immense Funktion für den Klimaschutz (IPCC 2021, 2023). Bedeutsam ist das für Klimaschutz und -anpassung geschlossene, internationale Übereinkommen von Paris aus dem Jahr 2015, das die Vertragsstaaten in die Pflicht nimmt, Temperatur- und Langfristziele zu erreichen. Es hat zu einer neuen EU-Governance für die Errichtung einer europäischen Energie- und Klimaunion 2018 (Governance-Verordnung (EU) 2018/1999) geführt. Das hierauf aufsatelnde Konzept der Europäischen Kommission „Green Deal“ war die Grundlage für das Europäische Klimagesetz (Verordnung (EU) 2021/1119), welches Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 für die Mitgliedstaaten und eine Reduktion von Treibhausgasen von 55 % gegenüber 1990 bis zum Jahr 2030 verbindlich festlegt. Zur Erreichung dieses Reduktionsziels hat die Kommission Mitte 2021 ein sehr umfangreiches, sogenanntes Fit-For-55-Paket vorgeschlagen, das mittlerweile in weiten Teilen verabschiedet ist.

Deutschlandweit werden über 70 % der nationalen Moorbodenflächen landwirtschaftlich genutzt (Grünland 52 %, Ackerland 19 %). Diese Kulissen (5 % der Fläche Deutschlands) sind auch für das Gros der Treibhausgasemissionen aus Moorböden verantwortlich: Sie ist die größte Emissionsquelle im LULUCF-Sektor (UBA 2023). Entwässerte Moore sind z. B. im Land Mecklenburg-Vorpommern die mit Abstand größte Treibhausgasquelle (LM M-V 2017a).

Ziel des deutschen Klimaschutzgesetzes (KSG) ist es daher, „zum Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten“ (§ 1 KSG). Zu diesem Zweck soll Treibhausgasneutralität bis 2045, nach dem Jahr 2050 negative Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) erreicht werden (§ 3 Abs. 2 KSG). Bis 2030 sollen THG-Emissionen um 65 Prozent gegenüber 1990 sinken (§ 3 Abs. 1 KSG). Im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF-Sektor) sollen Treibhausgase bereits bis 2030 auf mindestens minus 25 Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalent reduziert werden (§ 3a Abs. 1 KSG).

Moore als Lebensräume sind durch spezifische Pflanzen- und Tierarten gekennzeichnet und haben eine hohe ökologische Bedeutung. Bestehende naturnahe Moore in Deutschland sind daher im Regelfall international (Ramsar-Konvention zum Schutz von Feuchtgebieten), durch EU- und national naturschutzrechtlich geschützt, insbesondere durch VSchRL, FFH-RL und BNatSchG. Sie unterliegen als vom Wasserhaushalt abhängige Landökosysteme auch dem Schutz der WRRL. Soweit es sich um nicht naturnahe Moore in Schutzgebieten gemäß §§ 23 ff. und § 32 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) handelt, bestehen grundsätzlich naturschutzrechtlich begründete Wiederherstellungs- bzw. Renaturierungsverpflichtungen. Sehr große Bedeutung haben die FFH-Lebensraumtypen, die sich auf Moore beziehen. Diese Lebensraumtypen sind nach der FFH-RL definiert und in Anhang I der Richtlinie aufgeführt (Anhang A.1).

Zudem verabschiedete die Europäische Union im Juli 2024 die Verordnung (EU) 2024/1991 über die Wiederherstellung der Natur („Wiederherstellungsverordnung“, WVO), die das Ziel verfolgt, Maßnahmen einzuführen, mit denen bis 2030 mindestens 20 % der Land- und Meeresgebiete der EU und bis 2050 alle wiederherstellungsbedürftigen Ökosysteme restauriert werden. Mit der Verordnung werden rechtsverbindliche Ziele und spezifische Verpflichtungen

für die Wiederherstellung der Natur in jedem der aufgeführten Ökosysteme für die Mitgliedsstaaten festgelegt. Dies reicht von landwirtschaftlichen Flächen und Wäldern bis hin zu Meeres-, Süßwasser- und städtischen Ökosystemen.

Gemäß Artikel 11 Abs. 4 WVO sind die Mitgliedstaaten explizit zu Wiederherstellungsmaßnahmen im Hinblick auf landwirtschaftlich genutzte organische Böden mit konkreten, nach drei Zeitzielen (2030, 2040 und 2050) gestaffelten Vorgaben verpflichtet, insoweit es sich um trockengelegte Moor-/Torfflächen handelt. So gelten diese Maßnahmen z. B. bereits bis 2030 mindestens für 30 % dieser Flächen, von denen mindestens ein Viertel wiedervernässt werden muss. Hierzu verhält sich insbesondere folgender Erwägungsgrund der WVO.

Erwägungsgrund Nr. 59 der WVO

„Durch die Wiederherstellung und Wiedervernässung landwirtschaftlich (d. h. als Grün- oder Ackerland) genutzter organischer Böden im Sinne der IPCC-Leitlinien für nationale Treibhausgasinventare (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) von 2006, bei denen es sich um entwässerte Moorböden handelt, können wesentliche Vorteile für die biologische Vielfalt erzielt, die Treibhausgasemissionen erheblich verringert, andere Vorteile für die Umwelt erwirkt und gleichzeitig eine vielfältige Agrarlandschaft geschaffen werden. Die Mitgliedstaaten haben die Wahl zwischen verschiedensten Wiederherstellungsmaßnahmen für entwässerte, landwirtschaftlich genutzte Moorböden, die von der Umwandlung von Ackerland in Grünland über Extensivierungsmaßnahmen in Verbindung mit einer reduzierten Entwässerung bis hin zur vollständigen Wiedervernässung mit der Möglichkeit der Nutzung für Paludikulturen oder der Etablierung von Torf bildender Vegetation reichen. Der größte Nutzen für das Klima entsteht durch die Wiederherstellung und Wiedervernässung von Ackerland, gefolgt von der Wiederherstellung intensiv bewirtschafteten Grünlands. Im Interesse einer flexiblen Umsetzung des Wiederherstellungsziels für entwässerte, landwirtschaftlich genutzte Moorböden sollten die Mitgliedstaaten die Maßnahmen zur Wiederherstellung und Wiedervernässung entwässerter Moorböden in Torfabbaugebieten sowie, bis zu einem gewissen Grad, die Wiederherstellung und Wiedervernässung entwässerter Moorböden, die anderen (z. B. forstwirtschaftlichen) Landnutzungen dienen, als Beitrag zu den Wiederherstellungszielen für entwässerte, landwirtschaftlich genutzte Moorböden anrechnen lassen können. In hinreichend begründeten Fällen und wenn eine Wiedervernässung entwässerter, landwirtschaftlich genutzter Moorböden aufgrund erheblicher negativer Auswirkungen auf Gebäude, Infrastruktur, Anpassung an den Klimawandel oder andere öffentliche Interessen nicht erfolgen kann und die Wiedervernässung von Moorböden, die anderen Landnutzungen dienen, nicht durchführbar ist, sollte es den Mitgliedstaaten möglich sein, das Ausmaß der Wiedervernässung von Moorböden zu verringern.“

Außerdem wird in Annex VII entsprechend Artikel 14 Absatz 16 WVO eine Liste von Beispielen für Wiederherstellungsmaßnahmen aufgeführt, darunter unter anderem auch die „Wiederherstellung von Feuchtgebieten durch Wiedervernässung entwässerter Moorböden, Entfernung von Entwässerungsstrukturen für Moorböden oder Entfernung von Entwässerungspoldern und Aufgabe des Torfabbaus“. Ursprüngliche (natürliche) Moorlandschaften lassen sich trotz allem aber im Regelfall nicht mehr herstellen (Kreyling et al. 2021, Succow & Jeschke 2024).

Die Bedeutung der ökologischen Funktionsfähigkeit und der Klimaschutzfunktion der Moore wird durch folgende nationale, Landes- und verbandliche Strategien betont: die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Schutz und nachhaltige Nutzung, entsprechende Aktionsfelder sowie Vorteile für das menschliche Wohlergehen im Sinne von Ökosystemleistungen (BMUB 2007), die nationale Moorschutzstrategie (BMUV 2022), die nationalen Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft im Hinblick auf entsprechende gesamtgesellschaftliche Aufgaben (ZKL 2021), die aktuellen Positionen der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) im Hinblick auf eine umweltschonende Landwirtschaft (DWA 2022) sowie das „Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV 2023).

Die Treibhausgasemissionen aus Mooren hängen vor allem mit der Entwässerungsintensität, den Flächennutzungen und infolgedessen mit der Stärke der Degradierung des Torfsubstrates zusammen (Succow & Joosten 2001, Höper 2007, 2022, Couwenberg et al. 2008, 2011, Joosten et al. 2013, 2017, Tiemeyer et al. 2020). Nur mit Hilfe „vollständiger“ Wiedervernässung („Moor-Renaturierung“) können Moore wieder zu einer Senke für Treibhausgase (THG) werden. Zu betonen ist daher die Bedeutung eines möglichst geringen mittleren Grundwasserflurabstandes, um Verluste des in den Torfen organisch gebundenen Kohlenstoffvorrats und damit klimaschädliche Treibhausgasfreisetzungen zu vermeiden (Edom 2001, Jacobs et al. 2018, Schneider et al. 2024). Wichtig ist aber auch die Berücksichtigung des häufig gegebenen systemischen Zusammenhangs von Moordegradation und Gewässer- und Auenzustand, weil zwischen Gewässer und diesen in den Talräumen begleitenden Mooren komplexe hydrologische, stoffliche und ökologische Zusammenhänge bestehen. Insofern eröffnen auch hydromorphologische Maßnahmen der Gewässer- und Auenrenaturierung ein hohes Potenzial für den Moorschutz bzw. zur Reduktion von THG-Freisetzungen aus den Binnengewässern und Auen (Breznikar & Mehl 2024).

Auch bei nasser Moorbewirtschaftung kann die Torfzehrung vermindert oder ggf. aufgehalten und eine THG-Freisetzungsminderung erreicht werden (Emmer & Couwenberg 2017). Gesellschaftlich und ökonomisch relevant ist, dass bislang wirtschaftlich tragfähige Perspektiven für eine nasse, torferhaltende und damit klimaschonende Nutzung von Moorböden fehlen. Dies führt u. a. auch zu einer starken „Zurückhaltung“ bei der notwendigen Transformation der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung von Moorflächen in vielen Teilen Europas (Chen et al. 2024).

Eine Etablierung von Paludikulturen (z. B. Schilf, Röhricht, Großseggenriede, Torfmoose, Erlen) gilt als ein Ausweg (z. B. Närmann et al. 2021); ein anderer, ggf. sogar kombinierbarer, ist die Nutzung wiedervernässter Flächen durch Photovoltaik-Anlagen (Moor-PV). Der Bau von Solaranlagen auf dauerhaft wiedervernässten Moorböden wird durch die Novellierung des EEG (2023) gefördert (§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) i. V. m. § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 lit. e) und mit einer erhöhten Vergütung angereizt (§ 48 Abs. 1b EEG). Bei den in der Regel größeren Anlagen (> 1 MW Leistung) wird entsprechend EEG eine dynamische Marktprämie gezahlt. Da Moor-PV-Anlagen als besondere Anlagen nach § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 lit. e den Höchstwert der Ausschreibung der Bundesnetzagentur (BNetzA) im Vergleich zu Standardfreiflächenanlagen überschreiten können (vgl. Abschnitt 6.6.1), entsteht hieraus ein spezifischer/größerer Mehrerlös in Form der Marktprämie, die sich berechnet als Differenz aus dem „anzulegenden Wert“ gemäß Ausschreibungsergebnis der BNetzA und dem monatlichen Marktwert Solar (durchschnittlicher Börsenpreis für PV-Strom, veröffentlicht durch die

BNetzA). Allerdings steht für das EEG nach wie vor noch die beihilferechtliche Genehmigung der EU-Kommission aus.

Im EEG wird auch eine kombinierte Nutzung von Solaranlagen und Paludikulturen als Option für die Nutzung von wiedervernässten Moorböden explizit genannt (§ 85c Abs. 1 S. 2 EEG). Planungsrechtliche Anreize (z. B. durch Raumordnung) zu einer solchen Mehrfachnutzung von Flächen, die gleichzeitig dem Klima- und Biodiversitätsschutz dienen, fehlen jedoch bislang (siehe Abschnitt 0).

Wiedervernässungsmaßnahmen von Mooren im räumlichen Zusammenhang mit der Errichtung von Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen (Moor-PV-Anlagen) weisen grundsätzlich ein ähnlich großes Potenzial zur Minderung aktuell entwässerungs- und nutzungsbedingter THG-Freisetzungen auf wie „reine“ Wiedervernässungsprojekte. Auch kann mittel- bis langfristig erwartet werden, dass bei günstiger und innerjährlich nicht oder kaum wechselnder Wasserstufe (nass oder überstaut) und bei Entwicklung nennenswerter Vegetation als Grundlage der Torfbildung auch eine CO₂- bzw. C-Sequestrierung (-Speicherung) stattfindet. Interessant sind entsprechende Kombinations- bzw. multifunktionale Lösungen („Mehrgewinnstrategien“) wegen möglicher (positiver) umweltfachlicher Synergien:

1. Direkte Einsparung der THG-Freisetzung durch Erzeugung regenerativer Energie per Photovoltaik: Mitigationsmaßnahme des Klimaschutzes; Anwachsen regenerativer und damit nachhaltiger Energieerzeugung, Verringerung von Importen fossiler Energieträger
2. Verminderung der THG-Freisetzung aus Moorböden durch Wiedervernässung (langfristig CO₂-Sequestrierung): Mitigationsmaßnahme des Klimaschutzes
3. Verminderung der Torfdegradation und Ermöglichung des neuerlichen Torfwachstums durch Wiedervernässung: Moorbodenschutz
4. Verminderung der Stofffreisetzung (insbesondere Pflanzennährstoffe Phosphor und Stickstoff) und des Stoffeintrages in das Grund- und Oberflächenwasser infolge Wiedervernässung und mittel- bis langfristige Funktion als landschaftliche Stoffsenke für Nährstoffe (Akkumulationsraum): Gewässerschutz (Grundwasser, Binnenoberflächengewässer, Küsten- und Meeresgewässer)
5. Mögliche (teilweise) Verbesserung der standörtlichen Bedingungen für eine standortangepasste Flora und Fauna: Naturschutz/Biotop- und Artenschutz, Biodiversität
6. Ggf. auch Wiedererreichung auen-/niederungstypischer, naturnaher Verhältnisse und Chance auf räumliche Einbeziehung in Verbesserungsstrategien für WRRL-Wasserkörper (Verbesserung des ökologischen Zustands/Potenzials entsprechend WRRL bzw. OGewV, GrwV)
7. Verringerung der Verdunstung durch Teilbeschattung der Mooroberfläche (infolge PV-Modulen) und damit ggf. Verbesserung des standortspezifischen Wasserhaushaltes: Vorteile für Moorschutz und ggf. für Flora und Fauna (Biodiversität), auch in Anbetracht des Klimawandels

Aus einem übergreifenden Blickwinkel wird auch zurecht thematisiert, dass der Flächenverbrauch durch PV-Anlagen generell deutlich geringer ist als im Vergleich zu kohlenstoffbasierter Energieerzeugung und auch im Vergleich zu erneuerbaren Energiequellen, wie z. B. Wasserkraft, Biogaserzeugung (Waldman et al. 2019, Dhar et al. 2020). Allerdings wird auch die

Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen kritisch gesehen, auch von Teilen der Bevölkerung (Kumar et al. 2020, Ketzer et al. 2020).

Grundsätzlich fehlen aber nach wie vor Erfahrungen und wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu den Vor- und ggf. Nachteilen von Moor-PV-Anlagen für Klima-, Moor-, Natur-/Biodiversitäts-, Gewässerschutz und die regionale Wertschöpfung, auch wenn erste Lösungsvorschläge im Hinblick auf die Naturverträglichkeit existieren (Ammermann et al. 2022, Greifswald Moor Centrum 2022, Seidel et al. 2024). Zwar wurden in einzelnen Bundesländern und Regionen bereits Analysen durchgeführt, die im breiten Kontext zahlreiche Anknüpfungspunkte bieten, z. B. zur generellen Frage der Integration von Solarenergie (PV-Freiflächenanlagen) in die niedersächsische Energielandschaft (Badelt et al. 2020) oder zur natur- und landschaftsverträglichen Standortfindung im Sinne einer Potenzialanalyse für PV-Freiflächen-Anlagen für den Landkreis Freysing (Reinke & Junghans 2024). Auch zum Umgang mit Naturschutzkonflikten bei Freiflächensolaranlagen in der Regionalplanung finden sich Beiträge (z. B. Trautner et al. 2022). Aber speziell zu Moor-PV-Anlagen, zumal im bundesweiten Maßstab sind entsprechende Defizite zu konstatieren, einmal vom „Informationspapier des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden“ Greifswald Moor Centrum (2022) und vom eher fachorientierenden Leitfaden „Photovoltaik auf wiedervernässten Moorböden. Eine neue Flächenkulisse im EEG 2023“ des Kompetenzzentrums Naturschutz und Energiewende gGmbH (KNE 2024b) abgesehen.

Seidel et al. (2024) haben festgestellt, dass Moor-PV-Anlagen Landnutzungskonflikte entschärfen können, indem sie zu Klima- und Renaturierungszielen, zur Energieautarkie und zur Energiesicherheit beitragen. Eine kontinuierliche Wertschöpfung kann zudem Landbesitzern einen Anreiz bieten, der Wiedervernässung von Mooren zuzustimmen. Nutzungsmöglichkeiten wiedervernässter Moore müssen insofern regional zur Wertschöpfung beitragen.

Es gibt Ansätze einzelner Bundesländer, Moor-PV-Anlagen stärker in den Fokus zu rücken (z. B. Landtag Mecklenburg-Vorpommern 2024, Anhang A.2). Trotzdem fehlt, gerade aus der bundesweiten Perspektive, bislang eine erschöpfende Analyse des planungsrechtlichen Steuerungsinstrumentariums. Die aktuellen Ansätze des EEG zielen primär auf eine Förderung bzw. setzen auf finanzielle Anreize für eine derartige Nutzung der Flächen durch Moor-PV-Anlagen. Eine planerische Steuerung von PV-Anlagen auf Moorflächen könnte einerseits Nutzungskonflikte vermeiden und andererseits im Sinne einer Angebotsplanung Anreize für eine Förderung derartiger Mehrgewinnstrategien (Wiedervernässung sowie Photovoltaiknutzung) setzen. Wie eine Projektverwirklichung seitens der gesamträumlichen überfachlichen Planung gefördert und gesteuert werden kann, ist weitgehend unerforscht. So stellt sich beispielsweise die Frage, ob eine raumplanerische Steuerung durch die Flächennutzungsplanung der Kommunen erfolgen kann und sollte, oder ob die sachgerechtere Ebene die überörtliche ist, also eine raumordnerische Festlegung angemessener ist. Ungeklärt ist auch, ob das bisherige Instrumentarium des Bauleitplanungs- und Raumordnungsrechts ausreichend für eine Steuerung von Moor-PV-Anlagen vorbereitet ist. Ggf. ergeben sich aus dieser Analyse Erfordernisse für eine Fortentwicklung des bisherigen Planungsrechts.

1.2 Zielstellung

Die übergreifende Zielstellung des Forschungsvorhabens stellt vor diesem Hintergrund die Schaffung entsprechender Grundlagen zur naturschutzfachlichen Bewertung von Moor-PV-Anlagen und zur Ausgestaltung des Ausbaus von Moor-PV im Sinne des Natur- und Klima-

schutzes unter Berücksichtigung landwirtschaftlicher, technischer, rechtlicher und sozioökonomischer Anforderungen dar.

PV-Anlagen auf Moorboden, der nicht parallel wiedervernässt wird, sind zwar rechtlich zulässig, fallen aber nicht unter den Begriff „Moor-PV-Anlage“, sondern sind vergleichbar mit anderen Freiflächen-PV-Anlagen. Hauptunterschied ist, dass infolge fehlender Vernässung kein zusätzlicher Nutzen für den Klimaschutz infolge einer möglichen Verminderung der Treibhausgasfreisetzung erreicht werden kann, auch kein entsprechender oder nur sehr geringer Vorteil für den Bodenschutz und andere Handlungsfelder wie Naturschutz und Gewässerschutz. Außerdem stehen auf unvernässtem Moorboden errichtete Anlagen einer Wiedervernässung entgegen und können im hydrologischen Systemzusammenhang vor allem auch die Vernässung benachbarter Moorflächen ver- und behindern.

Dem Vorhaben liegen aufgrund hoher fachlicher und rechtlicher Komplexität aufeinander aufbauende bzw. sich gegenseitig ergänzende Teilschritte bzw. Arbeitspakete zu Grunde. Das umfasst folgende Schritte, Inhalte bzw. begleitende Aktivitäten:

- Erarbeitung von naturschutzfachlichen Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV-Anlagen
- Erstellung eines naturschutzfachlichen Kriterienkatalogs und Beschaffung der Daten zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV-Anlagen und Kombinationen von Moor-PV mit Paludikulturen
- GIS-technische Aufbereitung der naturschutzfachlich relevanten Datengrundlagen und Erstellung einer naturschutzfachlichen Flächenkulisse von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV-Anlagen
- Auswertung der Ergebniskarten mit Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV-Anlagen mit Hinweisen auf weitergehenden Prüfbedarf
- Entwicklung von Anforderungen an die Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen – Auswirkungsbeurteilung und Ableitung der Anforderungen
- Ableitung technischer und ökologischer Anforderungen an PV-Anlagen auf wiederzuvernässenden/wiedervernässten Moorböden sowie von Anforderungen an die mögliche landwirtschaftliche Nutzung wiedervernässter Moorböden (Paludikulturen)
- Ableitung von Gestaltungskriterien für Moor-PV Anlagen zur Minderung der Konflikte mit ökologischen und landwirtschaftlichen Anforderungen
- Erstellung eines Untersuchungskonzepts zur Ermittlung der Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf die ökologische Qualität der Standorte
- Identifikation der relevantesten abiotischen Faktoren sowie Arten, Artengruppen, Artengemeinschaften für Auswirkungsbeurteilungen
- Darstellungen zu Parametern und Erhebungsmethoden für eine standardisierte und großflächige Überprüfung der Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf Moorökosysteme auf wiedervernässten Standorten

- Analyse von Umsetzungsmöglichkeiten der naturverträglichen Ausgestaltung von Moor-PV auf rechtlicher und planerischer Ebene; Eruierung bestehender rechtlicher Regularien und planerischer Umsetzungsmöglichkeiten, auch für die Unterstützung der Etablierung von Paludikulturen, ggf. Unterbreitung von Anpassungsvorschlägen
- Untersuchung von Möglichkeiten eines regionalen sozioökonomischen Interessenausgleichs sowie von Alternativen wirtschaftlicher Teilhabe auf wiedervernässten Standorten; auch Darstellungen zu Chancen und Optionen des regionalen Interessenausgleichs
- Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen und Ableitung von Forschungsbedarf für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV; Entwickeln eines idealen „Rollouts“ für Moor-PV-Anlagen im Sinne einer Optimierungsstrategie bzw. von dahingehenden Handlungsempfehlungen
- Identifikation von Fehlstellen und Forschungsbedarf

Im Forschungsvorhaben standen weitere Aufgaben im Fokus wie u. a. die bedarfsweise fachliche Begleitung des Bundesamtes für Naturschutz, die Konsultation mit den Mitgliedern des Arbeitskreises (AK) Moorschutz der Länder sowie die Einbindung weiteren Fach- und Sachverständes durch Einrichtung einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) mit ausgewählten Fachleuten und die Durchführung von PAG-Sitzungen (Vorstellung und Diskussion von Zwischenständen).

2 Ausschlussflächen und Flächen mit auf der bundesweiten Ebene nicht erkennbaren Restriktionen (Prüfflächen) für Moor-Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland

2.1 Grundsätze, Vorgaben und bestehende Fachkulissen oder Kriterien

2.1.1 Herausforderungen

Vor dem in Kapitel 1 skizzierten fachlichen und rechtlichen Hintergrund erfährt die Erarbeitung von naturschutzfachlichen Ausschlussflächen und Flächen mit auf der bundesweiten Ebene nicht erkennbaren Restriktionen (sogenannte „Prüfflächen“) für Moor-PV-Anlagen (nach dem EEG 2023, d. h. einschließlich Wiedervernässung) eine fundamentale Bedeutung. Dies soll mögliche Kombinationen von Moor-PV mit Paludikulturen miteinschließen. Die damit bestehenden Herausforderungen lassen sich wie folgt umreißen:

- Es sind die Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2023 zugrunde zu legen und diesbezüglich kriterienbezogen umzusetzen (Abschnitt 2.1.3).
- Für weitere Kriterien sind insbesondere Anforderungen fachrechtlicher Art (Umwelt, Verkehr etc.) oder auch eigentumsabhängige Aspekte maßgebend. Die Kriterien müssen identifiziert und systematisiert werden (Abschnitt 2.2).
- Die Kriterien waren mit Moorexperten der Bundesländer und weiteren Fachleuten zu diskutieren und abzustimmen (Abschnitt 2.1.2). Von zentraler Bedeutung ist für jedes einzelne Kriterium jeweils die Verfügbarkeit bundesweiter Daten, ggf. alternativer (vergleichbarer oder indirekt anwendbarer) Datensätze (Abschnitt 2.3).
- Die Auswertungen zu Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV-Anlagen sollten möglichst bundeseinheitlich, letztlich aber bundesweit und bundeslandspezifisch erfolgen. Dabei sollten geeignete Kartendarstellungen erarbeitet sowie statistische Analysen und erläuternde Beschreibungen durchgeführt werden, gerade im Hinblick auf die Aussagekraft der Ergebnisse, ggf. vorhandene Einschränkungen, weitere Prüfbedarfe usw. (Abschnitte 2.5 und 2.6).

Der ursprünglich vorgesehene Ansatz, auch technische Kriterien zur Beurteilung der Gebietseignung für Moor-PV-Anlagen zu erarbeiten, wurde nicht weiterverfolgt, da auf einer gesamtdeutschen Ebene dafür die Datengrundlagen als insgesamt nicht ausreichend erachtet wurden. Die Thematik der technischen Anforderungen für PV-Anlagen wird davon unabhängig insbesondere im Abschnitt 3.2 behandelt.

Das angewandte abgestufte bzw. schrittweise Vorgehen zur Identifikation und Auswahl der maßgeblichen Kriterien zur Erstellung der differenzierten Flächenkulisse für Moor-PV-Anlagen in Deutschland ist in Abb. 1 zusammengefasst dargestellt.

Sowohl für die Analyse der maßgeblichen Kriterien, die Aufarbeitung dafür benötigter bundesweiter und länderspezifischer Datengrundlagen, als auch für die Erstellung der Ergebniskarten wurde methodisch auf ein geographisches Informationssystem (GIS) gesetzt. Zum Einsatz kam hier die Open-source-Software QGIS 3.28.6 (Details in Abschnitt 2.4).

Die Karten wurden in geeigneten digitalen Formaten (Shapefiles) für das Johann Heinrich von Thünen-Institut - Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei zur Nutzung im Vorhaben „Roadmap zur Vernässung organischer Böden in Deutschland“ (RoVer, Finanzierung: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)) bereitgestellt.

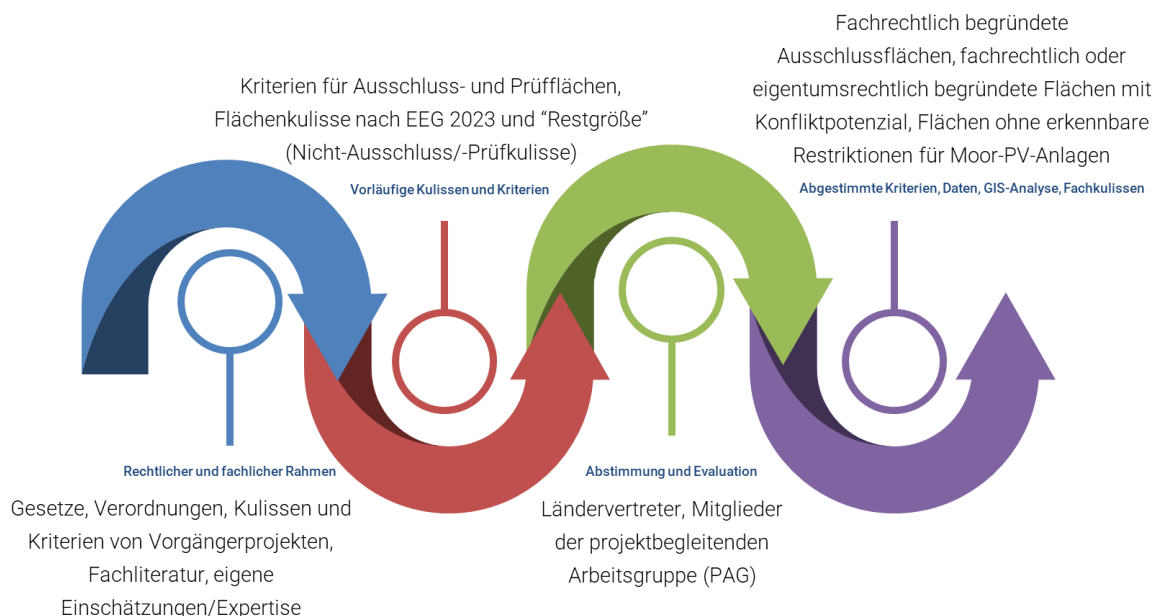


Abb. 1: Gewähltes Vorgehen zur Identifikation und Auswahl der maßgeblichen Kriterien zur Erstellung der differenzierten Flächenkulisse für Moor-PV-Anlagen in Deutschland (eigene Darstellung)

2.1.2 Erfolgte Abstimmungen

Zur Systematik und den Kriterien einer Ableitung von Ausschlussflächen und solchen mit auf der bundesweiten Ebene nicht erkennbaren Restriktionen für Moor-PV-Anlagen erfolgte auf der Grundlage eines ausführlichen Konzeptes ein erster Austausch mit dem Arbeitskreis „Moorschutz“ der Bundesländer am 16.01.2024. An dem Termin wurden die vorliegenden Ausarbeitungen vorgestellt und grundlegend diskutiert.

Der Konzeptentwurf wurde im Anschluss per E-Mail an die Ländervertreter gesandt. Diese erhielten Gelegenheit, bis Ende Februar 2024 Hinweise zu geben und insbesondere auch aus spezifischer Landessicht Ergänzungs-, Streichungs- bzw. Umgruppierungswünsche für die einzelnen Kriterien zu unterbreiten, was in Anspruch genommen wurde.

Das Konzept bzw. die dahingehend überarbeitete Kriterienliste wurde auf der Sitzung der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) am 18.04.2024 abschließend diskutiert. Die nachfolgenden Darstellungen basieren auf diesem Stand. Aufgrund fehlender bundeseinheitlicher Daten konnten aber nicht alle Vorschläge übernommen werden (s. Ausführungen in Abschnitt 2.6); in einem Fall erfolgt exemplarisch die Darstellung einer bundeslandspezifischen Sichtweise (Abschnitt 2.5.3.8).

2.1.3 Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2023

Moor-PV-Anlagen sind als „Besondere Solaranlagen“ gemäß § 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e) EEG 2023 Solaranlagen auf Moorböden, die entwässert und landwirtschaftlich genutzt worden sind, wenn die Flächen mit der Errichtung der Solaranlage dauerhaft wiedervernässt werden, und soweit sie den Bestimmungen nach § 85c EEG 2023 bzw. § 29 EnWG („Festlegung“ der Bundesnetzagentur) entsprechen.

Das bedeutet, dass folgende drei Aspekte durch § 37 Abs. 1 Nr. 3 Buchstabe lit. e) EEG 2023 rechtlich normiert werden und als bedingende standörtliche Voraussetzungen für Moor-PV-Anlagen (nach dem EEG) zu werten sind:

- Es muss sich bei den Flächen, auf denen Moor-PV-Anlagen errichtet werden (sollen), um Areale mit Moorböden handeln.
- Die Moorböden müssen bis zur Errichtung von Moor-PV-Anlagen landwirtschaftlich genutzt werden.
- Die Moorböden müssen entwässert sein (also nicht bereits vernässt).
- Alle drei Voraussetzungen müssen zwingend zusammentreffen.

„Moorboden“ ist nach § 3 Nr. 34a EEG jeder Boden, der die Voraussetzungen des § 11 Abs. 2 der Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) geltenden Konditionalität (GAPKondV) erfüllt und der der Erstellung der Gebietskulisse nach § 11 Abs. 3 GAPKondV zugrunde gelegt werden kann. Gemäß Punkt 3 der Festlegung der Bundesnetzagentur (2023) gelten für besondere Solaranlagen die Bestimmungen der GAPKondV in der zum jeweiligen Gebotstermin (EEG-Vergütung) geltenden Fassung.

Feuchtgebiete und Moore sind nach § 11 Abs. 2 GAPKondV Böden mit mindestens 7,5 Prozent organischem Bodenkohlenstoffgehalt oder mindestens 15 Prozent organischer Bodensubstanz in einer horizontalen oder schräg gestellten Bodenschicht von 10 Zentimetern Mächtigkeit innerhalb der oberen 40 Zentimeter des Profils.

Zur Erstellung der Gebietskulisse können gemäß § 11 Abs. 3 GAPKondV folgende Böden zugrunde gelegt werden:

1. Böden mit einem in Anlage 1 aufgeführten Klassenzeichen der Bodenschätzung nach dem Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG),
2. Bodentypen und Legendeneinheiten in Anlage 2 nach der aktuellen deutschen Bodensystematik (insbesondere Bodenkundliche Kartieranleitung (KA), aktuell KA 5 (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005)) und daran angelehnten Kartenwerken oder
3. eine Kombination aus Nummer 1 und 2.

Entsprechend § 11 Abs. 4 GAPKondV können die Bundesländer zudem per Rechtsverordnung bestimmen:

1. die Mindestgröße für die Aufnahme von Feuchtgebieten und Mooren in die Gebietskulisse bis zu einer Obergrenze von 2 Hektar für zusammenhängende Flächen,
2. Regelungen für
 - A. die anlassbezogene Anpassung der Gebietskulisse und
 - B. die Zuordnung der Gebietskulisse zu den landwirtschaftlichen Parzellen und
3. Ausnahmen von § 10 Absatz 1 des GAP-Konditionalitäten-Gesetzes für ältere Treposole (Tiefumbruchböden aus Torfen), die nachweislich vor dem 1. Januar 2020 angelegt wurden.

Nach Wiedervernässung der Moorböden ist im Übrigen eine standortangepasste landwirtschaftliche Nutzung ausdrücklich zulässig (gemäß Punkt 3 Buchstabe j der Festlegung der

Bundesnetzagentur 2023), was die potenzielle Bedeutung der Flächen mit Moor-PV-Anlagen für den Anbau von Paludikulturen zeigt.

2.1.4 „Eignungsflächen“ für Paludikulturen für einzelne Bundesländer

Bei der Frage, ob und inwieweit in einzelnen Bundesländern ggf. bereits Eignungsflächen für Paludikulturen abgeleitet wurden, kann das bislang nur für Mecklenburg-Vorpommern (offizielle Kulissen des Landes) sowie für Schleswig-Holstein, Brandenburg und Baden-Württemberg (fachliche Kulissen, keine abgestimmten offiziellen Landeskulissen) positiv beantwortet werden. Im Rahmen einer Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzes wurde zunächst in Mecklenburg-Vorpommern als erstem Bundesland eine Flächenkulisse für Paludikulturen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erstellt (LM M-V 2017b). Die dafür genutzte Systematik setzt auf eine Ableitung von Flächenkulissen mit vier naturschutzfachlich begründeten Klassen und entsprechenden Kriterien im Sinne des Flächenstatus (LM M-V 2017b):

- Klasse 1 (ohne Prüfauflage): Moor mit Feldblock ohne Einschränkung, Flächen der Förderkulisse Grünland Mecklenburg-Vorpommern
- Klasse 2 (mit Prüfauflage): Biosphärenreservate (Entwicklungszonen), Vogelschutzgebiete (SPA), d. h. SPA-Flächen, Feldblöcke mit Horststandorten, FFH-Lebensraumtypen (Anhang I FFH-RL nach vorläufiger Binnendifferenzierung), Flächen des Nationalen Naturerbes
- Klasse 3 (nur Nasswiese/mit Prüfauflage): Biosphärenreservate (Pflegezonen, Suchraum (Kern-/Pflegezone)), Nationalparke (Entwicklungs-, Pflege-, Erholungszone), gesetzlich geschützte Biotop (Feuchtbiotop, Küstenbiotop, Gewässerbiotop), Naturschutzgebiete, Förderkulisse Grünland Mecklenburg-Vorpommern (naturschutzgerechte Grünlandnutzung), Flächennaturdenkmäler (FND), d. h. FND-Flächen, Feldblöcke mit FND-Punkten, Geschützte Landschaftsbestandteile, Flächen des Florenschutzes (FSK), d. h. FSK-Flächen, Feldblöcke mit FSK-Punkten, Lebensraumklassen nach Gutachterlichem Landschaftsrahmenplan (naturnahe Feuchtlebensräume mit geringen Nutzungseinflüssen (ohne Feuchtwälder), stark wasserbeeinflusste Grünländer mit typischen Pflanzengemeinschaften des feuchten, extensiv genutzten Dauergrünlands, ehemalige Feuchtgrünländer mit hohem Wiederbesiedlungspotenzial für die typischen Artengemeinschaften des feuchten, extensiv genutzten Dauergrünlands), FFH-Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-RL sowie Habitate für Arten nach Anhang II der FFH-RL
- Klasse 4 (nicht geeignet): Biosphärenreservate (Kernzone), Nationalparke (Kernzone), gesetzlich geschützte Biotop (Trockenbiotop, Gehölzbiotop)

Das Projekt „KLIBB“ („Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden“) baute hierauf auf LM M-V (2017b) auf und verwendete für den naturschutzfachlichen Flächenstatus (Einschränkung, Eignung) gleichsam vier Klassen entsprechender naturschutzfachlicher Einschränkungen). Die Zuordnung der Kriterien für den Flächenstatus wurde allerdings aufgrund spezifischer Vorgaben aus den Bundesländern für diese insgesamt doch sehr unterschiedlich umgesetzt, vgl. Tab. 1, so dass durchaus landesspezifische (subjektive) Positionen bezüglich der Empfindlichkeit der Flächen relevant sind. Die maßgeblichen fachlichen und rechtlichen Hintergründe wurden bereits im Abschnitt 2.1.1 diskutiert.

Tab. 1: Vergleich der Einteilung der Flächenstatusklassen (Klasse 1: uneingeschränkt geeignet; Klasse 2: unter Prüfaufgabe geeignet; Klasse 3: nur als Nasswiese/-weide und unter Prüfaufgabe geeignet, Klasse 4: ungeeignet), leicht geändert nach Närmann et al. (2021)

Flächenstatus	Brandenburg	Baden-Württemberg	Schleswig-Holstein
Flächen ohne naturschutzfachliche Einschränkungen in Bezug auf nasse Bewirtschaftung	1	1	1
Biosphärenreservate: Kernzone	4	4	2-3
Biosphärenreservate: Pflegezone	2-3	3	2-3
Biosphärenreservate: Entwicklungszone	2-3	2	2-3
Nationalparke: Kernzone	4	4	4
Nationalparke: außerhalb Kernzone	2-3	4	4
Naturschutzgebiet	4	3	4

Grundsätzlich sind die bei LM M-V (2017b) und Närmann et al. (2021) verwendeten Kriterien für den Flächenstatus vollständig in den nachstehend aufgeführten Kriterien für Ausschlussflächen (Abschnitt 2.2.2) bzw. Ausschlussflächen mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit (Abschnitt 2.2.3) abgebildet oder aber werden zur Prüfung auf Ebene der Länder, der Regionen oder auf Projektebene empfohlen (Abschnitt 2.2.4). Bei Letzterem spielt eine entscheidende Rolle, dass einzelne Kriterien bundeslandspezifisch oder aber bundesweit nicht oder nicht einheitlich als Datensatz verfügbar sind.

Durch das im Detail unterschiedliche Herangehen der Bundesländer sind ein bundeseinheitliches Auswerten und Nachnutzen erschwert. Insofern wird hier davon aufgegangen, dass mit dem in dieser Studie gewählten Ansatz auch die Eignung der Flächen für Paludikulturen hinreichend abgebildet wird.

2.2 Umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Flächenkulissen: Gewählte Systematik und genutzte Kriterien

2.2.1 Überblick

Für die Zuordnung sachgerechter Kriterien und vor allem für die beabsichtigte bundesweite und länderspezifische Auswertung wurde folgende Kulissensystematik zugrunde gelegt:

1. Kulisse „**Ausschluss**“: die Flächen sind vornehmlich auf Grund fachrechtlicher Vorgaben grundsätzlich nicht verfügbar; eine Moor-PV-Nutzung ist somit grundsätzlich ausgeschlossen.
2. Kulisse „**Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit**“: die Flächen sind vornehmlich auf Grund fachrechtlicher Vorgaben mit großer Wahrscheinlichkeit nicht verfügbar; eine Moor-PV-Nutzung ist somit unwahrscheinlich, aber es bestehen in Bezug auf einzelne Kriterien Prüfmöglichkeiten, auch im Einklang mit entsprechendem Fachrecht, so dass im Einzelfall Umsetzungschancen für Moor-PV-Anlagen bestehen.

3. (Potenzial)Kulisse „**Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)**“: die Flächen unterliegen nach Datenlage mindestens einer Restriktion, sind aber grundsätzlich für Moor-PV-Anlagen geeignet; die Restriktion muss abgeprüft werden; die Kulisseneinstufung ersetzt nicht eine entsprechende fachliche und rechtliche Prüfung im Rahmen erforderlicher Genehmigungsverfahren; zudem können auf Länderebene oder regional weitere Restriktionen relevant sein.
4. (Potenzial)Kulisse „**Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)**“: die Flächen unterliegen nach Datenlage keinen Restriktionen und wären demnach offenkundig geeignet; auch diese Einstufung ersetzt nicht eine entsprechende fachliche und rechtliche Prüfung im Rahmen erforderlicher Genehmigungsverfahren; zudem können auf Länderebene oder regional weitere Restriktionen relevant sein.

Die Zuordnungen der Kriterien und nähere Beschreibungen folgen in den nächsten Abschnitten.

2.2.2 Flächenkulisse „Ausschluss“

Rechtlich kategorisch bzw. strikt ausgeschlossen sind gemäß § 37 Abs. 1 Nummer 3 lit. e) EEG 2023 zunächst die Flächen, welche die bedingenden standörtlichen Voraussetzungen für Moor-PV-Anlagen nicht erfüllen (s. o.); das umfasst

- Nicht-Moorböden (Mineralböden),
- Moorböden ohne landwirtschaftliche Nutzung sowie
- Moorböden, die bereits vernässt/naturnah sind.

Nicht-Moorböden (Mineralböden) werden nicht weiter in die Analyse einbezogen, d. h. vorab ausgeschieden; sie zählen explizit nicht zur Untersuchungskulisse und damit auch nicht zur Flächenkulisse „Ausschluss“, da dies bundesrechtlich bestimmt ist.

Bei der Flächenkulisse der Moorböden und damit auch zur Ermittlung der Nicht-Moorböden lässt sich vorteilhaft auf die im Rahmen des Projekts „Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz“ (MoMoK) überarbeitete Karte der organischen Böden (Wittnebel et al. 2023) zurückgreifen. Die Karte enthält bundesweite Daten auf der Basis einer geowissenschaftlich vereinheitlichten Datenstruktur. Die Fachdaten sind als GIS-Datensatz verfügbar sowie GAPKondV-konform und somit auch EEG-konform. Von daher erscheinen sie für eine bundesweite Anwendung im Rahmen dieses Projektes als geeignet.

Hier erscheint der Hinweis angebracht, dass dann, wenn man die Flächenkulisse nach den Maßgaben des § 11 Abs. 2 GAPKondV (mindestens 7,5 Prozent organischer Bodenkohlenstoffgehalt) ableiten würde, die Moorbodenflächen in der Summe leicht größer wären, weil bei Wittnebel et al. (2023) nur Böden mit mehr als 30 % organischer Bodensubstanz (Masse-substanz) berücksichtigt wurden. Insofern könnten in der Praxis auch außerhalb der Flächenkulisse nach Wittnebel et al. (2023) ggf. Flächen nach den Maßgaben des EEG für Moor-PV-Anlagen infrage kommen, zumal detaillierte bzw. aktuellere Daten auf Bundeslandebene oder bei bodenkundlicher Detailerkundung (z. B. Projektebene) vor allem maßstabsbedingt auch zu räumlichen Abweichungen zur Karte von Wittnebel et al. (2023) führen könnten.

Die folglich verwendete Karte der organischen Moorböden in Deutschland nach Wittnebel et al. (2023) enthält folgende pedologisch-typologische Kennzeichnung, die auch für die nachfolgenden Auswertungen praktikabel genutzt werden kann:

- **Niedermoorböden:** alle Flächen aus Niedermoortorf oder aus unbekannter Torfart und ohne Überdeckung, ohne Tiefumbruch und nicht aus ausschließlich abmoorigen Horizonten
- **Hochmoorböden:** alle Flächen aus Hochmoortorf und ohne Überdeckung, ohne Tiefumbruch und nicht aus ausschließlich abmoorigen Horizonten
- **Moorfolgeböden:** alle Flächen mit ausschließlich abmoorigen Horizonten (keine zusätzlich auftretenden Torfe), Muddeböden sowie Moorböden mit Torfmächtigkeiten bis < 30 cm („Moorgley“), die ggf. auch mineralisch überdeckt sein können, aber ohne Tiefumbruch
- **Flach (< 30 cm) überdeckte Moorböden** (Ergebnisdarstellung: zusätzlich Trennung von überdeckten Nieder- und Hochmoorböden): alle Flächen mit flacher oder mit unbekannter Mächtigkeit der Überdeckung (größtenteils Daten der Bodenschätzung) (nur Moorböden; nicht überdeckte Anmoorgleye, Moorgleye o. ä.), aber ohne Tiefumbruch
- **Mächtig (30 bis < 100 cm) überdeckte Moorböden** (Ergebnisdarstellung: zusätzlich Trennung von überdeckten Nieder- und Hochmoorböden): alle Flächen mit mächtiger oder sehr mächtiger Überdeckung (nur Moorböden; nicht überdeckte Anmoorgleye, Moorgleye o. ä.), aber ohne Tiefumbruch
- **Tiefumbruchböden aus Moor** (Ergebnisdarstellung: zusätzlich Trennung der Tiefumbruchböden aus Nieder- und Hochmoortorfen)

Diese Systematik berücksichtigt zudem auch Moorbodenausprägungen, die bislang in der Bodensystematik der „Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5“ (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005) noch nicht berücksichtigt waren, z. B. abmoorige Horizonte (umgewandelte Torfhorizonte, die nicht mehr als echte Torfhorizonte eingestuft werden können). In der aktuellen KA 6 (AG Boden 2024a, b) wurden diese als Abmoor-Abweichungssubtypen aufgenommen (Eberhardt 2022).

Das Vorliegen landwirtschaftlicher Nutzung als weitere EEG-Voraussetzung kann beispielsweise mit Hilfe von Daten der Länder zu den landwirtschaftlichen Feldblöcken (im Sinne zusammenhängender landwirtschaftlicher Nutzfläche) identifiziert werden (s. im Weiteren). Jeder Feldblock besitzt fernerhin einen bundeseinheitlichen 16-stelligen Flächenidentifikator und dient u. a. im Bereich der Agrarverwaltung der Länder als eine maßgebliche und vor allem eindeutige Bezugsgröße.

Nach der Festlegung der Bundesnetzagentur (2023) müssen die entwässerten Moorböden vierundzwanzig Monate vor der jeweiligen Inbetriebnahme landwirtschaftlich genutzt worden sein. Landwirtschaftliche Flächen sind hier definiert als Flächen, die als Ackerland, Dauergrünland und Dauerweideland oder mit Dauerkulturen genutzt werden; auf ihnen muss eine landwirtschaftliche Tätigkeit im Sinne des Art. 4 Abs. 1 der Verordnung (EU) Nr. 2021/2115 erfolgt sein.

Für Moorböden, die bereits vernässt/naturnah sind, liegen keine gesicherten und vollständigen Informationen auf bundesweiter Ebene vor. Das Bestehen von landwirtschaftlicher Vornutzung kann insofern auch als starkes Indiz dafür gewertet werden, dass die relevanten Moorflächen wahrscheinlich (noch) nicht im Sinne der Anforderungen der Bundesnetzagentur

(2023) vernässt sind. Nach den Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) liegt eine Wiedervernässung vor, wenn Mindestwasserstände von 10 cm unter Flur im Winter und 30 cm unter Flur im Sommer erreicht werden und dies dauerhaft gewährleistet wird (Anmerkung: wobei keine Angabe erfolgt, ob sich die Mindestanforderungen auf die gesamte Vorhabenfläche, den größten Teil der Fläche oder etwaig nur auf Referenzpunkte beziehen; viele entwässerte Moorflächen weisen ein sehr heterogenes Relief auf, was entsprechende Fragen aufwirft...).

Solche Grundwasserflurabstände auf Moorgrünland dürften jedenfalls nur bei bestehenden Förderprojekten im Sinne der moorschonenden Stauhaltung (Länderprogramme als Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) im Rahmen der zweiten Säule der „Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union“ – GAP) sowie bei den bislang sehr wenigen Anbauflächen mit Paludikulturen der Fall sein.

Grundsätzlich kann der Entwässerungszustand der Flächen aber nicht auf der Ebene einer bundesweiten Ausschluss- bzw. Potenzialkartenerstellung ermittelt bzw. geprüft werden. Hier muss sinnvollerweise auf der Projektebene geprüft werden (vgl. Abschnitt 2.6), so wie es z. B. in Mecklenburg-Vorpommern bei der AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ durch technische Dienstleister erfolgt.

An dieser Stelle muss auch darauf hingewiesen werden, dass sich nicht alle Moorstandorte und auch o. g. pedotypologische Gruppen gleichermaßen für eine Moorrenaturierung im Sinne erfolgreicher Wiedervernässung eignen. Das gilt insbesondere für stärker anthropogen veränderte Typen wie Moorfolgeböden und insbesondere Tiefumbruchböden aus Moor auf ursprünglichen Hochmoor- oder Niedermoorstandorten. Zwar wäre auf solchen Standorten eine Wiedervernässung aufgrund regelmäßig sehr hoher Treibhausgasemissionen dringend geboten (z. B. Tiemeyer et al. 2016), aber sofern Stauschichten (Schwarztorfschicht oder Podsolidierungshorizonte) zerstört wurden, lassen sich diese Flächen grundsätzlich nicht mehr erfolgreich wiedervernässen (Graf et al. 2022). Auch in anderen Fällen, in denen durch technische oder Bewirtschaftungsmaßnahmen ursprünglich horizontal oder vertikal wirksame Sperrschichten zerstört wurden, ist eine erfolgreiche Wiedervernässung teilweise nur durch aufwändige Gegenmaßnahmen sicherstellbar, was im Einzelfall nicht in einem sinnvollen Kosten-Nutzen-Verhältnis darstellbar ist. Auch infolge Entwässerung veränderte hydraulische Eigenschaften des Torfes (Edom 2001), durch Düngung eutrophierte Horizonte (Gelbrecht et al. 2006) o. ä. könnten ggf. einer erfolgreichen Wiedervernässung eines Moores ohne geeignete Gegenmaßnahmen entgegenstehen und müssen unbedingt Beachtung finden.

Insofern muss auch bei einer vorgesehenen Moorwiedervernässung im Zusammenhang mit einer Errichtung von Moor-PV-Anlagen gerade die boden-/moorkundliche und die hydrologische Analyse mit gleicher Sorgfalt erfolgen, wie bei konventionell umweltfachlich begründeten Renaturierungsprojekten (s. hierzu insbesondere Abschnitt 3.8).

Die eigentlichen Kriterien für eine Ausschlusskulisse können nur überwiegend fachrechtlich begründet werden und werden im Folgenden vorgestellt. Das Projekt „KLIBB“ („Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden“) verwendete in dieser Hinsicht z. B. folgende Kriteriengruppen: Bodensystematische Einheiten („erweiterter Niedermoorbegriff“), derzeitige Landnutzung (Acker, Grünland, andere landwirtschaftliche Nutzung) und naturschutzfachlicher Flächenstatus (4 Klassen entsprechender

naturschutzfachlicher Einschränkungen), vgl. Närmann et al. (2021). Auch wurden im Vorhaben KLBB für die Bundesländer Schleswig-Holstein, Brandenburg und Baden-Württemberg bereits Flächenkulissen abgeleitet. In Mecklenburg-Vorpommern wurde bereits vordem eine Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Landesmoorschutzes erarbeitet (LM M-V 2017, die u. a. die Ableitung einer Flächenkulisse für den möglichen Anbau von Paludikulturen beinhaltet (Näheres in Abschnitt 2.1.4).

Als überwiegend fachrechtlich begründet zur Ausweisung einer Ausschlusskulisse werden die nachfolgenden Kriterien angesehen. Dabei liegt der Auswahl zugrunde, dass bei den Kriterien in der Regel (mit hoher Wahrscheinlichkeit bestehende) fachrechtliche Verbote bzw. verbots-gleiche Einschränkungen vorliegen (mit hoher Wahrscheinlichkeit). Durch zusätzliche Angabe von maßgeblichen Rechtsbezügen kann dies im Folgenden im Einzelfall nachvollzogen werden. Zu bemerken ist, dass grundsätzlich eine Überlagerung von Kriterien auf ein und derselben Fläche möglich ist; im Zweifel sollte bei der Anwendung jedoch das „strengste“ Kriterium maßgeblich sein. Letzteres gilt vor allem, wenn auch Kriterien eine Rolle spielen, die eher für „Prüfflächen“ sprechen (s. hierzu Abschnitt 2.2.3), also für Konfliktpotenzial, aber nicht unbedingt für einen Ausschlussgrund.

Für eine fachrechtlich bestimmte Ausschlusskulisse werden flächenbezogene Kriterien entsprechend Tab. 2 herangezogen. Es mag auf den ersten Blick verwundern, dass Natura 2000-Gebiete (in Umsetzung von VSchRL und FFH-RL), insbesondere ausgewiesene Lebensräume (LRT) gemäß § 32 BNatSchG, sowie auch gesetzlich geschützte Biotope gemäß § 30 BNatSchG hier nicht mit aufgeführt sind, sondern der Kulisse „Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit“ (Abschnitt 2.2.3) zugeordnet wurden. Hier wird aber auf die fachlich-politische Intention für Moor-PV-Anlagen und die aktuelle Rechtslage verwiesen. Das lässt sich kurz wie folgt erläutern:

- 1. Beabsichtigter umweltfachlicher Synergieeffekt:** Moor-PV-Anlagen stellen im umweltfachlichen Sinne nicht einfach nur einen „Eingriff“ in bestehende Ökosysteme dar. Vielmehr wird durch die Bedingung, „wenn die Flächen mit der Errichtung der Solaranlage dauerhaft wiedervernässt werden“ (§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e) EEG 2023), das Treibhausminderungsziel (regenerativ erzeugter Strom, der Strom mit Freisetzung von Treibhausgasen substituiert, sowie eine Reduktion der Treibhausgasfreisetzung aus entwässerten Mooren) kombiniert mit Moor- bzw. Bodenschutz. Das kann potenziell auch Vorteile für Natura 2000-Lebensräume und -Arten sowie weitere Umweltfelder haben, z. B. Gewässerschutz aufgrund der Minderung von Nährstoffeinträgen oder alternativer landwirtschaftliche Nutzung durch Paludikulturen (LM M-V 2017b). Sofern jedoch ein Moor-PV-Vorhaben als konkretes Projekt ein Natura 2000-Gebiet erheblich beeinträchtigen könnte, ist ohnehin gemäß Art. 6 Abs. 3 FFH-RL bzw. §§ 34-36 BNatSchG das Vorhaben vor seiner Realisierung, Genehmigung oder planerischen Festsetzung einer Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung zu unterziehen, was die Zuordnung zur Prüfkulisse als sachgerecht erscheinen lässt.
- 2. Vergleichbare Zuordnung durch Aufgabenträger:** So wurde beispielsweise bei LM M-V (2017b) die Kriterienzuordnung nach Flächenstatus für die Paludikulturen in gleicher Weise vorgenommen, d. h. u. a. Natura 2000-Flächen und LRT-Flächen ausgewiesen als „Prüfkulisse“. Ebenso werden Natura 2000-Gebiete gemäß § 32 BNatSchG als „eingeschränkt geeignete Standorte (= Restriktionsflächen)“ und damit als Prüfkulisse in den Hinweisen des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr zur bau- und landesplanerischen Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen behandelt

(StMB 2021); auch wird sachgerecht darauf verwiesen, dass aber in der Regel der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in diesen Gebieten bzw. auf diesen Flächen naturschutzrechtliche und -fachliche Erwägungen entgegenstehen werden.

3. **Kein expliziter rechtlicher Ausschluss:** Der deutsche Gesetzgeber sieht in § 48 Abs. 1 S. 5 lit. c) EEG 2023 eine Förderung besonderer Solaranlagen gemäß § 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. c) EEG 2023 auf Grünland bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung als Dauergrünland vor. Dies gilt allerdings nur, wenn die Fläche kein Moorboden ist. Sofern eine Nutzung auf Flächen in einem Natura 2000-Gebiet vorgesehen ist und ein Lebensraumtyp ausgewiesen ist, ist das für besondere Solaranlagen auf Moorböden aber im EEG nicht explizit ausgeschlossen.
4. **Überragendes öffentliches Interesse des Ausbaus der Erneuerbaren Energien:** „Eine der vorübergehenden Maßnahmen ist die Einführung der widerlegbaren Vermutung, dass Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien von überwiegendem öffentlichen Interesse sind und der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit im Sinne der einschlägigen Rechtsvorschriften der Union im Bereich Umwelt dienen, sofern keine eindeutigen Beweise dafür vorliegen, dass diese Projekte erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben, die nicht abgemildert oder ausgeglichen werden können.“ (Einleitender Grund Nr. 8 der Verordnung (EU) 2022/2577, näher geregelt in Artikel 3 Verordnung (EU) 2022/2577 sowie in § 2 EEG 2023; in Letzterem als „überragendes öffentliches Interesse“). In Bezug auf den Artenschutz sollte dies zunächst nur Anwendung finden, „wenn und soweit geeignete Artenschutzmaßnahmen, die zur Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands der Populationen der Art beitragen, ergriffen werden und für diesen Zweck ausreichende Finanzmittel und Flächen bereitgestellt werden“ (Artikel 3 Abs. 2 Verordnung (EU) 2022/2577), was die Prüfnotwendigkeit in Form einer Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung unterstreicht. Die Regelungen der Verordnung (EU) 2022/2577 sind zwischenzeitlich ausgelaufen. Es findet sich nunmehr eine entsprechende Regelung zum überwiegenden öffentlichen Interesse in Artikel 16f der sogenannten RED III (Richtlinie (EU) 2018/2001, geändert durch Richtlinie (EU) 2023/2413). Die vorgenannte Einschränkung in Bezug auf den Artenschutz in der RED III nicht mehr enthalten.
5. **Ausnahmemöglichkeit für gesetzlich geschützte Biotop:** Für geschützte Biotop gemäß § 30 BNatSchG und die in § 30 Abs. 2 BNatSchG aufgeführten und verbotenen Handlungen (Zerstörung oder sonstige erhebliche Beeinträchtigung) kann auf Antrag eine Ausnahme zugelassen werden, wenn die Beeinträchtigungen ausgeglichen werden können (§ 30 Abs. 3 BNatSchG). Diese Möglichkeit wäre jeweils zu prüfen (daher Zuordnung zur „Prüfkulisse“), dürfte sich aber in vielen Fällen als durchaus realisierbar herausstellen. Dies gilt insbesondere, weil Moor-PV-Anlagen im hydrologisch determinierten System Moor regelmäßig nur Teilflächen bedecken werden, so dass vielfach Flächen für den Ausgleich von geschützten Biotopen mit Feuchtgebietscharakter bereitstehen sollten; ggf. kann auf andere Flächen der Umgebung ausgewichen werden. Dies gilt aber im übertragenen Sinne auch für ggf. vorkommende geschützte Biotop mit geringerer Bindung an nasse und feuchte Standorte (insbesondere Trockenbiotop, Gehölzbiotop).

Demgegenüber werden Kernzonen von Biosphärenreservaten (§ 25 BNatSchG), Nationalparke und Flächen der Nationalen Naturmonumente (§ 24 BNatSchG), Naturschutzgebiete (§ 23 BNatSchG), Naturdenkmale (§ 28 BNatSchG) und geschützte Landschaftsbestandteile (§ 29 BNatSchG) der Kulisse „Ausschluss“ zugeordnet. Rechtlich besteht zwar in solchen Gebieten,

ebenso wie bei den Natura-2000-Gebieten und gesetzlich geschützten Biotopen, prinzipiell die Möglichkeit einer Befreiung von den gesetzlichen Verboten. Fachlich ist dies jedoch, anders als bei den Natura-2000-Gebieten und geschützten Biotopen, nicht mit dem Schutzzweck dieser Gebiete vereinbar.

Sofern Moor-PV-Anlagen in Kombination mit Paludikulturen auf aktuellem Dauergrünland geplant wären, müssten darüber hinaus auch die Ausschlussgründe nach § 12 Abs. 2 GAPKondV in Form von Flächenkulissen Beachtung finden (vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.7.1). Dies kann aber bei einer bundesweiten, „generellen“ Analyse von Flächenkulissen zu Moor-PV-Anlagen (noch) keine Rolle spielen.

Tab. 2: Fachliche begründete Kriterien für die Ausschlusskulisse

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
1	Nicht organischer Boden (Mineralboden)	§ 3 Nr. 34a und § 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e EEG, § 11 Abs. 2 und 3 GAP-KondV
2	Keine landwirtschaftliche Nutzung	§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e EEG
3	Vernässter/naturnaher Zustand des organischen Bodens	§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e EEG
4	Kernzone eines Biosphärenreservates	§ 25 BNatSchG
5	Ramsar-Gebiet	Ramsar-Konvention
6	Nationalpark oder Fläche der Nationalen Naturmonumente	§ 24 BNatSchG
7	Naturschutzgebiet	§ 23 BNatSchG
8	Naturdenkmal (Abstand ≤ 20 m)	§ 28 BNatSchG (pragmatisch festgelegter Sicherheitsabstand)
9	Geschützter Landschaftsbestandteil	§ 29 BNatSchG
10	Abstand ≤ 150 m zu der mittleren Hochwasserlinie der Nordsee oder zu der Mittelwasserlinie der Ostsee	§ 61 BNatSchG
11	Fläche des Nationalen Naturerbes	Deutscher Bundestag (2023)
12	Kompensations- bzw. Ausgleichsfläche	§§ 13 ff. BNatSchG
13	Ausgewiesenes Überschwemmungsgebiet	§ 76 WHG
14	Fläche von Hochwasserschutzplanungen (Hochwasserrisikogebiet) nach HWRM-RL und NHWSP	§ 75 WHG
15	Wasserschutzgebiet oder Trinkwasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet der Zone I	§ 51 WHG
16	Fläche mit vorgesehenen Maßnahmen gemäß § 82 WHG (Maßnahmenprogramm) zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31, 44 WHG	§§ 27 bis 31, 44 WHG

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
	(Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer und Küstengewässer), z. B. Gewässerentwicklungsflächen/-räume, Gewässer-/Auenkorridore	
17	Fläche mit vorgesehenen Maßnahmen gemäß § 82 (Maßnahmenprogramm) zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe des § 47 WHG (Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser)	§§ 82, 47 WHG
18	Fläche von Vorranggebieten im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit faktischem Ausschlusscharakter für Moorvernässung oder PV-Anlagenerrichtung	§ 7 Abs. 3 ROG
19	Bodendenkmal (Abstand ≤ 20 m)	Denkmalschutzgesetze der Länder
20	Siedlungsgebiet (Abstand ≤ 100 m)	Fakharizadehshirazi & Rösch (2023)
21	Flughafenzentrum (Abstand $\leq 1,5$ km)	§ 12 Abs. 2 LuftVG
22	Straße (Bundesautobahn, Bundesstraße, Kreis- oder Landstraße; Abstand ≤ 5 m)	Pragmatisch festgelegter Sicherheitsabstand
23	Wald (Abstand ≤ 30 m)	Waldgesetze der Länder z. B. § 20 LWaldG M-V
24	Schienenstrecke (Abstand ≤ 5 m)	Pragmatisch festgelegter Sicherheitsabstand

2.2.3 Flächenkulisse „Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit“

In Unterscheidung zu den oben kriterienhaft bestimmten Ausschlussflächen sind auch Flächen mit nur möglichem Konfliktpotenzial zu identifizieren. Hier besteht also die Möglichkeit des Vorliegens mindestens eines sachgerechten Ausschlussgrundes, allerdings kann und sollte das geprüft werden. Auch bei Eigentumsflächen von Naturschutzverbänden und -stiftungen bestehen grundsätzlich eigentumsrechtliche Einschränkungen aufgrund von Zielvorstellungen zu Flächenschutz und -entwicklung (mit entsprechenden Zustimmungsvorbehalten).

Für entsprechende Flächen bestehen von daher in der Regel fach- und eigentumsrechtliche Einschränkungen (mit entsprechenden Prüfpflichten und Genehmigungs- bzw. Zustimmungsvorbehalten). Die maßgeblichen Kriterien sind in Tab. 3 aufgeführt.

2.2.4 Flächenkulisse „Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)“

Bei dieser Flächenkulisse liegen keine bekannten Gründe für einen möglichen restriktiven Ausschluss vor (s. vordem), allerdings liegen nach Datenlage eine oder mehrere Restriktionen vor, die eine fachlich-rechtliche Abprüfung im Rahmen der erforderlichen Genehmigungsverfahren erfordern. Die maßgeblichen fachlichen Kriterien enthält Tab. 4.

2.2.5 Flächenkulisse „Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)“

Alle Flächen, die demnach die Anforderungen für „Besondere Solaranlagen“ gemäß § 37 Abs. 1 Nr. 3 e) EEG 202 einschließlich der Bestimmungen nach § 85c EEG 2023 bzw. § 29 EnWG („Festlegung“ der Bundesnetzagentur) erfüllen (Abschnitt 2.1.3) und nicht fachrechtlich begründet ausgeschlossen (Abschnitt 2.2.2) oder aus fach- oder eigentumsrechtlichen Gründen geprüft werden müssen (Abschnitte 2.2.3 und 2.2.4), bilden resultierend die Flächenkulisse „Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)“ für Moor-PV-Anlagen. Die maßgeblichen fachlichen Kriterien enthält Tab. 5. Einschränkungen in Bezug auf diese Grundbewertung und weitere Prüfbedarfe, vornehmlich auf Landes-, Regional- und Projektplanungsebene, werden in Abschnitt 2.6 benannt und erläutert.

Tab. 3: Fachlich begründete Kriterien für die Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
25	Natura 2000-Gebiet	§ 32 BNatSchG
26	FFH-Lebensraumtypen außerhalb von Schutzgebieten	§ 7 BNatSchG
27	Gesetzlich geschütztes Biotop	§ 30 BNatSchG
28	Wiesenbrütergebiet	Vogelschutzrichtlinie

Tab. 4: Fachlich begründete Kriterien für die Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfvorbehalt)

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
29	Landschaftsschutzgebiet	§ 26 BNatSchG
30	Naturpark	§ 27 BNatSchG
31	Pflege- oder Entwicklungszone eines Biosphärenreservates	§ 25 BNatSchG
32	Landschaftsbild „sehr hoch“ bis „hoch“ (obere 33 %)	§ 1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG; Badelt et al. (2020)
33	Eigentumsfläche von Naturschutzverbänden und -stiftungen	Eigentumsrecht
34	Potenzielle Wiederherstellungsfläche zur Erfüllung von Naturschutzziele wie eines günstigen Erhaltungszustands nach FFH-Richtlinie oder Vogelschutz-Richtlinie (betrifft sowohl Arten als auch LRT) (z. B. Mähwiesen-verlustfläche, Entwicklungsfläche im Managementplan, Maßnahmenflächen des Biotopverbunds)	FFH-Richtlinie, EG-Vogelschutzrichtlinie, §§ 20 f. BNatSchG
35	Vorkommen seltener und gefährdeter Arten nach aktueller Roter Liste bzw. Arten des landesweiten Arten- und Biotopschutzprogramms	§ 39 BNatSchG
36	Risikogebiet außerhalb von Überschwemmungsgebieten	§ 78 WHG
37	Wasserschutzgebiet oder Trinkwasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet der Zone II	§ 51 WHG

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
38	Fläche von Vorbehaltsgebieten für bestimmte Nutzungen im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit Konfliktpotenzial für Moorvernässung oder PV-Anlagenerrichtung	§ 7 Abs. 3 ROG
39	Hoch-/Höchstspannungsfreileitungen (Abstand ≤ 100 m)	Bayernwerk Netz GmbH (2023)

Tab. 5: Fachlich begründete Kriterien für die Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
1	Organischer Boden	§ 3 Nr. 34a und § 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e EEG, § 11 Abs. 2 und 3 GAPKondV
2	Landwirtschaftliche Nutzung	§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e EEG
3	Nicht vernässter/naturnaher Zustand des organischen Bodens	§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e EEG
4	Keine Kernzone eines Biosphärenreservates	§ 25 BNatSchG
5	Kein Ramsar-Gebiet	Ramsar-Konvention
6	Kein Nationalpark und keine Fläche der Nationalen Naturmonumente	§ 24 BNatSchG
7	Kein Naturschutzgebiet	§ 23 BNatSchG
8	Kein Naturdenkmal (Abstand > 20 m)	§ 28 BNatSchG
9	Kein geschützter Landschaftsbestandteil	§ 29 BNatSchG
10	Abstand > 150 m zu der mittleren Hochwasserlinie der Nordsee oder zu der Mittelwasserlinie der Ostsee	§ 61 BNatSchG
11	Keine Fläche des Nationalen Naturerbes	Deutscher Bundestag (2023)
12	Keine Kompensations- bzw. Ausgleichsfläche	§§ 13 ff. BNatSchG
13	Kein ausgewiesenes Überschwemmungsgebiet	§ 76 WHG

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
14	Keine Fläche von Hochwasserschutzplanungen (Hochwasserrisikogebiet) nach HWRM-RL und NHWSP	§ 75 WHG
15	Kein Wasserschutzgebiet oder Trinkwasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet der Zone I	§ 51 WHG
16	Keine Fläche mit vorgesehenen Maßnahmen gemäß § 82 WHG (Maßnahmenprogramm) zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31, 44 WHG (Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer und Küstengewässer), z. B. Gewässerentwicklungsflächen/-räume, Gewässer-/Auenkorridore	§§ 27 bis 31, 44 WHG
17	Keine Fläche mit vorgesehenen Maßnahmen gemäß § 82 (Maßnahmenprogramm) zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe des § 47 WHG (Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser)	§§ 82, 47 WHG
18	Keine Fläche von Vorranggebieten im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit faktischem Ausschlusscharakter für Moorvernässung oder PV-Anlagenerrichtung	§ 7 Abs. 3 ROG
19	Kein Bodendenkmal (Abstand > 20 m)	Denkmalschutzgesetze der Länder
20	Kein Siedlungsgebiet (Abstand > 100 m)	Fakharizadehshirazi & Rösch (2023)
21	Kein Flughafenzentrum (Abstand > 1,5 km)	§ 12 Abs. 2 LuftVG
22	Keine Straße (Bundesautobahn, Bundesstraße, Kreis- oder Landstraße; Abstand > 5 m)	Pragmatisch festgelegter Sicherheitsabstand
23	Kein Wald (Abstand > 30 m)	Waldgesetze der Länder z. B. § 20 LWaldG M-V
24	Keine Schienenstrecke (Abstand > 5 m)	Pragmatisch festgelegter Sicherheitsabstand
25	Kein Natura 2000-Gebiet	§ 32 BNatSchG
26	Kein FFH-Lebensraumtyp außerhalb von Schutzgebieten	§ 7 BNatSchG
27	Kein gesetzlich geschütztes Biotop	§ 30 BNatSchG
28	Kein Wiesenbrütergebiet	Vogelschutzrichtlinie

Nr.	Kriterium	Rechtliche Grundlage bzw. Fachliteratur
29	Kein Landschaftsschutzgebiet	§ 26 BNatSchG
30	Kein Naturpark	§ 27 BNatSchG
31	Keine Pflege- oder Entwicklungszone eines Biosphärenreservates	§ 25 BNatSchG
32	Landschaftsbild mittel/gering	§ 1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG; Badelt et al. (2020)
33	Keine Eigentumsfläche von Naturschutzverbänden und -stiftungen	Eigentumsrecht
34	Keine potenzielle Wiederherstellungsfläche zur Erfüllung von Naturschutzzielen wie eines günstigen Erhaltungszustands nach FFH-Richtlinie oder Vogelschutz-Richtlinie (betrifft sowohl Arten als auch LRT) (z. B. Mähwiesenverlustfläche, Entwicklungsfläche im Managementplan, Maßnahmenflächen des Biotopverbunds)	FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie, §§ 20 f. BNatSchG
35	Kein Vorkommen seltener und gefährdeter Arten nach aktueller Roter Liste bzw. Arten des landesweiten Arten- und Biotopschutzprogramms	§ 39 BNatSchG
36	Kein Risikogebiet außerhalb von Überschwemmungsgebieten	§ 78 WHG
37	Kein Wasserschutzgebiet oder Trinkwasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet der Zone II	§ 51 WHG
38	Keine Fläche von Vorbehaltsgebieten für bestimmte Nutzungen im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit Konfliktpotenzial für Moorvernäsung oder PV-Anlagenerrichtung	§ 7 Abs. 3 ROG
39	Keine Hoch-/Höchstspannungsfreileitung (Abstand > 100 m)	Bayernwerk Netz GmbH (2023)

2.2.6 Fallbeispiel Mecklenburg-Vorpommern: weitere, bundeslandspezifische Ausschlusskriterien

Im Rahmen einer Abstimmung mit dem Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern wurde vereinbart, die bereits für das Vorhaben abgeleiteten Kriterien (Abschnitt 2.2) um die im Bundesland erarbeiteten Ausschlusskriterien für Photovoltaikanlagen auf Moorstandorten zu ergänzen und auch hierfür entsprechende Kulissen zu erzeugen. Dieses Fallbeispiel soll vor allem aufzeigen, welchen immensen Einfluss bundeslandspezifische Sichtweisen haben, aber auch verdeutlichen, welche Potenziale in der Weiternutzung die bereits erarbeiteten Daten auf der Länderebene haben könnten.

Dementsprechend wurden die in Tab. 6 aufgeführten Ausschlusskriterien für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern in eine zusätzliche Analyse einbezogen. Das Ausschlusskriterium „Ausgewiesene Überschwemmungsgebiete“, das bereits im Kriterienkatalog (Abschnitt 2.2.2) enthalten ist, wurde nicht erneut aufgeführt. Auf dieser Basis werden in Abschnitt 2.5.3.8 für Mecklenburg-Vorpommern exemplarisch zwei Auswertungen vorgenommen: 1 x Standardvorgehen (s. im Weiteren), 1 x Vorgehen mit landesspezifischen Zuordnungen und Kriterien.

Tab. 6: Ergänzende Ausschlusskriterien, die vom Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 2 – Klimaschutz, Naturschutz und Forsten, festgelegt und übermittelt wurden

Kriterium	Datensatz	(interne) Quelle
Vorrangflächen für den Naturschutz	Flächen mit herausragender Bedeutung	Gutachtliche Landschaftsrahmenpläne (2. Ausgabe), LUNG-MV (2024)
Unzerschnittene Landschaftsräume mit der Klasse 4	Kernbereiche landschaftlicher Freiräume (Funktionenbewertung)	Gutachtliche Landschaftsrahmenpläne (2. Ausgabe), LUNG-MV (2024)
Sehr hohe Landschaftsbildbewertung	Bewertung der Schutzwürdigkeit des Landschaftsbilds	Gutachtliche Landschaftsrahmenpläne (2. Ausgabe), LUNG-MV (2024)
Bisherige Moorschutzprojekte	Projektgebiete Moorschutz (Stand:06/2021)	Moorübersichtskartierung/Moorschutzkonzept, LUNG-MV (2024)
Küstenüberflutungsmoore	Potenzielle Küstenüberflutungsmoore im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern	Moorübersichtskartierung/Moorschutzkonzept, LUNG-MV (2024)
Nicht oder mäßig entwässerte Moore (alle Flächen mit GWP bis 15)	THG_Karte_MV_2023_KBK_Kuemo	Reichelt, DUENE e. V. (2024)
Nahrungsflächen des Schreiadlers	Essenzielle Nahrungsflächen (ENF) des Schreiadlers (Bearbeitung 2021, Daten 2020)	LUNG-MV (2024)
Rastgebiete	Rastgebiete Land und See (Fläche)	LUNG-MV (2024)
Landschaftsschutzgebiete	Landschaftsschutzgebiete	LUNG-MV (2024)
Moore in Flusstälern	Fließgewässer-Wasserkörper der WRRL	LUNG-MV (2024)

Die Kriterien nach Tab. 6 widerspiegeln zum Teil landesspezifisch differenzierter vorliegende Daten, welche eindeutig den Vorgaben gemäß § 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e) EEG 2023) entsprechen und somit auf jeden Fall einen „Ausschluss“ für relevante Flächen rechtfertigen. Dazu zählen die Kriterien „Bisherige Moorschutzprojekte“ sowie „Nicht oder mäßig entwässerte Moore (alle Flächen mit global warming potential (GWP) bis 15 t CO₂-Äquivalent ha⁻¹ a⁻¹)“, weil hier alles dafürspricht, dass es sich bei den maßgeblichen Flächen um bereits vernässte (oder nie entwässerte) und damit um naturnahe Moore handelt.

Zum anderen stellen die Kriterien „Vorrangflächen für den Naturschutz“, „Unzerschnittene Landschaftsräume mit der Klasse 4“ sowie „Sehr hohe Landschaftsbildbewertung“ auf vorliegende Daten der Gutachtlichen Landschaftsrahmenpläne ab (Daten des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern – LUNG MV). Auch das Kriterium „Landschaftsschutzgebiete“ zählt im weitesten Sinne zu dieser Kriteriengruppe, bei der die hohe Wertigkeit von Flächen für den Naturschutz, als landschaftlicher Freiraum, für den Biotopverbund und ein „ungestörtes“ Landschaftsbild im Blickpunkt stehen. Für die international bedeutsame Funktion der Rastflächen beim Vogelzug von ihren Brutgebieten zu ihren Winterquartieren und zurück steht wiederum ergänzend das Kriterium „Rastgebiete“. Mecklenburg-Vorpommern trägt darüber hinaus eine besondere regionale Verantwortung für den in Deutschland stark im Rückgang befindlichen und vom Aussterben bedrohten Schreiadler, so dass entsprechende „Nahrungsflächen des Schreiadlers“ als weiteres Kriterium aufgenommen wurden.

Die beiden Kriterien „Moore in Flusstälern“ und „Küstenüberflutungsmoore“ wurden hinzugenommen, da die relevanten Flächen im Rahmen der Ausweisung als Überschwemmungsgebiete gemäß § 76 WHG nicht bzw. nur teilweise berücksichtigt sind. Hier führte die stringente Ausrichtung am „potenziell signifikanten Risiko“ nach HWRM-RL dazu (vgl. „Leitfaden Hochwasserrisikomanagementplanung in Mecklenburg-Vorpommern“ (Mehl et al. 2014b)), dass entsprechend bislang nur Gebiete mit hohem bis sehr hohem Risiko (ökonomisch, d. h. vor allem an potenziellen Schäden orientiert) eingestuft bzw. rechtlich ausgewiesen wurden. Spätestens das sogenannte „Sommer-Hochwasser“ des Jahres 2011 (Mehl et al. 2014a) führte aber anschaulich vor Augen, dass die Talmoore und auch die Küstenüberflutungsmoore „tatsächlich“ Überschwemmungsgebiete im hydrologischen Sinne darstellen (Abb. 2). Insofern verbietet sich zum einen eine Nutzung der Gebiete mit Moor-PV aus Gründen der Schadensvermeidung und der Hochwasservorsorge (unkalkulierbare Risiken für die Hochwasserabführung durch potenzielle Verklauung) und zum anderen ist die hohe Bedeutung der Talmoore bzw. Flussauen für den landesweiten Biotopverbund (vgl. § 21 Abs. 5 BNatSchG) zu betonen (s. o.).



Abb. 2: Überflutetes Tal der Tollense unterhalb von Klempenow am 02. August 2011, aus: Mehl et al. (2014b) (Originale Bildquelle: Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburgische Seenplatte)

2.3 Datengrundlagen und -verfügbarkeit

2.3.1 Auswahl und Beschaffung der Datengrundlagen

Basierend auf den entwickelten Kriterien wurden zunächst Geodaten auf Bundesebene recherchiert bzw. angefragt oder direkt über Downloadangebote wie Web Feature Services (WFS) heruntergeladen. Hauptbezugsquellen waren im Fall der Geodaten auf Bundesebene das Bundesamt für Naturschutz (BfN), das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG).

Der Teil der nicht frei verfügbaren Geodaten auf Bundesebene (z. B. Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland) wurde befristet für die Projektbearbeitung durch das BfN zur Verfügung gestellt. Sofern keine oder keine geeigneten Daten (z. B. zu kleiner Maßstab/zu geringer Auflösung) auf Bundesebene verfügbar waren, wurde die Recherche auf die Länderebene ausgeweitet. Dies beinhaltete die Suche in Datenportalen wie geoportal.de oder govdata.de oder in Daten- bzw. Kartenportalen der Länder. Im Ergebnis konnten viele Geodaten direkt bezogen werden (WFS, Direktdownload als ZIP-Datei). Bei Datendefiziten, vermuteten veralteten Datenständen oder offenen Fragen zu den Daten wurden konkrete Anfragen an die zuständigen bzw. relevanten Institutionen gestellt. Nach Sichtung und Bewertung der im Ergebnis bezogenen Daten wurde die Recherche abgeschlossen oder eine (ggf. erneute) konkretisierte Anfrage gestellt. Die Bewertungskriterien für die Daten waren die Vollständigkeit der Daten (geographische Abdeckung), im Sinne der Fragestellung ausreichende und nachvollziehbare Attribute und ggf. erkennbare zufällige oder systematische Datenfehler.

Eine komplette Auflistung der verwendeten Datensätze mit Hinweisen auf die Bezugsquellen, die Aktualität, die Qualität und die Vollständigkeit ist im Anhang A.4 tabellarisch dokumentiert.

2.3.2 Datenverfügbarkeit

Für die in Abschnitt 2.2 insgesamt 39 abgeleiteten Kriterien konnten für 20 Kriterien (51 %) Datensätze auf Bundesebene und für 14 Kriterien (36 %) Datensätze auf Länderebene herangezogen werden (Tab. 7). Im Anhang A.1 findet sich ergänzend eine bundeslandspezifische Aufschlüsselung der Datenverfügbarkeiten für die Kriterien zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV (Stand Juni 2024).

Weder auf Bundes- noch auf Länderebene waren jedoch Datensätze für 5 Kriterien (13 %) verfügbar. Für diese Kriterien wurden alternative Vorgehensweisen gewählt (Tab. 7). Insgesamt wurden 343 Einzeldatensätze auf Bundes- und Länderebene verwendet (vgl. Anhang A.4).

Grundsätzlich wurde für die Erstellung der Flächenkategorien auf alle für das jeweilige Kriterium verfügbaren Datensätze zurückgegriffen, natürlich abhängig von den Verfügbarkeiten auf Bundes- und Länderebene. Hierbei ist zu beachten, dass für die Datenerhebung nur ein begrenzter Zeitraum zur Verfügung stand. Infolge kurzfristig ergänzter Kriterien, die im Rahmen von Abstimmungen (s. o.) identifiziert wurden, konnte somit in einigen Fällen keine vollständige Datenabdeckung erreicht werden.

Tab. 7: Aufschlüsselung der erforderlichen Datengrundlagen und Verfügbarkeiten auf Bundes- und Länderebene sowie Umgang mit fehlenden Daten zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen. Eine genaue Auflistung der verfügbaren bzw. verwendeten Datensätze je Bundesland können den Anhängen A.1 und A.4 entnommen werden.

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
1	Nicht organischer Boden (Mineralboden)	Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland (Wittnebel et al. 2023)	Bund	-	-
2	Keine landwirtschaftliche Nutzung	Digitales Feldblockkataster bzw. Feldstückskarte	Länder	Keine Verfügbarkeit von Feldblöcken bzw. Feldstückskarte (4 von 16 Bundesländern)	Alternativ wird auf die tatsächliche Nutzung (ALKIS) zurückgegriffen.
3	Vernässter/naturnaher Zustand des organischen Bodens	Keine Datensätze bekannt	-	Datendefizit	Das Kriterium muss auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
4	Kernzone eines Biosphärenreservates	Biosphärenreservate Deutschland (BfN 2024)	Bund	-	-
5	Ramsar-Gebiet	Ramsar-Gebiete Deutschland (BfN 2024)	Bund	-	-
6	Nationalpark oder Fläche der Nationalen Naturmonumente	Nationalparke Deutschland (BfN 2024), Nationale Naturmonumente Deutschland (BfN 2024)	Bund	-	-

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
7	Naturschutzgebiet	Naturschutzgebiete Deutschland (BfN 2024)	Bund	-	-
8	Naturdenkmal (Abstand ≤ 20 m)	Naturdenkmale	Länder	Datensätze liegen in den meisten Fällen (12 von 16 Bundesländern) bundeslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
9	Geschützter Landschaftsbestandteil	Geschützte Landschaftsbestandteile	Länder	Datensätze liegen zur Hälfte (8 von 16 Bundesländern) bundeslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
10	Abstand ≤ 150 m zu der mittleren Hochwasserlinie der Nordsee oder zu der Mittelwasserlinie der Ostsee	LLUR-SH (2024)	Länder	-	-
11	Fläche des Nationalen Naturerbes	Flächen des Nationalen Naturerbes	-	Lediglich die Kulisse der Naturerbeflächen, die beim Bund verblieben sind (Naturerbe Bund), stehen zur Verfügung (BfN 2024).	Die Flächen, die nicht beim Bund verblieben sind, müssen auf regionaler Ebene bzw. auf Projektebene angefragt werden.
12	Kompensations- bzw. Ausgleichsfläche	Kompensations- bzw. Ausgleichsflächen	Länder	Datensätze liegen in den meisten Fällen (9 von 16 Bundesländern) bundeslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
13	Ausgewiesenes Überschwemmungs- gebiet	Überschwemmungs- gebiete (BfG 2024)	Bund (überwie- gend)/ Länder	-	-
14	Fläche von Hochwasserschutzpla- nungen (Hochwasserrisikogebiet) nach HWRM-RL und NHWSP	Flächen von Hoch- wasserschutzplanun- gen	Länder	Datensätze zu Hochwasserschutzpla- nungen liegen nur in Einzelfällen (2 Von 16 Bundesländern) auf Länder- ebene vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Ver- fügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projekt- ebene untersucht werden.
15	Wasserschutzgebiet oder Trinkwas- serschutzgebiet oder Heilquellen- schutzgebiet der Zone I	Wasserschutzgebiete (BfG 2024)	Bund (überwie- gend)/ Länder	-	-
16	Fläche mit vorgesehenen Maßnah- men gemäß § 82 WHG (Maßnah- menprogramm) zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31, 44 WHG (Bewirtschaftungsziele für oberirdi- sche Gewässer und Küstengewäs- ser), z. B. Gewässerentwicklungsflä- chen/-räume, Gewässer-/Auenkorri- dore	Flächen mit vorgese- henen Maßnahmen laut Kriterium	Länder	Datensätze liegen in wenigen Fällen (5 von 16 Bundesländern) auf Län- derebene vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Ver- fügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projekt- ebene untersucht werden.
17	Fläche mit vorgesehenen Maßnah- men gemäß § 82 (Maßnahmenpro- gramm) zur Umsetzung der WRRL- Bewirtschaftungsziele nach Maß- gabe des § 47 WHG (Bewirtschaf- tungsziele für das Grundwasser)	Flächen mit vorgese- henen Maßnahmen laut Kriterium	keine	Datensätze liegen nicht auf Bundes- und Länderebene vor.	Das Kriterium muss auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
18	Fläche von Vorranggebieten im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit faktischem Ausschlusscharakter für Moorvernässung oder PV-Anlagenerichtung	Vorranggebiete	Länder	Datensätze liegen in wenigen Fällen (6 von 16 Bundesländern) auf Länderebene vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
19	Bodendenkmal (Abstand ≤ 20 m)	Bodendenkmale	Länder	Datensätze liegen in den meisten Fällen (10 von 16 Bundesländern) bundeslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
20	Siedlungsgebiet (Abstand ≤ 100 m)	Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE2018)	Bund	-	-
21	Flughafenzentrum (Abstand $\leq 1,5$ km)	Flughäfen (Points of Interest Open) (© BKG 2024)	Bund	-	-
22	Straße (Bundesautobahn, Bundesstraße, Kreis- oder Landstraße; Abstand ≤ 5 m)	Straßenverkehrsnetz (© OpenStreetMap contributors 2024), Bundesfernstraßennetz (Bundesanstalt für Straßenwesen 2023)	Bund	-	-
23	Wald (Abstand ≤ 30 m)	Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE2018)	Bund	-	-

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
24	Schienenstrecke (Abstand ≤ 5 m)	Schienenverkehrs- netz (DB Netz AG 2024)	Bund	-	-
25	Natura 2000-Gebiet	FFH-Gebiete (BfN 2024), Vogelschutzgebiete (BfN 2024)	Bund Bund	-	-
26	FFH-Lebensraumtypen außerhalb von Schutzgebieten	FFH-LRT	Länder	Datensätze liegen in den meisten Fäl- len (13 von 16 Bundesländern) bun- deslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Ver- fügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projekt- ebene untersucht werden.
27	Gesetzlich geschütztes Biotop	Gesetzlich ge- schützte Biotope	Länder	Datensätze liegen in den meisten Fäl- len (15 von 16 Bundesländern) bun- deslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Ver- fügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projekt- ebene untersucht werden.
28	Wiesenbrütergebiet	Wiesenbrütergebiete	Länder	Datensätze zu Gebieten von Wiesen- brütern liegen in Einzelfällen (5 von 16 Bundesländern) auf Länderebene vor. Eine vollständige Abfrage bei den Ländern konnte aufgrund von Bearbeitungsfristen nicht mehr erfol- gen.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Ver- fügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projekt- ebene untersucht werden.
29	Landschaftsschutzgebiet	Landschaftsschutzge- biete (BfN 2024)	Bund	-	-

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
30	Naturpark	Naturparke (BfN 2024)	Bund	-	-
31	Pflege- oder Entwicklungszone eines Biosphärenreservates	Biosphärenreservate Deutschland (BfN 2024)	Bund	-	-
32	Landschaftsbild „sehr hoch“ bis „hoch“ (obere 33 %)	Karte der Landschaftsästhetik (Hermes et al. 2018)	Bund	-	-
33	Eigentumsfläche von Naturschutzverbänden und -stiftungen	Eigentumsflächen von Naturschutzverbänden	Länder	Datensätze zu den Eigentumsflächen von Naturschutzverbänden liegen nur sehr selten (1 von 16 Bundesländern) bundeslandbezogen vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
34	Potenzielle Wiederherstellungsfläche zur Erfüllung von Naturschutzzielen wie eines günstigen Erhaltungszustands nach FFH-Richtlinie oder Vogelschutz-Richtlinie (betrifft sowohl Arten als auch LRT) (z. B. Mähwiesenverlustfläche, Entwicklungsfläche im Managementplan, Maßnahmenflächen des Biotopverbunds)	Potenzielle Wiederherstellungsflächen zur Erfüllung von Naturschutzzielen	keine	Datensätze zu potenziellen Wiederherstellungsflächen zur Erfüllung von Naturschutzzielen liegen nicht auf Bundes- und Länderebene vor.	Das Kriterium muss auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
35	Vorkommen seltener und gefährdeter Arten nach aktueller Roter Liste bzw. Arten des landesweiten Arten- und Biotopschutzprogramms	Flächen mit Vorkommen seltener und gefährdeter Arten	keine	Datensätze zu potenziellen Wiederherstellungsflächen zur Erfüllung von Naturschutzzielen liegen nicht auf Bundes- und Länderebene vor.	Das Kriterium muss auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.

Nr.	Kriterium	Datengrundlage/ Datensatz	Ebene der Daten- bereitstellung	Problemlage	Weitere Vorgehensweise
36	Risikogebiet außerhalb von Überschwemmungsgebieten	Risikogebiete (BfG 2024)	Bund	-	-
37	Wasserschutzgebiet oder Trinkwasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet der Zone II	Wasserschutzgebiete (BfG 2024)	Bund (überwiegend)/ Länder	-	-
38	Fläche von Vorbehaltsgebieten für bestimmte Nutzungen im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit Konfliktpotenzial für Moorvernässung oder PV-Anlagenerrichtung	Vorbehaltsgebiete	Länder	Datensätze liegen in wenigen Fällen (6 von 16 Bundesländern) auf Länderebene vor.	Für Bundesländer, in denen landesweit verfügbare Datensätze vorliegen, wird das Kriterium angewandt. Bei fehlender Verfügbarkeit eines Datensatzes muss das Kriterium auf regionaler bzw. auf Projektebene untersucht werden.
39	Hoch-/Höchstspannungsfreileitungen (Abstand ≤ 100 m)	Stromnetz (OpenStreetMap 2024)	Bund	-	-

2.3.3 Anwendungsgrenzen

Bereits Tab. 7 zur Datenverfügbarkeit zeigt die verschiedenen Bezugsebenen der Datengrundlagen auf. Die Vielzahl der Datensätze aus verschiedenen Herkunftsquellen geht mit deutlichen Unterschieden in der Datenhaltung und Qualität einher. Hierbei kann es unter anderem zu Abweichungen in folgenden Aspekten kommen:

- Digitalisierung (Topologie)
- Attribuierung
- Genauigkeit
- Auflösung/Maßstab
- Aktualität (Datenstand)
- Vollständigkeit (räumlich/inhaltlich)

Die Datengrundlagen weisen insbesondere Abweichungen hinsichtlich der Attribuierung (verschiedene Codes, Spaltenbezeichnungen), des Maßstabes (Maßstab von 1:500 bis 1:250.000) und der Aktualität (Datenstände von 1992 bis 2024) auf.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass die Bewertung der Datenqualität dadurch erschwert wurde, dass vielfach keine Metadaten zur Verfügung standen bzw. gestellt wurden. Entsprechend geographischen Grundprinzipien zu Dimensionen, Maßstäben/Skalen (z. B. Neef 1964, 1967, Haase 1978, 1991, Leser 1978, 1991) bestimmt der Datensatz mit der schlechtesten Auflösung bzw. des kleinsten Maßstabes bei einer Kombination von Daten die Aussagekraft des Gesamtergebnisses. Die Prinzipien werden auch durch die scheinbar hohe Genauigkeit digitaler Daten im GIS nicht aufgehoben (wie leider vielfach angenommen), sondern müssen unbedingt Beachtung finden.

Dementsprechend ist die Aussagekraft/Genauigkeit der Daten je nach Kriterium auf Bundesebene ungefähr auf einen Maßstabsbereich von 1:25.000 (25 m lineare Auflösung, 625 m² bzw. 0,0625 ha areale Auflösung) bis 1:100.000 (100 m lineare Auflösung, 1 ha areale Auflösung) beschränkt. Bei der Datenkombination (Kulissenergebnisse) liegt der resultierende Maßstab daher bei 1:100.000 und steht für die theoretische Genauigkeit des Datensatzes. Auf Länderebene sind die jeweiligen Maßstäbe im Grunde ähnlich bzw. gleich, ggf. ist im Einzelfall ein leicht größerer Maßstab relevant.

2.4 Werkzeuge und Methoden der Datenaufbereitung und -verarbeitung

2.4.1 Grundlagen und Vorgehensweise

In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen sowie das methodische Vorgehen zur Datenaufbereitung, -verarbeitung und -aggregation erläutert. Während der Bearbeitung kamen verschiedene Programme und Werkzeuge zum Einsatz, die jeweils spezifische Aufgaben im Datenmanagement und in der Analyse übernommen haben.

Die Datenaufbereitung und Datenverarbeitung erfolgten vorwiegend in den Open Source Programmen QGIS (Version 3.28.6-Firenze) und PostgreSQL (Version 16, inklusive der Post-GIS-Erweiterung). QGIS ermöglicht eine umfassende Visualisierung und Bearbeitung räumlicher Daten, während PostgreSQL/PostGIS nicht nur zur Verwaltung und effizienten Abfrage großer geografischer Datensätze genutzt wurde, sondern auch für die Durchführung umfangreicher Stapelverarbeitungen. Diese automatisierten Prozesse erlaubten es, große Datenmengen

effizient zu bearbeiten und zu aggregieren, was den gesamten Workflow erheblich beschleunigte. Das Zusammenspiel dieser beiden Programme erlaubte es, räumliche und attributive Daten in einer stabilen und skalierbaren Datenbankarchitektur zu speichern und zu verarbeiten.

Aufgrund der Erfahrungswerte hat sich ArcGIS als besonders zuverlässig bei der Topologieprüfung erwiesen, da es im Vergleich zu Programmen wie QGIS deutlich umfangreichere Einstellungen und Optionen bietet. ArcGIS ermöglicht eine detailliertere Einsicht und Konfiguration von Topologieregeln, was bei der Bereinigung von Splitterflächen und der Korrektur fehlerhafter Geometrien von großem Vorteil ist. Diese erweiterten Einstellungsmöglichkeiten machen es zu einem unverzichtbaren Werkzeug für präzise und umfassende topologische Prüfungen, die in der anschließenden Datenverarbeitung eine wichtige Rolle spielten.

Für Zwischenschritte, wie das Verknüpfen von Access-Datenbanken oder Excel-Tabellen, wurden ebenfalls entsprechende Aufbereitungen in den Programmen Excel und Access durchgeführt. Diese Programme ermöglichen eine effektive Verwaltung und Strukturierung tabellarischer Daten, die wiederum in die Geodatenanalyse integriert werden konnten.

Das gesamte Vorgehen folgte einem strukturierten Ansatz (Abb. 3), der durch den Einsatz dieser unterschiedlichen Programme und Werkzeuge die Grundlage für eine präzise und zuverlässige Datenverarbeitung bildete.

2.4.2 Datenaufbereitung

Das Ziel der Datenaufbereitung ist die Vereinheitlichung von Formaten, Strukturen und Definitionen, um die Daten kompatibel und bedingt vergleichbar zu machen.

Im Rahmen der Datenaufbereitung wurden alle Datensätze mithilfe von QGIS in Kombination mit PostgreSQL/PostGIS in das Geopackage-Format überführt, um ein einheitliches Datenformat zu gewährleisten. Zudem wurden die Daten in das einheitliche Koordinatensystem ETRS89/UTM Zone 32N (EPSG: 25832) projiziert.

Jeder Datensatz wurde einer inhaltlichen Prüfung unterzogen, bei der im Rahmen eines Datenabgleichs ähnliche oder sich ergänzende Informationen identifiziert und zusammengeführt wurden. Gleichzeitig erfolgte eine Datenbereinigung, um Duplikate, Inkonsistenzen oder Fehler zu entfernen und die Datenqualität zu verbessern. Anschließend wurden die Datensätze nach den jeweiligen Anforderungen der Kriterien selektiert.

Für die Weiterverarbeitung wurden ausschließlich die inhaltlich relevanten Informationen herangezogen. Um die Prozesse zu beschleunigen, wurden die Datensätze auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen bezogen, welche wiederum auf die Grundkulisse der organischen Böden (Wittnebel et al. 2023) zugeschnitten wurden. So wurde sichergestellt, dass nur die wesentlichen Daten für die weitere Analyse verwendet werden. An dieser Stelle ist wichtig darauf hinzuweisen, dass in Abstimmung mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe beschlossen wurde, die Tiefumbruchböden aus Nieder- oder Hochmoor von den Analysen auszuschließen. Der Grund dafür liegt darin, dass eine Wiedervernässung dieser Böden nur wenig erfolgversprechend wäre (vgl. Abschnitt 2.2.2). Daher bezieht sich die Nennung der organischen Bodenkulisse im weiteren Verlauf des Textes stets auf die Moorbodenflächen ohne Tiefumbruchböden.

Neun der 39 Kriterien beinhalten Abstandsangaben, die durch das Erstellen eines beidseitigen Puffers um die jeweiligen Polygone oder Linien umgesetzt werden. Dadurch wurde ein neuer Datensatz abgeleitet, der speziell für diese Kriterien Verwendung findet.

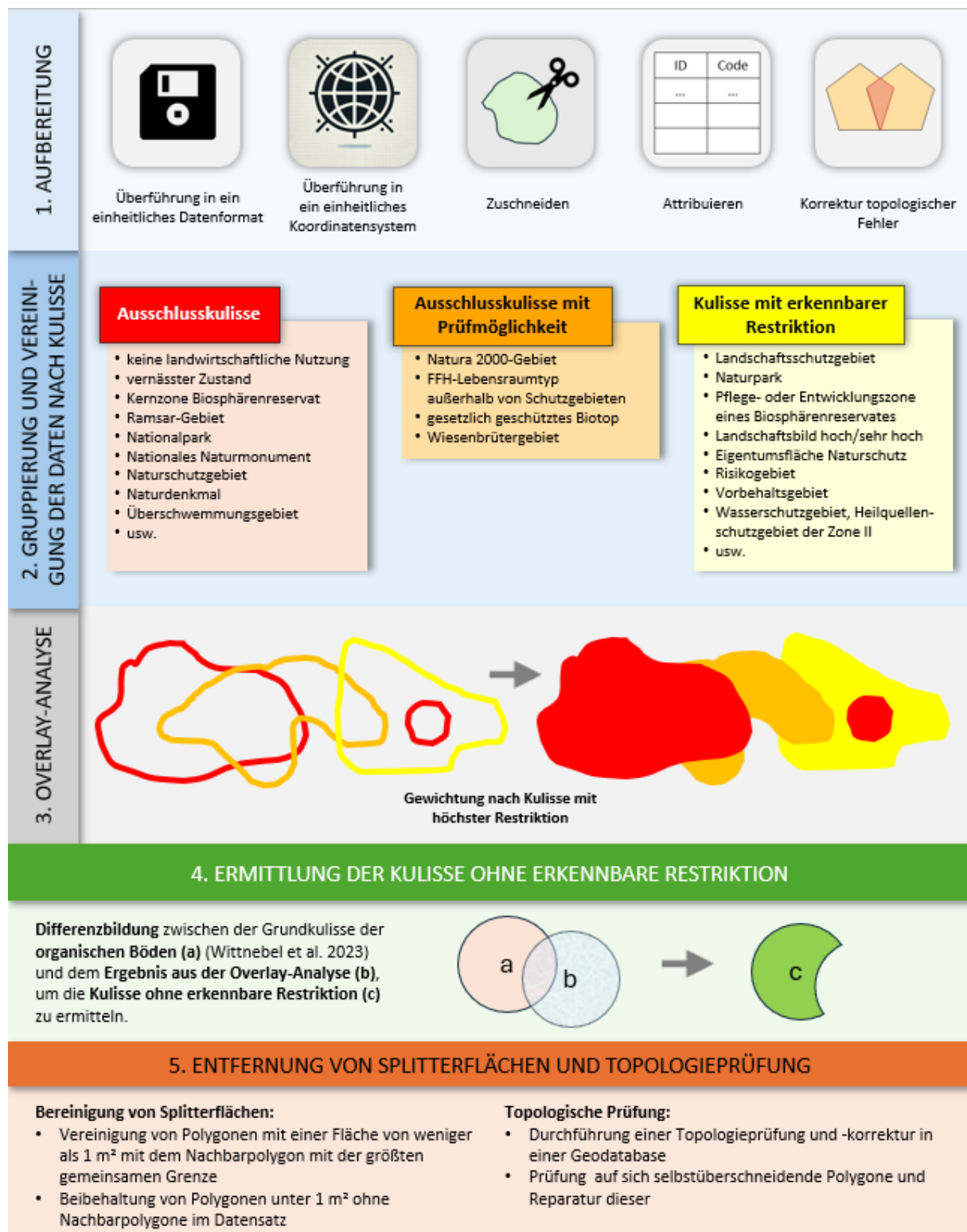


Abb. 3: Schema zur Vorgehensweise der Datenaufbereitung und -verarbeitung

2.4.3 Datenverarbeitung und -aggregation

Die aufbereiteten Datensätze wurden anschließend in die Kulissentypen Ausschlusskulisse, Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit sowie Kulisse mit erkennbarer Restriktion („Prüfkulisse“) gruppiert, jeweils zu einer Fläche vereinigt und aufgelöst. Dadurch entstanden drei separate Datensätze, die für die weitere Verarbeitung genutzt wurden.

Diese drei Kulissen wurden miteinander überlagert, wobei im Falle einer Überlagerung von Flächen verschiedener Kulissen die jeweils restriktivste als Ergebnis für die betreffende Fläche übernommen wurde. Dabei gilt, dass die Ausschlusskulisse die höchste Restriktion aufweist, gefolgt von der Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit und anschließend der Kulisse mit erkennbarer Restriktion („Prüfkulisse“).

Letztlich wurde die Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse) ermittelt, indem die Differenz zwischen der Kulisse der organischen Böden (Wittnebel et al. 2023) und dem Ergebnis der Überlagerungsanalyse gebildet wurde. Die Flächen, die nach dieser Differenzbildung übrigblieben, stellen die Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse) dar. Anschließend wurde diese Kulisse mit dem Ergebnisdatsatz der Überlagerungsanalyse zusammengeführt, um einen Gesamtdatsatz der Ausschlussflächen und Prüfflächen zu erhalten.

2.4.4 Splitterflächenbereinigung

Splitterflächen sind kleine Polygone, die sich bei Überlagerungsvorgängen verschiedener Geodatsätze bilden können. Da die resultierenden Kulissen nicht für Planungszwecke verwendet werden sollen, wurde eine minimale Splitterflächenbereinigung vorgenommen, um die kleinsten Splitterflächen herauszufiltern.

Dazu wurde der Ansatz gewählt, dass Polygone mit einer Fläche von weniger als 1 m² mithilfe des Tools „Eliminate“ („Entfernen“) mit dem benachbarten Polygon, das die größte gemeinsame Grenze aufweist, vereinigt werden. Mit dieser Methode wurden 101.464 Splitterpolygone eliminiert. 118 Polygone konnten nicht bereinigt werden, da kein benachbartes Polygon existierte.

2.4.5 Topologieprüfung

Zur Prüfung der Topologie wurde der Ergebnisdatsatz in eine Geodatabase importiert. Als erster Schritt wurde mithilfe des Tools „Geometrie prüfen“ („Check Geometry“) auf sich selbst überschneidende Polygone geprüft. Dies ergab 721 Polygone mit Selbstüberschneidungen, die anschließend automatisiert mithilfe des Tools „Repair Geometry“ behoben wurden. Eine erneute Prüfung der Geometrie ergab 0 Fehler.

Im nächsten Schritt wurde für die Geodatabase eine Topologie mit einer Cluster-Toleranz von 0,0001 m erstellt, um auf Überlappungen zwischen Polygonen zu prüfen. Eine Cluster-Toleranz von 0,0001 m bedeutet, dass Punkte, Linien oder Flächen nur dann als identisch behandelt und zusammengeführt werden, wenn sie nah beieinander liegen – konkret innerhalb von 0,1 Millimetern. Diese Einstellung gewährleistet eine hohe Präzision und erlaubt nur minimale geometrische Fehler oder Ungenauigkeiten.

Die Topologieprüfung innerhalb der Geodatabase identifizierte noch 14 Überlappungen, die manuell im Editiermodus bereinigt wurden. Nach Abschluss der Topologieprüfung konnte die Ermittlung der Ausschlussflächen und Prüfflächen final abgeschlossen werden.

2.5 Karten und Auswertungen

2.5.1 Hinweise zu den Darstellungen und Auswertungen

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Analyse zu den Ausschlussflächen und Prüfflächen in tabellarischer Form ausgewertet. Diese Auswertungen erfolgen sowohl auf der Ebene des gesamten Bundesgebiets als auch für die 16 einzelnen Bundesländer. Für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern steht zusätzlich eine erweiterte Auswertung durch ergänzte Ausschlusskulissen zur Verfügung (s. Abschnitt 2.2.6).

Die Auswertungen umfassen sowohl absolute Zahlen, also Flächengrößen je Kulisse, als auch relative Zahlen, also die prozentuale Verteilung der jeweiligen Kulissen innerhalb der jeweiligen Auswertungsebene. Dies wird auch jeweils für die Moorbodenkategorie aufgeschlüsselt, die aus der Kulisse der organischen Böden (Wittnebel et al. 2023) hervorgehen.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass alle Auswertungen ohne die Tiefumbruchböden aus Hoch- oder Niedermoor durchgeführt wurden.

2.5.2 Bundesweite Flächenkulissen

Mit einer Fläche von 18.098 km² bedecken organische Böden etwa 5,1 % der Landesfläche von Deutschland. Welcher Anteil davon auf die Ausschluss- und Prüfkulissen für Moor-PV-Anlagen entfällt, ist in Tab. 8 dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 11.055,3 km² die größte Fläche auf und nimmt 61,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb von Deutschland ein.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 1.850,2 km², was 10,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb von Deutschland entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 3.072,8 km², was einem Anteil von 17,0 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb von Deutschland entspricht.
- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 2.119,6 km², was 11,6 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb von Deutschland entspricht.

Die Tab. 9 enthält zusätzlich eine Übersicht über die Flächengrößen der verschiedenen Moorbodenkategorien in Deutschland, unterteilt nach den Ausschluss- und Prüfkulissen.

Tab. 8: Verteilung der umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich bestimmten Flächenkulissen für Moor-PV-Anlagen nach den Bestimmungen des EEG 2023: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	2.119,6 km ²	11,6 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	3.072,8 km ²	17,0 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	1.850,2 km ²	10,2 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	11.055,3 km ²	61,2 %

Tab. 9: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	1069,7 km ² (11,7 %)	1.350,8 km ² (14,8 %)	1.089,0 km ² (11,9 %)	5.641,7 km ² (61,6 %)	9.151,2 km ² (100 %)
Hochmoorboden	249,4 km ² (9,3 %)	426,1 km ² (15,8 %)	58,7 km ² (2,2 %)	1.955,2 km ² (72,7 %)	2.689,4 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	676,0 km ² (14,3 %)	817,3 km ² (17,3 %)	465,4 km ² (9,9 %)	2.759,3 km ² (58,5 %)	4.718,0 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	37,0 km ² (5,2 %)	230,5 km ² (32,4 %)	126,4 km ² (17,8 %)	317,1 km ² (44,6 %)	711,0 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	25,2 km ² (15,2 %)	57,2 km ² (34,6 %)	20,1 km ² (12,2 %)	62,9 km ² (38 %)	165,4 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	62,1 km ² (9,4 %)	188,6 km ² (28,7 %)	90,6 km ² (13,8 %)	316,5 km ² (48,1 %)	657,8 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	0,2 km ² (3,9 %)	2,3 km ² (45,1 %)	-	2,6 km ² (51 %)	5,1 km ² (100 %)

2.5.3 Flächenkulissen der Bundesländer

2.5.3.1 Baden-Württemberg

Mit einer Fläche von 620,7 km² bedecken organische Böden etwa 1,7 % der Landesfläche von Baden-Württemberg. In Tab. 10 sind die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Baden-Württemberg ausgewertet. Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt Tab. 11.

Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 39,5 km², was 6,4 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Baden-Württemberg entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 103,2 km², was einem Anteil von 16,7 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Baden-Württemberg entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 52,4 km², was 8,3 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Baden-Württemberg entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 425,6 km² die größte Fläche auf und nimmt 68,6 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Baden-Württemberg ein.

Tab. 10: Verteilung der Flächenkulissen für Baden-Württemberg: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	39,5 km ²	6,4 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	103,2 km ²	16,7 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	52,4 km ²	8,3 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	425,6 km ²	68,6 %

Tab. 11: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Baden-Württemberg

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	22,1 km ² (6,5 %)	61,3 km ² (18,1 %)	36,0 km ² (10,6 %)	219,8 km ² (64,8 %)	339,2 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	0,2 km ² (0,5 %)	0,6 km ² (1,6 %)	36,6 km ² (97,9 %)	37,4 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	16,0 km ² (7,9 %)	32,6 km ² (16,2 %)	10,4 km ² (5,2 %)	142,3 km ² (70,7 %)	201,3 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	0,4 km ² (11,4 %)	0,2 km ² (5,7 %)	2,9 km ² (82,9 %)	3,5 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	1,4 km ² (3,6 %)	8,7 km ² (22,1 %)	5,2 km ² (13,2 %)	24,0 km ² (61,1 %)	39,3 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.2 Bayern

Mit einer Fläche von 2.915,7 km² bedecken organische Böden etwa 4,1 % der Landesfläche von Bayern. In der Tab. 12 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bayern ausgewertet. Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt dagegen Tab. 13. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 2.017 km² die größte Fläche auf und nimmt 69,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bayern ein.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 250,2 km², was 8,7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bayern entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 329 km², was einem Anteil von 11,2 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bayern entspricht.
- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 319,5 km², was 10,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bayern entspricht.

Tab. 12: Verteilung der Flächenkulissen für Bayern: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	319,5 km ²	10,9 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	329,0 km ²	11,2 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	250,2 km ²	8,7 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	2.017,0 km ²	69,2 %

Tab. 13: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Bayern

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	130,2 km ² (10,6 %)	160,2 km ² (13,0 %)	119,9 km ² (9,8 %)	817,6 km ² (66,6 %)	1.227,9 km ² (100 %)
Hochmoorboden	1,1 km ² (0,5 %)	5,3 km ² (2,2 %)	6,3 km ² (2,7 %)	223,5 km ² (94,6 %)	236,2 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	177,5 km ² (13,0 %)	149,5 km ² (11,0 %)	115,3 km ² (8,5 %)	918,0 km ² (67,5 %)	1.360,3 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	9,6 km ² (11,5 %)	12,9 km ² (15,5 %)	8,2 km ² (9,9 %)	52,5 km ² (63,1 %)	83,2 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	1,1 km ² (13,6 %)	1,1 km ² (13,6 %)	0,5 km ² (6,1 %)	5,4 km ² (66,7 %)	8,1 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.3 Berlin

Mit einer Fläche von 7,4 km² bedecken organische Böden nur etwa 0,8 % der Landesfläche von Berlin. In der Tab. 14 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Berlin ausgewertet. Für die Kulissen ohne erkennbare Restriktion und mit erkennbarer Restriktion sind keine Flächen vorhanden. Die Ausschlusskulisse hingegen umfasst eine Fläche von 7,3 km², was rund 99 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Berlin entspricht. Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 15.

Tab. 14: Verteilung der Flächenkulissen für Berlin: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	-	-
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	-	-
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	0,1 km ²	1,4 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	7,3 km ²	98,6 %

Tab. 15: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Berlin

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	-	-	0,04 km ² (0,7 %)	6,1 km ² (99,3 %)	6,2 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Moorfolgeboden	-	-	-	0,2 km ² (100 %)	0,2 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	0,04 km ² (6,3 %)	0,6 km ² (93,7 %)	0,6 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	-	0,02 km ² (4,8 %)	0,4 km ² (95,2 %)	0,4 km ² (100 %)

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.4 Brandenburg

Mit einer Fläche von 2.433 km² bedecken organische Böden etwa 8,2 % der Landesfläche von Brandenburg. In der Tab. 16 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Brandenburg ausgewertet.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 17. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 257,2 km², was 10,7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Brandenburg entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 235 km², was einem Anteil von 9,7 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Brandenburg entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 580,7 km², was 23,7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Brandenburg entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 1.360,1 km² die größte Fläche auf und nimmt 55,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Brandenburg ein.

Tab. 16: Verteilung der Flächenkulissen für Brandenburg: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	257,2 km ²	10,7 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	235,0 km ²	9,7 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	580,7 km ²	23,7 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	1.360,1 km ²	55,9 %

Tab. 17: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Brandenburg

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	123,4 km ² (8,5 %)	103,6 km ² (7,1 %)	308,3 km ² (21,2 %)	920,0 km ² (63,2 %)	1.455,3 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Moorfolgeboden	125,3 km ² (14,2 %)	123,8 km ² (14,0 %)	246,1 km ² (27,9 %)	387,7 km ² (43,9 %)	882,9 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	6,2 km ² (10,0 %)	5,3 km ² (8,5 %)	17,1 km ² (27,6 %)	33,5 km ² (53,9 %)	62,1 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	2,3 km ² (7,0 %)	2,3 km ² (7,0 %)	9,2 km ² (28,2 %)	18,9 km ² (57,8 %)	32,7 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.5 Bremen

Mit einer Fläche von 57,1 km² bedecken organische Böden etwa 13,6 % der Landesfläche von Bremen. In der Tab. 18 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bremen ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 0,1 km², was 0,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bremen entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 6,1 km², was einem Anteil von 10,7 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bremen entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 22,4 km², was 39,1 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bremen entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 28,5 km² die größte Fläche auf und nimmt 50 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Bremen ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 19.

Tab. 18: Verteilung der Flächenkulissen für Bremen: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	0,1 km ²	0,2 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	6,1 km ²	10,7 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	22,4 km ²	39,1 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	28,5 km ²	50,0 %

Tab. 19: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Bremen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	-	2,1 km ² (18,8 %)	1,5 km ² (13,3 %)	7,6 km ² (67,9 %)	11,2 km ² (100 %)
Hochmoorboden	0,1 km ² (5,3 %)	-	-	1,8 km ² (94,7 %)	1,9 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	-	3,2 km ² (36,4 %)	1,1 km ² (12,5 %)	4,5 km ² (51,1 %)	8,8 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	0,8 km ² (2,9 %)	17,5 km ² (63,6 %)	9,2 km ² (33,5 %)	27,5 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	0,2 km ² (100 %)	0,2 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	-	2,3 km ² (30,7 %)	5,2 km ² (69,3 %)	7,5 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.6 Hamburg

Mit einer Fläche von 31,9 km² bedecken organische Böden etwa 4,2 % der Landesfläche von Hamburg. In der Tab. 20 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hamburg ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Für diese Kulisse sind keine Flächen vorhanden.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 4,1 km², was einem Anteil von 12,8 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hamburg entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 0,7 km², was 2,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hamburg entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 27,1 km² die größte Fläche auf und nimmt 85 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hamburg ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 21.

Tab. 20: Verteilung der Flächenkulissen für Hamburg: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	-	-
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	4,1 km ²	12,8 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	0,7 km ²	2,2 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	27,1 km ²	85,0 %

Tab. 21: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Hamburg

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	-	0,9 km ² (4,4 %)	0,6 km ² (2,9 %)	19,1 km ² (92,7 %)	20,6 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Moorfolgeboden	-	1,0 km ² (25,0 %)	-	3,0 km ² (75,0 %)	4,0 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	0,1 km ² (100 %)	0,1 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	2,2 km ² (30,6 %)	0,1 km ² (1,3 %)	4,9 km ² (68,1 %)	7,2 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.7 Hessen

Mit einer Fläche von 94,7 km² bedecken organische Böden etwa 0,4 % der Landesfläche von Hessen. In der Tab. 22 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hessen ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 2,1 km², was 2,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hessen entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 14,9 km², was einem Anteil von 15,8 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hessen entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 6,7 km², was 7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hessen entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 71 km² die größte Fläche auf und nimmt 75 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Hessen ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 23.

Tab. 22: Verteilung der Flächenkulissen für Hessen: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	2,1 km ²	2,2 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	14,9 km ²	15,8 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	6,7 km ²	7,0 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	71,0 km ²	75,0 %

Tab. 23: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Hessen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	1,5 km ² (2,9 %)	8,7 km ² (17,0 %)	4,1 km ² (8,0 %)	36,9 km ² (72,1 %)	51,2 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	2,2 km ² (100 %)	2,2 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	0,4 km ² (1,2 %)	5,0 km ² (15,2 %)	1,4 km ² (4,3 %)	26,1 km ² (79,3 %)	32,9 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	-	-
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	0,2 km ² (2,4 %)	1,2 km ² (14,3 %)	1,2 km ² (14,3 %)	5,8 km ² (69,0 %)	8,4 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.8 Mecklenburg-Vorpommern

a) Auswertung mit bundeseinheitlichen Kriterien

Mit einer Fläche von 2.852,7 km² bedecken organische Böden etwa 12,2 % der Landesfläche von Mecklenburg-Vorpommern. In der Tab. 24 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 445,4 km², was 15,6 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 301,8 km², was einem Anteil von 10,6 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 455,5 km², was 16 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 1.650 km² die größte Fläche auf und nimmt 57,8 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 25.

Tab. 24: Verteilung der Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	445,4 km ²	15,6 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	301,8 km ²	10,6 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	455,5 km ²	16,0 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	1.650,0 km ²	57,8 %

Tab. 25: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	421,1 km ² (15,7 %)	291,1 km ² (10,9 %)	442,7 km ² (16,6 %)	1.520,0 km ² (56,8 %)	2.674,9 km ² (100 %)
Hochmoorboden	0,2 km ² (0,5 %)	0,1 km ² (0,3 %)	0,5 km ² (1,3 %)	37,3 km ² (97,9 %)	38,1 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	14,6 km ² (14,3 %)	5,5 km ² (5,4 %)	7,7 km ² (7,5 %)	74,5 km ² (72,8 %)	102,3 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	0,1 km ² (33,3 %)	-	0,2 km ² (66,7 %)	0,3 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	9,5 km ² (25,6 %)	5,0 km ² (13,5 %)	4,6 km ² (12,4 %)	18,0 km ² (48,5 %)	37,1 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

b) Auswertung mit landesspezifisch vorgegebenen Kriterien

Wie in Abschnitt 2.2.6 beschrieben erfolgt für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern zusätzlich auch eine Auswertung mit landesspezifisch vorgegebenen Kriterien und damit „strenger“ Maßstäben im Hinblick auf Ausschlussgründe. Dass sich damit die Kulissen (Flächenanteile) gegenüber den bundeseinheitlichen Auswertungen sehr deutlich verschieben, zeigen Tab. 26 und Tab. 27.

Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich bei dieser landesspezifischen Betrachtung wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 171,9 km², was 6,0 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 38,5 km², was einem Anteil von 1,4 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 24,2 km², was 0,8 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 2.618,1 km² die größte Fläche auf und nimmt 91,8 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern ein.

Tab. 26: Verteilung der Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern (unter Berücksichtigung ergänzter Ausschlusskriterien): Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	171,9 km ²	6,0 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	38,5 km ²	1,4 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	24,2 km ²	0,8 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	2.618,1 km ²	91,8 %

Tab. 27: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern (unter Berücksichtigung ergänzter Ausschlusskriterien)

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	159,6 km ² (5,9 %)	36,7 km ² (1,4 %)	23,3 km ² (0,9 %)	2.455,3 km ² (91,8 %)	2.674,9 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	38,1 km ² (100 %)	38,1 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	7,8 km ² (7,6 %)	0,9 km ² (0,9 %)	0,3 km ² (0,3 %)	93,3 km ² (91,2 %)	102,3 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	0,3 km ² (100 %)	0,3 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	4,4 km ² (11,9 %)	1,0 km ² (2,7 %)	0,6 km ² (1,6 %)	31,1 km ² (83,8 %)	37,1 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.9 Niedersachsen

Mit einer Fläche von 5.324,6 km² bedecken organische Böden etwa 11,2 % der Landesfläche von Niedersachsen. In der Tab. 28 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Niedersachsen ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 651,2 km², was 12,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Niedersachsen entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 1.432 km², was einem Anteil von 27 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Niedersachsen entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 119,2 km², was 2,1 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Niedersachsen entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 3.122,2 km² die größte Fläche auf und nimmt 58,7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Niedersachsen ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 29.

Tab. 28: Verteilung der Flächenkulissen für Niedersachsen: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	651,2 km ²	12,2 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	1.432,0 km ²	27,0 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	119,2 km ²	2,1 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	3.122,2 km ²	58,7 %

Tab. 29: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Niedersachsen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	184,7 km ² (11,1 %)	472,1 km ² (28,5 %)	29,9 km ² (1,8 %)	972,0 km ² (58,6 %)	1.658,7 km ² (100 %)
Hochmoorboden	237,7 km ² (11,4 %)	392,7 km ² (18,9 %)	10,0 km ² (0,5 %)	1.436,3 km ² (69,2 %)	2.076,7 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	195,0 km ² (19,4 %)	297,7 km ² (29,7 %)	12,5 km ² (1,2 %)	498,3 km ² (49,7 %)	1.003,5 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	7,8 km ² (2,2 %)	170,2 km ² (48,1 %)	50,8 km ² (14,4 %)	124,8 km ² (35,3 %)	353,6 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	23,8 km ² (16,8 %)	51,9 km ² (36,6 %)	13,8 km ² (9,8 %)	52,2 km ² (36,8 %)	141,7 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	2,2 km ² (2,4 %)	47,4 km ² (52,4 %)	2,2 km ² (2,5 %)	38,6 km ² (42,7 %)	90,4 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.10 Nordrhein-Westfalen

Mit einer Fläche von 460,7 km² bedecken organische Böden etwa 1,4 % der Landesfläche von Nordrhein-Westfalen. In der Tab. 30 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 21,4 km², was 4,6 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 71 km², was einem Anteil von 15,3 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 3,3 km², was 0,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 365 km² die größte Fläche auf und nimmt 79,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen dokumentiert ergänzend Tab. 31.

Tab. 30: Verteilung der Flächenkulissen für Nordrhein-Westfalen: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	21,4 km ²	4,6 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	71,0 km ²	15,3 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	3,3 km ²	0,9 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	365,0 km ²	79,2 %

Tab. 31: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Nordrhein-Westfalen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	6,0 km ² (3,2 %)	28,3 km ² (15,3 %)	1,7 km ² (0,9 %)	149,3 km ² (80,6 %)	185,3 km ² (100 %)
Hochmoorboden	0,4 km ² (1,5 %)	0,9 km ² (3,3 %)	0,2 km ² (0,7 %)	25,8 km ² (94,5 %)	27,3 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	14,9 km ² (7,1 %)	35,7 km ² (17,0 %)	1,3 km ² (0,6 %)	158,1 km ² (75,3 %)	210,0 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	0,1 km ² (0,9 %)	1,4 km ² (13,1 %)	-	9,2 km ² (86,0 %)	10,7 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	0,6 km ² (23,1 %)	0,1 km ² (3,8 %)	1,9 km ² (73,1 %)	2,6 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	2,0 km ² (9,8 %)	-	18,4 km ² (90,2 %)	20,4 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	2,1 km ² (47,7 %)	-	2,3 km ² (52,3 %)	4,4 km ² (100 %)

2.5.3.11 Rheinland-Pfalz

Mit einer Fläche von 84,8 km² bedecken organische Böden etwa 0,4 % der Landesfläche von Rheinland-Pfalz. In Tab. 32 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Rheinland-Pfalz dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 0,5 km², was 0,6 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Rheinland-Pfalz entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 3,4 km², was einem Anteil von 4,1 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Rheinland-Pfalz entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 2,6 km², was 3 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Rheinland-Pfalz entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 78,3 km² die größte Fläche auf und nimmt 92,3 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Rheinland-Pfalz ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt dagegen Tab. 33.

Tab. 32: Verteilung der Flächenkulissen für Rheinland-Pfalz: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	0,5 km ²	0,6 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	3,4 km ²	4,1 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	2,6 km ²	3,0 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	78,3 km ²	92,3 %

Tab. 33: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Rheinland-Pfalz

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	0,3 km ² (0,8 %)	2,0 km ² (5,6 %)	1,7 km ² (4,9 %)	31,4 km ² (88,7 %)	35,4 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Moorfolgeboden	0,2 km ² (0,6 %)	1,4 km ² (4,3 %)	0,9 km ² (2,7 %)	30,3 km ² (92,4 %)	32,8 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	11,1 km ² (100 %)	11,1 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	5,5 km ² (100 %)	5,5 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.12 Saarland

Mit einer Fläche von 8,1 km² bedecken organische Böden etwa 0,3 % der Landesfläche des Saarlands. In der Tab. 34 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Saarland ausgewertet. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Für diese Kulisse sind keine Flächen vorhanden.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 0,5 km², was einem Anteil von 6,2 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Saarland entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 0,4 km², was 4,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Saarland entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 7,2 km² die größte Fläche auf und nimmt 88,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Saarland ein.

Zudem zeigt Tab. 35 die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen.

Tab. 34: Verteilung der Flächenkulissen für Saarland: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	-	-
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	0,5 km ²	6,2 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	0,4 km ²	4,9 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	7,2 km ²	88,9 %

Tab. 35: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Saarland

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	-	0,2 km ² (3,7 %)	0,2 km ² (3,7 %)	5,0 km ² (92,6 %)	5,4 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Moorfolgeboden	-	0,3 km ² (11,1 %)	0,2 km ² (7,4 %)	2,2 km ² (81,5 %)	2,7 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	-	-
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.13 Sachsen

Mit einer Fläche von 340,2 km² bedecken organische Böden etwa 1,8 % der Landesfläche von Sachsen. In der Tab. 36 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 12,6 km², was 3,7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 18,6 km², was einem Anteil von 5,5 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 13,5 km², was 3,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 295,5 km² die größte Fläche auf und nimmt 86,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen wird zusätzlich in Tab. 37 dokumentiert.

Tab. 36: Verteilung der Flächenkulissen für Sachsen: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	12,6 km ²	3,7 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	18,6 km ²	5,5 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	13,5 km ²	3,9 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	295,5 km ²	86,9 %

Tab. 37: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Sachsen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	7,4 km ² (5,4 %)	10,2 km ² (7,4 %)	9,1 km ² (6,5 %)	111,4 km ² (80,7 %)	138,1 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	9,8 km ² (100 %)	9,8 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	4,8 km ² (2,5 %)	7,9 km ² (4,2 %)	4,2 km ² (2,2 %)	172,8 km ² (91,1 %)	189,7 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	0,1 km ² (6,7 %)	0,3 km ² (20,0 %)	0,2 km ² (13,3 %)	0,9 km ² (60,0 %)	1,5 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	0,3 km ² (27,3 %)	0,2 km ² (18,2 %)	-	0,6 km ² (54,5 %)	1,1 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.14 Sachsen-Anhalt

Mit einer Fläche von 840,3 km² bedecken organische Böden etwa 4,1 % der Landesfläche von Sachsen-Anhalt. In der Tab. 38 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen-Anhalt dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 149 km², was 17,8 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen-Anhalt entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 152,7 km², was einem Anteil von 18,1 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen-Anhalt entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 73,4 km², was 8,8 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen-Anhalt entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 465,2 km² die größte Fläche auf und nimmt 55,3 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Sachsen-Anhalt ein.

Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Sachsen-Anhalt kann ergänzend Tab. 39 entnommen werden.

Tab. 38: Verteilung der Flächenkulissen für Sachsen-Anhalt: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	149,0 km ²	17,8 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	152,7 km ²	18,1 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	73,4 km ²	8,8 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	465,2 km ²	55,3 %

Tab. 39: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Sachsen-Anhalt

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	91,2 km ² (18,0 %)	71,8 km ² (14,2 %)	46,1 km ² (9,1 %)	297,7 km ² (58,7 %)	506,8 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	-	-	4,3 km ² (100 %)	4,3 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	54,3 km ² (18,1 %)	74,7 km ² (24,9 %)	26,2 km ² (8,7 %)	144,9 km ² (48,3 %)	300,1 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	-	-
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	3,5 km ² (12,0 %)	6,2 km ² (21,3 %)	1,1 km ² (3,8 %)	18,3 km ² (62,9 %)	29,1 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.5.3.15 Schleswig-Holstein

Mit einer Fläche von 1.925,3 km² bedecken organische Böden etwa 12,2 % der Landesfläche von Schleswig-Holstein. In der Tab. 40 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Schleswig-Holstein tabellarisch dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 209,6 km², was 10,9 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Schleswig-Holstein entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 384 km², was einem Anteil von 19,9 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Schleswig-Holstein entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 261,8 km², was 13,7 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Schleswig-Holstein entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 1.069,9 km² die größte Fläche auf und nimmt 55,5 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Schleswig-Holstein ein.

Die Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen zeigt ergänzend Tab. 41.

Tab. 40: Verteilung der Flächenkulissen für Schleswig-Holstein: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	209,6 km ²	10,9 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	384,0 km ²	19,9 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	261,8 km ²	13,7 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	1.069,9 km ²	55,5 %

Tab. 41: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Schleswig-Holstein

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	81,9 km ² (9,8 %)	138,3 km ² (16,6 %)	87,3 km ² (10,4 %)	527,1 km ² (63,2 %)	834,6 km ² (100 %)
Hochmoorboden	9,8 km ² (3,9 %)	26,7 km ² (10,6 %)	41,0 km ² (16,3 %)	174,2 km ² (69,2 %)	251,7 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	61,8 km ² (21,3 %)	62,6 km ² (21,6 %)	30,7 km ² (10,6 %)	134,9 km ² (46,5 %)	290 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	13,2 km ² (8,4 %)	39,1 km ² (25,0 %)	32,3 km ² (20,6 %)	72,1 km ² (46,0 %)	156,7 km ² (100 %)
Flach überdeckter Hochmoorboden	1,4 km ² (6,6 %)	4,7 km ² (22,3 %)	6,3 km ² (29,9 %)	8,7 km ² (41,2 %)	21,1 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	41,3 km ² (11,1 %)	112,4 km ² (30,3 %)	64,2 km ² (17,4 %)	152,6 km ² (41,2 %)	370,5 km ² (100 %)
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	0,2 km ² (28,5 %)	0,2 km ² (28,5 %)	-	0,3 km ² (42,9 %)	0,7 km ² (100 %)

2.5.3.16 Thüringen

Mit einer Fläche von 100,9 km² bedecken organische Böden etwa 0,6 % der Landesfläche von Thüringen. In Tab. 42 werden die Flächengrößen und der prozentuale Anteil der Ausschluss- und Prüfkulissen an der Gesamtfläche dieser organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Thüringen dokumentiert. Die Ergebnisse für die einzelnen Kulissen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 11,3 km², was 11,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Thüringen entspricht.
- **Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse):** Diese Kulisse erstreckt sich über eine Fläche von 16,4 km², was einem Anteil von 16,3 % an der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Thüringen entspricht.
- **Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit:** Diese Kulisse umfasst eine Fläche von 7,4 km², was 7,3 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Thüringen entspricht.
- **Ausschluss:** Diese Kulisse weist mit 65,8 km² die größte Fläche auf und nimmt 65,2 % der Gesamtfläche der organischen Böden innerhalb des Bundeslandes Thüringen ein.

Zusätzlich zeigt Tab. 43 die Verteilung der Moorbodenkategorien bezüglich Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen.

Tab. 42: Verteilung der Flächenkulissen für Thüringen: Flächengröße und prozentualer Anteil

Kulisse	Flächengröße	Prozentualer Anteil der Kulisse an der Gesamtfläche
Ohne erkennbare umwelt- und insbesondere naturschutzfachliche Restriktion (Prüfkulisse)	11,3 km ²	11,2 %
Mit erkennbarer umwelt- und insbesondere naturschutzfachlicher Restriktion (Prüfkulisse)	16,4 km ²	16,3 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	7,4 km ²	7,3 %
Umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich begründeter Ausschluss	65,8 km ²	65,2 %

Tab. 43: Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Thüringen

Moorbodenkategorie	Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)	Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	Ausschlusskulisse	Gesamtvorkommen
Niedermoorboden	-	-	-	0,6 km ² (100 %)	0,6 km ² (100 %)
Hochmoorboden	-	0,1 km ² (2,7 %)	0,1 km ² (2,7 %)	3,5 km ² (94,6 %)	3,7 km ² (100 %)
Moorfolgeboden	11,3 km ² (11,7 %)	16,3 km ² (16,9 %)	7,3 km ² (7,5 %)	61,7 km ² (63,9 %)	96,6 km ² (100 %)
Flach überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	-	-
Flach überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Niedermoorboden	-	-	-	-	-
Mächtig überdeckter Hochmoorboden	-	-	-	-	-

2.6 Aussagekraft der Ergebnisse, Einschränkungen, weitere Prüfbedarfe

Vorstehend wurden umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich bestimmte Flächenkulis-
sen für Moor-PV-Anlagen auf Bundes- sowie auf Länderebene abgeleitet, welche vier Ebenen
adressieren: 1) Kulisse „Ausschluss“, 2) Kulisse „Ausschluss mit eingeschränkter Prüfmöglich-
keit, 3) Kulisse „Mit erkennbarer Restriktion (Prüfkulisse)“, 4) Kulisse „Ohne erkennbare Rest-
riktion (Prüfkulisse)“, vgl. Definitionen und Erläuterungen in Abschnitt 2.2. Das grundsätzlich
gewählte Vorgehen verdeutlicht Abb. 4.

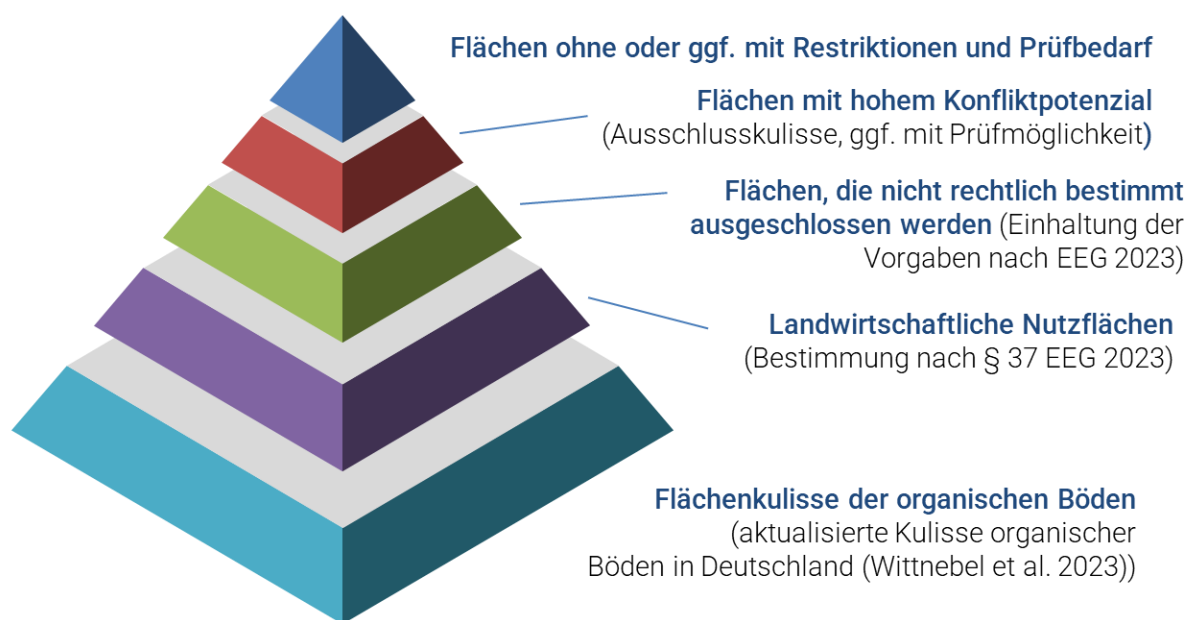


Abb. 4: Pyramide der angewandten Systematik zur Identifikation der Flächen für Moor-PV-Anlagen in Deutschland entsprechend Konfliktpotenzial bzw. erkennbarer Restriktionslage (eigene Darstellung)

Die deutschlandweiten Ergebnisse mit den bundeseinheitlichen Kriterien (Abschnitt 2.5.2) zei-
gen, dass auf 71,4 % der Gesamtfläche der organischen Böden fachrechtliche oder auch ei-
gentumsrechtliche Gründe eine Realisierung grundsätzlich nicht möglich machen (61,2 % -
Ausschluss) oder zumindest unwahrscheinlich erscheinen lassen (10,2 % - Ausschluss mit ei-
geschränkter Prüfmöglichkeit). Damit erscheinen ohne (11,6 %) oder mit möglicherweise
überwindbaren, erkennbaren Restriktionen (17,0 %) nur insgesamt 28,6 % der Moorbodenflä-
chen und damit weniger als ein Drittel als potenziell in Frage kommend für Moor-PV-Anlagen
(vgl. Abb. 5).

Ausgehend von einer Größe der landwirtschaftlich genutzten Moorflächen von ca. 1,1 Mio.
ha (11.000 km²) und bei einer angesetzten Belegungsdichte von 0,25 bis 0,6 MWp ha⁻¹
wurde bislang rein technisch ein Potenzial von 275 bis 660 GWp abgeschätzt (ISE 2024a).
Der Wertebereich bedarf somit einer Neueinschätzung:

- Zugrunde zu legen sind statt 11.000 km² mindestens 18.098 km² Moorbodenfläche (Abschnitt 2.5.2).
- Realistisch erscheint eine Potenzialobergrenze bei der Flächenkulisse von 28,6 % (Nicht-Ausschlussflächen), eher noch weniger, s. im Weiteren.

- Damit wäre mit den o. g. Belegungsdichten folgendes rein technische Potenzial für Moor-PV-Anlagen in Deutschland relevant: 129 GWp bis 311 GWp, also nur rund die Hälfte der Potenzialabschätzung nach ISE (2024a).

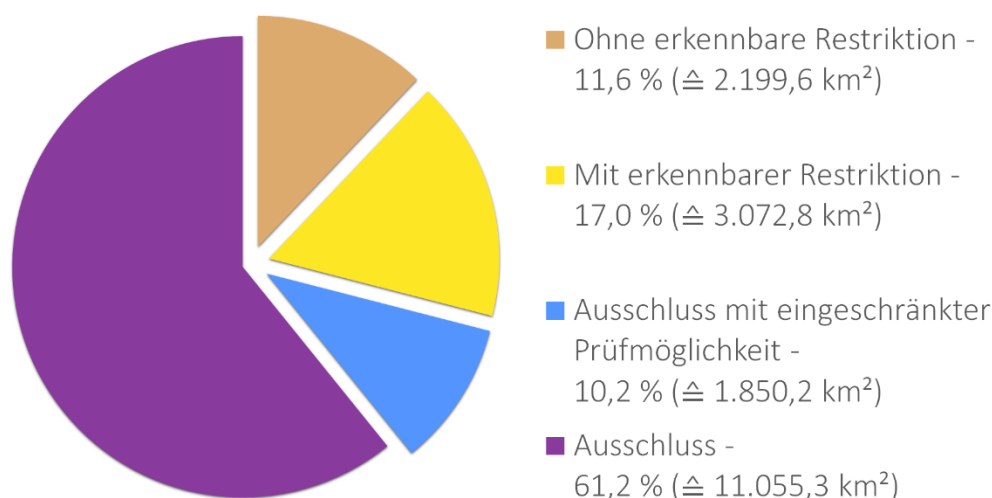


Abb. 5: Flächenanteile der bundesweiten Ausschluss- und Prüfkulissen für Moor-PV (vgl. Abschnitt 2.5.2)

Einschränkungen im Hinblick auf die Ergebnisse ergeben sich maßstabsbedingt im Hinblick auf die räumliche Genauigkeit. Inhaltlich sind die Ergebnisse abhängig von den angewandten Kriterien, deren fachrechtlicher und sonstiger Interpretation sowie vom Umfang, der Aktualität und der Qualität der zugrunde gelegten Geodaten. Hier wurde bestmöglich geprüft und verifiziert, wobei letztlich ein weitgehend homogener, einheitlicher Datensatz für alle Bundesländer und damit auch auf der Bundesebene Anwendung fand. Gerade durch die Einbeziehung des Arbeitskreises Moorschutz der Länder in Bezug auf Zuordnungsfragen erscheint das Ergebnis fachlich belastbar und zunächst als gute Grundlage weiterer Analysen bzw. als strategische Fachgrundlage beim Bund und in den Ländern. Hier ist noch einmal der Hinweis anzubringen, dass derzeit auch die Errichtung von PV-Anlagen auf entwässertem Moorboden (in Form von normalen Freiflächenanlagen und ohne erhöhte Vergütung nach dem EEG) zulässig ist. Bezüglich der Ausschlusskriterien wären aber gleiche Maßstäbe anzulegen.

Auf der Ebene konkreter Planungen bzw. in Genehmigungsverfahren können die Daten nur als Anhaltspunkt zur orientierenden Beurteilung („Ersteinschätzung“) dienen. Es ist zwingend erforderlich, dann die jeweils aktuellen Daten aller relevanten Umweltfachbereiche zu besorgen, zu analysieren und entsprechend der fachlichen und rechtlichen Kontexte zu bewerten.

3 Umwelterhebliche Anforderungen und Wirkungen von Moor-PV-Anlagen

3.1 Einführung

Die Etablierung von Moor-PV-Anlagen bietet die Chance, auf Grund der parallel erforderlichen Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Moorböden deren weitere Degradation aufzuhalten und damit insbesondere die negativen Wirkungen im Hinblick auf eine Freisetzung von Treibhausgasen im mindesten deutlich zu reduzieren (Abschnitt 1.1). Je nach Umfang einer Wiedervernässung, vor allem bei einer stärkeren Vernässung bzw. einem Hinausgehen über die Mindestvorgaben der Bundesnetzagentur (2023), s. a. Abschnitt 2.1.3, und insbesondere bei Einhaltung von Gestaltungskriterien zur Minderung potenzieller ökologischer Konflikte (Abschnitt 3.8) bestehen auch Potenziale im Hinblick auf die ökologische Funktionsfähigkeit von Mooren im Einflussbereich von Moor-PV-Anlagen. Andererseits sind bei Anlage, Bau (auch Rückbau) und Betrieb von PV-Anlagen auch viele technische Erfordernisse relevant, die dazu führen, dass wiedervernässte Moor mit PV-Anlagen in ihren ökologischen Verhältnissen nicht vollständig mit (komplett) wiedervernässten Mooren ohne PV-Anlagen vergleichbar sind. Moore mit PV sollten sich idealerweise naturnahen Verhältnissen annähern, werden diese aber technogen bedingt praktisch nicht erreichen können.

Technische Anforderungen, aber auch Maßnahmen im Sinne einer Gestaltung zur Minderung ökologisch nachteiliger Auswirkungen von PV-Anlagen auf Mooren, sind letztlich mit betriebswirtschaftlichen Aspekten verbunden. Höhere Ausgaben oder finanzielle Risiken könnten die Profitabilität bzw. die Rentabilität von Moor-PV-Anlagen gefährden. Eine große Rolle spielt für potenzielle Anlagenbetreiber neben den Aspekten, die nachfolgend thematisiert werden, deshalb auch die Entfernung zum nächsten (freien) Stromnetzverknüpfungspunkt, der aus einem Transformator (kurz auch: Trafo) sowie notwendigen Schalt-, Mess- und Steuereinrichtungen zur Überwachung des Stromflusses besteht. Ist hier die Entfernung zu groß (üblicherweise ab 3 km), kann wegen erheblicher Kosten im Zusammenhang mit längeren Stromleitungszuführungen bereits die Wirtschaftlichkeit eines Moor-PV-Anlagen-Projekts gefährdet oder ggf. sogar bereits die Schwelle zur Unwirtschaftlichkeit überschritten sein. Neben der Entfernung zum Stromnetz bildet auch die Aufnahmekapazität des Stromnetzes einen entscheidenden Faktor (Fakharizadehshirazi & Rösch 2024). Dies kann dazu führen, dass Anlagen, anders als ursprünglich vorgesehen, bezüglich der Größe bzw. Leistung vermindert (nachskaliert) werden müssen, um eine Anschlussgenehmigung vom Netzbetreiber zu erhalten. Ggf. besteht dann auch wieder die Gefahr der Unwirtschaftlichkeit.

Im Zusammenhang mit der Moorbiedervernässung ist zudem gemäß Bundesnetzagentur (2023) eine standortangepasste landwirtschaftliche Bewirtschaftung zulässig (Paludikulturen), so dass sich auch hieraus Einnahmemöglichkeiten für den Flächenbewirtschafter (und den Flächeneigentümer über Pachtzahlungen) ergeben.

In diesem Kapitel werden nachfolgend die umwelterheblichen Anforderungen und Wirkungen der Moor-PV-Anlagen detailliert thematisiert. Von daher werden folgende Analysen durchgeführt bzw. Betrachtungen angestellt:

- Technische Erfordernisse und Möglichkeiten bei Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 3.2)
- Eine ausführliche Literatur- und Informationsrecherche zur Thematik der Umwelterheblichkeit im Bereich Moor-PV, aber auch aus Gründen der Neuartigkeit von Moor-PV in den Bereichen terrestrische Freiflächen-PV, Agri-PV und Floating-PV (Abschnitt 3.3)

- Ökologische und naturschutzfachliche Anforderungen für wiedervernässte Moore und wiedervernässte Moore mit PV-Anlagen (Moor-PV) (Abschnitt 3.4)
- Analysen/Darlegungen zum Kenntnisstand und vorläufige Schlussfolgerungen zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV (Abschnitt 3.5)
- Ein Fazit zum Forschungsstand und den daraus folgenden Schlussfolgerungen (Abschnitt 3.6)
- Landwirtschaftliche Anforderungen bei wiedervernässten Mooren (Paludikulturen) (Abschnitt 3.7)
- Gestaltungskriterien zur Minderung ökologischer Konflikte und umwelterheblicher Belastungen (Abschnitt 3.8)

Hinweis

Nachfolgend wurden zur Möglichkeit der weitergehenden fachlichen Information einige Internetlinks zu Pressemitteilungen, Verbandsinformationen und zu Herstellern angebracht. In Einzelfällen erfolgt auch ein direkter Bezug auf technische Informationen von Herstellern.

Es war aber nicht Anspruch und Ziel, ein vollständiges Bild über die Hersteller bzw. die Marktsituation oder Verbände und Presseorgane zu geben. Die Links stellen im Sinne des Forschungsauftrages explizit keine Empfehlungen für einzelne Hersteller, Produkte, Verbände oder Presseorgane dar, sondern dienen nur dem beschriebenen informatorischen Zweck.

3.2 Technische Erfordernisse und Möglichkeiten bei Moor-PV-Anlagen

3.2.1 Photovoltaik-Anlagen und Begleitmaßnahmen

Photovoltaikanlagen benötigen Platz und führen zur Abschirmung der Moorböden gegenüber der Atmosphäre (horizontal oder vertikal oder beides). Dabei sind folgende Bauformen grundsätzlich relevant:

- 1. Fest aufgeständerte Anlagen:** Hier wird auf feste („starre“) Montagestrukturen im Sinne eines Tragsystems gesetzt. Insofern sind hier Gestelle betroffen, die in einem festen Winkel aufgestellt sind und auf welche die Solarmodule montiert werden, s. z. B. <https://www.solarserver.de/2024/05/14/neues-montagesystem-fuer-photovoltaik-freiflaechenanlagen-von-k2-systems/> (letzter Abruf: 10.07.2024). Häufig wird auf eine ideale Südausrichtung der Solarmodule mit einer von der geographischen Breite abhängigen Neigung (möglichst lange Zeit senkrecht zur einfallenden direkten Sonnenstrahlung); bei einigen Anlagen wird aber auch bewusst auf eine Ost- oder Westausrichtung der Module (oder ggf. beides) gesetzt, um mehr Strom zu Zeiten hohen Strombedarfes und damit hoher Einspeisevergütung zu setzen. Dann sind ggf. auch zeltdachartige Konstruktionen der Module möglich, die Ost- und Westausrichtung kombinieren, s. z. B. https://www.sl-rack.com/wp-content/uploads/2021/09/SL_Rack_Uebersicht_Freiflaechensysteme_DE-2.pdf (letzter Abruf: 10.07.2024), <https://www.pv-stahlbau.de/fix-tilt-systeme/zim-3-ew/> (letzter Abruf: 10.07.2024) oder <https://reca-unterkonstruktion.de/pv-systeme/> (letzter Abruf: 13.07.2024).
- 2. Nachgeführte Anlagen:** Dabei handelt es sich um Systeme mit beweglichen Unterkonstruktionen und Modulen, die der horizontalen und /oder vertikalen Sonnenposition folgen, um den Ertrag vor allem aus der direkten Strahlung zu maximieren. Zu unterscheiden sind einachsige (einfache) Systeme, die der horizontalen Nachführung dienen (tägliche horizontale Bahn der Sonne) oder der vertikalen Nachführung (tägliche vertikale Bahn der Sonne), und zweiachsige Systeme, die sich sowohl horizontal als auch vertikal (Nachführung des Neigungs- bzw. Elevationswinkels) an die tägliche Sonnenbahn anpassen und damit die Energieausbeute maximieren, vgl. z. B. <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/delta-electronics-netherlands-bv/Wattmanufactur-GmbH-Co-KG-eroeffnet-Deutschlands-groessten-Solarpark-auf-einachsigen-Nachfuehrgestellen-mit-M88H-Wechselrichtern-von-Delta-Electronics/boxid/1082341>. (letzter Abruf: 17.11.2023) oder <https://www.pv-magazine.de/2024/05/27/anywhere-solar-entwickelt-zweiachsiges-nachfuehrsystem-fuer-agri-photovoltaik/> (letzter Abruf: 10.07.2024).
- 3. Vertikale Anlagen:** Diese Anlagen werden „zaunartig“ errichtet (aufrecht, d.h. im Winkel von 90° zur Erdachse) und nutzen in der Regel bifaziale Solarmodule, um aus beiden Richtungen Energie zugewinnen; vgl. z. B. <https://www.agrarheute.com/pflanze/vertikale-agri-pv-fuer-welche-landwirte-lohnt-billigste-anlage-608440> (letzter Abruf: 10.07.2024), <https://next2sun.com/> (letzter Abruf: 10.07.2024), <https://www.agripv-solutions.com/agri-pv-senkrechte-wandaufst%C3%A4nderung> (letzter Abruf: 10.07.2024). Bifaziale Module können im Übrigen auch in anderen Anlagentypen zum Einsatz kommen, um z. B. aus der Reflexion von Wasser oder der Vegetation einen zusätzlichen Vorteil zu ziehen.

4. Alle Anlagenformen lassen sich grundsätzlich auch als **Agri-PV-Anlagen** nutzen. Agri-PV-Anlagen bilden gemäß DIN SPEC 91492:2024-06 eine „kombinierte Nutzung ein und derselben Landfläche für landwirtschaftliche Produktion als Hauptnutzung und für Stromproduktion mittels einer PV-Anlage als Sekundärnutzung“ (S. 8). Nach DIN SPEC 91434:2021-05 werden Agri-PV-Anlagen in zwei Kategorien differenziert: Agri-PV-Anlagen mit einer Aufständigung mit lichter Höhe (Kategorie I) sowie Agri-PV-Anlagen mit einer bodennahen Aufständigung (Kategorie II). Horizontalanlagen müssen insofern je nach geplanter landwirtschaftlicher Nutzung mit entsprechend hohen und weiten (lichte Weite), d. h. im Regelfall mit Agrartechnik befahrbaren Gestellen ausgerüstet werden. Vertikale Anlagen müssen ebenso in entsprechend benötigter lichter Weite aufgestellt werden – idealerweise orientiert an der Fahrbreite entsprechender Landtechnik, vgl. z. B. <https://www.pv-magazine.de/2024/01/22/agri-photovoltaik-die-symbiose-von-solar-energie-und-saat/> (letzter Abruf: 10.07.2024), <https://www.br.de/nachrichten/bayern/pilotprojekt-hat-erfolg-agri-pv-im-hopfengarten-rechnet-sich,UGhiQkn> (letzter Abruf: 10.07.2024). Auch Agri-PV-Anlagen können nachgeführt werden (s. o.). Teilweise wird auch auf klappbare Anlagen gesetzt, d. h. zur Ernte werden die Module senkrecht gestellt bzw. weggeklappt, um den Agrartechnikeinsatz zu ermöglichen bzw. zu erleichtern, vgl. z. B. <https://www.topagrar.com/energie/news/agri-pv-groesste-anlage-deutschlands-geht-in-betrieb-20005709.html> (letzter Abruf: 06.08.2024).
5. Technisch möglich wären auf wiedervernässten Mooren mit dauerhaftem Überstau grundsätzlich auch **schwimmende Photovoltaikanlagen (Floating-PV-Anlagen – FPV)** bzw. entsprechend des **Prinzips der Schwimmgründung bzw. des Schwimmkörpers** mit den einhergehenden Konstruktionsprinzipien der horizontalen oder vertikalen Anlagen (mit einer Kompensation der Lasten über den Auftrieb und dem notwendigen Abtrag von Querkräften und Drehmomenten über zusätzlich eingesetzte Abspannseile): Noch gibt es dafür aber offensichtlich auch kein Fallbeispiel in Deutschland. Grundsätzlich ist für viele Moore ein dauerhafter Überstau weder aus hydrologischen Gründen möglich, noch ist dieses ökologisch allerorten moortypengerecht. Zudem ist die Gefahr von mechanischen Schäden der Mooroberfläche auf Grund horizontaler und vertikaler Bewegungen der teils getauchten Schwimmkonstruktion sehr groß, insbesondere unter Windlast, zumal bei schwankenden Wasserständen (vgl. auch Greifswald Moor Centrum 2023). Insofern erscheint diese Konstruktionsform für Moore als kritisch und sollte nur im Einzelfall, bei entsprechend gegebenen Rahmenbedingungen erwogen werden. Sie ist unter den Maßgaben des § 36 Abs. 3 WHG aber konstruktionsbedingt ideal geeignet für künstliche oder erheblich veränderte Gewässer, s. z. B. <https://www.baywa-re.de/de/solar/systemanwendungen/floating-pv> (letzter Abruf: 10.07.2024).

Ein weiteres technisches Erfordernis ergibt sich, außer für FPV, aus Sicht der Gründung, da wiedervernässte Moore einen schwierigen und anspruchsvollen Baugrund darstellen. Neben statischen Konstruktions- und Gründungsaspekten (Lastabtrag, hydrostatischer Auftrieb) sind insbesondere auf Grund schwankender Wasserstände, moortypischer bodeninnerer Bewegungen und wechselnder Windlasten auch dynamische Kräfte zu beachten. Zudem sind Moore mitunter sehr tiefgründig. Grundsätzlich erscheinen von daher folgende Gründungsvarianten zunächst möglich:

1. **Pfahlgründung bis in den mineralischen Untergrund:** Einbringen von tragfähigen Pfählen durch Rammen/Eindrücken oder Schrauben/Drehen bis in den mineralischen Untergrund; Verwendung finden im Regelfall Verdrängungspfähle, seltener Bohrspfähle oder ggf. auch Mikropfähle
2. **Pfahlgründung bis in den mineralischen Untergrund, aber zusätzlich mit Fundament:** Pfahlgründung wie bei vorstehend, aber zusätzlich Einbringen von Fundamenten in den Untergrund (meistens Rammfundamente) aus statischen Gründen oder aus Gründen der Bodenbeschaffenheit im Untergrund; offenbar kommt als Fundamentmaterial häufig verzinkter Stahl zum Einsatz, ggf. auch als (beschichtete) Stahlbodenanker (Kufeld 2019)
3. **Schwimmende/schwebende Pfahlgründung:** Insbesondere bei tiefgründigen Mooren ggf. Pfahlgründung nur im Bereich des Torfkörpers. Dabei wird vertikal (Längskraft) auf einen Lastabtrag über die Mantelreibung gesetzt. Quer- und Torsionskräfte müssen, ebenso wie bei den anderen Pfahlgründungen, vornehmlich durch eine entsprechend angepasste Pfahlausbildung abgefangen werden. Bei der statischen und der dynamischen Bemessung ist der hydrostatische Auftrieb zu berücksichtigen. Die Längskraft wird maßgeblich von der Auflast aus Anlagenunterkonstruktion, Solarmodulen und weiteren Elementen (Kabel, ggf. Mikrowechselrichter etc.) bestimmt. Eine Verwendung von leichten Materialien/Strukturen ist hierbei von hoher Bedeutung. Vor allem eignen sich Konstruktionen aus Aluminium, Kunststoff oder Carbon bzw. carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK, Mix von Kunststoff und Kohlestofffasern).
4. **Flachgründung mit Lastverteilung:** Bei solchem Verfahren werden große, flache Platten oder Matten verwendet, um das Gewicht der Photovoltaikanlage auf eine größere Fläche zu verteilen. Das soll das Einsinken in den weichen Moorboden verhindern, wobei dann vorzugsweise gewichtsarme Halterungs- und Modulvarianten gefragt sind, s. vorstehend. Das Verfahren einer Flachgründung ist aber ökologisch stark nachteilig, da es den Moorboden relativ großflächig abdeckt. Zudem wird nach unten in den Moorkörper immer noch ein Druck erzeugt, der mit der Gefahr der Verdichtung einhergeht. Zudem kommt es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu horizontalen und vertikalen Eigenbewegungen, die wiederum die Bodenoberfläche und die vorhandene Flora (und auch Fauna) zerstören können. Hier spielen vor allem Wasserstandsschwankungen im Torfkörper mit Aufquellen und Setzen des Bodens, ggf. auch geringer Grundwasserflurabstand und Überstau an der Oberfläche (hydrostatischer Auftrieb) sowie die Windlast eine entscheidende Rolle.

Weitere wichtige Anlagenteile sind:

- Ggf. **Abspannungen** aus statischen Gründen (z. B. mit Stahl- oder Kunststoffseilen), generell z. B. auch Freiflächen-PV-Anlagen; dabei müssen die Abspannseile im tragfähigen Bereich verankert werden, regelmäßig unterstützt durch geeignete Fundamentierungen oder belastbare Ramppfähle; bei Moor-PV wird man das ggf. nur außerhalb der Moorbodenflächen und damit im mineralischen Boden realisieren können.
- **Zu-/Abführungen von Strom- und Nachrichtenleitungen**, die über Luft geführt werden können, häufig aber in den Boden eingraben werden (Erdkabel)
- **Wechselrichter** – als Mikrowechselrichter unter den Solarmodulen, häufig aber zentral in eigenen Gebäuden oder in Containern
- **Löschteiche** für den Brandfall im Sinne von verfügbarem Löschmittel, inner- oder außerhalb der Moorflächen

- **Zäune zur Geländesicherung** (gegen unbefugtes Betreten und zur Verhinderung von Elektrounfällen, aber vor allem auch zum Schutz vor Diebstahl und Vandalismus)

Beim Bau und vor allem beim Rückbau auf nassem Untergrund ist die **Erreichbarkeit der Flächen** zur Realisierung von Montagearbeiten ein vor allem bodenschutzfachlich bedeutsames Kriterium. Entsprechende Schutzvorkehrungen, wie z. B. Bodenschutzmatten, Einsatz möglichst leichter Technik oder ggf. sogar Handarbeit, spielen umweltfachlich eine große Rolle. Auch für Inspektionen/Kontrollen sowie Wartungs- und Reparaturarbeiten ist die Erreichbarkeit der Anlagenteile wichtig, erfordert aber wiederum Maßnahmen zur Gewährleistung des Bodenschutzes, s. zu beidem im Weiteren. Auch aus Naturschutzsicht sind regelmäßig Obliegenheiten zu beachten, z. B. Einschränkungen durch die Brutzeit der Vögel, andere Schutz- und Schonzeiten oder -maßnahmen. Es empfiehlt sich, dies durch eine Umweltbaubegleitung bzw. alternativ durch eine bodenschutzfachliche und eine ökologische Baubegleitung abzusichern.

3.2.2 Maßnahmen zur Wiedervernässung

Maßnahmen zur Wiedervernässung von Mooren im Kontext mit Moor-PV müssen bzw. können regelmäßig einen oder mehrere der nachfolgenden Maßnahmenkomplexe umfassen:

- **Wasserrückhaltung durch naturbasierte oder technische Maßnahmen** (Wiedervernässung/Verschluss von Abflusswegen zum Wasserrückhalt (Grabenverschluss, Spundwände, Stauanlagen, Anlage von Dämmen, Rückbau/Verschluss von technischen Entwässerungseinrichtungen wie z. B. Drainung etc.)
- **Wasserrückhalt durch Einstellung/Modifizierung von Schöpfwerks-/Pumpbetrieb in Poldern (Niedermoore)** (Aufgabe oder Veränderung der Entwässerung; damit Anheben der Graben- und Grundwasserstände)
- **Ggf. Zuwässerung zur Verbesserung der Wasserversorgung in Niedermooren** (Zuwässerungsmaßnahmen in Senken/Poldern, Schaffen von Einstrommöglichkeiten aus (auch zeitweilig) höherer Vorflut (Meer, Fluss, See))
- **Sonstige hydrologische Maßnahmen** (Sonstige Maßnahmen zur Erhöhung der Grundwasserneubildung, des Grundwasserstandes oder des Grundwasserzustroms, z. B. Bewässerungssysteme, Perforationsmaßnahmen im Torfkörper)
- **Ggf. Reliefoptimierung** (z. B. Planieren) (Gestaltung von Relief (Mikrorelief) zur Optimierung von Grundwasserflurabständen (Niedermoore) und Regenwassersammelbereichen (Hoch-/Zwischenmoore))
- **Ggf. Flachabtorfung der obersten, degradierten Torfschicht(en)** zur Verbesserung vertikaler bodenhydrologischer Prozesse und zur Verminderung von Nährstofffreisetzung (insbesondere gewässereutrophierungsrelevante Phosphorauswaschung)

Hierfür sind im Regelfall bauliche Maßnahmen erforderlich, die man aber auch im Falle „normaler“ Wiedervernässung ohne PV-Anlagen bräuchte („Sowieso“-Effekt), vgl. Tab. 44. Grundsätzlich gelten hier aber auch die gleichen Schutzerfordernisse für den Boden oder für andere Schutzgüter wie oben bereits beschrieben, s. hierzu auch Abschnitt 3.5.5.

Eine Schwierigkeit bei Wiedervernässung besteht im tatsächlichen Erreichen der Zielwasserstände. So kann sich das Relief durch eine unterschiedlich starke Rückquellung des Torfkörpers erheblich verändern (Sauerbrey & Schmidt 1993). Damit können sich je nach Art und Umfang der Torfsackung Standorte mit differierenden Flurabständen des Moorwassers etablieren,

welche auch unterschiedliche Sukzessionsstadien und -geschwindigkeiten der Vegetationsentwicklung zur Folge haben. Von daher sind Monitoring und ggf. spätere Ergänzungsmaßnahmen, z. B. ggf. weitere Stau in Niedermooren, sehr wichtig für den Erfolg (Kapfer & Trepel 2024).

Tab. 44: Mögliche bzw. gängige Wiedervernässungsverfahren und -maßnahmen für Nieder- und für Hochmoore, inhaltlich erweitert/ergänzt auf Grundlage von Eggelsmann (1989), LUA Brandenburg (2004), Blankenburg et al. (2022) bzw. Graf et al. (2022), aus: Mehl & Massa (2025)

Vernässungsverfahren	Maßnahmen	Nieder-moore	Hoch-moore
Stauverfahren	Grabenanstau (dauerhafte Erhöhung des Wasserspiegels, z. B. durch Stauanlagen))	x	x
	Grabeneinstau (Wasserrückhaltung durch naturbasierte oder künstliche Methoden, ggf. auch zeitweilig)	x	x
	Grabenverfüllung oder -verlegung	x	x
	Furcheneinstau (Einleitung/Einstau von Wasser in Furchen (bzw. Rillen bzw. geschlitzter Boden))	x	x
	Flächeneinstau (gezielter Einstau von Flächen)	x	x
Staurieselung	Staurieselung (Wassersammlung in einem Staubecken und Einleitung über Rieselkanäle)	x	x
Verfahren der Überflutung bzw. Vorflutveränderung	Fluten der Niederung/Aue bei höheren Vorflutwasserständen (Gewässer außerhalb), z. B. in Küsten- oder Auenüberflutungs-mooren durch Deichschlitzen/-entfernung	x	
	Vorflutanpassung/Gewässerrenaturierung (Anhebung der Gewässersohle oder hydraulische Quer-/Längsprofilanpassung (Fließgewässer) bzw. der Wasserspiegellage (Fließgewässer und Seen)	x	
Rieselung	Einfache Hangrieselung	x	
	Staugrabenrieselung (Kombination von Grabenstau und Wasserverteilung auf den Flächen per Rieselung)	x	(x)
Rückhaltung von Niederschlagswasser oder Grundwasser	Bau von Dämmen (Verwallungen) aus Torf	x	x
	Dichtwand aus gering wasserdurchlässigem Material (vor allem Schwarztorf, vererdeter Oberboden, bindiger Boden), ggf. auch Foliendichtung	x	x
	Errichtung von Spundwänden (Holz, Kunststoff, ggf. Komposite)	x	x
Aufhebung oder Minderung der Wirkung von technischen Entwässerungsmaßnahmen	Inaktivierung von Drainanlagen oder Ableitungsbauwerken	x	x
	Einstellen des Schöpfwerksbetriebs oder Veränderung von Schöpfwerkspeilen bzw. der Grabenwasserstände im Polder	x	

3.3 Literatur- und Informationsrecherche/-analyse

3.3.1 Zielstellung

Im Rahmen der Literatur- und Informationsrecherche bzw. -analyse standen die folgenden Aufgaben im Zentrum:

- Auswertung der national und international verfügbaren Literatur im Hinblick auf die Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf die Belange von Naturschutz, Bodenschutz, Klimaschutz, Gewässerschutz etc., ggf. auch im Hinblick auf Monitoring-Empfehlungen
- Einbeziehung von Ergebnissen zu Auswirkungen anderer PV-Anlagentypen (z. B. Freiflächenphotovoltaik-Anlagen, FPV), soweit fachliche Analogieschlüsse relevant sind
- Eruierung verschiedener bau- und anlagentechnischer Ausführungsmöglichkeiten, u. a. auch Recherche im Hinblick auf technische Innovationen im Bereich Moor-PV
- Ermittlung typischer Biozönosen wiedervernässter Moorbodenflächen unter Einbeziehung verschiedener Standortfaktoren sowie Begleiterscheinungen, z. B. Pflegeerfordernisse und Sensitivität gegenüber Bewirtschaftung oder Störung
- Recherche zu Möglichkeiten zur weiteren landwirtschaftlichen Nutzung der Moor-PV-Flächen inklusive Anforderungen an die Bewirtschaftung sowie ökologische/naturschutzfachliche Wirkungen
- Ableitung von Wissensdefiziten, die sich im Ergebnis der Literaturrecherche/-analyse und deren Bewertung ergeben
- Erstellung einer (matrizenhaften) Übersicht zu ggf. bereits bekannten und potenziellen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen sowie von gleichartig wirkenden anderen Strukturen auf die Belange von Naturschutz und Landschaftspflege (weitestgehend nach der in Abschnitt 3.5 dargestellten Systematik)

Die Literatur- und Informationsrecherche dient als Grundlage für die Ableitung umwelterheblicher Anforderungen und Wirkungen von Moor-PV-Anlagen und stellt damit die Basis der folgenden Kapitel dar.

3.3.2 Methodik

Das Ziel jeder Literaturrecherche besteht darin, Veröffentlichungen zu finden, die zur relevanten Thematik oder den interessierenden Fragestellungen passen. Eine wissenschaftliche Recherche basiert zudem stets auf systematischen Ansätzen, d. h. klaren Regeln der Analyse und Zuordnung. Insofern können die Vorteile der digitalen Informationswelt optimal genutzt werden, indem vorab Ein- oder Ausschlusskriterien definiert werden, die eine effektive computer- bzw. webbasierte Analyse ermöglichen.

Hierzu wurden verschiedene thematisch relevante Suchbegriffe zusammengestellt. Mithilfe dieser Begriffe wurde in wissenschaftlichen Datenbanken nach passenden Literaturstellen gesucht. Besonders die Kombination von Suchbegriffen erlaubt eine präzisere Suche im Hinblick auf die thematischen Zusammenhänge. Folgende Begriffe (deutsch/englisch) wurden für die Suche hauptsächlich verwendet:

- Photovoltaik und klimatische Effekte/photovoltaic and climate effects
- Photovoltaik und Umwelteffekte/photovoltaic and environmental effects

- Photovoltaik und Ökologie/photovoltaic and ecology
- Photovoltaik und Verdunstung/photovoltaic and evaporation
- Photovoltaik und Lichtlimitation/photovoltaic and light limitation
- Moor Photovoltaik/mires photovoltaic, peatland photovoltaic
- Photovoltaik-Technologie/photovoltaic technology
- Photovoltaik auf organischen Böden/photovoltaic on organic soils

Die Literaturrecherche wurde auf dieser Basis vornehmlich (aber nicht ausschließlich) in folgenden öffentlich zugänglichen Datenbanken durchgeführt:

- ResearchGate
- Google Scholar
- ScienceDirect
- Scopus
- Web of Science

Berücksichtigt wurden bei der Recherche publizierte Artikel (überwiegend peer-reviewed) in Fachzeitschriften, Buchbeiträge, aber auch Fachempfehlungen und Leitfäden der Bundesländer und relevanter Institutionen (Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende gGmbH, Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt, Greifswalder Moorzentrum, Universitäten, Hochschulen usw.). Ferner wurde teilweise auch Literaturhinweisen aus den identifizierten und analysierten Publikationen nachgegangen.

Die Sammlung der Arbeiten und Veröffentlichungen erfolgte systematisch mit der professionellen Literaturverwaltungssoftware „Citavi 6“. Neben der eigentlichen Literaturrecherche erfolgte zudem eine Einbeziehung von Projektträgern/Investoren und Fachfirmen und des hier vorhandenen Wissens durch Internetrecherche, Telefonate und zum Teil persönliche Gespräche vor Ort. Dabei standen folgende Themen im Vordergrund:

- Technische und ökonomische Aspekte zu Moor-PV-Anlagen
- Erfahrungswerte zu Planung, Bau und Betrieb sowie zur Genehmigung von Moor-PV-Anlagen
- Wissen um bestehende oder geplante Moor-PV-Anlagen-Standorte in Deutschland

Letztere Rechercheergebnisse sind aber nicht Teil der Literaturanalyse, sondern finden ihren Niederschlag an der passenden Stelle in den nachfolgenden Darstellungen.

3.3.3 Ergebnisüberblick, Metadaten-Analyse

Im Rahmen der Literaturanalyse wurden insgesamt 132 Arbeiten recherchiert und ausgewertet (Stand Juli 2023). Welche wesentlichen methodischen Ansätze in der analysierten Literatur verfolgt wurden und mit welchen geographischen Regionen sich die Literatur beschäftigt, zeigt Abb. 6 im Überblick. Hierzu wurden die recherchierten Arbeiten nach den folgenden Kategorien systematisiert, d. h. in ihrem Wesen charakterisiert:

- Charakter einer Literaturanalyse (Review in einer Fachzeitschrift)
- Ergebnisse eines praktischen Untersuchungsansatzes (Feld- oder Laborforschung als Studie in einer Fachzeitschrift)

- Ergebnisse einer deterministischen, statistischen oder konzeptionellen Modellierung (als Studie in einer Fachzeitschrift)
- Fachberichte (nicht in einer Fachzeitschrift veröffentlicht) oder Buchkapitel (eher beschreibend, zusammenfassend)
- Ergebnisse einer Expertenbefragung (als Studie in einer Fachzeitschrift)

Die meisten Arbeiten sind hiernach Arbeiten, die sich ebenfalls mit der Literaturanalyse (Review) beschäftigen, gefolgt von Arbeiten mit einem praktischen Untersuchungsansatz. Die weiteren Ansätze sind deutlich geringer vertreten.

Das Gros der Arbeiten (47) behandelt die Thematik aus der nationalen, deutschen Perspektive oder hat in Deutschland entsprechende Untersuchungsobjekte. Hiernach folgen Arbeiten mit dem restlichen Europa als Bezugs- oder Untersuchungsraum (40), 37 Arbeiten für Amerika (Süd-, Mittel- und Nordamerika), 13 Arbeiten für Asien und nur 5 Arbeiten für Afrika (Abb. 6).

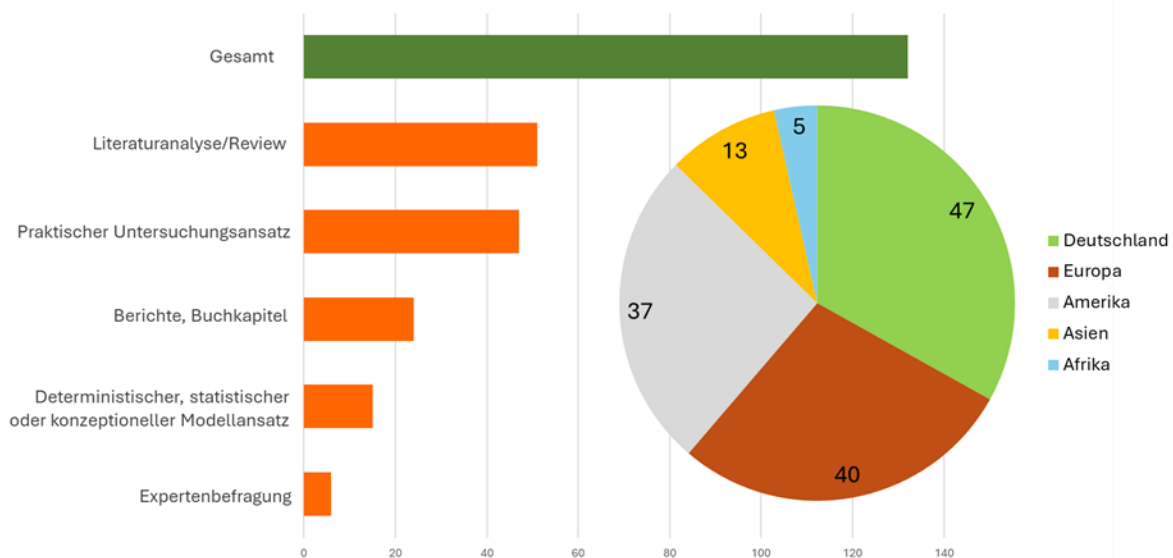


Abb. 6: Wesentliche methodische Ansätze in der analysierten Literatur (Balkendarstellung) und betrachtete geographische Schwerpunkte (Kreisdarstellung); teilweise Mehrfachzuordnung bei Methodenkombination und länderübergreifender Betrachtung

Gómez-Catasús et al. (2024) fanden bei mehr als 2.000 analysierten internationalen Studien zur übergeordneten Gruppe der Freiflächen-PV-Anlagen eine vergleichbare Anzahl an Arbeiten (180 Studien), die sich mit potenziellen umwelterheblichen Auswirkungen beschäftigen. Die meisten dieser Studien befassen sich mit den Auswirkungen der Photovoltaik auf die Veränderung von Lebensräumen auf Landschaftsebene (33 %) und auf räumlich konkreterer Lebensraumbene (20 %) sowie in Bezug auf das Mikroklima auf Mikrohabitatebene (17 %). Andere Themen wurden kaum behandelt (z. B. Auswirkungen der PV-Anlagen auf die Eigenschaften der Moorkörper selbst und auf die Moorsubstrate oder Auswirkungen auf das Mikroklima in der Landschaft bzw. im Landschaftsmaßstab oder Potenzial von Photovoltaik-Systemen für die Landwirtschaft). In 53 Studien wurden nur einzelne Anlagen untersucht. Die Situation vor dem Anlagenbau (Ausgangssituation bzw. Ist-Zustand) war jedoch nur in 8 % der Studien Gegenstand von Untersuchungen. Dies wäre aber für entsprechende Vergleiche durchaus von

hoher Bedeutung, gerade für das BACI-Design („Before-After-Control-Impact“). Hier sind demnach Erkenntnisdefizite vorhanden.

Interessant ist, wie sich die hier gefundenen 132 Arbeiten, soweit dies differenzierbar ist, auf die Untergrund- bzw. Bodenverhältnisse für die PV-Anlagen verteilen (Abb. 7). Analysiert werden konnten danach immerhin 30 Arbeiten, die sich bereits mit PV-Anlagen auf organischen Böden beschäftigen, 41 Arbeiten, bei denen die Bodenverhältnisse nicht zugeordnet werden können, und 44 Arbeiten zu PV-Anlagen auf mineralischen Böden, außerdem 9 Arbeiten zu PV-Anlagen auf Gebäuden und 16 Arbeiten zu Floating-PV-Anlagen. Maßgeblich für die Einbeziehung und Analyse von Arbeiten zu Nicht-Moor-PV-Anlagen war stets die mögliche Übertragbarkeit von Erkenntnissen im Hinblick auf Moor-PV-Anlagen, insbesondere betrifft dies gleichartige physikalische Prozesse mit erwartbar ähnlichen ökologischen Wirkungen.

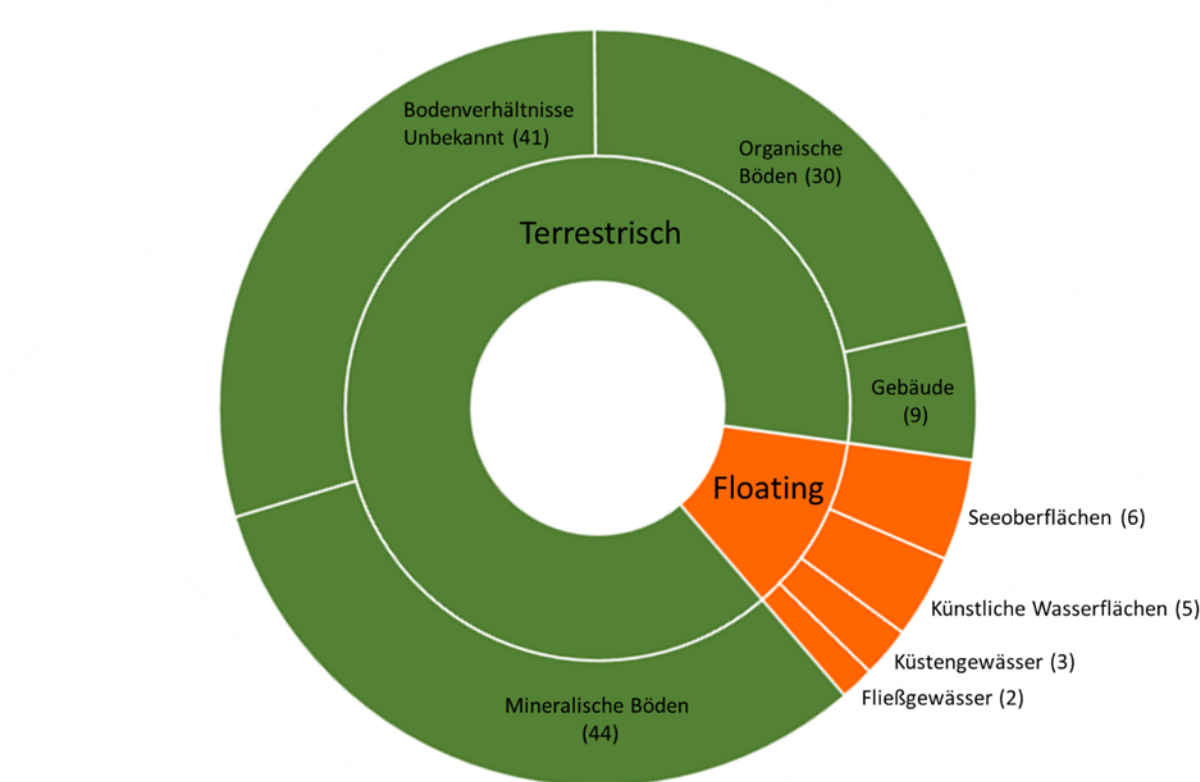


Abb. 7: Hierarchische Darstellung zu den in der analysierten Literatur berücksichtigten Untergrund- bzw. Bodenverhältnissen; ggf. erfolgte Mehrfachzuordnung bei übergreifenden Arbeiten

3.4 Ökologische und naturschutzfachliche Anforderungen

3.4.1 Grundlagen

3.4.1.1 Ökologische Moortypen

Eine Betrachtung und Analyse möglicher biozönotischer Entwicklungen wiedervernässter Moore und diesbezüglicher Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen erfordert zunächst einen Rückgriff auf ökologische Leitbilder bzw. dahingehend anerkannter Ansätze. Von daher wird ein auf die Vegetationsentwicklung abgestellter Ansatz gewählt. Die aktuelle und die unter dem Einfluss der PV-Anlagen erwartbare (prognostizierbare) Vegetationsausstattung stehen daher im besonderen Fokus.

Demgegenüber ist die aktuelle und auch die zukünftige faunistische Ausstattung sehr viel schwerer vorhersagbar, weil sehr viele Einflüsse bestehen, u. a. vorhandenes Artenpotenzial, Wiederbesiedlungspotenzial, Einfluss von Attraktivität oder Störwirkung (s. im Weiteren) etc. Von daher wird hier auf eine Darstellung faunistischer Leibilder und auch auf eine entsprechende Entwicklungsprognose verzichtet und auf die umfangreiche und vielfältige faunistische Spezialliteratur hingewiesen, z. B. Succow und Jeschke (1986) zur faunistischen Besiedlung der Moortypen oder Ssymank et al. (2022) zu den Charaktertierarten des Grünlandes und der Moore im Zusammenhang mit der Natura 2000-Schutzgebietskulisse.

Um eine aussagefähige Entwicklungs- und Wirkprognose für die Vegetation ableiten zu können, ist zunächst eine Differenzierung in Moortypen ein gängiger Weg (z. B. Succow & Joosten 2001). Sachgerechte Typen können anhand verschiedener Kriterien abgeleitet werden. Im Regelfall werden dabei zunächst grundlegende Typen unterschieden, welchen Kriterien der Genese, des Wasserregimes und der Trophie zugrunde liegen. Insofern werden aus Regenwasser gespeiste (ombrogene), nährstoffarme Hochmoore sowie aus Grundwasser oder Oberflächengewässern gespeiste (geogene) Niedermoore unterschieden. Ausprägungen, die sich nicht eindeutig einer der beiden Moorformen zuordnen lassen, werden als Zwischenmoore („Übergangsmoore“) bezeichnet (Succow & Jeschke 1986, 2024). Diese Unterteilung ist im deutschsprachigen Raum seit deutlich mehr als 100 Jahren gängig bzw. Stand des Wissens (z. B. Weber 1907, 1908).

Succow & Jeschke (1986, 2024) unterscheiden anhand der Nährstoffverfügbarkeit Arm-, Zwischen-, und Reichmoore und anhand des pH-Werts Sauer-, Basen-, und Kalkmoore. Sie beschreiben in Kombination beider Merkmale fünf ökologische Moortypen für Mitteleuropa: (1) Sauer-Armmoor, (2) Sauer-, (3) Basen-, (4) Kalk-Zwischenmoor sowie (5) Reichmoor (Abb. 8).

Zu beachten ist aber in praxi, dass viele Moore sich durch die Entwässerung, aber auch landwirtschaftliche Düngung, atmosphärische Deposition, ggf. andere hydrologische Speisung und andere Ursachen nicht mehr ohne Weiteres in Richtung des ursprünglichen Moortypus zurückentwickeln lassen. Insofern müssen ökologische und naturschutzfachliche Ziele regelmäßig individuell angepasst werden. Die realen standörtlichen Faktoren vor Ort spielen dabei eine entscheidende Rolle und müssen zur Entwicklungsprognose zugrunde gelegt werden. Die nachfolgenden Ausführungen bieten aber auch hier fachliche Orientierung.

Armmoor (0,01...0,25 mg N l ⁻¹)	Sauer-Armmoor		
Zwischenmoor (0,25...0,60 mg N l ⁻¹)	Sauer-Zwischenmoor	Basen-Zwischenmoor	Kalk-Zwischenmoor
Reichmoor (0,60...1,00 mg N l ⁻¹)		Reichmoor (etwa ab pH 3,5...8,0)	
	Sauermoor (pH ca. 2,5...4,8)	Basenmoor (pH 4,8...6,4)	Kalkmoor (pH 6,4...8,0)

Abb. 8: Die fünf ökologischen Moortypen mit Angaben zu Nährstoffverfügbarkeit im Moorwasser (N = Stickstoff) und zum pH-Wert, nach Succow & Jeschke (1986)

Sauer-Armmoore sind meist ausschließlich aus Regenwasser gespeiste Hochmoore. Es gibt aber auch Ausprägungen, die zumindest anteilig aus nährstoffarmem Mineralbodenwasser gespeist sind. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt im Norddeutschen Tiefland, vor allem im westlichen Niedersachsen, aber auch im Voralpenraum (Joosten et al. 2017). Ihre natürliche und damit torfbildende Vegetationsgesellschaft wird in Deutschland überwiegend von Zwergstrauch-Torfmoos-Wollgrasrasen gebildet.

Für den süddeutschen Raum, insbesondere den Schwarzwald und die Voralpen, werden auch spezifische Moor-Vegetationsausprägungen auf nährstoffarmen, aber basen- bzw. kalkreichen Standorten beschrieben (Oberdorfer 1992a). Diese sind jedoch eher den Basen- oder Kalk-Zwischenmooren zuzuordnen und werden daher weiter unten beschrieben.

Eine ertragsorientierte landwirtschaftliche Nutzung von Flächen dieses Moortyps setzt tiefgreifende Veränderungen der hydrologischen und trophischen Verhältnisse voraus (Entwässerung, Düngung, die dann zu deutlich abweichenden standörtlichen Verhältnissen führen).

Sauer-Zwischenmoore weisen wegen der Beeinflussung durch saures Mineralbodenwasser einen höheren Elektrolyt- und Nährstoffgehalt, aber Kalkarmut auf. Der Schwerpunkt dieses Moortyps liegt in den Altmoränenlandschaften, den Dünengebieten und den Kristallinbereichen der Gebirge (Succow & Jeschke 2024).

Die natürliche Vegetation dieses Moortyps setzt sich insbesondere aus torfmoosreichen Seggenrieden, seltener Pfeifengras- und Schilf-Beständen zusammen.

Basen-Zwischenmoore sind durch ihren mittleren Trophiegrad (mesotroph) und subneutrale pH-Werte gekennzeichnet. Diese früher häufigen Ausprägungen sind aktuell in Mitteleuropa jedoch weitgehend verschwunden, „da sich derartige Moore durch allgemeine Nährstoffbelastung oder Entwässerung in eutrophe Moore umwandeln bzw. die noch wachsenden Basenmoore bei schwächer werdendem Grundwasserfluss häufig versauern und damit zu oligotroph sauren Mooren werden. Ihre natürliche Vegetation besteht vorwiegend aus Braunmoos-Seggenrieden, partiell auch mit geringen Schilf-Anteilen.“ (Succow & Jeschke 2024).

Kalk-Zwischenmoore mit weitgehend neutralen bis alkalischen Boden-pH-Werten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Kalkalpen und in den kalkreichen

Jungmoränenlandschaften des südlichen Ostseeküstenraumes. Durch starke Nährstoffakkumulation infolge landwirtschaftlicher Nutzung und atmosphärischer Deposition sind diese in Mitteleuropa aber weitgehend eutrophiert und stark rückläufig. Ihre natürliche Vegetation setzt sich aus Schneidenröhrichten, Kopfbinsen-Rieden und Braunmoos-Kleinseggenrieden zusammen.

Eutrophe Moore (**Reichmoore**) stellen gegenwärtig den größten Teil der noch wachsenden Moorflächen in Deutschland und Mitteleuropa dar. Die Hauptverbreitungsgebiete natürlicher eutropher Moore liegen in den Überflutungsbereichen von Flussauen (Scholz et al. 2012, Mehl et al. 2013) sowie an den Ausgleichsküsten der Ostsee. Die natürliche Vegetation dieses Moortyps wird von wüchsigen Großröhrichten, Großseggenrieden und Erlenbrüchen bestimmt (Succow & Jeschke 2024).

Im Ergebnis anthropogener Eingriffe und Nutzungen haben sich viele Moore ursprünglich mesotropher Standorte in Reichmore verwandelt. Bei Letzteren ist oftmals sogar eine Entwicklung zu polytrophen Mooren erkennbar. Die gilt auch „für die meisten Niedermoores mit Moorrevitalisierung nach Entwässerung“ (Succow & Jeschke 2024). Auf derartigen Standorten erfolgt dann keine Torfbildung, sondern eine Sedimentation von organisch reichem Schlamm. Die darauf wachsenden Pflanzen (Großer Wasserschwaden, Rohr-Glanzgras) sind in der Lage, diese teilweise anaeroben Schlämme zu besiedeln; sie bilden aber keine Wurzeltorfe mehr aus. Damit ist ein Moorwachstum auf solchen Flächen grundsätzlich nicht möglich.

3.4.1.2 Potenziell natürliche Vegetation

Wörtlich definiert Tüxen (1956:55) als potenzielle natürliche Vegetation (PNV) einen „gedachten natürlichen Zustand der Vegetation [...], der sich für heute oder für einen bestimmten früheren Zeitabschnitt entwerfen lässt, wenn die menschliche Wirkung auf die Vegetation unter den heute vorhandenen oder zu jenen Zeiten vorhanden gewesenen Lebensbedingungen beseitigt und die natürliche Vegetation, um denkbare Wirkungen inzwischen sich vollziehender Klima-Änderungen und ihrer Folgen auszuschließen, sozusagen schlagartig in das neue Gleichgewicht eingeschaltet gedacht würde.“

Unbestritten ist die Möglichkeit des Entwurfes einer PNV nicht nur für die Gegenwart, sondern auch für verschiedene Zeitpunkte der Vergangenheit und der Zukunft möglich, wobei jeweils eine ausreichende Kenntnis der Standortbedingungen vorauszusetzen ist. Der zeitliche Bezugspunkt der PNV ist also eindeutig und notwendigerweise zu benennen. Ziel der meisten, auf eine PNV-Ableitung ausgerichteten Vorhaben ist aber die Konstruktion der heutigen PNV auf der Grundlage des aktuellen Standortpotenzials. Wenn nicht anders benannt, ist im folgenden Text daher mit „PNV“ immer die heutige potenzielle natürliche Vegetation gemeint.

Bezogen auf die Darstellung einer sich potenziell einstellenden Vegetation auf renaturierten, ehemaligen Moorflächen zur Einrichtung von Moor-PV-Anlagen ergibt sich die Einschränkung, dass eine Betrachtung der PNV nicht zielführend ist, da die Standortbedingungen im Verlauf der Renaturierung, insbesondere durch die Veränderung des Wasserhaushalts, eingehend verändert werden. Das quasi schlagartige (hypothetische) Vorhandensein der PNV soll die Wirkungen von Klimaveränderungen und allen sonstigen Standortveränderungen, die im Laufe einer Sukzession eintreten könnten, sowie auch die zukünftigen Veränderungen per Definition grundsätzlich ausschließen (Trautmann 1966). Entsprechend der Definition von Tüxen (1956) und den Folgerungen von Kowarik (1987, 2016) wäre insofern eine potenzielle Vegetation eines zukünftigen Zustands mit höheren Wasserständen und einer dem Leitbild folgenden

Torfakkumulation abzuleiten, die einem fortgeschrittenen Sukzessionsstadium ohne fortwährende Einflussnahme auf die sich entwickelnde Vegetation entsprechen würde.

Die PNV stellt also nicht das vorweggenommene Ergebnis einer tatsächlich ablaufenden Sukzession, sondern die Projektion einer idealen (nämlich höchstentwickelten) Vegetation auf das aktuelle Standortpotenzial dar. Es handelt sich vielmehr um ein ideelles Konstrukt, das jedoch die Veränderungen der Standortbedingungen im Verlaufe der Sukzession sowie den Zeitfaktor unberücksichtigt lässt. Für die Ausweisung von Klimaxgesellschaften bzw. sinnvollen Zielzuständen ist die PNV daher ungeeignet. In der Karte der potenziell natürlichen Vegetation Deutschlands (Suck et. al 2010) werden darum auch lediglich die beiden relevanten Obergruppen

- C: Vegetation stark saurer Moore und
- D: Moorbirken und Schwarzerlen-Wälder

differenziert und in wenige Subtypen unterschieden.

Dabei wurde die waldfreie Zwischen- und Niedermoorvegetation zu einem Komplex zusammengefasst (C1b). Die Zuordnungen basieren im Regelfall auch auf aktuellen Ausprägungen (z. B. entwässerte Niedermoorstandorte als Grundlage der Zuweisung). Eine Abschätzung der Entwicklungsrichtungen für die genannten Moortypen und Zielwasserstände ist auf dieser Basis nicht möglich; von daher wird nachfolgend anders agiert.

3.4.1.3 Zeitliche und räumliche Differenzierung

Für die Anlage von Moor-PV-Anlagen muss angesichts von betriebswirtschaftlich relevanten Anlagen-Abschreibungsdauern von 20 Jahren eine Betrachtung der Entwicklung innerhalb kürzerer Zeiträume erfolgen. Ein ggf. stattfindendes Repowering (neue und auch leistungsstärkere PV-Module) nach 20 Jahren wird hier zunächst unberücksichtigt gelassen, auch weil dies bereits in den Unsicherheitsbereich künftiger energie- und umweltpolitischer Entscheidungen fallen dürfte.

Klimaxstadien der Vegetationsentwicklung können insofern höchstens als perspektivische Richtung aufgefasst werden. Zunächst ist damit von einem Entwicklungszeitraum nach Etablierung einer vollständigen Moor-PV-Anlage (inkl. Wiedervernässung) von ca. 20 Jahren auszugehen. Um eine Abschätzung der Wirkungen vornehmen zu können, muss daher auf eine Ableitung von Sukzessionsreihen bzw. der nach Vollvernässung (Optimalvariante) zu erwartenden Pflanzengesellschaften orientiert werden.

Sowohl für die definierten Mindestwasserstände bei (Teil-)Wiedervernässung gemäß den Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023), als auch für eine Vollvernässung (Optimalvariante aus Moorschuttsicht), kann die Vegetationsentwicklung aber lediglich grob und modellhaft im Hinblick auf zu erwartende Sukzessionsstadien abgeschätzt werden. Eine genaue Prognose wäre nur bei konkreter Kenntnis der aktuellen standörtlichen Bedingungen sowie des aktuellen Arteninventars und des Wiederbesiedlungspotenzials umliegender Flächen und des zukünftigen Nutzungsregimes möglich. Das gelingt nur bei Einzelbetrachtung entsprechender Flächen. Von daher wird nachfolgend nur die generelle Entwicklungsrichtung/Entwicklungstendenz abgeschätzt.

Die innerhalb Deutschlands variierenden klimatischen, hydrologischen und weiteren Einflussfaktoren bedingen eine hohe räumliche Differenzierung der Standortverhältnisse. In

Anlehnung an die Karte der Naturräume und Großlandschaften Deutschlands (BfN 2011a, b) soll für die anschließenden Betrachtungen folgende räumliche Unterleitung vorgenommen werden:

- Norddeutsches Tiefland (nordost-/nordwestdeutsches Tiefland)
- Hügel- und Bergland (östliches/westliches und südwestdeutsches Mittelgebirge)
- Alpenregion und Vorland

3.4.2 Prognose für Lebensgemeinschaften wiedervernässter Moore mit Photovoltaikanlagen (Moor-PV-Anlagen)

3.4.2.1 Differenzierung nach Wasserstufen

Mindestwasserstände von mindestens 10 cm unter Flur im Winter und mindestens 30 cm unter Flur im Sommer sind bedingende Voraussetzung zur Etablierung von Moor-PV-Anlagen nach dem EEG (Bundesnetzagentur 2023, s. auch Abschnitt 2.2.2). Die vorgegebenen Mindestwasserstände entsprechen in etwa den Wasserstufen 4+ bis 3+ nach Succow & Joosten (2001), welche durch flurnahe Wasserstände im feuchten Halbjahr und mäßige Wechselfeuchte gekennzeichnet sind (Tab. 45).

Tab. 45: Wasserstufen und Moorwasserstand in der feuchten Periode (Winter/Frühling) und Bezeichnung der jeweiligen Wasserstufe in Abhängigkeit vom Grad der Wechselfeuchte bezogen auf die trockene Periode (Sommer/Herbst); nach Succow & Joosten (2001)

Wasserstufe	Median Wasserstand Winter/Frühling [cm]	Ausbildung der Wasserstufe: Gleichmäßig feucht	Ausbildung der Wasserstufe: Mäßig wechselfeucht	Ausbildung der Wasserstufe: Stark wechselfeucht
6+	30-150 über Flur	6+/+	6+/5+	6~
5+	0-30 über Flur	5+/+	5+/4+	5~
4+	0-15 unter Flur	4+/+	4+/3+	4~
3+	15-35 unter Flur	3+/+	3+/2+	3~
2+	35-70 unter Flur	2+/-	2+/-	2~
2-	> 70 unter Flur	1	2-/-	2~

Die tatsächlich durch Wiedervernäsungsmaßnahmen erreichten Wasserstände sind dabei ein maßgeblicher Faktor für die Entwicklung der Vegetation eines Standorts. Ein langfristig waldfreier Bewuchs entsprechend der natürlichen Vegetation der meisten ökologischen Moortypen (und Subtypen) ist nur auf tiefgründigen, wassergesättigten Torfböden oder auf häufiger oder zeitlich andauernd überstauten Standorten zu erwarten.

Eine Wassersättigung des Moorbodens wird nur bei den Wasserstufen 6+ und 5+ erreicht, bei denen der Porenraum des Bodens, somit der Wurzelraum dauerhaft wassererfüllt ist und einem Sauerstoff- bzw. Luftmangel ausgesetzt ist. Nur dann siedeln sich Wasserpflanzen und Nässespezialisten an und Standorte dieser Wasserstufen können dauerhaft gehölzfrei sein. Bei Wasserstufe 6+ liegt der Wasserstand meist deutlich über Flur. Ein solcher Standort fällt auch meist nur selten trocken. Dort etablieren sich vor allem Röhrichte mit hochwüchsigen

Taxa wie *Phragmites australis* oder *Typha spec.* sowie Wasserpflanzen. Bei Wasserstufe 5+ liegt der Wasserstand kurz oberhalb oder auf Flurniveau. Bei diesem Wasserstand findet in intakten Mooren hauptsächlich die Torfbildung statt. Wird dieser Wasserstand unterschritten, wird im Regelfall entstehende organische Masse schneller ab- als aufgebaut und Torf kann nicht entstehen.

Bei Wasserstufen unterhalb von 5+ kommt es auf vormalig landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Auflassung zur Gehölzeinwanderung; wobei diese sich umso schneller vollzieht, je trockener die Fläche ist. Die Entwicklung der Vegetation eines solchen Standorts verläuft dabei über z. T. langlebige schilf- und seggenreiche Staudenfluren, über die Etablierung von Sträuchern und Einzelbäumen hin zur Bewaldung (Succow & Joosten 2001).

3.4.2.2 Exemplarische Darstellung von Sukzessionsreihen

In ihren Vegetationsentwicklungsreihen beschreiben Succow & Joosten (2001) die Sukzession verschiedener Moortypen im norddeutschen Raum in Abhängigkeit von Wasserstand und Nutzung. Diese kann durch anthropogene Einflüsse wie Entwässerung stark verändert werden. Bei einigen Moortypen wie z. B. Verlandungsmooren findet aber auch eine natürliche Vererdung des Torfs und eine Sukzession statt. Für die konkrete Vegetationsentwicklung sind neben der Wasserstufe auch Wasserregime, Trophie und pH-Wert bedeutsam. An folgenden Beispielen sollen solche Vegetationsentwicklungsreihen exemplarisch vorgestellt werden:

Basen-Zwischenmoore

Wie bereits dargestellt sind Ausprägungen dieses Moortyps durch Entwässerung und Nutzung vielfach degradiert und in eutrophe Moorstandorte übergegangen. Bei rezenter Ausprägung und erhaltender Bewirtschaftung dieses Moortyps kann die Existenz artenreicher Grünlandgesellschaften angenommen werden, die auch dem gesetzlichen Biotopschutz (§ 30 BNatSchG) unterliegen. Je nach Grad der Entwässerung bilden sich verschiedene Arten von Nass- oder Feucht-Wiesen-Gesellschaften heraus, wie z. B. nasse Baldrian-Schlangenknöterich-Wiesen (Wasserstufen 5+ bis 4+) oder feuchte Honiggras- oder Kohldistel-Wiesen (4+).

Ausgehend von einem nach einer Wiedervernässung gegebenen Zustand „überstaut“ oder „nass“ (Wasserstufen 6+ bis 5+) ist eine Einwanderung von torfbildenden Moosen über Schwingrasen möglich. In der Haupttorfbildungsphase (Wasserstufe 5+) kann eine Ausprägung als Herzblatt- oder Kleinbinsen-Braunseggen-Ried, als Spitzmoos-Kleinseggen-Ried oder als Spitzmoos-Großseggenried vorliegen. Im Rahmen der natürlichen Sukzession würden durch Ansammlung von Biomasse längerfristig auch trockenere Bereiche entstehen, in denen keine oder kaum weitere Torfakkumulation erfolgt (Wasserstufen 5+ bis 4+). In diese Bereiche würden sukzessive feuchteertragende Gehölze einwandern wie z. B. Moor-Birken oder diverse Strauchweiden. Bei fortgesetzter Entwicklung würde später im Rahmen der natürlichen Sukzession die Waldbildung beginnen und es würden beispielsweise Kreuzdorn-Moorbirkenwälder oder Frauenfarn-Erlenwälder auf den trockneren Arealen entstehen.

Nach einer Nutzungsauffassung bei nur Teilwiedervernässung setzen sich dagegen zunächst hochwüchsige Arten durch und es kommt zur Bildung nasser oder feuchter Hochstaudenfluren: Wunderseggen-Pfeifengras-Staudenfluren auf nassen Standorten (5+ bis 4+), Hohlzahn-Pfeifengras-, Mädesüß-Wiesenknöterich-, Mädesüß-Kohldistel- oder Weiderich-Brennnessel-Schilf-Staudenfluren auf feuchten Standorten (Wasserstufe 4+) und Kohldistel-Brennnessel-Staudenfluren in mäßig feuchten Bereichen. Diese Staudenfluren verdrängen durch Lichtkonkurrenz und Streubildung niedrigwüchsige Arten, verzögern aber auch das Aufkommen von

Gehölzen. Dieses Stadium ist in der Regel langlebig; die tatsächliche Dauer ist allerdings von Faktoren wie Trophie und Störungsgrad abhängig. Gehölze kommen vorzugsweise an Störstellen hoch, an denen durch höhere Lichtverfügbarkeit und offenen Boden geeignete Keimungsbedingungen gegeben sind (Succow & Joosten 2001). Längerfristig bilden sich Baldrian-Lorbeerweiden-Gebüsche bzw. Kreuzdorn-Moorbirkenwälder. Dementsprechend sind je nach Vernässungsgrad unterschiedliche Sukzessionsstadien zu erwarten.

Reichmoore

Bei eutrophen Moorstandorten ist auf reichen Böden mit Ausprägungen der Sumpf-Seggen-Kohldistel bzw. Kohldistel-Knickfuchsschwanz-Wiese zu rechnen. Nach Teil-Wiedervernässung (gemäß Mindestanforderungen der Bundesnetzagentur 2023) und Beibehaltung der landwirtschaftlichen Nutzungen würden sich Stadien der Sumpf-Dotterblumen-Kohldistel-Wiese entwickeln. Bei Einstellung der Nutzung entwickeln sich die Auflassungsstadien der Grünlandgesellschaften sukzessionsbedingt zum Sumpffarn-Grauweiden-Gebüsch bzw. im Klimaxstadium zum Walzenseggen-Erlenwald.

Bei vollständiger Wiedervernässung ist längerfristig mit der Entwicklung lückiger Wasserfeder-Erlenwälder bzw. von Teichsimsen-Schilf-Wasserrieden zu rechnen.

Auf degradationsbedingt bereits polytrophen Standorten entsteht aus dem Rasenschmielen-Quecken-Intensivgrasland bzw. der Sumpfseggen-Rohrglanzgraswiese (Extensivnutzung) bei Teilvernässung und Extensivierung der Nutzung die Wasserschwaden-Schlankseggen-Wiese. Bei Nutzungsauflassung bildet sich über verschiedene Sukzessionsreihen der Sumpflabkraut-Erlen-Eschen-Wald.

Bei Vollvernässung (keine übliche landwirtschaftliche Nutzung mehr möglich) entwickeln sich mittelfristig Ausprägungen des Wasserlinsen-Erlenwaldes im Komplex mit artenarmen Schilf-Röhrichten.

Armmoore

Für die Hochmoorsukzession liegen Untersuchungen aus dem Hochmoor „Gammellose“ im Nordosten der Insel Seeland (Dänemark) vor (Kollmann & Rasmussen 2012). Dort befindet sich das Moor bereits seit 1844 in freier Sukzession. In den Untersuchungsbereichen lag der Wasserstand bei 0-20 cm unter Flur. Ausgewertet wurden von Kollmann & Rasmussen (2012) historische Vegetationsaufnahmen auf Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren 1861, 1885, 1963, 1981 und 2005 (Tab. 46).

Dabei konnte die sukzessive Entwicklung eines Wollgras-Moorbirken-Kiefern-Waldes über ein schilfreiches Zwischenstadium dokumentiert werden. Das Aufkommen der Gehölze (blau in Tab. 46 hinterlegt) erfolgte über einen längeren Zeitraum. Nach 17 Jahren wurde erstmalig die Moor-Birke nachgewiesen. Seit 1963 hat diese eine Stetigkeit von 100 (Anteil der Vegetationsaufnahmen, in denen die Art vorkommt = 100 %). Auf entwässerten, Grünlandstandorten und unter Berücksichtigung aktueller klimatischer Veränderungen ist jedoch von einer deutlich schnelleren Gehölzausbreitung auszugehen.

Bei höher angestauten Flächen wurde jedoch die Entwicklung offener Vegetation beobachtet. So konnten z. B. im „Wurzacher Ried“ in Baden-Württemberg durch Wiedervernässung keine einheitlichen Wasserstände erzielt werden, so dass höhergelegene Bereiche trocken blieben, tiefergelegene aber teilweise überstaut wurden. Dies führte zum großflächigen Absterben von Bäumen und Zwergsträuchern in der überstauten Zone. Dort etablierten sich torfbildende Arten wie *Eriophorum vaginatum* oder *Sphagnum papillosum* über die Bildung von

Schwingrasen. Teilweise wurden aber auch bestehende Vorkommen des torfbildenden Moores *Sphagnum magellanicum* zerstört und ein Erfolg der Vernässung wurde vor allem dort verzeichnet, wo bereits vor der Wiedervernässung torfbildende Stadien vorhanden waren und der Wasserstand nicht wesentlich gestiegen ist (Poschlod et al. 2009). Eine Etablierung torfbildender Moor-Stadien konnte auf Torfabbauf Flächen nach Abbau im Torfstich-Verfahren erreicht werden, auf Abbauf Flächen mittels Fräsverfahren jedoch nicht.

Tab. 46: Ausschnitt der Vegetationstabelle der Aufnahmen am Hochmoor „Gammelmose“; Zahlen stehen für die Stetigkeit jeder Art auf 18 Dauerbeobachtungsflächen: Abkürzungen: . = Art kommt nicht vor, p = Art kommt insgesamt vor, + = Art kommt außerhalb der Plots vor, gekürzt nach Kollmann & Rasmussen (2012)

Wiss. Name	1844	1861	1885	1963	1981	2005
<i>Betula pubescens</i>	.	+	6	100	100	100
<i>Pinus sylvestris</i>	.	.	.	24	88	67
<i>Quercus robur</i>	.	.	.	29	88	100
<i>Calluna vulgaris</i>	p	27	38	53	100	39
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	p	13	75	65	100	56
<i>Comarum palustre</i>	p	60	50	29	.	6
<i>Drosera rotundifolia</i>	p	7	25	29	25	.
<i>Eriophorum angustifolium</i>	p	40	56	59	100	61
<i>Molinia caerulea</i>	p	13	6	53	88	67
<i>Peucedanum palustre</i>	p	40	88	12	.	.

3.4.2.3 Prognose von Klimaxstadien mit Differenzierung nach Moortyp, Region und Wasserstufe

Basierend auf den vorgenannten Ausführungen sollen nachfolgend zu erwartende Klimaxstadien definiert und hinsichtlich relevanter Sukzessionstendenzen diskutiert werden. Dabei erfolgte eine Beurteilung unter Hinzuziehung folgender Literaturquellen:

Norddeutsches Tiefland

- Vegetationsformen nach Succow & Joosten (2001)
- Pflanzengesellschaften nach Preising et al. (2003, 2012)

Mittelgebirgsregion

- Pflanzengesellschaften nach Schubert et al. (1997)
- Pflanzengesellschaften nach Rennwald (2002)

Alpen und Alpenvorland

- Pflanzengesellschaften nach Oberdorfer (1992a, b)
- Pflanzengesellschaften nach Rennwald (2002)

Die Nomenklatur der Pflanzengesellschaften wird dabei einheitlich verwendet nach Rennwald (2002); ggf.in anderen Werken verwendete Synonyme wurden entsprechend ersetzt. Aus Gründen der Verständlichkeit wird auf die wissenschaftlichen Namen der taxonomischen Einheiten verzichtet. Die Nomenklatur der Vegetationsformen folgt Succow & Joosten (2001).

Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass die nachfolgenden Ausführungen zu den Pflanzengesellschaften/Assoziationen bzw. Vegetationsformen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben können, sondern nur eine Auswahl möglicher Vergesellschaftungen für bestimmte Moortypen und große Naturräume darstellen können. Sie dienen lediglich dazu, mögliche Entwicklungsrichtungen zu illustrieren, um Tendenzen für zukünftige Entwicklungen auf Anlagenstandorten erkennen und entsprechende Schlussfolgerungen ableiten zu können.

Ergänzend soll bei einer angesetzten Entwicklungszeit von ca. 20 Jahren (s. o.) ein zu erwartendes Sukzessionsstadium grob charakterisiert werden. Die Entwicklungsgeschwindigkeit hängt jedoch erheblich von den konkreten standörtlichen Bedingungen und auch der Vegetationsausstattung des Umlandes ab. Grundsätzlich wird eher von einer etwas höheren Sukzessionsgeschwindigkeit der Flächen ausgegangen. Die Darstellung erfolgt kompakt in selbsterklärenden Tabellen, die deshalb nicht separat beschrieben oder kommentiert werden (Tab. 47 bis Tab. 61).

Sauer-Armmoor

Tab. 47: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Armmoores im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Vegetationsform: Wollgras-Kiefern-Gehölz; Wollgras-Birken-Gehölz Pflanzengesellschaft: Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder, Ass Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald	Überwiegend von Birken oder Kiefern dominierte Vorwälder, z. T. höhere Anteile von Wollgras bei Nutzung/Pflege überwiegend Wollgras- bzw. Feuchtheide-Bestände
≥ 5 + (Vollvernässung)	Vegetationsform: Torfmoos-Schlammseggen-Ried, Grüner Wollgras-Torfmoos-Rasen, Waldkiefern-Torfmoos-Rasen Pflanzengesellschaft: VB Schnabelried-Schlenken-Gesellschaften (z. B. Gesellschaft des Weißen Schnabelriedes), VB Zwergstrauchbeherrschte Gesellschaften oligotroph saurer Moore (z. B. Glockenheide-Torfmoos-Bultengesellschaft), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 48: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Armmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
+4 (Teilvernässung)	Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder, Ass, Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald	Lückige junge Moorbirkenwälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Feuchtheide-Bestände
Wasserstufe $\geq$ +5 (Vollvernässung)	VB Schnabelried-Schlenken-Gesellschaften (z. B. Gesellschaft des Weißen Schnabelriedes), VB Zwergstrauchbeherrschte Gesellschaften oligotroph saurer Moore (z. B. Glockenheide-Torfmoos-Bultengesellschaft), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 49: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Armmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder, Ass Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald, Rauschbeeren-Kiefern-Moorwald, Spirken-Moorwald	Standortabhängig lückige jüngeren Bestände von Moor-Birke, Kiefer, Spirke (Moorkiefer) sowie Zwergsträuchern, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Feuchtheide-Bestände
$\geq$ 5 + (Vollvernässung)	VB Schnabelried-Schlenken-Gesellschaften (z. B. Gesellschaft des Weißen Schnabelriedes), VB Zwergstrauch beherrschte Gesellschaften oligotroph saurer Moore (z. B. Glockenheide-Torfmoos-Bultengesellschaft), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft, Ass Torfseggen-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Sauer-Zwischenmoor

Tab. 50: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Zwischenmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Vegetationsform: Torfmoos-Wollgras-Ohrweidengebüsch, Torfmoos-Moorbirken-Erlenwald Pflanzengesellschaft: Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder (Ass Pfeifengras-Moorbirkenwald, Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald)	Überwiegend von Ohrweide und Zwergsträuchern geprägte halboffene Bestände mit hohem Anteil Moorbirken und aufkommender Kiefer, z.T. höhere Anteile von Wollgras Bei Nutzung/Pflege meist Torfmoos-Wollgras-Bestände, lokal auch Feuchtheide-Bestände zu erwarten
≥ 5 + (Vollvernässung)	Vegetationsform: Schwimmtorfmoos-Seggen-Wasserried, Torfmoos-Seggen-Wollgras-Ried, Torfmoos-Flatterbinsen-Ried, Kleinwasserschlauch-Schilf-Ried Pflanzengesellschaft: VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Fadenseggen-Schwingrasen, Wunderseggen-Schwingrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 51: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Zwischenmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
+4 (Teilvernässung)	Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder, Ass Pfeifengras-Moorbirkenwald, Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald	Lückige junge Moorbirken-Wälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Zwergstrauchbestände
Wasserstufe ≥ +5 (Vollvernässung)	VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Fadenseggen-Schwingrasen, Wunderseggen-Schwingrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 52: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Zwischenmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder, Ass Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald, Rauschbeeren-Kiefern-Moorwald, Spirken-Moorwald	Standortabhängig lückige jüngeren Bestände von Moor-Birke, Kiefer, Spirke sowie Zwergsträuchern, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Feuchtheide-Bestände
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Fadenseggen-Schwingrasen, Wunderseggen-Schwingrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen, Ass Gesellschaft von Scheuchzers Wollgras)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Basen-Zwischenmoor

Tab. 53: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Basen-Zwischenmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Vegetationsform: Seggen-Lorbeerweiden-Gebüsch, Lorbeerweiden-Moorbirkenwald, Walzenseggen-Erlenwald Pflanzengesellschaft: VB Grauweidengebüsche (z. B. Ass Faulbaum-Ohrweidengebüsch), VB Fadenseggen-Waldkiefern-Moorwälder (Ass Fadenseggen-Moorbirkenwald), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Torfmoos-Erlen-Bruchwald, Walzenseggen-Erlenbruchwald)	Sukzessionsstadien mit Aufkommen von Moor-Birke und Weide, höhere Seggenanteile in der Krautschicht, lokal Torfmoose bei Nutzung/Pflege überwiegend Feuchtwiesen mit Braunseggen und Feuchstauden (Baldrian, Schlangen-Knöterich)
≥ 5 + (Vollvernässung)	Vegetationsform: Wasserschlach-Schneiden-Wasserried Rohrkolben-Schnabelseggen-Ried, Spitzmoos-Großseggenried Pflanzengesellschaft: VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Fadenseggen-Schwingrasen, Wunderseggen-Schwingrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 54: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Basen-Zwischenmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
+4 (Teilvernässung)	VB Grauweidengebüsche (z. B. Ass Faulbaum-Ohrweidengebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Torfmoos-Erlen-Bruchwald), VB Fadenseegen-Waldkiefern-Moorwälder (Ass Fadenseegen-Moorbirkenwald), VB Schneeheide-Kiefernwälder (Ass Pfeifengras-Kiefernwald)	Lückige junge Moorbirkenwälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Zwergstrauchbestände
Wasserstufe $\geq$ +5 (Vollvernässung)	VB Fadenseegen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Ass Fadenseegen-Schwingrasen, Wunderseggen-Schwingrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 55: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Basen-Zwischenmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	VB Grauweidengebüsche (z. B. Ass Strauchbirkengebüsch, Faulbaum-Ohrweidengebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Torfmoos-Erlen-Bruchwald), VB Fadenseegen-Waldkiefern-Moorwälder (Ass Fadenseegen-Moorbirkenwald), VB Schneeheide-Kiefernwälder (Ass Pfeifengras-Kiefernwald)	Standortabhängig Sukzessionsstadien mit Strauchweiden, Birke oder Kiefer, Krautschicht mit Pfeifengras und diversen Seggen bewachsen Bei Nutzung gehölzfreie, mesotrophe Feuchtwiesen
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Fadenseegen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Fadenseegen-Schwingrasen, Wunderseggen-Rasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen, Ass Gesellschaft von Scheuchzers Wollgras)	Sukzessions- z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Kalk-Zwischenmoor

Tab. 56: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Kalk-Zwischenmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Vegetationsform: Seggen-Lorbeerweidengebüsch, Walzenseggen-Erlenwald Pflanzengesellschaft: VB Grauweidengebüsch (z. B. Ass Faulbaum-Ohrweidengebüsch, Lorbeerweiden-Gebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Walzenseggen-Erlenbruchwald)	Sukzessionsstadien mit Auskommen von Moor-Birke und Weide, höhere Seggenanteile, in der Krautschicht lokal Torfmoose bei Nutzung/Pflege überwiegend Feuchtwiesen mit Braunseggen und Feuchtsauden (Baldrian, Schlangen-Knöterich)
≥ 5 + (Vollvernässung)	Vegetationsform: Armleuchteralgen-Schilf-Wasserried, Scorpionsmoos-Schneiden-Ried, Spitzmoos-Großseggenried Pflanzengesellschaft: VB Schilf (Großröhrichte, z. B. Teichbinsen-Schilf-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Schneiden-Röhricht), Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (z. B. Mehlprimel-Kopfbinsenrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Wunderseggen-Rasen)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 57: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Kalk-Zwischenmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
+4 (Teilvernässung)	VB Grauweidengebüsch (z. B. Ass Faulbaum-Ohrweidengebüsch, Lorbeerweiden-Gebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Walzenseggen-Erlenbruchwald)	Lückige junge Moorbirkenwälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Zwergstrauchbestände
Wasserstufe ≥ +5 (Vollvernässung)	VB Schilf (Großröhrichte, z. B. Teichbinsen-Schilf-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Schneiden-Röhricht), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (z. B. Gesellschaft der Stumpfbütigen Binse), VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore (z. B. Wunderseggen-Rasen)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 58: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Kalk-Zwischenmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	VB Grauweidengebüsche (z. B. Ass Faulbaum-Ohrweidengebüsch, Lorbeerweiden-Gebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Walzenseggen-Erlenbruchwald, Torfmoos-Erlen-Bruchwald)	standortabhängig lückige jüngeren Bestände von Moor-Birke, Kiefer, Spirke sowie Zwergsträuchern, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Feuchtheide-Bestände
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Schilf (Großröhrichte, z. B. Schilf-Röhricht, Röhricht des Schmalblättrigen Rohrkolbens), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Schneiden-Röhricht), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), VB Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (z. B. Gesellschaft der Stumpfbütigen Binse), VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Wunderseggen-Rasen)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Reichmoor

Tab. 59: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Reichmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Vegetationsform: Sumpffarn-Grauweiden-Gebüsch, Walzenseggen-Erlenwald, Schwertlilien-Erlenwald, Sumpf-Labkraut-Erlen-Eschenwald Pflanzengesellschaft: VB Grauweiden-Gebüsch, VB Erlen-Bruchwälder (Ass Erlenbruchwald-Basalgesellschaft, Brennessel-Schwarzerlen-Bruchwald)	Waldsukzession mit Dominanz der Schwarzerle, Krautschicht mit Feuchte- und Eutrophierungszeigern Bei Nutzung/Pflege je nach Trophiegrad artenreiche Reichfeuchtwiesen bis hin zu artenarmen Feuchtgrünländern mit Dominanz von Rohr-Glanzgras, Sumpf-Segge und höheren Anteilen an Nährstoffzeigern (polytropher Zustand)
≥ 5 + (Vollvernässung)	Vegetationsform: Teichsimen-Schilf-Wasserried, Schmalblattrohrkolben-Wasserried, Zungenhahnenfuß-Großseggenried, Wasserschieferling-Großseggenried, Wasserkressen-Rohrkolben-Schilf-Ried VB Schilf (Großröhrichte, z. B. Schilf-Röhricht, Röhricht des Breitblättrigen Rohrkolbens, Wasser-Schwaden-Röhricht, Wasserfenchel-Wasserkressen-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Rohrglanzgras-Röhricht, Sumpfseggen-Rasen, Großseggen-Basalgesellschaft)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 60: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Reichmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
+4 (Teilvernässung)	Pflanzengesellschaft: VB Grauweiden-Gebüsche, VB Erlen-Bruchwälder (Ass Erlenbruchwald-Basalgesellschaft, Brennnessel-Schwarzerlen-Bruchwald)	Waldsukzession mit Dominanz der Schwarzerle, Krautschicht mit Feuchte- und Eutrophierungszeigern Bei Nutzung/Pflege je nach Trophiegrad artenreiche Reichfeuchtwiesen bis hin zu artenarmen Feuchtgrünländern mit Dominanz von Rohr-Glanzgras, Sumpf-Segge und höheren Anteilen an Nährstoffzeigern (polytropher Zustand)
Wasserstufe $\geq$ +5 (Vollvernässung)	Pflanzengesellschaft: VB Schilf (Großröhrichte, z. B. Schilf-Röhricht, Röhricht des Breitblättrigen Rohrkolbens, Wasser-Schwaden-Röhricht, Wasserfenchel-Wasserkressen-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Rohrglanzgras-Röhricht, Sumpfseggen-Rasen, Großseggen-Basalgesellschaft)	Sukzessionsstadien der genannten Gesellschaften

Tab. 61: Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Reichmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Wasserstufe	Klimaxstadium der Vegetationsform/Pflanzengesellschaft	Prognostiziertes Sukzessionsstadium nach 20 Jahren
4 + (Teilvernässung)	Pflanzengesellschaft: VB Grauweiden-Gebüsche, VB Erlen-Bruchwälder (Ass Erlenbruchwald-Basalgesellschaft, Brennnessel-Schwarzerlen-Bruchwald)	Waldsukzession mit Dominanz der Schwarzerle, Krautschicht mit Feuchte- und Eutrophierungszeigern
≥ 5 + (Vollvernässung)	Pflanzengesellschaft: VB Schilf (Großröhrichte, z. B. Schilf-Röhricht, Röhricht des Breitblättrigen Rohrkolbens, Wasser-Schwaden-Röhricht, Wasserfenchel-Wasserkressen-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Rohrglanzgras-Röhricht, Sumpfseggen-Rasen, Großseggen-Basalgesellschaft)	Bei Nutzung/Pflege je nach Trophiegrad artenreiche Reichfeuchtwiesen bis hin zu artenarmen Feuchtgrünländern mit Dominanz von Rohr-Glanzgras, Sumpf-Segge und höheren Anteilen an Nährstoffzeigern (polytropher Zustand)

3.4.3 Belange von Naturschutz und Landschaftspflege in der Umsetzungspraxis

3.4.3.1 Übersicht

Art und Umfang der naturschutzfachlichen Betroffenheit ausgewählter Maßnahmenflächen sind abhängig vom Moortyp und der konkreten Ausprägung bzw. den Degradationsstufen der Moorstandorte. Nachfolgend können deshalb nur grundsätzliche Aussagen dargestellt werden. Die biotop- und artenschutzrechtliche Relevanz geplanter Maßnahmen muss immer im Rahmen von Detailbetrachtungen und ergänzenden Erfassungen beurteilt und bewertet werden (vgl. auch Ausführungen in Abschnitt 3.8.2.1). Dies betrifft insbesondere den

- gesetzlichen Biotopschutz gemäß § 30 BNatSchG,
- die Betroffenheit geschützter Arten nach § 44 BNatSchG (inkl. Arten der Anhänge II und IV der FFH-RL sowie europäische Vogelarten) sowie
- ggf. eine Betroffenheit von Europäischen Schutzgebieten (Gebiete gemeinschaftlicher Bedeutung [GGB], ehemals FFH-Gebiete) oder von Europäischen Vogelschutzgebieten (SPA-Gebiete); bei bewirtschafteten Grünlandflächen spielt hier insbesondere die Lage in Vogelschutzgebieten eine Rolle.

Diese naturschutzfachlichen/rechtlichen Aspekte müssen im Rahmen der erforderlichen Detailplanungen für Anlagenstandorte detailliert berücksichtigt werden. Bezogen auf die ökologischen Moortypen sollen aber nachfolgend einige grundlegende Aussagen getroffen werden.

3.4.3.2 Sauer-Armmoore

Dieser Moortyp wird voraussichtlich nur eine untergeordnete Rolle spielen, weil eine Grünlandbewirtschaftung der Grenzertragsstandorte wenig sinnvoll erscheint. Ehemals diesem Typ angehörige und aktuell landwirtschaftlich bewirtschaftete Flächen sind in der Vergangenheit durch Entwässerung und Eutrophierung in meso- oder eutrophe Standorte umgestaltet worden.

Aktuell noch diesem Typ zuzuordnende Flächen sind in allen Bundesländern als gesetzlich geschützte Biotope definiert und bei Betroffenheit (Lage innerhalb von GGB) auch als FFH-LRT 7110 (Naturnahe lebende Hochmoore*) bzw. 7120 (Geschädigte Hochmoore [die möglicherweise noch auf natürlichem Wege regenerierbar sind]) anzusprechen. Eine aktuelle Grünlandnutzung mit Erhalt des Moortyps ist hypothetisch nur als extensive Nutzungsform mit maximal geringfügiger Entwässerung denkbar.

Zusätzlich zum gesetzlichen Schutzstatus der Biotope sind diese Flächen Lebensräume einer spezifisch angepassten Fauna, die hinsichtlich ihrer möglichen Betroffenheit zu betrachten sind. So stellen nach Flade (1994) in Nord- und Mitteldeutschland insgesamt 10 Taxa (u. a. Bekassine, Brachvogel, Schwarzkehlchen oder Birkhuhn) Leitarten der Armmoore dar, deren Ansprüche bei einer Umgestaltung der Flächen zu berücksichtigen sind. Das artenschutzrechtliche Konfliktpotenzial muss im Rahmen separater Fachbeiträge bewertet und aufgehoben werden.

3.4.3.3 Sauer-Zwischenmoore

Für die Sauer-Zwischenmoore gelten im Grundsatz vergleichbare Aussagen wie für die Sauer-Armmoore. Dabei differieren die jeweils relevanten geschützten Biotoptypen des Bundes/der Länder zum vorgenannten Moortyp; auch die Lebensraumtypen-Zuordnung würde zum LRT 7140 erfolgen. Das Leitartenspektrum dieser Flächen nach Flade (1994) ist mit vier

Brutvogelarten deutlich schmaler. Ziegenmelker, Brachvogel, Sumpfohreule und Waldwasserläufer sind aber naturschutzfachlich relevante Taxa, deren Ansprüche zu berücksichtigen sind.

3.4.3.4 Basen-Zwischenmoore

Viele der ursprünglich diesem Typ zugehörigen Moorstandorte sind infolge Entwässerungs- und nutzungsbedingter Degradation in einen eutrophen Zustand übergegangen und daher als Reichmoore zu betrachten. Bewirtschaftete Restvorkommen von Basen-Zwischenmooren unterliegen ebenfalls durchgängig dem gesetzlichen Biotopschutz. Oftmals werden diese Flächen im Rahmen von Förderprogrammen zur naturschutzgerechten Grünlandnutzung erhaltend bewirtschaftet. Aktuell noch diesem Typ zuzuordnende Flächen sind bei Betroffenheit (Lage innerhalb von GGB) auch als LRT 7140 (Übergangs- und Schwingrasenmoore) anzusprechen. Hinsichtlich der artenschutzrechtlichen Relevanz gelten identische Aussagen wie bei den Sauer-Zwischenmooren.

3.4.3.5 Kalk-Zwischenmoore

Dieser Moortyp stellt eine Sonderform mesotropher Standorte dar, welcher durch seinen hohen Kalkgehalt charakterisiert ist. Dementsprechend sind rezente Ausprägungen von Biotopen dieses Moortyps bundesweit als geschützte Biotope eingestuft. Innerhalb von FFH-Gebieten können Ausprägungen dieses Typs auch den LRT 7210* (Kalkreiche Sümpfe mit *Cladium mariscus* und Arten des *Caricion davallianae*) oder 6410 (Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden und Lehmboden [Eu-Molinion]) zugeordnet sein. Aufgrund des Vorkommens diverser artenschutzrechtlich relevanter Pflanzen- und Tierarten resultiert ebenfalls ein erheblicher Prüf- und Maßnahmenbedarf.

3.4.3.6 Reichmoore

Das Gros aller bewirtschafteten Moorflächen ist gegenwärtig den Reichmooren zuzuordnen. Dabei unterliegen auch artenreiche Ausprägungen von Reichfeuchtwiesen als Halbkulturformationen dem gesetzlichen Biotopschutz nach § 30 BNatSchG. Kalkreiche Ausprägungen können darüber hinaus ggf. dem LRT 7230 (Kalkreiche Niedermoore) zugeordnet sein. Hauptvorkommen dieses LRT sind insbesondere in den kalkhaltigen Bereichen der Mittelgebirge, im Nordostdeutschen Tiefland und im Alpenvorland vorhanden. Degradiertere und z. T. bereits polytrophe Standorte unterliegen aber keinem gesetzlichen Schutzstatus.

Artenreiche und gut strukturierte Bestände sind auch artenschutzrechtlich besonders relevant. So weist Flade (1994) für den Komplex „Binnenländisches Feuchtgrünland“ sechs Leitarten aus, u. a. Kiebitz, Brachvogel oder Sumpfohreule. Das artenschutzrechtliche Konfliktpotenzial muss daher ebenfalls im Rahmen separater Fachbeiträge bewertet und aufgehoben werden.

3.4.4 Bewertung der Anforderungen und Wirkungen nach Moortypen und regionalen Ausprägungen

Zusammenfassend soll nachfolgend auf ökologisch begründete Anforderungen an die Gestaltung von Moor-PV-Anlagen eingegangen werden. Dabei werden beispielhaft wesentliche Klimaxstadien nach Rennwald (2002) und die daraus resultierenden möglichen Sukzessionsstadien (Zeitraum ca. 20 Jahre) generiert sowie denkbare Nutzungsmöglichkeiten dargestellt. Die naturräumlichen Unterschiede im Hinblick auf die beispielhaft genannten pflanzensoziologischen Einheiten können für die Gesamtbetrachtung jedoch vernachlässigt werden. Ergänzend wird auf relevante naturschutzfachliche Anforderungen verwiesen (s. o. sowie Abschnitt 3.8).

Für die dargestellten Sukzessionsstadien werden teilweise auch weitere Hinweise für die Anlagengestaltung gegeben (z. B. minimale lichte Höhe der Anlagen oder Pflegeerfordernisse, aber unabhängig von normativen Vorgaben nach DIN SPEC 91434:2021-05, s. Abschnitt 3.6.2).

Die Darstellung erfolgt kompakt in Tabellenform (Tab. 62 bis Tab. 66), die abhängig vom Vernässungsgrad folgende Kriterien kur und kompakt darstellen: Klimaxstadium, prognostiziertes Sukzessionsstadium (20 Jahre), Nutzungsmöglichkeit, naturschutzfachliche Anforderungen sowie technische Anforderungen. Die Darstellungen umfassen explizit auch die für Moor-PV-Anlagen möglichen/gängigen Formen der Paludikulturnutzung (Abschnitt 3.7).

3.4.4.1 Sauer-Armmoore

Tab. 62: Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Sauer-Armmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Vernässungsgrad	Klimaxstadium	Prognostiziertes Sukzessionsstadium (20 Jahre)	Nutzungsmöglichkeit	Naturschutzfachliche Anforderungen	Technische Anforderungen *
4 + (Teilvernässung)	Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder, Ass, Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald	Lückige junge Moorbirkenwälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Feuchtheide-Bestände	Paludikultur (Torfmoosanbau)	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Aufgeständerte Module (sukzessionsbedingt lichte Höhe mindestens ca. 1,5 m) Bewirtschaftung der Flächen (Paludikultur) oder regelmäßige Beseitigung des Gehölzaufkommens
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Schnabelried-Schlenken-Gesellschaften (z. B. Gesellschaft des Weißen Schnabelriedes), VB Zwergstrauchbeherrschte Gesellschaften oligotroph saurer Moore (z. B. Glockenheide-Torfmoos-Bultengesellschaft), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften	Keine/freie Sukzession	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Sukzessive Anhebung des Wasserstandes empfohlen Aufgeständerte Module (lichte Höhe mindestens ca. 2 m) Monitoring des Gehölzaufkommens, ggf. Gehölzrückschnitt Begehbarkeit/Pflege nur temporär und mit Spezialtechnik möglich

3.4.4.2 Sauer-Zwischenmoore

Tab. 63: Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Sauer-Zwischenmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Vernässungsgrad	Klimaxstadium	Prognostiziertes Sukzessionsstadium (20 Jahre)	Nutzungsmöglichkeit	Naturschutzfachliche Anforderungen	Technische Anforderungen *
4 + (Teilvernässung)	Klasse: Sumpfheidelbeeren-Moorbirken-Moorwälder (Ass Pfeifengras-Moorbirkenwald, Sumpf-Heidelbeeren-Moorbirken-Moorwald)	Lückige junge Moorbirken-Wälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Zwergstrauchbestände	Paludikultur (Torfmoosanbau)	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Aufgeständerte Module (lichte Höhe mindestens ca. 1,5 m) Bewirtschaftung der Flächen (Paludikultur) oder regelmäßige Beseitigung des Gehölzaufkommens erforderlich
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Faden seggen-Schwingrasen, Wunderseggen-Schwingrasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), Ass Torfmoos-Wollgras-Gesellschaft	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften	Keine/freie Sukzession	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Sukzessive Anhebung des Wasserstandes empfohlen Aufgeständerte Module (lichte Höhe mindestens ca. 2 m) Monitoring des Gehölzaufkommens mit regelmäßigem Gehölzrückschnitt bei Bedarf Begehbarkeit/ Pflege nur temporär und mit Spezialtechnik möglich

3.4.4.3 Basen-Zwischenmoore

Tab. 64: Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Basen-Zwischenmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri- PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Vernässungs-grad	Klimaxstadium	Prognostiziertes Sukzession Stadium (20 Jahre)	Nutzungsmöglichkeit	Naturschutzfachliche Anforderungen	Technische Anforderungen *
4 + (Teilvernäs-sung)	VB Grauweidengebüsche (z. B. Ass Strauchbirkengebüsch, Faulbaum-Ohrweidengebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Torfmoos-Erlen-Bruchwald), VB Fadenseegen-Waldkiefern-Moorwälder (Ass Fadenseggen-Moorbirkenwald), VB Schneeheide-Kiefernwälder (Ass Pfeifengras-Kiefernwald)	Standortabhängig Sukzessionsstadien mit Strauchweiden, Birke oder Kiefer, Krautschicht mit Pfeifengras und diversen Seggen bewachsen Bei Nutzung gehölzfreie mesotrophe Feuchtwiesen	Paludikultur (Riede) für Energiebiomasse, Einstreu, Extensivmäh oder Beweidung als Form der naturschutzgerechten Grünlandnutzung	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Aufgeständerte Module (lichte Höhe mindestens ca. 1,5 m) Bewirtschaftung der Flächen oder regelmäßige Beseitigung des Gehölzaufkommens erforderlich
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore, (z. B. Fadenseggen-Schwingrasen, Wunderseggen-Rasen), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen, Ass Gesellschaft von Scheuchzers Wollgras)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften	Keine/freie Sukzession	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Sukzessive Anhebung des Wasserstandes empfohlen Aufgeständerte Module (lichte Höhe mindestens ca. 2 m) Monitoring des Gehölzaufkommens, ggf. regelmäßiger Gehölzrückschnitt Begehbarkeit/ Pflege nur temporär und mit Spezialtechnik möglich

3.4.4.4 Kalk-Zwischenmoore

Tab. 65: Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Kalk-Zwischenmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Vernässungs-grad	Klimaxstadium	Prognostiziertes Sukzessionsstadium (20 Jahre)	Nutzungsmöglichkeit	Naturschutzfachliche Anforderungen	Technische Anforderungen *
4 + (Teilvernässung)	VB Grauweidengebüsche (z. B. Ass Faulbaum-Ohrweidengebüsch, Lorbeerweiden-Gebüsch), VB Erlen-Bruchwälder (Ass Walzenseggen-Erlenbruchwald)	Lückige junge Moorbirkenwälder mit Pfeifengras, Zwergsträuchern und kleinen Torfmoosbeständen, bei Nutzung/Pflege überwiegend Pfeifengras-bzw. Zwergstrauchbestände	Paludikultur (Riede, Röhrichte) für Energiebiomasse, Einstreue Extensivmäh oder Beweidung als Form der naturschutzgerechten Grünlandnutzung	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Aufgeständerte Module (sukzessionsbedingt lichte Höhe ca. 1,5 m) Bewirtschaftung der Flächen oder regelmäßige Beseitigung des Gehölzaufkommens erforderlich
≥ 5 + (Vollvernässung)	VB Schilf- (Großröhrichte) (z. B. Teichbinsen-Schilf-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Schneiden-Röhricht), VB Braunseggen-Rasen (z. B. Ass Braunseggen-Rasen), Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (z. B. Gesellschaft der Stumpflütigen Binse), VB Fadenseggen-Gesellschaften der Zwischenmoore (z. B. Wunderseggen-Rasen)	Sukzessions-, z. T. Initialstadien der genannten Gesellschaften	Keine/freie Sukzession	Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, hohes artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial	Sukzessive Anhebung des Wasserstandes empfohlen Aufgeständerte Module (lichte Höhe ca. 2,5 m) Monitoring des Gehölzaufkommens, ggf. regelmäßiger Gehölzrückschnitt Begehbarkeit/ Pflege nur temporär und mit Spezialtechnik möglich

3.4.4.5 Reichmoore

Tab. 66: Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Reichmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation

Vernässungs-grad	Klimaxstadium	Prognostiziertes Sukzessionsstadium (20 Jahre)	Nutzungsmöglichkeit	Naturschutzfachliche Anforderungen	Technische Anforderungen *
4 + (Teil-vernässung)	Pflanzengesellschaft: VB Grauweiden-Gebüsche, VB Erlen-Bruchwälder (Ass Erlenbruchwald-Basalgesellschaft, Brennessel-Schwarzerlen-Bruchwald)	Waldsukzession mit Dominanz der Schwarz-Erle, Krautschicht mit Feuchte- und Eutrophie-rungszeigern Bei Nutzung/Pflege je nach Trophiegrad artenreiche Reichfeuchtwiesen bis hin zu artenarmen Feuchtgrünländern mit Dominanz von Rohr-Glanzgras, Sumpf-Segge und höheren Anteilen an Nährstoffzeigern (polytropher Zustand)	Paludikultur (Riede, Röhrichte) für Energiebiomasse, Einstreu Extensivmäh oder Beweidung als Form der naturschutzgerechten Grünlandnutzung	Artenreiche Ausprägungen von Reichfeuchtwiesen und kalkreichen Niedermooren: Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, bei letzteren ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung, Degradiertere eu- bzw. polytrophe Standorte ohne Schutzstatus Artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial vorhanden, Umfang von Ausprägung abhängig	Aufgeständerte Module (lichte Höhe mindestens ca. 2,5 m) Bewirtschaftung der Flächen oder regelmäßige Beseitigung des Gehölzaufkommens erforderlich
≥ 5 + (Voll-vernässung)	Pflanzengesellschaft: VB Schilf- (Großröhrichte) (z. B. Schilf-Röhricht, Röhricht des Breitblättrigen Rohrkolbens, Wasser-Schwaden-Röhricht, Wasserfenchel-Wasserkressen-Röhricht), VB Großseggen-Gesellschaften (z. B. Rohrglanzgras-Röhricht, Sumpfseggen-Rasen, Großseggen-Basalgesellschaft)	Sukzessionsstadien der genannten Gesellschaften	Keine/freie Sukzession	Artenreiche Ausprägungen von Reichfeuchtwiesen und kalkreichen Niedermooren: Ausnahmeverfahren vom gesetzlichen Biotopschutz erforderlich, bei letzteren ggf. Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung,	Sukzessive Anhebung des Wasserstandes empfohlen Aufgeständerte Module (lichte Höhe ca. 2,5 m) Monitoring des Gehölzaufkommens, ggf. regelmäßiger Gehölzrückschnitt

Vernässungs- grad	Klimaxstadium	Prognostiziertes Sukzessionsta- dium (20 Jahre)	Nutzungsmöglichkeit	Naturschutzfachliche An- forderungen	Technische Anforderun- gen *
				Degradierete eu- bzw. poly- trophe Standorte ohne Schutzstatus Artenschutzrechtliches Konfliktpotenzial vorhan- den, Umfang von Ausprä- gung abhängig	Begehrbarkeit/ Pflege nur temporär und mit Spezial- technik möglich

3.5 Kenntnisstand und vorläufige Schlussfolgerungen zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen

3.5.1 Überblick

Bei der Thematik der Moor-PV-Anlagen liegen die Vorteile für den Klimaschutz klar auf der Hand. Insbesondere sind dies die direkte Einsparung der THG-Freisetzung durch Erzeugung regenerativer Energie per Photovoltaik sowie die Verminderung der THG-Freisetzung aus Mooren durch Wiedervernässung, bei ausreichenden abiotischen und ökologischen Bedingungen auch die CO₂-Sequestrierung. Allerdings vergehen selbst bei hinreichender Wiedervernässung, d. h. bei Erreichen der Wasserstufen 5+ (ca. flurgleicher Moorwasserstand) oder 6+ (Überstau) zwischen 5 bis 50 Jahre (im Durchschnitt 15 Jahre) bis ein entwässertes Moor nach der Restaurierung wieder als Kohlenstoffsенke fungieren kann (Hambley et al. 2019). Hierin offenbart sich, dass eine Entwicklungsreife hinreichender ökologischer Bedingungen in Bezug auf eine standortangepasste bzw. -typische Flora und Fauna Grundvoraussetzung ist. Dies wiederum unterstreicht, dass auch nur eine langfristig sicherere Vernässung entsprechende Vorteile für den Klimaschutz absichert. Weitere Vorteile wurden bereits in Abschnitt 1.1 beschrieben, u. a. die Vorteile für den Moorschutz bzw. Bodenschutz sowie für den Gewässerschutz.

Wie die ökologischen Wirkungen von Moor-PV-Anlagen (aber auch von Freiflächen- und Floating-PV-Anlagen, soweit relevant/übertragbar) im Hinblick auf wichtige potenzielle Auswirkungskategorien in der Literatur (Abschnitt 3.3) eingeschätzt werden, zeigt Abb. 9 im Überblick. Bei den Auswirkungskategorien (Systematik) erfolgt hier ein Vorgriff auf Abschnitt 3.5. Für jede einzelne Literaturquelle erfolgt zudem die gleiche Auswertung tabellarisch in Anhang A.5.

Generell ist es so, dass ein Moor mit PV-Anlagen und unter deren Einfluss sich abiotisch und biotisch und damit im Hinblick auf die ökologischen Verhältnisse grundsätzlich von einem natürlichen Moor unterscheidet, auch von einem naturnahen Moor (weitgehend natürlich), das wiedervernässt wurde (vgl. Darstellungen in Abschnitt 3.4). Abschnitt 3.2.1 beschreibt grundlegend die dahingehenden technischen Erfordernisse und Möglichkeiten, die PV-Anlagen auf Mooren mit sich bringen. Die Wirkung von PV-Anlagen ist auf Grund der Vielzahl technischer Aspekte gemäß der Systematik zur Anwendung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), vgl. insbesondere § 2 UVP, d. h. im Zusammenhang mit (1) Bau (Rückbau), (2) Anlage und (3) Betrieb, äußerst komplex. Eine tabellarische Übersicht üblicher Wirkfaktoren von PV-Freiflächenanlagen inklusive der initiierten Nutzungsänderung stellen Günnewig et al. (2024) für folgende Schutzgüter dar: (1) Mensch, (2) Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, (3) Boden, (4) Fläche, (5) Wasser, (6) Landschaftsbild, (7) Klima, (8) Luft sowie (9) Kulturgüter.

Für eine umweltfachliche Analyse muss die beschriebene Komplexität zunächst „zerlegt“ bzw. vereinfacht/schematisiert werden (Thienemann 1932, Neef 1967, Leser 1991), um in Form einzelner Wirkfaktoren und deren Auswirkungen eine bessere Handhabbarkeit zu ermöglichen, s. hierzu auch die vergleichbar differenzierte Analyse zu Floating-PV-Anlagen bei Mehl et al. (2024). Komplexe, multifaktorielle Wirkungen sollten dabei aber im Auge behalten und mit dargestellt werden. Insbesondere kann dafür die chorische, damit die System- oder die Landschaftsebene, genutzt werden.

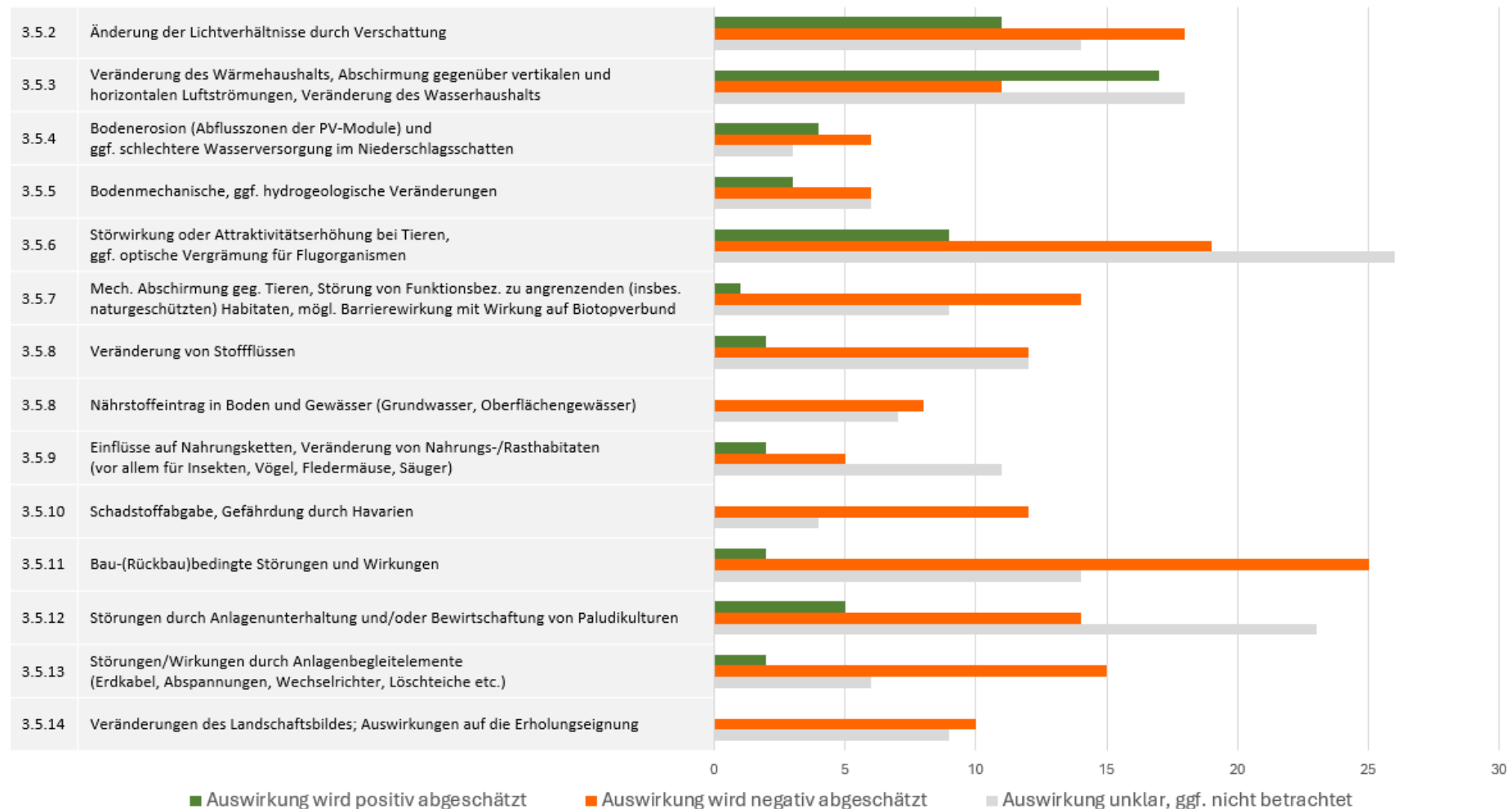


Abb. 9: Ökologische Wirkungen von Moor-PV-Anlagen (aber auch von Freiflächen- und Floating-PV-Anlagen, soweit relevant/übertragbar) entsprechend der Literaturanalyse im Hinblick auf wichtige potenzielle Auswirkungskategorien; linke Spalte: Abschnittsverweis (Abschnitt 3.5) bezüglich detaillierter fachlicher Bewertung

Herangezogen wird konzeptionell der Vergleich zwischen einer Situation „Moor-PV-Anlage inklusive wiedervernässtem Moor“ und der Situation „naturnahes, ökologisch funktionsfähiges, aber wiedervernässtes Moor“ (ohne PV-Anlage, vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.4). Um letztlich Gestaltungs- und Minderungsmaßnahmen erforschen zu können und auch erste diesbezügliche Hinweise abzuleiten (Abschnitt 3.8), würde dagegen der aktuell häufig angestellte Vergleich „Moor-PV-Anlage“ und „entwässertes, landwirtschaftlich genutztes Moor“ (ohne PV-Anlage) kaum Erkenntnisse bringen; die umweltfachlichen und ökologischen Vorteile der Wiedervernässung sind hier erwartbar groß.

Die vergleichende Analyse zwischen einer Situation „Moor-PV-Anlage inklusive wiedervernässtem Moor“ und der Situation „naturnahes, ökologisch funktionsfähiges, aber wiedervernässtes Moor“ (ohne PV-Anlage) soll insofern aufzeigen, welche potenziellen Störungen, Beeinflussungen infolge der PV-Anlage im Vergleich mit dem Ergebnis einer „ungestörten“ Wiedervernässung relevant sein könnten.

Die primäre Ursache-Wirkungs-Beziehung ist bei den ökologischen Wirkungen von Moor-PV-Anlagen überwiegend physikalischer Natur (Abb. 10, Abb. 11), aber auch potenzielle chemische bzw. chemisch-physikalische Wirkungen sowie direkte biotische Wirkungen können relevant sein. Ein Vergleich zwischen der Situation „Moor-PV-Anlage“ und einer „Grünlandfläche mit hoher naturschutzfachlicher Wertigkeit“, einem grundsätzlich denkbaren Fall bei vorheriger landwirtschaftlicher Nutzung, wird hingegen nicht durchgeführt. Diesem Fall soll insbesondere durch die erfolgte Ableitung der „Ausschlusskulisse“ (Kapitel 2) begegnet werden; im Übrigen wird auf die einschlägigen naturschutzfachlichen bzw. -rechtlichen Anforderungen und Prüfbelange im Rahmen von Zulassungsverfahren bei Wiedervernässungsmaßnahmen verwiesen (z. B. Schlacke & Sauthoff 2024a, s. a. Abschnitte 3.4.3 und 3.8).

Um in der beschriebenen Hinsicht zu einer nachvollziehbaren Systematik und letztlich zu abgrenzbaren inhaltlich-begrifflichen Kategorien für die Analyse des Kenntnisstandes zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen zu gelangen (Abschnitt 3.5), erfolgt eine schematisch unterstützte Ableitung der Ursache-Wirkungsketten auf der standörtlichen bzw. topischen Ebene in Abb. 10 bis Abb. 13.

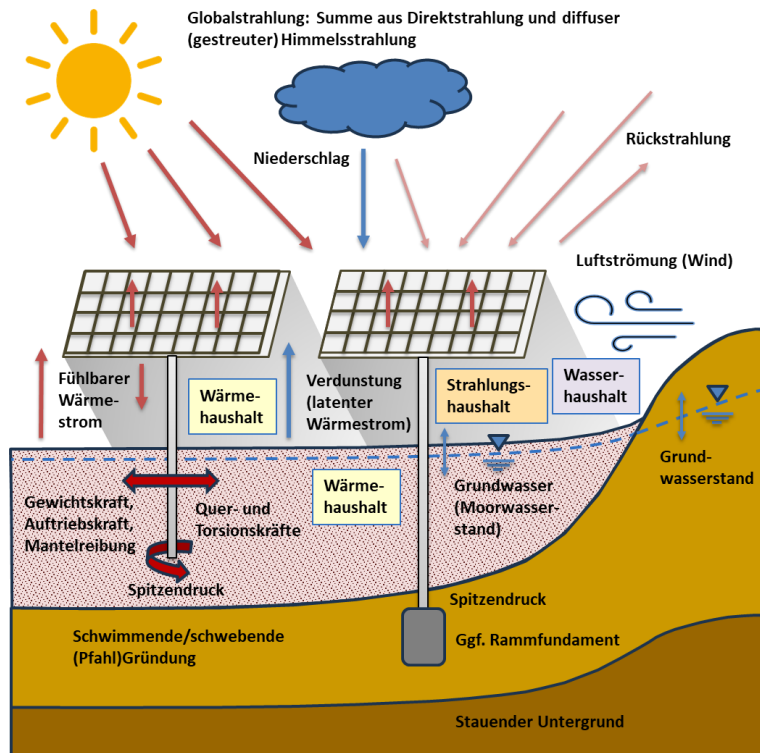


Abb. 10: Physikalische Grundlagen und wesentliche Strukturen einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor) sowie wichtige abiotische Zusammenhänge

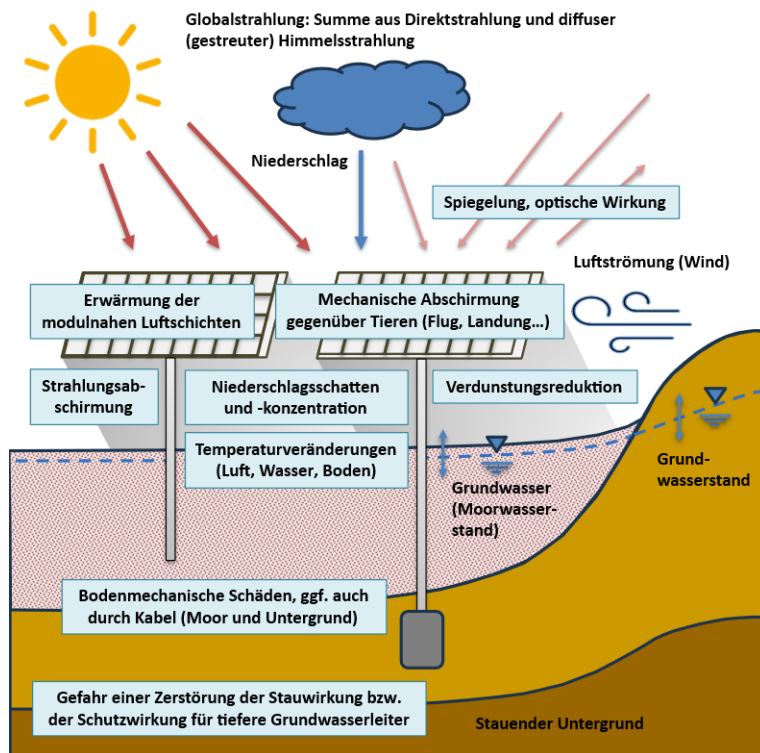


Abb. 11: Potenzielle abiotische Wirkungen infolge einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor)

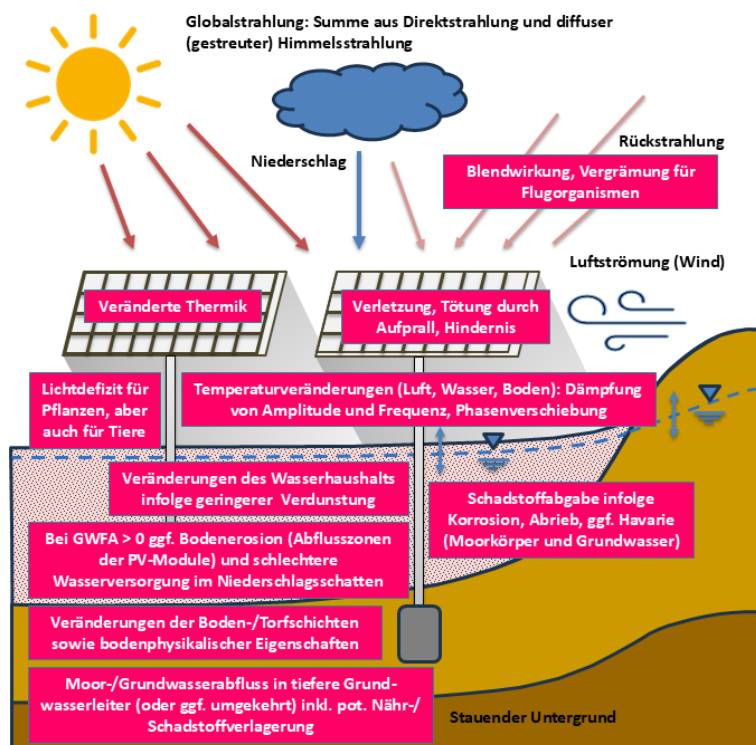


Abb. 12: Potenzielle ökologische/umweltrelevante Wirkungen infolge einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor)

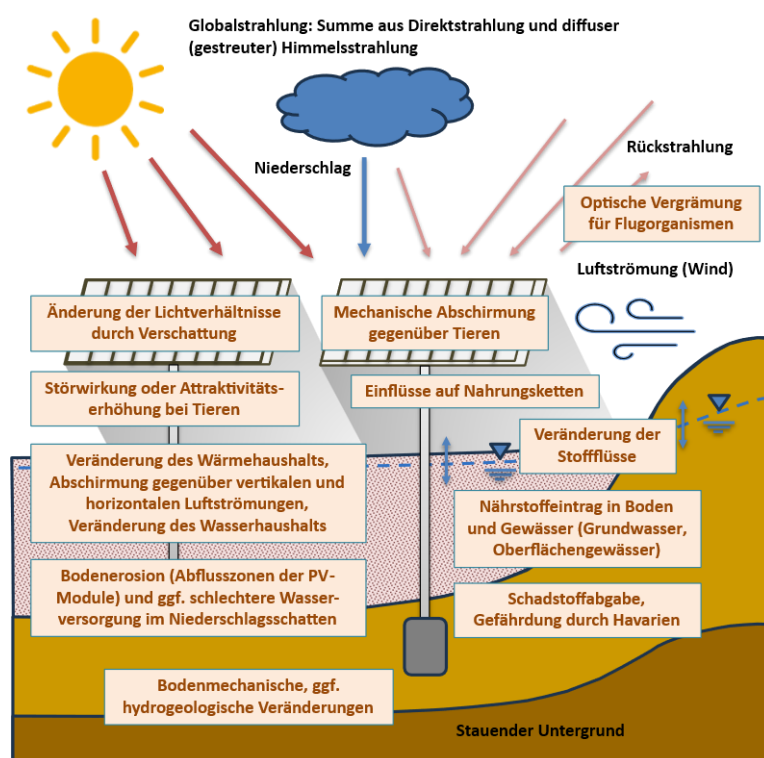


Abb. 13: Kategorien potenzieller Auswirkungen (Faktorenkomplexe) infolge einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor)

Außerdem ergänzt eine Darstellung von entsprechenden Kategorien auf der landschaftlichen (chorischen) Ebene in Abb. 14. Adäquat differenzieren Gómez-Catasús et al. (2024) für

Freiflächen-PV-Anlagen in eine Mikrohabitatebene (microhabitat scale) und eine Landschaftsebene (landscape scale).

Die sich ergebenden 13 Kategorien nach Abb. 13 und Abb. 14 bilden im Folgenden die Grundlagen der Gliederung der Unterkapitel/Abschnitte, um die Möglichkeit der Zuordnung zu erleichtern. Teilweise wurden sich inhaltlich überlagernde Aspekte auch zusammengefasst. Die insgesamt 13 textlich zusammengefassten Faktorenkomplexe (Abschnitte 3.5.2 bis 3.5.14) sollten die zentralen und wichtigsten bilden; sie überschneiden sich trotz bewusster Differenzierung fachlich teilweise, was kaum zu vermeiden ist. Vor allem einzelfallabhängig werden ggf. weitere Faktoren zutreten, was jetzt mit Blick auf das Wesentliche vernachlässigt wird.

Auf Aspekte, die sich aus einer möglicherweise gegebenen parallelen Nutzung der Flächen mit Paludikulturen ergeben, wird separat in Abschnitt 3.6.2 eingegangen. Aus Gründen gegebener Kongruenz oder Ähnlichkeit fachlicher Fragestellungen werden in den Abschnitten 3.5.2 bis 3.5.14 stellenweise auch bereits erfolgte Darstellungen zu den Floating-PV-Anlagen (Mehl et al. 2024) miteinbezogen, vor allem, um angesichts der geringen Zahl an Spezialliteratur zu Moor-PV-Anlagen fachliche Analogieschlüsse zu ermöglichen.

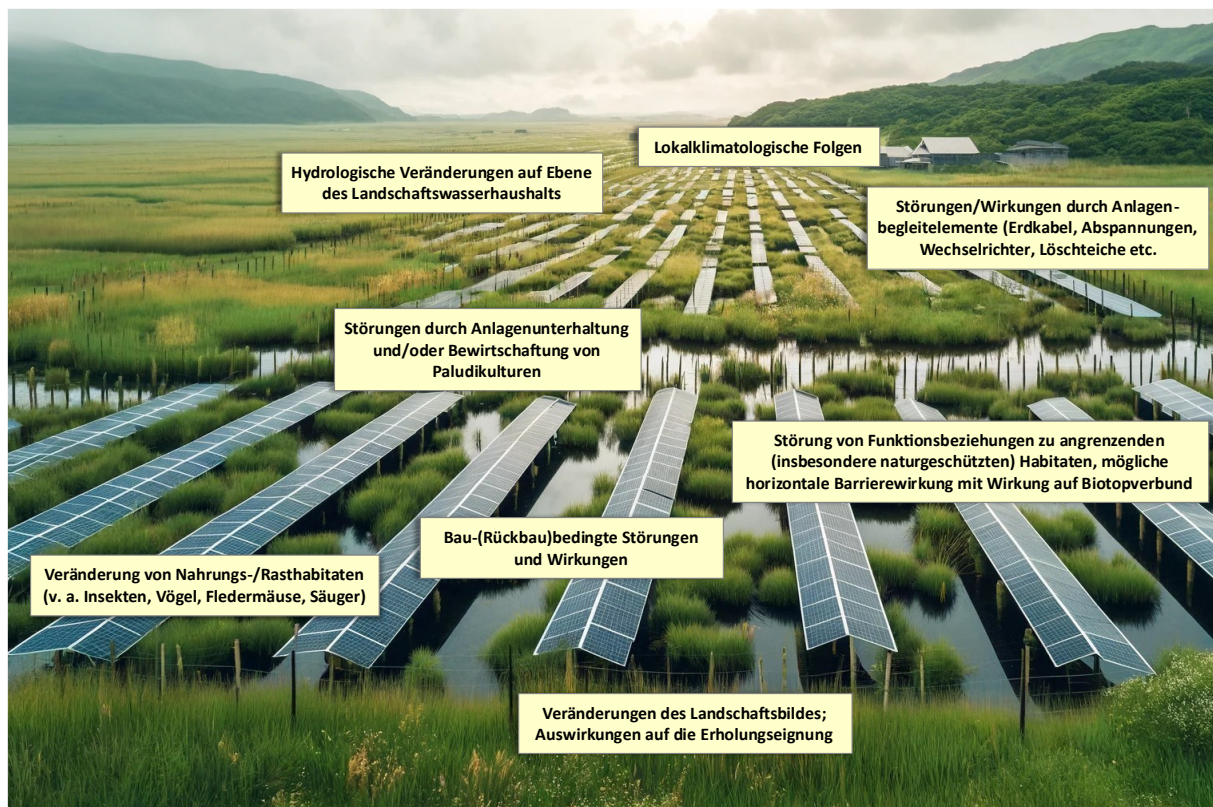


Abb. 14: Potenzielle Auswirkungskategorien (Faktorenkomplexe) infolge von Moor-PV: zusätzliche bau-, anlage- und betriebsbedingte Folgen auf Landschaftsebene (chorische Ebene); Hintergrund erzeugt mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (KI), Software: DALL-E by ChatGPT-4

3.5.2 Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung

Die Globalstrahlung bezeichnet die Sonnenstrahlung, die eine horizontale Fläche am Boden erreicht. Sie besteht aus der direkten Strahlung, die (sichtbar) Schatten wirft, und der gestreuten Strahlung, die als diffuse Himmelsstrahlung aus der gesamten Himmelshalbkugel kommt. Die damit einhergehende Strahlungsenergie ist die wichtigste Einflussgröße bzw.

entscheidender Auslöser für alle Prozesse im Zusammenhang mit dem Wärmehaushalt der Erde und das skalenunabhängig, s. Abschnitt 3.5.3. Die Globalstrahlung umfasst verschiedene Arten elektromagnetischer Strahlung (sichtbares Licht, UV-Strahlung, IR-Strahlung). Sichtbares Licht ist eine optisch/visuell wahrnehmbare Strahlung mit Wellenlängen von etwa 360 nm bis 830 nm (CIE 2024), die für das menschliche Auge sichtbar ist. Licht bewegt sich in Form von Photonen, die gleichzeitig Welleneigenschaften und Teilcheneigenschaften besitzen.

Die ökologische Bedeutung von Licht im Wellenbereich von ca. 400 nm bis 700 nm ist fundamental für alle auf Photosynthese angewiesenen Organismen (Pflanzen, Algen, photosynthetisch aktive Bakterien). Einschränkungen des nutzbaren Lichtangebots führen zunächst zu einer generellen Betroffenheit. Das hat zur Folge, dass die flächenspezifische Primärproduktion und damit die Erzeugung von Biomasse abnimmt. Insofern ist die gesamte Nahrungskette betroffen und auch die Stoffflüsse verändern sich dementsprechend (s. im Weiteren). Die auf Photosynthese ausgerichteten Organismen haben aber auch artspezifische Lichtbedarfe oder -empfindlichkeiten, so dass es zusätzlich zu Veränderungen in der Artenzusammensetzung und -dominanz (ausgedrückt als Deckungsgrad, Häufigkeit, Populationsstärke o. ä.) kommt.

DIN SPEC 91434:2021-05 sowie DIN SPEC 91492:2024-06 sowie führen in Bezug auf die Bedeutung des Lichts für die landwirtschaftliche Bodennutzung daher zwei Kenngrößen auf: a) die Lichtverfügbarkeit (auftreffende Globalstrahlung, in kWh m^{-2} , abzüglich der nachgewiesenen Verschattung) sowie b) die Gleichmäßigkeit des auf die landwirtschaftlich nutzbare Fläche treffenden Lichts (Lichthomogenität) unter Berücksichtigung der Beschattung durch die Agri-PV-Anlage.

Aber auch für viele Tiere ergeben sich mehr oder weniger starke Beeinflussungen, nicht nur auf Grund der direkten oder indirekten Nahrungskettenabhängigkeit von den photoautotrophen Organismen, sondern auch, weil bei Ihnen Stoffwechselvorgänge, hormonelle Funktionen, Wahrnehmungen in Bezug auf Tages- und Jahreszeitabläufe (Photoperiodismus) und vieles mehr an die natürliche Lichtdynamik gekoppelt sind.

PV-Anlagen führen natürlich auch auf Mooren durch Verschattung zu einer Veränderung des Strahlungshaushalts. Das betrifft stark die Bereiche, die keine direkte Sonnenstrahlung mehr erhalten, aber auch die Bereiche von Bodenoberfläche und Vegetation, die von einer Minderung diffuser Himmelsstrahlung betroffen sind. Verbunden mit der horizontal und vertikal wirksamen Bahn der Sonne geht ein Wechsel flächenhafter Betroffenheit einher. Makaronidou (2020) hat unterhalb von Solarmodulen eine Strahlungsabnahme um bis zu 60 % gemessen. Je nach Konstruktionsart können aber Bereiche in einer Art „Dauerschatten“ liegen. Ist die PVA nach Süden ausgerichtet, wird zwischen den Reihen zur Vermeidung gegenseitiger Verschattung und aus Wartungsgründen das 2- bis 3-Fache der Modulhöhe an Platz gelassen (die Beschattung betrifft folglich ca. 35-40 % der maßgeblichen Fläche) (Demuth & Maack 2019). Bei Ost-West-Ausrichtung wird bei dachartiger Anordnung häufig deutlich enger gebaut, was zu einer deutlich höheren Beschattung (70 % der Fläche) führt und sich nachteilig auf die Vegetation (bis zum Totalausfall), aber auch die Bodenerosion und -feuchtigkeit (s. Abschnitt 3.5.4) auswirkt (Demuth & Maack 2019).

Die Veränderungen der Lichtverhältnisse durch Floating-PV-Anlagen wurden bisher auch nur in sechs Studien direkt untersucht und gemessen (Abdelal 2021, Al-Widyan et al. 2021, Andini et al. 2022, Bax et al. 2023, de Lima et al. 2021, Ilgen et al. 2023) (vgl. Mehl et al. 2024). Ilgen et al. (2023) konnten z. B. am Maiwaldsee (Baggersee) im Oberrheintal unterhalb der Floating-PV-Anlage eine signifikante Reduktion des Strahlungseintrags um 73 % im Vergleich zur

unbedeckten Seeoberfläche feststellen, was mit den obenstehenden Angaben zu Freiflächen-PV-Anlagen grundsätzlich übereinstimmt.

Für Freiflächen-PV-Anlagen zeigen u. a. AL-agele et al. (2021), dass sich das Wachstum von lichtliebenden Pflanzen unter den Modulen deutlich abschwächt. Unter PV-Modulen dominierten 2 Jahre nach einer Ansaat blütenarme Grasarten und schattentolerante Arten (Armstrong et al. 2016). Bei mindestens vorhandenem Streulicht ist aber grundsätzlich die Möglichkeit für Pflanzenwachstum gegeben (Herden et al. 2009, Trautner et al. 2022). Wesselek et al. (2019a, b, 2021) konnten eine Reduzierung des photosynthetisch wichtigen Strahlungsbereiches von ca. einem Drittel unterhalb von nicht oder nur gering transparenten PV-Modulen messen. Bei landwirtschaftlichen Kulturen zeigen sich ab einer Beschattung über 50 % negative Effekte des Pflanzenwachstums (Touil et al. 2021, zitiert in Schlegel 2021), wobei diese Effekte stark davon abhängig sind, ob die Pflanzenarten unterhalb der Module eher lichtliebend oder schattentolerant sind (Rösch 2016). Bei Untersuchungen kurz nach Etablierung von PV-Freiflächenanlagen konnten zwar keine Unterschiede in der Vegetation unter oder neben PV-Modulen festgestellt werden. Durch die arealen Gradienten von Verschattung und Niederschlag steht aber zu erwarten, dass sich stabile und durchaus unterschiedliche Vegetationsstadien ausprägen werden (Günnewig et al. 2007). Das bestätigen Untersuchungen. Danach kann die Artenzahl zwischen den Modulreihen sogar höher sein als außerhalb einer Freiflächen-PV-Anlage, während unterhalb der Modulreihen allerdings weniger Arten wachsen, welche wiederum schattentolerant sind (Lambert et al. 2023). Tanner et al. (2020) fanden vornehmlich Unterschiede im Deckungsgrad, weniger in der Artenvielfalt der Pflanzen.

Auch treten innerhalb von PV-Anlagen sogar mehr Insekten-Bestäuberarten (Bienen, Schwebfliegen etc.) auf als auf Industrieflächen oder in der Agrarlandschaft. Die Arten und Individuen kommen dabei stärker in den Sonnenbereichen zwischen den Modulen vor als unterhalb der Module, was auf ihre Wärmepräferenz als wechselwarme Organismen zurückzuführen ist (Biesmeijer et al. 2020). Insbesondere Heuschrecken meiden daher aus Licht- und Wärme Gründen auch die Schattenbereiche unterhalb der Modulreihen (Kitt 2020). Gleiches gilt offenbar für Käfer, während die hohe Strukturvielfalt Vorteile für Spinnentiere bieten kann (Hietel et al. 2021).

Blütenpflanzen werden unabhängig vom Beschattungsgrad von Bestäubern angefliegen. Eine Teilbeschattung der Blütenpflanzen zwischen den Modulreihen führt zu einem späteren Blühzeitpunkt und einem höheren Blütenangebot, so dass spätsaisonale Bestäuber davon profitieren. Abundanz und Diversität der Bestäuber werden bei Teilbeschattung nicht beeinträchtigt, nehmen aber bei starker Beschattung unterhalb der Module ab (Graham et al. 2021).

Bei ein- oder gar zweiachsig nachgeführten Anlagen dürfte der größte Flächenanteil wenigstens eine gewisse Zeit auch direkte Strahlung erhalten. Die hier stärker wandernde Verschattung wirkt sich neben der besseren Niederschlagsverteilung (Abschnitt 3.5.4) deshalb auch positiv auf das Pflanzenwachstum und die floristische Artenvielfalt aus (Haase 2022). Eine höhere Diversität der Pflanzenarten führt wiederum zu einer größeren Diversität der Bestäuber und anderer Invertebraten, was zu einer Erhöhung davon abhängiger Ökosystemleistungen führt (Semeraro et al. 2018, Nordberg et al. 2021). Bei einer fest installierten Solaranlage in Chile konnten deutlich stärkere Veränderungen der Artenzusammensetzung von Arthropoden festgestellt werden als im Vergleich zu einer nachgeführten Anlage (Suuronen et al. 2017), was das Vorstehende bestätigt.

Fazit: Die durch Moor-PV-Anlagen hervorgerufenen Änderungen der Lichtverhältnisse im Vergleich zum davon unbeeinflussten natürlichen oder naturnahen Moor sind bislang kaum bis nicht direkt untersucht. Ähnliche Aussagen sind auch im Bereich der ebenfalls relativ neuartigen Floating-PV-Anlagen zu konstatieren. Allerdings ist die Thematik bereits seit Jahren Gegenstand von Untersuchungen bei „normalen“ Freiflächen-PV-Anlagen. Bis zu einem gewissen Grad sind dahingehende Erkenntnisse zwar übertragbar. Jedoch sind wieder-vernässte Moore sehr spezifische Ökosysteme mit einer großen hydrologischen und ökologischen Typenvielfalt und es ist ausdrückliches Ziel von Moor-PV-Anlagen, dass auch ein Beitrag zur Reetablierung klimaschutzrelevanter und dafür erforderlicher ökologischer Funktionen geleistet wird.

Insofern mangelt es an systematischen Studien zum PV-Bedeckungsgrad, zur Lichtdurchlässigkeit (Transmission) der PV-Module sowie zur Anordnung und Gestaltung der Anlagen (insbesondere Neigung, ggf. Nachführung, lichte Höhe und Weite, Lichtgassen etc.). Verbunden werden muss das mit dem ökologischen Moortyp (gekennzeichnet durch den Lebensraumtyp bzw. die vegetationskundlichen Verhältnisse). Ergebnisse bzw. entsprechend fundierte Studien dienen auch als Grundlage einer Kalibrierung von Prognosemodellen und damit der Absicherung entsprechender Modellqualität bzw. Prognosesicherheit.

3.5.3 Veränderung des Wärmehaushalts, Abschirmung gegenüber vertikalen und horizontalen Luftströmungen, Veränderung des Wasserhaushalts

Die Globalstrahlung ist zum anderen zentrale Größe im Wärmehaushalt. Auf topischer Ebene bestimmt sie maßgeblich über die Höhe der Temperatur von Luft, Wasser und Boden, wobei die konkrete zeitliche und räumliche Differenzierung auch wesentlich von den konkreten Eigenschaften der Systeme und den äußeren Randbedingungen beeinflusst wird.

Der Strahlungseintrag verursacht in dieser Hinsicht zunächst eine Wärmeaufnahme der Systeme und entsprechende Temperaturgradienten von den Oberflächen hin zu nicht direkt bestrahlten Teilräumen. In den wichtigsten Medien bzw. Systemen der Erdoberfläche (Luft, Wasser, Boden) werden hierdurch Wärmeströme verursacht, was zu Wärmetransport und raumzeitlichen Phasenverschiebungen führt. Je nach spezifischer Wärmekapazität können die beteiligten Stoffe zudem Wärme speichern und zeitverzögert wieder abgeben (thermische Trägheit).

Bekannt sind entsprechende Effekte bereits bei Floating-PV-Anlagen auf Seen (vgl. Mehl et al. 2024). So verzögern Floating-PV-Anlagen vor allem die strahlungsbedingte Erwärmung und auch die Abkühlung des Seewassers. Letzteres liegt an der geringeren Wärmeabgabe insbesondere in den Nächten nach hohen Einstrahlungswerten bzw. auch im Herbst (Abdelal 2021, Al-Widyan et al. 2021, Andini et al. 2022, Bax et al. 2023, de Lima et al. 2021, Ilgen et al. 2023, Melvin 2015). Für den Maiwaldsee konnten Ilgen et al. (2023) Verzögerungen des täglichen Minimums und des Maximums der Temperatur bzw. Wärmespeicherung im See infolge der Floating-PV-Anlagen um durchschnittlich zwei Stunden ermitteln.

Ein sehr wichtiger Transport im Sinne des Wärmeexports stellt der fühlbare (bzw. Konvektions-)Wärmestrom über Oberflächen dar (vgl. Abb. 10), insbesondere in der bodennahen Atmosphäre hat das meteorologisch und ökologisch eine hohe Bedeutung. Die Erwärmung von Luft erfolgt dabei nur in geringem Umfang durch die direkte Absorption von Strahlungsenergie, sondern überwiegend durch den vom Boden bzw. der Oberfläche aufsteigenden

Konvektionswärmestrom und eine darauf zurückzuführende Wärmediffusion, im Regelfall unter turbulenten, nicht-laminaren Strömungsbedingungen. Die Wärme ist aber zugleich direkter und indirekter Auslöser des Verdunstungsprozesses, der als Strom latenter („verborgener“) Wärme auch einen „Verdunstungswärmestrom“ (Dyck et al. 1980: 50) auslöst. Wärme- und Wasserhaushalt sind daher aus hydrologischer Perspektive eng verwoben (s. u.). Die zur Verdunstung (Wechsel der flüssigen in die gasförmige Phase) notwendige Energie stellt eine latente Energie dar. Sie wird erst wieder durch Kondensation des Wasserdampfes (insbesondere durch Wolken- oder Taubildung) als Wärme frei.

Die Verdunstung (Evapotranspiration) setzt sich aus der Verdunstung der Erdoberfläche als Boden-, Gewässer- oder Mischform (Evaporation) und der Verdunstung der Vegetation (Transpiration) zusammen. Der Begriff steht sowohl für den Prozess der Phasenumwandlung und des Wassertransportes als auch für die Menge des Wassers im Sinne einer Wasserhaushaltsgröße (s. u.).

Sie ist alleinig abhängig vom Sättigungsdampfdefizit, welches die Differenz bildet zwischen dem Sättigungsdampfdruck (dem maximalen Dampfdruck, den die Luft bei einer bestimmten Temperatur halten kann) und dem tatsächlichen Dampfdruck des Wasserdampfes in der Luft (DWA-M 504-1, DWA-M 504-2). Relevant ist, dass das Sättigungsdampfdefizit von folgenden Einflussgrößen abhängt:

- **Lufttemperatur:** Die Temperatur ist der wichtigste Faktor, der das Sättigungsdampfdefizit beeinflusst. Warme Luft kann mehr Wasserdampf halten als kalte Luft. Der Sättigungsdampfdruck steigt dabei exponentiell mit der Temperatur
- **Tatsächlicher Wasserdampfgehalt der Luft:** Dies ist die Menge an Wasserdampf, die tatsächlich in der Luft vorhanden ist (absolute Feuchtigkeit bzw. Partialdruck des Wasserdampfes). Je höher der tatsächliche Wasserdampfgehalt, desto geringer ist das Sättigungsdampfdefizit, da sich die Luft näher am Sättigungspunkt befindet.
- **Sättigungsdampfdruck:** Dies ist der Druck, bei dem Wasserdampf in einem bestimmten Temperaturbereich kondensieren würde, um ein Gleichgewicht mit flüssigem Wasser zu erreichen. Er hängt direkt von der Lufttemperatur ab. Der Sättigungsdampfdruck ist die maximale Menge an Wasserdampf, die die Luft bei einer bestimmten Temperatur halten kann.

Als meteorologische Randbedingung kommt der vertikale und horizontale Luftaustausch hinzu. Ist dieser möglich bzw. effektiv (vertikale Konvektion und horizontaler Wind als Ausgleichsströmung zwischen hohem und tiefem Luftdruck), wird zum einen Wärme (fühlbare und latente) wegtransportiert (natürlich ggf. auch horizontal durchgeführt), zum anderen bleibt aber wegen des Wegtransportes aufgefuechteter Luft das Sättigungsdampfdefizit hoch. Im umgekehrten Fall, d. h. Zuführung von feuchter, bereits weitgehend gesättigter Luft oder bei fehlendem Wegtransport feuchter Luft wird die Verdunstung gedämpft.

Lokalklima bezeichnet das Klima an einem bestimmten Ort und ist eingebettet in das Regionalklima (DWD 2023). Damit ist das Lokalklima eher auf einer mikroklimatischen Ebene verortet, hingegen das Regionalklima gemeinhin der Mesoskala zugeordnet wird.

Während entwässerte Moore durch den Verlust ehemals mikroozeanisch geprägter und hygisch begünstigter Lebensräume gekennzeichnet sind und sich daher durch eine verschärfte Mikrokontinentalität auszeichnen (Mehl et al. 1995), können wiedervernässte Moore, insbesondere nach Reetablierung naturnaher, moortypischer Vegetation diese Eigenschaften

zurückерlangen. Im Einflussbereich von Moor-PV-Anlagen mit hoher Wahrscheinlichkeit sogar noch deutlicher.

PV-Anlagen auf wiedervernässten Mooren haben vor diesem komplexen meteorologischen Hintergrund folgende Wirkungen bzw. stehen solche zu erwarten:

- Unterschiede in der bodennahen Luftschicht und im Vegetationsbestand, d. h. areale Differenzierungen auf Grund der Abschirmwirkung: Luft und Bodentemperaturen sind nach Messungen im Kontext mit Freiflächen-PV-Anlagen außerhalb der Anlagen am höchsten, gefolgt von den Zwischenräumen der Modulreihen; die tiefsten Temperaturen wurden unterhalb der Module gemessen (Armstrong et al. 2016, Weselek et al. 2019b, Makaronidou 2020, AL-agele et al. 2021); von tiefen Temperaturen und feuchteren Verhältnissen profitieren einige Artengruppen, z. B. Springschwänze (Hietel et al. 2021).
- Heuschrecken meiden aber aus Licht- (s. o.) und Wärmegründen die Schattenbereiche unterhalb der Modulreihen (Kitt 2020). Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass PV-Anlagen die beschatteten Flächen kühlen und die mikroklimatische Variabilität stark erhöhen (Schindler et al. 2018). Von dem entstehenden Habitatmosaik profitieren nach Ansicht von Hassanpour Adeg et al. (2018) und Nordberg et al. (2021) viele Pflanzen- und Tierarten. Allerdings wäre das, übertragen auf die Moorthematik, nur teilweise mit natürlichen Bedingungen vergleichbar, weil Moore eher einen grundsätzlich extremen Lebensraum mit entsprechend angepassten Arten darstellen (z. B. Succow & Joosten 2001, Thiele et al. 2016).
- Verschiebungen/Dämpfung im jahreszeitlichen und im tageszeitlichen Gang der Temperaturen für die bodennahe Luftschicht (unter den PV-Modulen), die Moorbodenoberfläche und den mehr oder weniger wassergesättigten Torfkörper; die höhere Mikroozeanität bedeutet eine Abnahme der täglichen und jährlichen Extreme, tags einen verminderten Einstrahlungstyp, nachts einen verminderten Ausstrahlungstyp, eine Abnahme der Frost- und Eistage, eine Verringerung der Windgeschwindigkeit, eine Abnahme der Sommer- und heißen Tage etc. (Mehl et al. 1995).
- Bekannt ist auch ein Wärmeinsel-Effekt von PV-Anlagen (Nordberg et al. 2021), der nachts zu regelmäßig 3 °C bis 4 °C höheren Temperaturen über einer PV-Anlage führt (Barron-Gafford et al. 2016). Auch tagsüber führt dies zu veränderter Thermik über den Anlagen, was aber insbesondere von Greifvögeln wohl eher als Attraktion wahrgenommen wird. Inwieweit das andere Flugorganismen ggf. eher stört, ist unbekannt.
- Ausbildung eines stärkeren Gradienten der Lufttemperatur an Sonnentagen zwischen der kühleren Mooroberfläche und den auf der Unterseite erwärmten und einen Strom fühlbarer Wärme nach unten erzeugenden PV-Modulen
- Abnahme/Dämpfung der Evapotranspiration auf Grund geringerer solarer Einstrahlung unter PV-Modulen sowie auf Grund der Dämpfung des horizontalen und vertikalen Luftaustausches (geringeres Sättigungsdampfdefizit, vgl. DWA-M 504-1); bei Kulturpflanzen wurde unter PV-Modulen bei noch ca. 50 % bis 70 % Strahlungseintrag eine reduzierte Evatranspiration von ca. 10 % bis 30 % festgestellt (Marrou et al. 2013b). Diese Verdunstungsreduktion wurde (natürlich) auch bereits als Wirkung von Floating-PV-Anlagen festgestellt (Galdino & Olivieri 2017, Rosa-Clot 2017, Gamarra & Ronk 2019, Exley et al. 2021a, b, Abdelal 2021, Kumar et al. 2021, Andini et al. 2022, Vaschetti et al. 2022).

- Die positive Wirkung der Verdunstungsreduktion auf den Wasserhaushalt, die Pflanzenvielfalt und die mikrobielle Bodengemeinschaft zeigen Bai et al. (2022) am Beispiel eines Mineralbodengrünlandes in China im kontinentalen Monsunklima. Gerade für Agri-PV-Anlagen werden auf Grund der verminderten Verdunstung höhere Ernteerträge und höhere Kohlenstoffgehalte im Boden erwartet (Marrou et al. 2013a, Hassanpour Adeg et al. 2018, Nordberg et al. 2021).
- Es gibt zudem noch einen wesentlichen Vorteil durch die Abschirmung der PV-Anlagen im Fall landwirtschaftlicher Nutzung (dies gilt ggf. auch für Paludikulturen) – das ist der Schutz vor Extremwetterlagen (vor allem Hagel, Überhitzung) (Schlegel 2021).
- Eine Verdunstungsminderung könnte aber auch lokalklimatische Nachteile durch Verringerung der Kühlung infolge von Verdunstung und Transport latenter Wärme sowie Verringerung der Kondensation im Umfeld haben, vor allem bei autochthonen Wetterlagen, d. h. eine verminderte Wasserversorgung von Pflanzen über Kondensat sowie eine verringerte Kondensationswärme/ggf. erhöhte Frostgefährdung bei Kulturpflanzen auf benachbarten Flächen sind grundsätzlich und je nach Anlagendimension und Standortbedingungen möglich (vgl. auch Mehl et al. 2024).
- Ggf. kann eine starke Minderung der Verdunstung und damit des latenten Wärmestroms sogar zur stärkeren Erwärmung des Moorbodens führen (Barron-Gafford et al. 2016).
- Außerhalb von PV-Anlagen sind auf Grund der „bremsenden“ hydraulischen Wirkungen der Anlage die Windgeschwindigkeiten generell höher als innerhalb (Armstrong et al. 2016, Al-agele et al. 2021). Dies hat mit hoher Wahrscheinlichkeit Auswirkungen auf die anemochore Verbreitung von Samen und Sporen sowie auch für Faunenelemente wie insbesondere Spinnentiere und Insekten.
- Eine Abnahme der Funktion der Moore als orographisch prädestinierte Kaltluftsammlgebiete ist wahrscheinlich, da kalte Luft beim Fließen behindert wird und eine verzögerte nächtlich Wärmeabgabe des Moores ebenfalls entgegenwirkt; auch eine Abnahme der Frostgefährdung ist durch die Abschirmung und die geringere Kaltluftsammlfunktion sehr wahrscheinlich. Allerdings ist Frost insbesondere für viele tyrophobionte Reliktarten der Schmetterlingsfauna in Hochmooren essenziell (Thiele et al. 2016, Sommer et al. 2022).
- Im Zusammenhang mit nahen Siedlungen ist ggf. die Abnahme der klimatischen Ausgleichsfunktionen entwässerter Moore als Kaltluftbildungsgebiete oder Kaltluftabflussbahnen infolge von Wiedervernässung/Moor-PV-Anlagen-Bau zu berücksichtigen (Günnewig et al. 2007, Gehrlein et al. 2017, Schlegel 2021, KBU 2023).
- PV-Anlagen auf wiedervernässten Mooren dürften in der Energieausbeute etwas höher liegen als andere Freiflächen-PV-Anlagen, da sich feuchte/nasse Moore in ihrer Kühlwirkung in der Regel bereits ähnlich wie Gewässer verhalten (z. B. Hernandez et al. 2014, Gamarra & Ronk 2019, Al-Widyan et al. 2021, Hooper et al. 2021); insofern wird vor allem der Hitzestress der PV-Module gemindert (Barron-Gafford et al. 2019).

Alle Wirkungen werden mit umso stärker auftreten, je stärker die horizontale (Strahlung, Konvektion) und die vertikale Abschirmung (vor allem Luftströmung/Wind) wirkt.

Die vorgenannten Aspekte haben direkte Auswirkungen auf den Wasserhaushalt auf einer Hydrotopebene sowie im chorischen Gefüge des hydrologischen Systems Moor/Mooreinzugsgebiet bzw. bei nicht isolierten Systemen auf der Ebene Oberflächengewässereinzugsgebiet. So sind ggf. bereits standörtliche (topische) Veränderungen des Bodenwasserhaushalts auf

Grund bodenmechanischer Veränderungen möglich (s. a. DIN 19639:2019-09 bzw. Abschnitt 3.5.5).

Der Begriff Wasserhaushalt steht gemeinhin sowohl für den Wasserkreislauf als „ständige Zustands- und Ortsveränderung des Wassers“ (Dyck et al. 1980: 15) als auch für seine quantitative Erfassung mittels Wasserhaushaltsberechnungen bzw. raum- und zeitbezogenen Wasserbilanzen. Eine Wasserbilanz erfasst mengenmäßig das komplexe Zusammenwirken von Niederschlag P , Abfluss R , Verdunstung/Evapotranspiration ET sowie Speicheränderung ΔS (Rücklage und Aufbrauch) in einem bestimmten „Betrachtungsgebiet während einer Betrachtungszeitspanne“ (DIN 4049-3).

Bei Zeitabschnitten von wenigen Jahren oder ggf. auch in Einzeljahren gilt entsprechend dem Satz von der Erhaltung der Masse die Gleichung der Wasserbilanz:

$$P - R - ET - \Delta S = 0 \text{ [mm/a]}$$

Diese Bilanzgleichung ist streng genommen nur gültig bei geschlossenen hydrologischen Systemen. In Mooren muss das jeweilige hydrologische Einzugsgebiet einbezogen werden: in Hochmooren grundsätzlich nur das oberirdische Einzugsgebiet, in Niedermooren das oberirdische und das häufig mehr oder weniger stark abweichende unterirdische Einzugsgebiet. Zudem müssen regelmäßig unter- oder oberirdischer Zu- und Abstrom oder bei anthropogener Steuerung entsprechende Wasserüberleitungen berücksichtigt werden.

Auf den Wasserhaushalt auf einer topischen Ebene (Hydrotop, Moorareal) wird sich vor allem die Verringerung der Evapotranspiration auswirken. Bedingt durch die geringere Verdunstung erhöht sich die Wasserspeicherung in Form von Moor-/Grundwasser, situationsabhängig auch der niederschlagsbedingte oberflächliche Abfluss. Insofern ist ein höherer Moorwasserstand bzw. geringerer Grundwasserflurabstand wahrscheinlich, was sich gerade in zuflussarmen bzw. ausschließlich niederschlagsgespeisten Mooren (Hochmoore) sowie stets in Trockenzeiten hydro- und moorökologisch positiv bemerkbar machen sollte.

Der Aspekt der hydrologischen Veränderungen auf Ebene des (chorischen) Landschaftswasserhaushalts wurde in der Literaturrecherche und -analyse gemäß Abschnitt 3.3 nicht separat behandelt, weil für Freiflächen-PV-Anlagen aller Art hierzu praktisch überhaupt keine Untersuchungen/Studien vorliegen. Bei der Thematik Moor-PV-Anlagen erfährt die Thematik aber eine gewisse Bedeutung.

Der Begriff „Landschaftswasserhaushalt“ betont explizit die Verbindung von Wasser(haushalt) und Landschaft, geht aber von den gleichen hydrologischen Axiomen aus, wie oben beschrieben, insbesondere im Hinblick auf die Bilanzglieder des Wasserhaushalts. Er wird vor allem eingesetzt, um die hohe Bedeutung des Wassers bzw. des Wasserhaushalts für die Landschaftselemente, insbesondere die Oberflächengewässer, den Boden, die Feuchtgebiete (Moore, Sümpfe, Auen) und die Wälder sowie andere Vegetationstypen hervorzuheben. Gleichzeitig impliziert er auch die Wechselwirkungen und gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Landschaft und Wasser.

Angesichts der zunächst verdunstungssteigernden Wirkung einer Moorwiedervernässung und eines sich ggf. im Einzelfall über einen längeren Zeitraum vollziehenden Wasserspiegelanstiegs (befristete Abflussminderung während des Füllprozesses des Bodenwasserspeichers) kann dies bei größeren Moorflächen und ggf. vorhandenen kleineren hydrologischen Systemen bzw. Einzugsgebieten im Abstrombereich zur Abflussreduktion führen. Das betrifft dann Fließgewässer (vor allem in Quellbereichen) bzw. kann zur Zuflussreduktion für Seen und für

stehende Kleingewässer führen. Moor-PV-Anlagen können das zwar über die damit verbundene Verdunstungsreduktion (s. o.) etwas dämpfen. Grundsätzlich stehen hier aber umweltfachliche Fragen im Raum, die ggf. beantwortet werden müssen, insbesondere in Natura 2000-Gebieten sowie bei WRRL-pflichtigen Gewässern. Mögliche Rechtskonflikte mit dem Verschlechterungsverbot nach WRRL, ggf. auch mit dem nach FFH-RL sind nicht auszuschließen und werden bereits auf der fachlichen Ebene diskutiert (z. B. Mehl et al. 2025b, Mehl & Massa 2025), so dass insbesondere den Folgen von Wiedervernässung und Moor-PV-Anlagen für den Landschaftswasserhaushalt auch eine entsprechende wissenschaftliche Aufmerksamkeit zukommen muss.

Fazit: Die Veränderung des Wärmehaushalts, die Abschirmung gegenüber vertikalen und horizontalen Luftströmungen, Veränderungen des Lokalklimas und die Veränderung des Wasserhaushalts infolge von PV-Anlagen auf Moorstandorten sind mit Sicherheit zentrale Aspekte abiotischer Wirkungen auf das Ökosystem Moor. Gleichwohl ist hier die Studienlage ebenfalls dürftig; im engeren Sinne liegen nur erste diesbezügliche Erkenntnisse für Freiflächenanlagen (auf Mineralboden) sowie Floating-PV-Anlagen (Gewässer) vor. Bis zu einem gewissen Grad sind entsprechende Erkenntnisse übertragbar.

Insofern mangelt es auch im Hinblick auf diese Wirkfaktoren an systematischen, vom PV-Bedeckungsgrad, der Lichtdurchlässigkeit (Transmission) der PV-Module, der Anordnung und Gestaltung der Anlagen (insbesondere Neigung, ggf. Nachführung, lichte Höhe und Weite, Lichtgassen etc.), und vom hydrologischen (Speisungscharakter) sowie ökologischen Moortyp (gekennzeichnet durch den Lebensraumtyp bzw. die vegetationskundlichen Verhältnisse) abhängigen Ergebnissen bzw. entsprechend fundierten Studien, auch als Grundlage einer Kalibrierung von Prognosemodellen und damit der Absicherung entsprechender Modellqualität bzw. Prognosesicherheit. Das Ganze hat im Hinblick auf Lokalklima und auch den Landschaftswasserhaushalt hohe Bedeutung – Letzteres potenziell sogar in umweltrechtlicher Hinsicht.

3.5.4 Bodenerosion (Abflusszonen der PV-Module) und ggf. schlechtere Wasserversorgung im Niederschlagsschatten

Nicht horizontal oder vertikal geführte PV-Anlagen könnten in nicht vollständig vernässten Mooren (Grundwasser unter Flur), aber auch bei tieferen Wasserständen (z. B. trockenheitsbedingt), gerade bei Starkniederschlägen einen Effekt verstärkter Bodenerosion auslösen. Das wäre ohne geeignete Gegenmaßnahmen entlang bzw. unterhalb der Abtropfkanten der PV-Module möglich, da sich hier der niederschlagsbedingte Abfluss konzentriert.

Gleichzeitig kann die Abschirmung des Bodens („Niederschlagsschatten“) gerade bei nicht vollständig vernässten Mooren ggf. auch zur Ausbildung horizontaler Bodenfeuchtegradienten führen, ggf. auch zur partiellen Trockenheit bestimmter Areale (Weselek et al. 2019b, Miller et al. 2022), was moorkundlich und ökologisch unvorteilhaft ist. Erst in tieferen Schichten gleichen sich die Bodenfeuchteverhältnisse wieder an (Badelt et al. 2020). Sollte die Trockenheit groß sein, kann unter PV-Modulen ggf. selbst eine Bodenerosion durch Wind eine Rolle spielen. Eine durchgehende, erosionsschützende Bodenvegetation ist daher von großem Vorteil (Günnewig et al. 2007, Choi et al. 2020, Ismail et al. 2023).

Obenstehende Gefahren bestehen bei horizontal oder vertikal geführten PV-Anlagen grundsätzlich nicht, vgl. auch Haase (2022).

Fazit: Bodenerosion und partielle Trockenheit auf Moorböden können mit entsprechenden Gegenmaßnahmen verhindert werden, z. B. horizontal oder vertikal geführte PV-Anlagen, größere lichte Höhe der PV-Anlagen (bessere Niederschlagsverteilung), ggf. technische Lösungen für eine gleichmäßige Wasserverteilung unter nicht geführten PV-Anlagen, durchgehende Vegetationsbedeckung usw. Grundsätzlich besteht hier aber Wissens- und damit Forschungsbedarf, um solche Lösungen zu begründen und technisch zu entwickeln.

3.5.5 Bodenmechanische, ggf. hydrogeologische Veränderungen

Durch die lange Nutzungsdauer von Moor-PV-Anlagen, gerade in Kombination mit den erhöhten Wasserständen, gehen grundsätzlich positive Wirkungen für den Moorboden einher, vor allem dann, wenn kaum oder keine negativen Wirkungen von einer möglichen Agrarnutzung (Paludikulturen) oder von Wartungsarbeiten ausgehen. So wird wasserstandbedingt die Torfdegradation gestoppt oder zumindest deutlich reduziert, was sich vor allem im Gefüge und in der Struktur (auch Porenstruktur), in der mikrobiellen Aktivität sowie im Kohlenstoff- und Nährstoffgehalt der Torfe widerspiegeln sollte (Succow & Joosten 2001). Zudem sollte der Moorsackungsprozess infolge der vorigen Entwässerung (weitgehend) gestoppt werden.

Die effektive Versiegelung der Moorbodenoberfläche infolge des Baues ist eher als sehr gering und wenig bedeutend einzuschätzen (Miller et al. 2022). Abgesehen von den in Abschnitt 3.5.4 beschriebenen möglichen Folgen entstehen aus der Versiegelung keine hydrologischen Nachteile. Zu beachten ist aber der mögliche Verlust von Niederschlag aus der Benetzungsverdunstung der PV-Module bei geringen und sehr geringen Niederschlagsmengen.

Kritischer sind potenzielle bodenmechanische oder auch hydrogeologische Veränderungen infolge von Anlage, Bau (Rückbau) und Betrieb von Moor-PV-Anlagen zu sehen. Diese könnten umfassen (vgl. auch DIN 19639:2019-09, Dadelt et al. 2020, die Veröffentlichungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft zum Bodenschutz (Miller et al. 2022) sowie der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU 2023), Greifswald Moor Centrum 2023):

- Kleinflächige Versiegelungen bzw. längerfristige Inanspruchnahme der Bodenoberfläche: Verlust aller natürlichen Bodenfunktionen (ARGE Monitoring PV-Anlagen 2007)
- Einbringen von Baukörpern in den Boden: Beeinträchtigungen der Durchwurzelbarkeit und der natürlichen Bodenfunktionen (DIN 19639:2019-09)
- Bodenverdichtung und Gefügestörung, die beim empfindlichen Moorboden eine große Gefahr darstellt (vgl. standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit nach DIN 4020:2003-09); Moore zählen nach DIN 19639:2019-09 zu den besonders empfindlichen Böden, die also nur mit sehr aufwändigen Schutzmaßnahmen vor schädlichen Bodenveränderungen bewahrt werden können bzw. bei denen ohne Gegenmaßnahmen Dauerschäden unvermeidbar sind. Eine baubedingte Bodenverdichtung ist nicht nur aus Bodenschutzgründen sehr kritisch, sondern kann auch zu relevanten Veränderungen des Pflanzenbestandes und der Zusammensetzung der Arten führen (Günnewig et al. 2007).
- Bodenaushub, -lagerung und -wiedereinbringung im Zuge von Kabelgräben und ggf. anderen Anlagenteilen (auch außerhalb von Moorbodenflächen, z. B. Wechselrichter, Feuerlöschteiche)
- Vermischungen ursprünglicher Bodenschichten und damit Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen (DIN 19639:2019-09)

- Ggf. dauerhafter Bodenabtrag oder ggf. dauerhafter Bodenauf- und -eintrag in oder auf die durchwurzelbare Bodenschicht: Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen und des durchwurzelbaren Bodenraums (DIN 19639:2019-09)
- Ggf. Bodenerosion während der Bauphase (Dhar et al. 2020)
- Bodenmechanisch relevante Konstruktionsbewegungen an der Bodenoberfläche und im Untergrund (vor allem durch wechselnde Wasserstände/Auftriebsänderungen oder starke Windlasten); je nach Größe der Anlage und der umgebenen Fläche und in Abhängigkeit der hydrologischen Bedingungen kann es ggf. auch notwendig sein, die Unterkonstruktion auf die Gegebenheiten von Wellenschlag (bei Überflutung) auszulegen (Kowsar et al. 2022)
- Durchdringung von wasserstauenden (bindigen) Schichten im Untergrund mit der Gefahr des Abflusses von Moorwasser in tiefere Schichten, verbunden mit einer hydrologischen Schädigung des Moores (Greifswald Moor Centrum 2023) und der Gefahr der Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen in tiefere Grundwasserschichten oder der Gefahr einer Vermischung von Regen- mit Grundwasser (dann nachteilig für Hochmoore)

Eine ggf. trotz Schutzmaßnahmen (Abschnitt 3.8) eingetretene Bodenverdichtung kann sich über die lange Laufzeit der Anlage ggf. auch wieder Richtung natürlicher Verhältnisse „auflösen“ (Bushra Javeed et al. 2023). Das setzt aber voraus, dass hier keine wiederkehrenden Belastungen auftreten und auch der Rückbau entsprechend schonend erfolgt. Makaronidou (2020) konnte in dieser Hinsicht an einem Untersuchungsbeispiel feststellen, dass sich die bodenphysikalischen Eigenschaften innerhalb einer PV-Freiflächenanlage unterscheiden und führt die stellenweise festgestellte Verdichtung des Bodens auf den Bau der Anlage, aber auch auf die Anlagenwartung zurück.

Fazit: Es besteht die Gefahr bodenmechanischer Veränderungen infolge von Bau (Rückbau) und Betrieb von Moor-PV-Anlagen und auch von hydrogeologisch relevanten Veränderungen, insbesondere ausgelöst von Bauaktivitäten. Da im Regelfall eine Wiedervernässung erst nach dem Bau der PV-Anlagen stattfindet (das ist nach den Festlegungen der Bundesnetzagentur 2023 zulässig), sind die Rahmenbedingungen im Bodenschutz meistens günstiger als bei nassen Mooren.

Es besteht in dieser Hinsicht hoher Wissens- und damit auch grundsätzlicher Forschungsbedarf, um letztlich fundierte praktische Empfehlungen geben bzw. technische Lösungen anbieten zu können. Entsprechende Empfehlungen geben u. a. Dhar et al. (2020) und Miller et al. (2022). KBU (2023) empfiehlt explizit eine Förderung von Forschungsvorhaben zum Moorbodenschutz im Kontext mit Moor-PV-Anlagen durch Initiierung langfristiger Begleitforschung (mindestens 10 Jahre).

3.5.6 Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren, ggf. optische Vergrämung für Flugorganismen

Ein weiteres Thema ist, inwieweit bzw. unter welchen Bedingungen Tiere Moor-PV-Anlagen als eher attraktiv oder eher störend wahrnehmen. Gehen von Moor-PV-Anlagen ggf. sogar Vergrämungswirkungen (Vermeidung oder Verdrängung) aus, z. B. infolge von optischen Reizen (Reflexe, Spiegelung und dergleichen, ausgehend von den Oberflächen der PV-Elemente)? – das ist eine zentrale Frage. Aspekte der Attraktivität bzw. Störung, die sich aus den Lichtverhältnissen oder dem Wärmehaushalt ergeben, wurden bereits in den Abschnitten 3.5.2 und 3.5.3 behandelt. Bisher ist dazu für Moor-PV-Anlagen entsprechend Studienlage nichts

bekannt. Insofern beziehen sich die nachfolgenden Darstellungen mehrheitlich auf „normale“ Freiflächen-PV-Anlagen.

Generell scheinen Freiflächen-PVA für Greifvögel im Vergleich zu Ackerflächen Vorteile zu bieten. Beispielsweise wurden Turmfalke und Rotmilan auf der aktiven Nahrungssuche in PVA beobachtet (Montag et al. 2016, Dwyer et al. 2018). Dieses Verhalten gilt offenkundig auch für den Schreiadler: „Sie jagen im unmittelbaren Randbereich und führen auch Jagdflüge über ca. 20 m breite Grünlandstreifen innerhalb der PV-Anlagen aus [...] Ein Grund dafür ist sicher auch, dass PV-Anlagen in der Regel mit Grünlandstreifen eingefasst werden, welche Refugien der Feldmaus darstellen und Kleinsäuger jagende Greifvögel regelrecht anlocken.“ (Scheller et al. 2020).

Insbesondere in ansonsten intensiv genutzten Agrarlandschaften können sich extensiv genutzte Freiflächen-PVA zudem (sogar) zu wertvollen avifaunistischen Lebensräumen entwickeln, so etwa zugunsten von Feldlerche, Rebhuhn und Schafstelze, vermutlich aber auch für Wachtel, Ortolan und Grauammer (Demuth et al. 2019, zit. in Schlegel 2021). Ggf. könnten Wiesenbrüter profitieren, die keine großen Offenlandbereiche benötigen, z. B. Wiesenpieper oder Braunkehlchen (Günnewig et al. 2007). Bei Moor-PV-Anlagen könnten Vogelarten der Feucht- und Nassstandorte profitieren. Bei Schlegel (2021) wird thematisiert, dass von Freiflächen-PV-Anlagen möglicherweise eine Attraktionswirkung für insektivore Vögel ausgehen könnte. Aber auch eine Vergrämung bzw. räumliche Verdrängung von Vogelarten des Offenlands (z. B. Braunkehlchen, Neuntöter) ist möglich (Tröltzsch & Neuling 2013, Visser et al. 2019).

Im Flug trinkende Vögel, z. B. Schwalben, werden von Taylor et al. (2019, zit. in Schlegel 2021) als besonders gefährdet für Kollisionen mit PV-Panels eingestuft (s. a. Abschnitt 3.5.7), weil sie ggf. die Reflexion der PV-Oberfläche mit Wasser verwechseln, während das Risiko für am Boden sitzend trinkende Vögel als kleiner bewertet wird (s. a. Harrison et al. 2017). Der „lake-effect“ scheint eine besondere Rolle bei der Attraktivitätswirkung auf Vögel und Insekten zu haben. Die Paneele reflektieren das polarisierte Licht, ähnlich (unter Umständen sogar stärker) als Wasseroberflächen, so dass aquatische Insekten auf der Suche nach potenziellen Eiablageorten die Module anfliegen (Horváth et al. 2010, Fritz et al. 2020). Dieser Effekt wird ebenfalls als Gefahr im Hinblick auf die Kollision von Vögeln mit Anlagen diskutiert, konnte bisher aber nicht ausreichend belegt oder widerlegt werden (Visser et al. 2019). Dass glatte und vor allem glänzende Oberflächen vor allem in Wassernähe eine Attraktionswirkung auf Wasserinsekten und ihre Fressfeinde ausüben, wurde bei einer Untersuchung an Glasfassaden in Ungarn bestätigt (Pereszlenyi et al. 2017).

Für Greifvögel gibt es aber bislang in Bezug auf solche Irritationen oder eine Meidung offenbar keine nachgewiesenen negativen Indikationen (Scheller et al. 2020). Beobachtungen aus Großbritannien zeigen sogar, dass thermische Strömungen (Aufwinde) über Freiflächen-PV-Anlagen möglicherweise sogar Greifvögel anlocken; auch konnte kein Meideverhalten von Schreiadler und anderen Greifvögeln festgestellt werden (Dwyer et al. 2018, Scheller et al. 2020).

Die durch die Solarparks erhöhte strukturelle Vielfalt der Flächen stellt für einige Vogelarten mehr Möglichkeiten zum Nestbau bereit (von Halbhöhlen und Nischenbrütern, Kitt 2020) oder bezüglich An-/Aufsitzwarten zur Verfügung. Aufgrund der regelmäßigen Einzäunung des Areals und der Überdachungswirkung profitieren bodenbrütende Vögel und weitere potenzielle Beutetiere, die hierdurch einen geringeren Räuberdruck (Greifvögel) erfahren (Sinha et al.

2018, Nordberg et al. 2021). Horváth et al. (2010) konnten ein verstärktes Anfliegen vieler Vogelarten auf Freiflächen-PV-Anlagen detektieren.

Durch die Sichtbarkeit (Silhouetteneffekt) der Anlage rechnen Günnewig et al. (2007) aber mit einer zumindest geringen Stör- und Scheuchwirkung auf benachbarte Vogellebensräume und unterstellen, dass Reflexionen auch zu Anflugverhalten verleiten könnten.

Es gibt keine Hinweise auf eine Meidung von Freiflächen-PV-Anlagen durch Mittel- und Großsäuger (Günnewig et al. 2007, Herden et al. 2009). Freiflächen-PV-Anlagen, vermutlich auch Moor-PV-Anlagen könnten auf Grund der Anlagenstruktur (Solarmodule und Verankerungssysteme) auf verschiedene Faunenelemente attraktiv wirken, weil ein eigenes Mikroklima, Schlaf-, Rast-, Nistplätze und zusätzliche Deckung sowie ggf. eine erhöhte Wasserverfügbarkeit oder auch Beutedichte relevant sein könnten (Sinha et al. 2018, Chock et al. 2021, Nordberg et al. 2021). Ferner wurde in Europa in mehreren Solarparks im Vergleich zu den betrachteten Kontrollflächen eine höhere Biodiversität bei Hummeln, Schmetterlingen und Pflanzen festgestellt (Nordberg et al. 2021).

Beleuchtete PV-Anlagen können Insekten anlocken, so dass diese an den Lichtquellen an der Reproduktion und der Nahrungsaufnahme gehindert werden und letztlich verenden (Owens et al. 2020, Brunet et al. 2020); insofern zählt das ebenfalls zu den relevanten Störwirkungen.

Fazit: Bezüglich der Fragestellungen „Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren sowie ggf. optische Vergrämung für Flugorganismen“ gibt es direkt für Moor-PV-Anlagen offenbar noch keine Studien, was für einen grundlegenden Untersuchungsbedarf spricht. Zwar können aus den bereits zahlreicheren Ergebnissen zu Freiflächen-PV-Anlagen gewissen Analogieschlüsse gezogen werden, beispielsweise dürften auch Moor-PV-Anlagen für bestimmte Artengruppen und Arten durchaus attraktiv sein, da hier spezifische Habitatbedingungen offeriert werden. Die möglichen Störwirkungen müssen aber durch Begleitforschung analysiert werden und ganz grundsätzlich ist der Parallelvergleich mit wiedervernässten Mooren ohne PV-Anlagen anzustellen, um die Unterschiede und Ursache-Wirkungs-Beziehungen aufzudecken. Dies ist vor allem im Kontext belastbarer Gestaltungsanforderungen durchaus geboten.

3.5.7 Störungen und Wirkungen infolge von Abschirmungen und Barrieren

Unter diesem Punkt werden folgende Wirkkomplexe gefasst: Mechanische Abschirmung gegenüber Tieren, Störung von Funktionsbeziehungen zu angrenzenden (insbesondere geschützten) Habitaten sowie mögliche Barrierewirkung mit Wirkung auf Biotopverbund.

PV-Anlagen führen zu einer horizontalen oder vertikalen Abschirmung vor allem gegenüber flugfähigen Tieren, aber auch solchen, die sich anemochor ausbreiten (z. B. viele Spinnenarten). Sie können aber auch für sich am Boden bewegende Tiere entsprechende Barrierewirkung entfalten, ggf. auch durch Anlagenbegleitelemente, wie z. B. Zaunanlagen (Abschnitt 3.5.13). Zu Moor-PV-Anlagen liegen hier wiederum noch keine Erkenntnisse/Studien vor, nur erste Betrachtungen für normale PV-Freiflächenanlagen.

Grundsätzlich könnten demnach Verstecke, Jagdstrategien und Nahrungsverfügbarkeit durch die Bebauung mit einer PV-Anlage und ihre abschirmende Wirkung beeinflusst werden (Fthenakis et al. 2011). Auch ein Kollisionsrisiko besteht. Bei Untersuchungen in Freiflächen-PV-Anlagen in Südkalifornien (USA) wurde allerdings nur eine sehr geringe Mortalitätsrate für Vögel

auf Grund potenzieller Kollisionen mit PV-Elementen oder anderen Anlagenteilen gefunden (Walston et al. 2016).

Vertikal aufgeständerte Module (häufig bifaziale Modulreihen) können jedoch bei Fledermäusen theoretisch zu einer erhöhten Kollisionsgefahr führen, wohingegen Fledermäuse horizontale Module irrtümlich zum Trinken anfliegen könnten (s. bereits Abschnitt 3.5.6). Bei beiden Aspekten können sich die Tiere verletzen (Flügel-, Kieferbrüche etc.); eine Vergrämung mittels Ultraschallemittenten kann dazu führen, dass die Tiere PV-Anlagen meiden (Greif et al. 2017). Dann könnte dies aber die Gesamtfläche als Nahrungshabitat für Fledermäuse einschränken oder unbrauchbar machen. Besser erscheint es, Maßnahmen zu ergreifen, die die glatten, spiegelnden Oberflächen der Module rauer („erkennbarer“) gestalten und so für die Echoortung der Tiere detektierbar machen (Abschnitt 3.8). Ob die Kollisionsgefahr aber wirklich relevant ist, ist nach Gesprächen mit Artenspezialisten aber eher als unwahrscheinlich einzustufen.

Im Bereich von Acker-Grünlandbereichen und kulissenarmen Ackerflächen sind häufig kulissenmeidende Feldvogelarten (wie Feldleche, Kiebitz, Gr. Brachvogel), die europaweit im Rückgang sind, im Fokus naturschutzfachlicher Belange. Daher wird mitunter empfohlen, auch im Sinne der notwendigen Realisierung von Ausgleichshabitaten und der dadurch zusätzlichen Flächenkonkurrenz, entgegenzuwirken, Freiflächen PV im Rahmen von Intensivobstkulturen, auf vielschurigem Intensivgrünland (Biogasnutzung), Intensiväckern (Mais) oder auf durch Gehölze stark gegliederte Landschaften zu priorisieren. Es ist sonst anzunehmen, dass Reviere/Nahrungshabitate verloren gehen oder reduziert werden, Bruterfolg ausbleibt oder vermindert wird, und angrenzende Habitate einen stärkeren Besiedlungsdruck erfahren (Trautner et al. 2022).

Häufig werden während der Aufstellung der PV-Anlagen die ansässigen Tiere verscheucht oder verdrängt, so dass Habitate mit geringerer Eignung besiedelt oder auch Habitate und Populationen langfristig fragmentiert werden oder an Qualität verlieren (Hernandez et al. 2014, Chock et al. 2021). Dies kann negative Folgen für Funktionsbeziehungen in der Landschaft und den Biotopverbund haben. Ggf. kann das sogar Einfluss auf Wanderouten von Säugetieren haben (Levin et al. 2023).

Fazit: Auch die mechanische Abschirmung von Boden und Luft infolge der Anlagenteile hat ökologische Folgen. Ein potenzielles Kollisionsrisiko für flugfähige Organismen (insbesondere für Fledermäuse und Vögel) wird in der Literatur diskutiert, dass durch eine entsprechend verbesserte Erkennbarkeit von Oberflächen und Strukturen vermieden bzw. deutlich reduziert werden könnte. Die praktische Relevanz wird von anderen Experten aber bezweifelt. Insofern besteht mindestens Beobachtungs- bzw. auch Forschungsbedarf, gerade im Kontext mit Material- und Technologieforschung. Forschungsseitig kann das vermutlich synergistisch mit den bereits in Abschnitt 3.5.6 angesprochenen Erkenntnisdefiziten behandelt werden, so dass ein komplexerer Forschungsansatz durchaus zielführend wäre.

Grundsätzlich muss aber auch der Aspekt von ökologischen Funktionsbeziehungen in der Landschaft, d. h. ein ggf. relevanter Verlust der Qualität benachbarter Habitate in den Blick genommen werden. Dabei ist das für viele Arten notwendige räumliche Mosaik von Habitaten von Belang (insbesondere der raum-zeitliche Wechsel von Schlaf-/Überwinterungs-, Fortpflanzungs-, Brut- und Nahrungshabitaten). Dies hat artspezifische Bedeutung für den Biotopverbund.

3.5.8 Veränderungen von Stoffflüssen, Nährstoffeintrag in Boden und Gewässer (Grundwasser, Oberflächengewässer)

Die Wiedervernässung von Mooren ändert durch die „Veränderung des Bodenlufthaushalts“ (DIN 19639:2019-09) und die nun dominierenden anaeroben Verhältnisse im Torfkörper grundsätzlich die oxidativen und reduktiven Bedingungen („Redox-Potenziale“). Abgesehen von den Bedingungen im Akrotelm der Hochmoore, in dem häufig wechselnde Wassergehalte und Belüftungsbedingungen herrschen, aber auch in den oberen Schichten von Niedermoo- ren, wenn nur die Mindestanforderungen für Moor-PV-Anlagen (Wasserstand 30 cm unter Flur im Sommer) nach Bundesnetzagentur (2023) umgesetzt werden, führt die gegebene Was- sersättigung zu reduzierenden Verhältnissen, weil Sauerstoff als dominanter Elektronenak- zeptor verdrängt wird (s. im Weiteren).

Eine große Rolle für die geochemischen Prozesse spielt folglich das Relief in einem Moor bzw. der sich daraus ergebende Zusammenhang zu den hydrologischen Bedingungen, insbeson- dere gilt das für die eine Torfbelüftung und -degradation bestimmenden Faktoren Moorwas- serstand, Austrocknung, ggf. Überflutung. So sind in küstennahen Mooregebieten nach Unter- suchungen von Wang et al. (2023) die geochemischen Prozesse (z. B. C- und N-Zyklus und - Freisetzung) eng mit der Mikrotopographie und den damit einhergehenden Mustern des Ge- halts an organischer Substanz im Boden und in den Sedimenten verbunden.

Auch eine dauerhafte C-(Kohlenstoff)-Speicherung ist daher nur in tieferen, wassergesättigten und folglich anaeroben Torfschichten möglich. Der Abbau organischer Substanz erfolgt durch Mikroorganismen ohne Sauerstoff über alternative Elektronenakzeptoren, wie Nitrat (NO_3^-), Eisen(III) (Fe^{3+}), Sulfat (SO_4^{2-}) und schließlich Kohlendioxid (CO_2). Letzteres ist das Ergebnis der Methanogenese (CH_4). Die Methanogenese wird hauptsächlich von Archeen, aber auch von Cyanobakterien (Bižić et al. 2020) umgesetzt (und in der Regel unter Abwesenheit von Sauer- stoff). Methan gilt als starkes Treibhausgas und ist daher sehr klimaschädlich. In Bezug auf das globale Erwärmungspotenzial (Global Warming Potential - GWP) innerhalb von 100 Jahren wirkt CH_4 ca. 27- bis 30- mal stärker als CO_2 (IPCC 2021, EPA 2024). Über einen Zeitraum von 20 Jahren, was für die kurzfristige Belastung ein passender Kennwert ist, liegt das GWP von CH_4 auf Grund der kurzen „Lebenszeit“ des Gases in der Atmosphäre sogar bei etwa 81 bis 83 (EPA 2024). Eine höhere Methanfreisetzung begleitet häufig frühe zeitliche Stadien einer Wie- dervernässung, bevor sich ein neues biogeochemisches Gleichgewicht einstellt (Zak et al. 2010, 2021). Entsprechend sinkende Methan- aber auch Kohlendioxidfreisetzungen nach er- folgter Wiedervernässung können z. B. Kalhori et al. (2024) für ein Moor in Nordostdeutsch- land nachweisen.

Beim mikrobiellen Abbau entstehen u. a. die auch für Moore charakteristischen Huminstoffe (Stevenson 1994, Dai & Johnson 1999, Kalbitz et al. 2000). Insbesondere bereits in Pflanzen- materialien vorhandene und als Vorstufe der Huminsäurebildung fungierende Polyphenole hemmen zusätzlich den mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen bzw. von Torf (Ste- venson 1994, Kogel-Knabner 2002), so dass erst hierdurch eine stärkere Torfakkumulation möglich wird. Auch unterscheidet sich die Zusammensetzung der Huminstoffe von wieder- vernässten Moorböden und natürlichen Mooren in Qualität und Quantität. Gerade im Som- mer ist in wiedervernässten Mooren im Vergleich zu natürlichen Mooren der Huminsäurege- halt stark erhöht und es existiert ein großer Anteil von chemischen Verbindungen, die den Polyphenolen zuzurechnen sind (Herzsprung et al. 2017). Besonders der Übergang von oxida- tiven zu reduktiven Bedingungen infolge einer Wiedervernässung führt zu einer generellen Veränderung des chemischen Milieus im Moorboden. Dies kann zu einer Reduktion von

Eisen(III) zu Eisen(II) und, bei entsprechendem Vorhandensein, von Sulfat (SO_4^{2-}) zu Sulfid (S^{2-}) führen, was die chemischen und biologischen Prozesse im Boden erheblich beeinflusst und für viele Organismen giftig ist.

Unter reduzierenden Bedingungen ändern sich auch die Mobilität und Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Stickstoff (N), Phosphor (P) und Spurenelementen. Beispielsweise kann Ammonium (NH_4^+) anstelle von Nitrat (NO_3^-) dominieren und verstärkt ausgetragen werden (Emsens et al. 2016), da Nitrat in Abwesenheit von Sauerstoff zu gasförmigem Stickstoff (N_2) reduziert werden kann (Denitrifikation). Phosphor, der in oxidierten Böden an Eisen (Fe) gebunden ist, kann unter reduzierenden Bedingungen mobilisiert werden, was zu einer erhöhten Freisetzung in Gewässer führen kann (Zak et al. 2021). Eine freisetzungsdämpfende Rolle kann Aluminium (Aluminiumoxid) im Boden übernehmen (Florea et al. 2024).

Gerade bei Überstau (dauerhaft ohne Fließbewegung) kann ggf. anfänglich eine hohe Methanfreisetzung mit einer Renaturierung verbunden sein (s. z. B. ZAK & MCINNES 2022). Für die P-Austragsgefährdung ist das Fe:P-Verhältnis ein guter Indikator, weil ein hoher Fe-Anteil für eine entsprechende P-Sorption spricht (Zak et al. 2010), auch wenn die nicht mehr vorhandene Belüftung bei einer Wiedervernässung zu einer gewissen Verschiebung von ursprünglich Fe(III) zu Fe(II) und somit zur P-Freisetzung führt, s. hierzu z. B. umfangreiche Darstellungen bei Tiemeyer et al. (2017). Auch für im Überschwemmungsregime der Ostsee gelegene Küstenmoore sind eine entsprechende Treibhausgasdynamik und ein erhöhtes Risiko der Nährstofffreisetzung nach einer Wiedervernässung relevant (Breznikar 2023, Pönisch & Breznikar et al. 2023).

Verschiebungen in den pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalten im Moorboden haben unmittelbare Auswirkungen auf die Vegetation, d. h. die Pflanzenarten und -gemeinschaften (Emsens et al. 2017) und folglich auch auf die Fauna.

Eine übermäßige Zufuhr der beiden Makronährstoffe N und P infolge verstärkter Freisetzung aus wiedervernässten Mooren kann aufgrund von Unterschieden im Ökosystem vor allem auch verschiedene Eutrophierungsphänomene in Gewässern (Oberflächengewässer, aber auch Grundwasser) hervorrufen. Nicht von ungefähr sind daher die beiden Makronährstoffe von zentraler Bedeutung für den Schutz von Gewässern und werden entsprechend durch die Rechtsgrundlagen adressiert (WRRL, MSRL, OGewV, GrwV).

Vor dem Hintergrund ggf. verstärkter Methan- und Phosphorfreisetzung infolge von Wiedervernässungsmaßnahmen werden von Zak & McInnes (2022) eine langsamere Wasserstands-anhebung oder der Abtrag des degradierten Torfoberbodens empfohlen, s. a. Emsens et al. (2017).

Es ist zudem relevant, dass erfolgreiche Wiedervernässungsmaßnahmen auch zur Rückhaltung von organischen Substanzen und anorganischen Nährstoffen beitragen (Trepel 2009), was den Belastungsdruck auf die Binnengewässer entsprechend verringert. Besonders deutlich wird dies bei Maßnahmen zur Wiederherstellung von Feuchtgebieten und Torfmooren, bei denen eine Akkumulation und relativ dauerhafte Fixierung bzw. Retention von C, N und P erreicht werden kann (Walton et al. 2020, Zak et al. 2021, Zou et al. 2022). Die Rückhalteeffekte von funktionsfähigen Feuchtgebieten wurden von Walton et al. (2020) auf 43 % für Gesamt-N und 21 % für Gesamt-P geschätzt. Mehl et al. (2017) konnten für ein künstliches, schilfbewachsenes und damit „moorähnliches“ Feuchtgebiet eine Retention des Eintrags von anorganischem Stickstoff zwischen 25 % und 38 % über den gesamten 5-jährigen Untersuchungszeitraum feststellen (im Mittel als flächennormierter Wert: $716 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$); die Retention

erklärt sich dabei vor allem über den Weg der Denitrifizierung (Bildung von gasförmigen Stickstoff); die P-Retention erreichte parallel sogar eine Größenordnung von bis zu 37 % des gesamten P-Eintrages (ca. 15 bis 16 kg P ha⁻¹ a⁻¹).

PV-Anlagen haben aber das Potenzial, die Kohlenstoffdynamik zwischen Pflanzen und Boden zu beeinflussen, indem sie das Mikroklima (vor allem Licht, Strahlung, Wärme, vgl. Abschnitte 3.5.2 und 3.5.3) in Bodennähe verändern (Armstrong et al. 2014). Dies könnte bei Moor-PV-Anlagen möglicherweise die Randbedingungen für die oben ausführlich beschriebenen biogeochemischen Prozesse verändern und ggf. zu unerwünschten Verstärkungen oder Hemmungen führen. Auch ist der Zusammenhang mit möglichen Schadstoffeinträgen ggf. relevant (Abschnitt 3.5.10).

Fazit: Die Wiedervernässung von Mooren führt zu einer deutlichen Verschiebung von oxidativen zu reduzierenden Bedingungen im Boden. Diese Veränderung hat weitreichende Auswirkungen auf die chemischen Prozesse, den Abbau organischer Substanzen, die Nährstoffverfügbarkeit und -freisetzung (insbesondere Phosphor) sowie die Freisetzung von Gasen wie dem besonders klimaschädlichen Methan. Die Wiedervernässung stabilisiert das Moorökosystem langfristig, indem sie den Abbau von Torf verlangsamt, jedoch kann sie kurzfristig zu einer erhöhten Freisetzung von Methan und anderen gasförmigen Verbindungen führen, bis sich neue Gleichgewichte einstellen. Biogeochemische Veränderungen haben Bedeutung für den Klimaschutz, für den Moorboden, aber auch für hydrologische Systeme wie Oberflächengewässer und Grundwasser.

Wie sich in dieser Hinsicht wiedervernässte Moore mit Moor-PV-Anlagen verhalten, ist bislang aber nicht untersucht bzw. existieren dazu offenbar keine abgeschlossenen Studien. Das ist besonders relevant, da die Einflüsse der durch PV-Anlagen veränderten Strahlungs-, Licht- und Wärmeverhältnisse sowie ihrer Folgen für Flora und Fauna einschließlich Mikroorganismen zu berücksichtigen sind (vgl. Abschnitte 3.5.2 und 3.5.3). Es besteht daher grundlegender Forschungsbedarf, der teilweise aber im Rahmen der Forschung an „normalen“ Wiedervernässungsprojekten erfolgen kann.

3.5.9 Einflüsse auf Nahrungsketten, Veränderung von Nahrungs-/Rasthabitaten

Alle vorstehend, aber auch die nachfolgend thematisierten Aspekte spielen zudem eine entscheidende Rolle im Hinblick auf mögliche Einflüsse auf Nahrungsketten und die Veränderung von Nahrungs-/Rasthabitaten, vor allem für Insekten, Vögel, Fledermäuse und Säuger. Soweit eine Wiedervernässung von Mooren zunächst die entscheidende Grundlage für die Wiederherstellung von moortypischen Habitaten und damit Lebensräumen ist, so limitierend/einschränkend oder gar verhindernd oder auch selektiv fördernd kann die mögliche Wirkung von PV-Anlagen sein, s. oben und unten zu den potenziellen Ursachen bzw. kausalen Zusammenhängen bzw. Ketten. Häufig ergeben sich mögliche Vor- oder Nachteile aspektweise auch nur für bestimmte Artengruppen oder gar einzelne Arten.

Folgende wichtige potenzielle Einflüsse auf Nahrungsketten oder Veränderungen von Nahrungs-/Rasthabitaten können infolge von Moor-PV-Anlagen relevant sein (zu detaillierten Darstellungen und relevanten Studien s. Abschnitte 3.5.2 bis 3.5.8 sowie 3.5.10 bis 3.5.13):

- Ein insgesamt geringeres Nahrungsangebot unter dem Einfluss zeitweilig oder dauerhaft verringerten Lichteintrages infolge von Verschattung (in betroffenen Arealen) ist wahrscheinlich, da die autotrophe Primärproduktion sinkt (z. B. Demuth & Maack 2019,

Wesselek et al. 2019a, b, 2021, Lambert et al. 2023). Das kann sich direkt auswirken auf die Pflanzenarten und die -gemeinschaften (Struktur und Zusammensetzung, vgl. Günnewig et al. 2007, Tanner et al. 2020, Lambert et al. 2023) und sowohl Nahrungsgrundlage als auch Habitat für Tiere und Mikroorganismen verändern mit entsprechenden autökologischen Folgen (Schwerdtfeger 1977).

- Auf die Pflanzen als wichtigste Basis für phytophage Organismen an der Bodenoberfläche und im Boden gründet sich das Nahrungsnetz der zoophagen, heterotroph konsumierenden Organismen im Sinne von Räuber-Beute-Beziehungen (von Primärkonsumenten bis zu Spitzenprädatoren) und das Dargebot an organischem Substrat für Konsumenten und Destruenten bei den Mikroorganismen. Mithin sind Folgen für syn- und demökologische Strukturen und Funktionen relevant; dies hat vor allem Einfluss auf Zusammensetzung, Produktivität und Dynamik von Tierpopulationen und Artenvergesellschaftungen (Schwerdtfeger 1975, 1979).
- Weitere Effekte wie mechanische Abschirmung, Störwirkung oder auch Attraktivitätssteigerung und veränderte Stoffflüsse sind zu verzeichnen; auch diese Faktoren können zur Fragmentierung von Habitaten und zur Störung von Nahrungsketten beitragen (z. B. Fthenakis et al. 2011, Hernandez et al. 2014, Chock et al. 2021).
- Insbesondere sind migrierende Vogelarten (wie Limikolen) offenbar von den Veränderungen durch den Aufbau von Freiflächen-PV-Anlagen betroffen; im Vergleich zu anderen Artengruppen scheinen Zugvögel eine höhere Sterblichkeit durch Solaranlagen aufzuweisen, gerade wenn sich diese in der Nähe von Brut- und Überwinterungsgebieten befinden oder entlang der Zugrouten liegen (Walston et al. 2016).
- Bei der Lebensraumnutzung der Vögel im Bereich Rast und Nahrungssuche konnten in der Freiflächen-PV-Anlage Schornhof (Bayern, Donaumoos), die auf Niedermoorboden steht, vor allem eine Nutzung der Bracheflächen festgestellt werden (Meier & Bayerl 2024), was für die hohe Bedeutung offener Flächen innerhalb und außerhalb der Anlage für die Vogelwelt bzw. Lücken und durchdachte Anordnungsmuster der PV-Anlagen spricht. Einzelne Vogelarten, z. B. Stare, nutzen offenkundig auch Bereiche unter den PV-Modulen zur Brut, während Raubvögel wie z. B. die Rohrweihe die PV-Anlagen (zwischen den Riehen bzw. in modulfreien Korridoren) auch zur Nahrungssuche nutzen (Meier & Bayerl 2024).
- Einen Verlust von Lebensraum und eine Fragmentierung von Nahrungs-/Pendlerhabitaten für Fledermausarten durch PV-Freiflächenanlagen können Tinsley et al. (2023) über die Analyse von Aktivitätsmustern nachweisen. So waren sechs der acht untersuchten Arten/Artengruppen negativ betroffen. Die potenziell negativen Auswirkungen von Freiflächen-PV-Anlagen auf Fledermäuse thematisieren auch Lambert et al. (2023).
- Für bestimmte Arten oder Artengruppen kann sich die Nahrungssituation in PV-Freiflächenanlagen ggf. sogar verbessern, z. B. für Klein und Mittelsäuger und deren Prädatoren oder für Vögel, die im verschneiten Winter unten den schneefreien Modulen noch Nahrung finden können (Kitt 2020).
- Beispielsweise können beim Vorhandensein von blühenden Pflanzen in PV-Anlagen auch benachbarte landwirtschaftliche Flächen durch mehr bestäubende Insektenarten profitieren. Zudem treten die Arten in größerer Abundanz auf in einer Entfernung bis maximal 1,5 km um die Anlage (Walston et al. 2018).

Fazit: Auch Einflüsse auf Nahrungsketten, Veränderung von Nahrungs-/Rasthabitaten sind infolge der anderen Faktoren durchaus von Relevanz. Hier sind infolge von Moor-PV-Anlagen Veränderungen erwartbar, die umweltfachlich fundiert bewertet und systematisiert werden sollten, auch als Grundlage entsprechender Vermeidungs- und Verminderungsstrategien bzw. als Basis für zielgerichtete Optimierungen, ggf. auch als Ausgangspunkt für spezifische Artenhilfsmaßnahmen.

Dem Aspekt sollte forschungsseitig Rechnung getragen werden. Es bietet sich zum einen an, dies bei den spezifischen Fragestellungen der anderen Faktoren bereits zu berücksichtigen oder es kann zum anderen ggf. synergistisch mit den bereits in Abschnitt 3.5.6 angesprochenen Erkenntnisdefiziten und Forschungsaktivitäten verknüpft werden.

3.5.10 Schadstoffabgabe, Gefährdung durch Havarien

Für den Moorboden, aber vor allem auch relevante Gewässer (Grundwasser, Oberflächengewässer) sind mögliche Schadstoffeinträge von hohem Belang, da dies je nach Stoff und -konzentration bzw. -menge vor allem toxische Folgen für die Lebewelt haben könnten. Auch Aspekte des Trinkwasserschutzes sind grundsätzlich (häufig) berührt. Relevante Rechtsnormen für den Boden- und den Gewässerschutz sind insbesondere BBodSchG, BBodSchV, WRRL, WHG, OGewV und GrwV. Zudem sind je nach Fragestellung u. a. noch DIN-Normen oder beispielsweise Fachempfehlungen des Umweltbundesamtes, der Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von Bedeutung. Bestimmende gesetzliche Grundlage für Grenzwerte, Richtwerte, Orientierungswerte und dergleichen bilden im Regelfall Normen auf EU-Ebene, sogenannte „Umweltqualitätsnormen“.

Insofern müssen Schadstoffeinträge infolge von Bau, aber auch Betrieb möglichst verhindert bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Chancen liegen dabei auch in Möglichkeiten konstruktiver Gestaltung und fallen damit in den Bereich anlagebedingter Einflussfaktoren. Es ist dabei wichtig zu betonen, dass moderne PV-Anlagen in der Regel bereits so konzipiert sind, dass entsprechende Risiken minimiert werden. Dennoch muss bei der Planung, dem Bau, der Wartung und der Entsorgung von Freiflächen-PV-Anlagen auf mögliche Umweltauswirkungen geachtet werden, um den Eintrag von Schadstoffen in Böden und Gewässer zu vermeiden (Abschnitt 3.8).

Im Zusammenhang mit Freiflächen-PV-Anlagen und bei den spezifischeren Moor-PV-Anlagen (mit teilweise höheren Boden- und Gewässerschutzrisiken) können verschiedene Schadstoffe potenziell relevant für Böden und Gewässer sein. Diese Risiken können insbesondere durch die Bauphase (auch Rückbau), die eingesetzten Materialien, den Betrieb der Anlagen sowie durch Wartung und Entsorgung entstehen. In dieser Hinsicht enthält Anhang A.6 eine tabellarische Übersicht und Einordnung der bei Freiflächen-PV-Anlage gängigen oder vor dem Hintergrund von Moor-PV-Anlagen einsetzbaren Stoffe/Materialien, differenziert nach Anlagenteilen. Einige der wichtigsten potenziell relevanten Schadstoffe sind:

Schwermetalle:

- Cadmium: Insbesondere bei Dünnschichtsolarzellen, die Cadmiumtellurid (CdTe) enthalten, besteht grundsätzlich ein Risiko. Wenn diese Module beschädigt werden, könnte Cadmium in den Boden oder in Gewässer gelangen und so toxisch wirksam werden. Cadmium ist hochgiftig.

- **Blei:** Blei wird in einigen PV-Modulen für die Lötverbindungen verwendet; über die Zeit kann Blei durch Witterungseinflüsse freigesetzt werden und gilt als toxisch, aber nur in höheren Konzentrationen mit unmittelbaren letalen Folgen.
- **Selen:** In einigen Dünnschichtmodulen (z. B. CIS- oder CIGS-Module) wird Selen eingesetzt; in größeren Mengen kann Selen toxisch sein.
- **Zink:** Vor allem Einsatz von Zink als Beschichtung (Verzinkung), in der Regel als Feuerverzinkung; im bodensauren und feuchten/nassen Milieu Gefahr der Freisetzung, aber nur in höheren Konzentrationen toxisch.

Organische Verbindungen:

- **Flammschutzmittel:** In einigen elektrischen Komponenten werden halogenierte Flammschutzmittel verwendet, die bei unsachgemäßer Entsorgung oder Beschädigung der Module freigesetzt werden könnten.
- **Weichmacher:** In den Kunststoffkomponenten von PV-Anlagen (z. B. Kabelisolierungen) können Weichmacher enthalten sein, die in den Boden oder das Wasser gelangen könnten.

Kunststoffe und Mikroplastik:

- **Mikroplastik:** In Erosionsschutzmatten, Kabelisolierungen Ummantelungen etc. enthaltene Materialien wie PVC oder andere Kunststoffe können sich im Laufe der Zeit zersetzen und Mikroplastik freisetzen, das dann in den Boden oder in Gewässer gelangen kann.

Laugen und Säuren:

- **Reinigungsmittel:** Bei der Reinigung von PV-Modulen könnten, falls nicht ordnungsgemäß durchgeführt, Chemikalien wie saure oder basische Reinigungsmittel in den Boden oder in nahegelegene Gewässer gelangen.

Schmierstoffe und Kühlmittel:

- **Betrieb von Wechselrichtern und Transformatoren:** Diese Geräte können Öle oder Kühlmittel enthalten, die bei einem Leck oder Unfall in den Boden oder in Gewässer gelangen könnten.

Zersetzungsprodukte:

- **Zersetzung von Modulmaterialien:** Über die Lebensdauer der Module können durch Witterungseinflüsse und UV-Strahlung Materialien wie die Rückseitenfolie oder die Verkapselungsmaterialien abgebaut werden und potenziell umweltschädliche Stoffe freisetzen.
- **Im sauren Milieu der Moorböden sind auch Stofffreisetzungen aus Materialien und Beschichtungen zu erwarten.** Selbst das als dauerhaft geltende Epoxidharz setzt unter bestimmten Bedingungen offenbar Stoffe frei, insbesondere das hormonartig wirkende Bisphenol A, wie gerade für epoxidbeschichtete Metallkonserven gezeigt wurde (https://www.oekotest.de/essen-trinken/Mais-im-Test-Labor-findet-Bisphenol-A-in-jedem-Dosenmais_14739_1.html?utm_source=pocket-newtab-de-de, letzter Abruf: 19.08.2024).

Bislang gibt es für Moor-PV-Anlagen in dieser Hinsicht keine empirischen Daten. Mathijssen et al. (2020) stellten aber zum Beispiel eine nur geringe Freisetzung von Schwermetallen bei Floating-PV-Anlagen auf Stauseen und damit einen nur geringen Gewässereintrag fest.

Wegen des überwiegend sauren Bodenmilieus infolge der bei der Pflanzenzersetzung sich bildenden Huminsäuren können reaktive Metalle und Schwermetalle für PV-Anlagenteile mit Bodenkontakt nicht ohne weiteres eingesetzt werden. Das saure Milieu ist in ausschließlich niederschlagsgespeisten Hochmooren deutlich stärker ausgeprägt (pH-Werte unter 4 gelten als stärker sauer) als in von Grund- oder Oberflächenwasser gespeisten Niedermooren. In Niedermooren ist ggf. noch der pH-Wert erhöhende Einfluss von kalkhaltigem Grundwasser von Bedeutung.

Tammaro et al. (2016), Badelt et al. (2020) sowie Piasecka et al. (2020) warnen explizit vor folgenden Metallen und möglichen Kontaminationsfolgen infolge der Freisetzung aus Modulgestellen, -halterungen und -tragkonstruktionen (s. o.): Zink, Blei, Chrom, Cadmium, Nickel, Silber, Kupfer. Die weitere Entwicklung von effizienteren Solarmodulen bedingt allerdings neben dem Einsatz von Blei und anderen Metallen mitunter auch die Verwendung von Chlor, Brom oder Iod (Howlader & Uddin 2023).

Um der Anlagenkorrosion durch das saure Milieu zu entgehen, greifen daher Anlagenbauer auch auf eine Verzinkung und zusätzliche Epoxidharz-Ummantelung von Stahlkonstruktionen zurück (Haase 2022). Ferner wurden auch bereits Rammfundamente aus Spezial-Kunststoff speziell für stark korrosive Böden, wie es Moorböden sind, entwickelt, die zudem UV-beständig sein sollen (https://www.sl-rack.com/wp-content/uploads/2021/09/SL_Rack_Uebersicht_Freiflaechensysteme_DE-2.pdf, letzter Abruf: 07.03.2024).

Andere Autoren sehen potenzielle Gefährdungen infolge des Austritts von Betriebsmitteln (Schmierfette, Öle) bei nachgeführten PV-Anlagen (Breeze 2016), während der Installation der Anlagen (Bushra Javeed et al. 2023) oder aus Öl-Transformatoren (Kumar et al. 2023). Bekannt sind auch Reinigungsmittel, Rostschutzmittel, Antifrostmittel und Herbizide als Schadstoffquellen mit z. T. starken Langzeitfolgen auf die lokale und regionale Biodiversität (Lovich & Ennen 2011, Hernandez et al. 2014). Piasecka et al. (2020) sehen auch PA 6 kritisch (Polyamid 6 oder Nylon 6 ist ein thermoplastischer Kunststoff, der ein beliebter Stoff ist, um Reibung in Zahnrädern und Lagern zu vermindern).

Eine Toxizität von organisch-anorganischen Perowskit-Solarzellen auf Mikroorganismen weisen Wang et al. (2020) nach. Solarzellen auf Basis von Perowskit-Materialien haben in den letzten Jahren technisch enorme Fortschritte gemacht, d. h. sie haben das Potenzial, eine hohe Effizienz/solare Energieausbeute bei geringen Herstellungskosten zu bieten (<https://www.ox.ac.uk/news/2024-08-09-solar-energy-breakthrough-could-reduce-need-solar-farms>, letzter Abruf: 10.08.2024).

Wu et al. (2016) wiesen erhöhte Belastungswerte durch die Salzbestandteile Fluorid und Chlorid im Boden unter PV-Anlagen nach.

Grundsätzlich sind auch in Moor-PV-Anlagen Havarien möglich, so dass diesem Aspekten Rechnung zu tragen ist. Insofern sollten vor allem für den Fall des Brandes von Anlagenteilen unbedingt Notfallpläne bestehen. Diese sollten insbesondere jeweils anlagenspezifisch die bestmöglichen Löschtechnologien darstellen bzw. vorschreiben. Dabei sollte vor allem auf schadstofffreie oder -arme Löschmittel gesetzt werden. Boden- und gewässerschutzorientierte Lösungen zum Auffangen von Löschmitteln sollten vorgesehen werden. Ggf. auftretende, durch die Anlage verursachte Brände könnten sich zwangsläufig auch direkt negativ auf die Lebensräume in der Anlage auswirken (Agha et al. 2020).

Daneben können Extremwetterereignisse zu Havarien in Freiflächen-PV-Anlagen führen, z. B. infolge extremer Windlasten. Hagelkörner von mindestens 2 cm Durchmesser können bei Gewittern offenbar Module beschädigen (Kowsar et al. 2022).

Nach Beschädigung durch Hagel oder Brand ist eine Auslaugung von Blei oder Cadmium denkbar (Dhar et al. 2020, Al-agele et al. 2021), so dass defekte Modulteile im Sinne des präventiven Bodenschutzes aus der Anlage schnellstmöglich entfernt werden sollten (Schlegel 2021). Dies trifft insbesondere auf die 2. Generation von PV-Modulen zu, wohingegen in der 3. Generation bereits auf umweltverträglichere Komponenten gesetzt wird (organische oder Polymerverbindungen) (Ali Jan et al. 2023).

Fazit: Latente Gefahren für Moorböden und Gewässer bestehen infolge möglicher Schadstofffreisetzung. Potenzielle Freisetzungen und damit verbundene Risiken bestehen insbesondere durch die eingesetzten Materialien, den Betrieb der Anlagen sowie durch Wartung und Entsorgung, aber auch ggf. als Folge von Havarien, z. B. Brand. Es könnten grundsätzlich sehr viele und auch toxisch wirkende Stoffe relevant sein.

Allerdings zeigen bisherige Studien bei anderen Systemen (Floating-PV-Anlagen) auch, dass von modernen PV-Anlagen grundsätzlich relativ geringe Gefahren ausgehen. Trotzdem muss dem Aspekt durch fortwährende Material- und Technologieforschung, ausgerichtet auf möglichst emissionsfreie Lösungen, aber auch durch adäquate Vermeidungs- und Verminderungsstrategien auf allen Ebenen (Planung, Bau und Rückbau, Betrieb und Wartung sowie Havariekonzepte) Rechnung getragen werden, s. a. Abschnitt 3.8.

Von den bodenberührenden Anlagenteilen potenziell freiwerdende Schadstoffe, insbesondere Zink, sollten bei Felduntersuchungen mit betrachtet werden.

3.5.11 Bau-(Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen

Baubedingte Störungen und Wirkungen bei der Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen sind von hoher Bedeutung (Ali Jan et al. 2023), vor allem im Hinblick auf die grundsätzlich gegebene hohe ökologische Empfindlichkeit von Mooren. Auch beim Rückbau der Anlagen kann es zu ähnlichen Störungen kommen wie beim Bau. Es können zudem zusätzliche Schäden an den wiederhergestellten, naturnahen Bereichen auftreten.

Die damit einhergehenden bodenmechanischen, ggf. hydrogeologischen Veränderungen wurden bereits in Abschnitt 3.5.5 behandelt. Auch die Frage möglicher, mit Baumaßnahmen einhergehender Schadstofffreisetzung wurde bereits oben behandelt (Abschnitt 3.5.10).

Hier stehen als zentrale Fragen alle baulichen Aktivitäten im Blickpunkt, die zur zeitweiligen Störung und damit zu kurzzeitigen Wirkungen führen können (insbesondere Lärm, optische Reize, Erschütterungen, Staub etc.).

Bau- und Rückbauarbeiten können den Lebensraum vieler Moorbewohner, wie z. B. seltener Vogelarten, Amphibien und Insekten, zerstören oder erheblich beeinträchtigen. Allerdings ist bei Moor-PV-Anlagen davon auszugehen, dass mit der notwendigen Wiedervernässung im Regelfall regelmäßig starke abiotische Veränderungen einhergehen, die ohnehin zu deutlichen Standort- und Habitatveränderungen führen, z. B. zum Verlust von Rast-Nahrungshabitaten für Zugvögel und von Bruthabitaten empfindlicher Wiesenvogelarten. Auf etwaige naturschutzfachliche und -rechtliche Konsequenzen (insbesondere Eingriffsregelung, allgemeiner und spezieller Artenschutz, ggf. Natura 2000-Verträglichkeit) wird an dieser Stelle aber nicht

eingegangen (vgl. hierzu z. B. Ssymank et al. 2015, Mehl et al. 2025b – in Vorbereitung). Im Rahmen der geplanten Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen und Optionen erfolgen dazu dezidierte Hinweise.

In der Bauphase treten vor allem Baulärm, Geruchsemissionen, die (störende) Anwesenheit von Menschen, Lichtemissionen, Erschütterungen (z. B. durch das Setzen von Rammpfählen) auf (Günnewig et al. 2007, ARGE Monitoring PV-Anlagen 2007, Herden et al. 2010). Lärm und physische Eingriffe können brütende Vögel oder laichende Amphibien stören, was zu einer Verringerung ihrer Fortpflanzungserfolge führen kann. Während des Bauens kann es daneben auch zur Tötung und Verletzung von Tieren durch Überfahren kommen (Lovich & Ennen 2011).

- Grundsätzlich sind hier die in der Naturschutzpraxis üblichen Vermeidungs- und Verminderungsstrategien angezeigt (vgl. Abschnitt 3.8), die erprobt und bewährt sind. Hierunter zählen insbesondere:
 - Ökologische Baubegleitung
 - Bauzeitenreglungen, d. h. Anpassung an Brutzeiten, Wanderzeiten und dergleichen
 - Einsatz umweltschonender Technologien und dafür geeigneter Technik
 - Maßnahmen des Schutzes bestimmter Strukturen und Arten
 - Absammeln und Verbringen von Arten

Fazit: Auch bau/rückbaubedingte Störungen haben vor allem das Potenzial, kurzzeitig Tiere zu stören oder ggf. auch zu verletzen oder zu töten. Zu den hier behandelten Störungen zählen insbesondere Fahrzeuge, Lärm, optische Reize, Erschütterungen, Staub, Licht- und Geruchsemissionen. Spezieller Forschungsbedarf wird allerdings nicht gesehen. Hier können sehr gut Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen greifen (Abschnitt 3.8). Außerdem bestehen hier bewährte und rechtlich vorgeschriebene Prüf- und Begleitinstrumentarien, z. B. Artenschutzfachbeiträge, Natura 2000-Prüfungen, ökologische Baubegleitung oder ggf. auch spezifische Artenschutzgutachten. Das Vorgehen ist in der Naturschutzpraxis etabliert und zudem auch als bewährt einzuschätzen.

3.5.12 Störungen und Wirkungen durch Anlagenunterhaltung und Bewirtschaftung von Paludikulturen

Störungen und Wirkungen durch Anlagenunterhaltung und eine Bewirtschaftung von Paludikulturen zählen aus systematischer Sicht zu den betriebsbedingten Wirkungen von Moor-PV-Anlagen. Die Bewirtschaftung von Paludikulturen und sich hieraus ergebenden Folgen und Wirkungen werden zwar explizit in Abschnitt 3.7 behandelt, hier aber als Form land- oder ggf. forstwirtschaftlicher Bewirtschaftung auch als mögliche „Störungen“ und Wirkungen thematisiert.

Wartungsarbeiten bzw. Kontrollen werden in Freiflächen-PV-Anlagen üblicherweise zweimal im Jahr durchgeführt. Ggf. sind auch Repowering-Maßnahmen (Ersatz aller durch leistungstärkere Module) von Belang, hierzu s. vor allem Abschnitte 3.5.10 und 3.5.11. Eine zeitweilige Störung und kurzzeitige Wirkungen im Zusammenhang mit Wartungsarbeiten sind folglich zu beachten (insbesondere Lärm, optische Reize, Erschütterungen, Staub, Geruchsemissionen etc.). Gerade durch einen Fahrzeug- oder Technikeinsatz können vor allem Tiere gestört oder ggf. auch verletzt oder getötet werden. Dem Störungs- und Verletzungs-/Tötungsaspekt

wurde bereits in Abschnitt 3.5.11 entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt; die Aussagen treffen hier auch zu. Grundsätzlich sollten Minderungsmaßnahmen auf eine Reduzierung der menschlichen Aktivitäten innerhalb der Anlage inklusive Fahrzeugaktivitäten sowie vor allem auch eine Reduzierung des Lichts in der Anlage auf das notwendige Minimum ausgerichtet sein, um beispielsweise Insekten und Vögel nicht zu beeinflussen (Ismail et al. 2023).

Neben der technischen Anlagenkontrolle können Reinigungsarbeiten erforderlich sein, auch wenn bei üblichen Modulneigungen von 30° dies zur Selbstreinigung durch Niederschläge führt. Trotzdem können die Module durch Tiere (Vogelkot) oder Staub verschmutzen (Abubakar et al. 2023). Werden Anlagen nicht regelmäßig gewartet können diese durch Verschmutzungen (Staub, Blätter, Vogelkot) bis zu 7% ihrer Moduleffizienz verlieren (Nordberg et al. 2021).

Bei allen sich aus Wartung oder auch infolge der Bewirtschaftung von Paludikulturen ergebenden Aspekten, die zu möglichen bodenmechanischen oder gar hydrogeologischen Veränderungen führen können, siehe ausführlich Abschnitt 3.5.5 Die relevanten Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen werden in Abschnitt 3.8 behandelt.

Zum einen müssen Fahrzeuge und Maschinen gewählt werden, welche den Bodendruck minimieren. Darüber hinaus sollte die Zahl der Überfahrten über die Bodenoberfläche so gering wie möglich gehalten werden. Insofern geht es hochgradig um eine Optimierung technischer und technologischer Parameter benötigter Fahrzeuge bzw. Maschinentechnik. Im Hinblick auf die Nutzung wiedervernässter Moore durch Paludikulturen ist der Einsatz entsprechend moorschonender Technik mittlerweile durchaus etabliert, z. B. Stachelwalzen-Mäher für die Mahd (<https://www.agrarheute.com/technik/lassen-innovation-moorflaechen-bewirtschaften-612055>, letzter Abruf: 02.02.2024).

Zum anderen kommt gerade bei wiedervernässten Mooren (gerade für Wartungsarbeiten und ggf. den Rückbau) der Etablierung einer möglichst tragfähigen Vegetationsdecke höchste Priorität zu. Als sehr geeignete Vegetation sind offenbar Großseggenriede mit wüchsigen Seggenarten anzusehen, die bei Ausbildung einer festen Grasnarbe sogar grundsätzlich befahrbar sind und die als besonders tolerant gegenüber Überstau und Wechselfeuchte gelten, aber leider einen geringen Futterwert haben (Van der Meer et al. 2024). Zudem haben Seggen mehrheitlich Standortansprüche in Bezug auf den Moorwasserstand bzw. Grundwasserflurabstand, welche den Mindestanforderungen an Moor-PV-Anlagen nach den Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) entsprechen oder diesen sehr nahekommen (s. o.), die Mindestanforderungen an den Wasserstand entsprechen ca. der Wasserstufe 4+ (sehr feucht) gemäß Petersen (1952), Hundt (1957, 1964, 1965), Succow (1987), Succow & Joosten (2001).

Fazit: Auch Störungen und Wirkungen durch Anlagenunterhaltung und Bewirtschaftung von Paludikulturen haben vor allem das Potenzial, kurzzeitig Tiere zu stören oder ggf. auch zu verletzen oder zu töten. Grundsätzlich können bei solchen Wirkungen sehr gut Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen greifen (Abschnitt 3.8). Spezieller Forschungsbedarf wird daher hier nicht gesehen. Beim Teilthema der Paludikulturen sollte dieses Thema in die sonstige Begleitforschung integriert werden.

Bei Moor-PV-Anlagen ergibt sich aber gegenüber anderen Freiflächenanlagen das zusätzliche und vor allem bodenschutzrelevante Problem relativ geringen Grundwasserflurabstandes, was die Empfindlichkeit des Bodens erhöht (Abschnitt 3.5.5). Es besteht in dieser Hinsicht der bereits beschriebene hohe Wissens- und damit Forschungsbedarf, um fundierte

praktische Empfehlungen geben bzw. technische Lösungen anbieten zu können. Eine Förderung von Forschungsvorhaben zum Moorbodenschutz im Kontext mit Moor-PV-Anlagen durch Initiierung langfristiger Begleitforschung (mindestens 10 Jahre) wird von der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU 2023) explizit empfohlen. Von daher sollten die relevanten bodenkundlichen Störungen und Wirkungen durch Anlagenunterhaltung oder infolge der Bewirtschaftung von Paludikulturen unbedingt gemeinsam mit Forschungsstrategien behandelt werden, die im Zusammenhang mit den in Abschnitt 3.5.5 behandelten bodenmechanischen Veränderungen stehen.

3.5.13 Störungen/Wirkungen durch Anlagenbegleitelemente

Der Bau von Freiflächen-PV-Anlagen und auch der von Moor-PV-Anlagen gehen auch einher mit dem Bau von Anlagenbegleitelementen. Zu den wichtigsten zählen:

- Ggf. Abspannungen, s. hierzu Ausführungen in Abschnitt 3.2.1
- Erdkabel im Regelfall ca. 60 cm unter Flur, unter Verkehrsstrassen mindestens 80 cm unter Flur; Freileitungen (Luftleitungen) sind heutzutage unüblich, abgesehen von den in oder unter der Modulträgern verlaufenden Kabeln.
- Zäune: Meist vorgesehen aus Gründen der Sicherheit für Menschen und Tiere (Unfallschutz, aber auch Havarieschutz, ggf. Schäden verursacht durch große Wildtiere) und auch als Schutz vor Diebstahl und Vandalismus; in vielen Regionen gibt es gesetzliche oder versicherungsrechtliche Vorgaben, die den Schutz von Freiflächen-PV-Anlagen vorschreiben. Ein Zaun erfüllt diese Anforderungen und trägt dazu bei, dass die Betreiber der Anlage ihre rechtlichen Pflichten erfüllen.
- Wechselrichterstationen für Zentralwechselrichter oder Stringwechselrichter (typischerweise in modularen Gebäuden oder Containern, ggf. in festen Technikgebäuden); Modulbezogene Mikrowechselrichter kommen aus Kosten-/Effizienzgründen im Regelfall nicht zum Einsatz, ggf. werden Stringwechselrichter auch in wetterfesten Gehäusen direkt in den Montagestrukturen der PV-Anlagen untergebracht.
- Ggf. Batteriespeicher (meistens in Containern/Containeranlagen); Dies spielt eine Rolle, wenn Betreiber oder Dritte die Errichtung von einer oder mehrerer PV-Anlagen mit der Installation von großen Batterieanlagen verknüpfen.
- Ggf. Löschteiche (im Regelfall einschließlich Einzäunung): Löschteiche sind nicht generell vorgeschrieben. Die Notwendigkeit von Löschteichen oder anderen Brandschutzmaßnahmen hängt von den jeweiligen Landesbauordnungen und den spezifischen Anforderungen der örtlichen Feuerwehr ab. Brandschutzvorkehrungen müssen getroffen werden. Diese können je nach Standort und Größe der Anlage variieren. Dabei spielen Faktoren wie die Erreichbarkeit der Anlage, die Nähe zu bewohnten Gebieten und die spezifischen Risiken der Umgebung eine Rolle. In einigen Fällen kann die lokale Feuerwehr verlangen, dass spezielle Löschwasserzugänge oder -reserven (wie Löschteiche) eingerichtet werden, insbesondere wenn die PV-Anlage in einer abgelegenen oder schwer zugänglichen Region liegt.

Die Anlagenbegleitelemente führen vor allem zu folgenden Störungen/Wirkungen:

1. Bau-(Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen

Hier wird auf die Ausführungen in Abschnitt 3.5.11 verwiesen, die grundsätzlich auch zutreffend sind.

2. Barrierewirkung, Fragmentierung

Vor allem Zäune können eine Barrierewirkung entfalten, zur Fragmentierung von Lebensräumen sowie zum Verlust des Biotopverbundes bzw. von faunistischen Funktionsbeziehungen beitragen, z. B. Verhinderung von Wildwechsel, Verlust von Nahrungsflächen (Agha et al. 2020, Nordberg et al. 2021, s. ausführlich Abschnitte 3.5.7 sowie 3.5.9); entsprechend sind hier Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen angezeigt (Stomes et al. 2013, Chock et al. 2021, s. ausführlich Abschnitt 3.8).

3. Folgen für den Boden

So kann es beim Bau von Gebäuden, aber auch bei der Anlage von Kabelgräben zu Bodenumlagerungen und gegebenenfalls Bodenvermischungen und damit zu Zerstörung der ursprünglichen Bodenstruktur kommen (Günnewig et al. 2007, Miller et al. 2022, KBU 2023); Gleiches gilt für mögliche Bodenverdichtungen (Herden et al. 2009, Kitt 2020, s. ausführlich zu möglichen Bodenschäden Abschnitt 3.5.5).

4. Auswirkungen infolge von Wartungsarbeiten

Hier wird auf die Ausführungen in Abschnitt 3.5.12 verwiesen, die grundsätzlich auch zutreffend sind.

5. Mögliche Auswirkungen auf Boden- und andere Organismen infolge von elektrischen Feldern und -kräften

Solarmodule und Verbindungskabel erzeugen Gleichstromfelder, während schwache Wechselfelder an den Kabeln zwischen Wechselrichter und Transformatorenstationen auftreten; über die Auswirkungen ist offenbar wenig bekannt. Costa (2017) ist nach Studienlage zu Floating-PV-Anlagen und verlegten Unterwasserkabeln der Meinung, dass bei der Ableitung von Gleichstrom die Bedeutung der elektromagnetischen Felder für aquatische Organismen (vor allem Fische und Rundmäuler) ungleich höher und damit nachteiliger einzuschätzen sind als bei Wechselstrom. Essak & Ghosh (2022) sehen hier expliziten Forschungsbedarf im Bereich limnologischer Forschung. Fraglich ist aber, ob dieser Bedarf für nasse, wassergesättigte Moorböden auch besteht, da durch die Sauerstofffreiheit oder mindestens -armut die Lebensbedingungen für höhere Organismen nicht gegeben oder stark eingeschränkt sind. Im wechselfeuchten Milieu oder in stehendem Wasser an der Mooroberfläche kommen jedoch spezialisierte, typhobionte oder -phile Insektenlarven vor (z. B. Moorlibellen wie die Kleine Moosjungfer (*Leucorrhinia dubia*) und die Große Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*), der Torfmoos-Wasserkäfer (*Hydroporus palustris*) oder die Moor-Mücke (*Aedes cantans*)).

Fazit: Auch von Anlagenbegleitelementen gehen Störungen bzw. Wirkungen aus. Zu diesen Elementen zählen vor allem Abspannungen, Erdkabel, Zäune, Wechselrichterstationen, ggf. Batteriespeicher sowie ggf. Löschteiche.

Die potenziellen Wirkungen und Folgen wurden bereits in den anderen Abschnitten (insbesondere in den Abschnitten 3.5.5, 3.5.7, 3.5.9, 3.5.11, 3.5.12) grundsätzlich und ausführlich beschrieben. Insofern ergibt sich grundsätzlich auch kein eigenständiger Forschungsbedarf, sondern nur die unbedingte Notwendigkeit, die Anlagenbegleitelemente im Rahmen der anderen Forschungsthemen einzubeziehen bzw. entsprechend zu berücksichtigen. Nur eine explizit eigenständige Forschungsfrage (mit geringerer Priorität) stellt sich: Führen

elektrische Felder (Wechsel- oder Gleichstrom) infolge von Erdkabeln ggf. auch zu erheblichen negativen Wirkungen auf die edaphische und die limnische/merolimnische Moorfauna?

3.5.14 Veränderungen des Landschaftsbildes; Auswirkungen auf die Erholungseignung

Gemäß § 1 BNatSchG umfasst der Naturschutz Ziele wie den Schutz der biologischen Vielfalt, die Erhaltung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerations- und nachhaltigen Nutzungsmöglichkeiten der Naturressourcen sowie den Schutz von Natur und Landschaft hinsichtlich ihrer Vielfalt, Eigenart, Schönheit und ihres Erholungswerts. Der Begriff „Landschaftsbild“ gemäß UVPG, der gerade für die Erholungsnutzung bedeutend ist, wird im Gesetzestext des BNatSchG jedoch nicht erwähnt (Roth & Bruns 2016).

Das Landschaftsbild ist jedoch als Teil der Erholung zu betrachten, die bei der Planung berücksichtigt werden soll. Nach § 7 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG wird es definiert als „natur- und landschaftsverträglich gestaltetes Natur- und Freizeiterleben einschließlich natur- und landschaftsverträglicher sportlicher Betätigung in der freien Landschaft, soweit dadurch die sonstigen Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege nicht beeinträchtigt werden“ (Roth & Fischer 2020, zit. in Fischer & Roth 2021). Das „Landschaftserleben“ bildet insoweit eine kulturelle Ökosystemleistung (Wüstemann et al. 2015, 2017, Hermes et al. 2018), die auf der menschlichen, kognitiven Fähigkeit visueller Landschaftsbewertung basiert. „Die [...] Bedeutung einer spezifischen Landschaft wird hingegen von Menschen konstruiert und kann nicht unabhängig von der menschlichen Wahrnehmung bewertet werden.“ (Keller 2016).

Methoden zur Erfassung und Bewertung der Landschaftsästhetik berücksichtigen üblicherweise Indikatoren für die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft und beziehen dabei selbstverständlich dahingehende Störfaktoren mit ein (z. B. Hermes et al. 2018, Thiele et al. 2020). Zwei zentrale Faktoren bestimmen das Ausmaß einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Photovoltaik-Anlagen in der freien Landschaft. Zum einen die Bedeutung des Landschaftsbildes selbst und zum anderen die Intensität der negativen Auswirkungen einer Freiflächen-PV-Anlage (KNE 2020). Dabei hängt die mögliche Beeinträchtigung vom Anlagendesign sowie auch von der umgebenden Landschaft und den Sichtachsen ab. Doch ist wohl davon auszugehen, dass Freiflächen-PV-Anlagen und im Speziellen auch Moor-PV-Anlagen zu einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes beitragen (Günnewig et al. 2007, Herden et al. 2009). Andererseits zeigen Studien, dass die Akzeptanz gegenüber Solaranlagen in räumlicher Nähe in der Bevölkerung höher ist als diejenige gegenüber Windkraftanlagen, Biomasseanlagen oder erst recht gegenüber Gas-, Kohlekraft- oder Atomkraftwerken (Bosch & Peyke 2011).

Die Grundhaltung der Bevölkerung gegenüber Agri-PV-Anlagen, die auch Moor-PV-Anlagen umfassen können (mit Paludikulturen, vgl. Abschnitt 3.7) ist offenkundig positiv (Ketzer et al. 2020). Es gibt aber auch eine gewisse Skepsis, dass dies zu Lasten der Nahrungsmittelproduktion gehen könnte und es ist offenkundig als Vorhaben schwerer zu vermitteln, wenn noch mit PV-Anlagen nicht bedeckte Dächer oder Industrieflächen/-anlagen vorhanden sind. Förderlich für die Akzeptanz ist hingegen, wenn für Anlagen landschaftlich weniger attraktive Gebiete genutzt werden (aus der Perspektive Tourismus und Naherholung) und auch, wenn Planung (Entscheidung) sowie Anlageneigentum in kommunaler Hand sind (Ketzer et al. 2002, Schlegel 2021). Insofern wird auch die unbedingte Einbindung der Bevölkerung in den

Planungs- und Entscheidungsprozess empfohlen (Dhar et al. 2020, Fakharizadehshirazi & Rösch 2024).

Die Intensität relevanter Auswirkungen wird durch verschiedene Wirkfaktoren beeinflusst, wie zum Beispiel die Flächeninanspruchnahme, Einzäunung, sichtbare Anlagenelemente, Spiegelungen/Reflexionen und der Vergleich zur Horizontlinie (Silhouette). Zusätzlich spielt die Empfindlichkeit des Landschaftsbildes eine Rolle, die von Faktoren wie Wiederherstellbarkeit, Vorbelastungen und Sichtbarkeit abhängt. In Hangsituationen integrierte Anlagen wirken offenbar auf Grund größerer Wahrnehmbarkeit störender als Anlagen im, flachen Gelände (Bosch & Peyke 2011, Demuth & Maack 2019).

Für Moor-PV-Anlagen liegen offenbar wegen der Neuartigkeit aber noch keine spezifischen Erkenntnisse in Form von Studien o. ä. vor.

Mögliche Auswirkungen einer jeden Freiflächen-PV-Anlage (wie sie auch Moor-PV-Anlagen darstellen) auf das Landschaftsbild und den Erholungswert umfassen (Regionale Planungsgemeinschaft Prignitz-Oberhavel 2021):

- Beeinträchtigung der landschaftsprägenden und kulturhistorisch bedeutenden Landschaftsausschnitte und -elemente,
- Veränderung der qualitativen Ausprägung der Landschaft durch technische Überprägung,
- Verlust typischer Landschaftsformen,
- Beeinträchtigung durch optische Störreize,
- Beeinträchtigung durch Reflexionen der Anlage,
- Beeinträchtigung der Erholungsmöglichkeiten in unmittelbare Nähe der Anlage.

Grundsätzlich fehlen aber sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft bislang standardisierte Verfahren zur Bewertung der Auswirkungen der Moor-PV-Anlagen auf das Landschaftsbild. Dass die „Attraktivität“ der Landschaft im Hinblick auf Freiflächen- oder Floating-PV-Anlagen etwas sehr Wichtiges ist, ist aber erkannt (Haas et al. 2020, Hooper et al. 2021, Cuce et al. 2022).

Um die Auswirkungen auf die Vielfalt und Eigenart der Landschaft zu erfassen, wird häufig eine GIS-gestützte Sichttraumanalyse vorgenommen, um visuelle Störreize zu erfassen (Schmidt et al. 2018, Roth et al. 2021). Dabei können sowohl die visuelle Dominanz einer Freiflächen-PV-Anlage in der Landschaft als auch mögliche Vorbelastungen im betroffenen Sichtbereich qualitativ bewertet werden. Aus dieser Analyse lassen sich auch die Empfindlichkeit und die Intensität der Wirkfaktoren ableiten (KNE 2020).

Zur Bewertung der Erholungseignung muss eine qualitative Analyse der Beeinträchtigung der Erholungsmöglichkeiten durchgeführt werden. Um die Auswirkungen auf das Kriterium Schönheit zu erfassen, können verschiedene Methoden angewendet werden. Da eine Bürgerbeteiligung an der Planung solcher Projekte die Akzeptanz erhöhen kann (Schmidt et al. 2018a), gibt es Empfehlungen, bundesweite Umfragen mit der Bevölkerung durchzuführen. Durch repräsentative Stichproben können solche Umfragen helfen, das subjektive Kriterium „Schönheit“ (Ästhetik) besser zu erfassen. Mithilfe von Visualisierungen eines Projekts kann die Bevölkerung ihre Meinung zur Schönheit (mit verschiedenen Begriffen und auf einheitlichen Skalen) äußern (Fischer & Roth 2021), was z. B. zur Methodik einer auf internetbasierter Befragung beruhenden Landschaftsbildbewertung beim Stromnetzausbau geführt hat (Roth

et al. 2021). Für die räumliche Planung geeigneter Standorte für Freiflächen-PV-Anlagen können insofern methodische Ansätze aus der Planung von Freiflächenanlagen und dem Ausbau von Windenergie genutzt werden, indem die Ergebnisse bestehender Methoden mit Ausschluss-, Restriktions- und Eignungskriterien kombiniert werden (Schmidt et al. 2018b).

Fazit: Die Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf das Landschaftsbild und die Erholungseignung sind noch nicht systematisch untersucht und sollten daher Bestandteil entsprechender Forschungsstrategien sein. Gute methodische Ansätze bestehen aber im übergeordneten Bereich der Freiflächen-PV-Anlagen. Insofern können bewährte nationale Verfahren zur Bewertung von Landschaftsbild bzw. Erholungseignung, die für andere regenerative Energieanlagen entwickelt wurden, gute Möglichkeiten zur Adaption bieten. Weiterführende sozioökonomische Forschungen, wie Akzeptanzfragen, könnten und sollten sich anschließen.

3.6 Fazit: Deutliche Defizite im Kenntnisstand zu den naturschutz- und umweltfachlichen Auswirkungen

3.6.1 Grundsätzlicher Forschungsbedarf

Im Ergebnis der Literaturrecherche und -analyse lässt sich feststellen, dass die sehr geringe Anzahl international und national veröffentlichter Beiträge zu den potenziellen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf erhebliche Wissens- und damit Forschungsdefizite hinweist (vgl. hierzu auch Moore-O'Leary et al. 2017, Agha et al. 2020, Schlegel 2021, Greifswalder Moor Centrum 2022, KNE 2024a, b). Das vor allem deutlich erkennbare Defizit an empirischen Studien und wissenschaftlich belastbaren Erkenntnissen kann auch durch die Einbeziehung von Studien zu anderen Freiflächenanlagen (Floating-PV-Anlagen, "normale" Freiflächenanlagen, Agri-PV-Anlagen) nicht oder nur teilweise ausgeglichen werden, da viele Erkenntnisse nicht oder nur eingeschränkt übertragbar sind. Insbesondere fehlen Arbeiten und Erkenntnisse zu möglichen Auswirkungen auf Arten und Lebensräume. Generell besteht ein ausgesprochen großer Forschungsbedarf: „Wissenslücken schließen, umfassendes Wissen aufbauen“ (KNE 2024b). Aber auch im Hinblick auf möglichst effiziente Monitoringverfahren für die (moor)hydrologische und moorkundliche Bewertung von Wiedervernässungsmaßnahmen besteht großer Bedarf, um möglichen Fehlentwicklungen begegnen zu können (Greifswald Moor Centrum 2023). Seidel et al. (2024) halten Pilotprojekte für erforderlich, um die Auswirkungen auf die Vegetationsdecke, den Boden, die Ökosystemleistungen von Mooren, die Biodiversität, die Hydrologie und das Wassermanagement zu untersuchen und die Machbarkeit und Rentabilität von Photovoltaik in Mooren zu analysieren.

Basierend auf der Literaturanalyse und eigener Einschätzung besteht derzeit folgender Forschungsbedarf zur Bewertung der umwelt- und naturschutzbezogenen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf die ökologischen Verhältnisse in wiedervernässten Mooren sowie hinsichtlich der landschaftlichen Zusammenhänge:

- Eine umfassende Untersuchung aller durch Bau (Rückbau), Anlage und Betrieb von Moor-PV-Anlagen verursachten Auswirkungen auf das Moor- und Landschaftsökosystem im Hinblick auf die Schutzgüter gemäß § 2 Abs. 1 UVPG sowie zur Erhaltung und Förderung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Ökosysteme ist aus umweltfachlicher und -rechtlicher Perspektive erforderlich.

- Nur durch die Berücksichtigung typischer Merkmale der Moore, wie insbesondere ökologischer (insbesondere vegetationsabhängiger), hydrologischer, morphologischer, naturräumlicher/landschaftlicher, hydroklimatischer Faktoren sowie Nutzungen, Schutzgebiete und besondere Anforderungen, kann die Vielzahl möglicher Belastungen angemessen bzw. repräsentativ untersucht und bewertet werden.
- Es besteht Forschungsbedarf gerade im Hinblick auf mögliche Veränderungen des Bodens und des Untergrundes und aller damit zusammenhängenden Fragen (Boden- und Moorkunde, Bodenmechanik, Bodenwasserhaushalt, Flora und Fauna, Stoffhaushaltsregime auch aus Gewässerschutzsicht etc.). KBU (2023) empfiehlt explizit eine Förderung von Forschungsvorhaben zum Moorbodenschutz im Kontext mit Moor-PV-Anlagen durch Initiierung langfristiger Begleitforschung (mindestens 10 Jahre).
- Es gibt daher einen hohen Bedarf an praktischen Untersuchungen: Mess- und Beobachtungsdaten, Kartierungen und Erfassungen, die als wichtige Grundlage z. B. auch für den Einsatz ökologischer, hydrologischer oder bodenkundlicher Prognosemodelle dienen können.
- Es besteht zudem Forschungsbedarf bezüglich der möglichen landwirtschaftlichen Nutzung nach Wiedervernässung in Form von Paludikulturen und der damit zusammenhängenden Voraussetzungen und Bedingungen (Abschnitt 3.7).
- Eine zusätzliche Fokussierung auf naturschutzfachliche Kriterien, z. B. europa-/deutschlandweit streng und besonders geschützte Arten und Lebensräume, ist naturschutzrechtlich geboten.
- Die Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen auf naturschutzfachliche Bewertungsmethoden und -verfahren (u. a. Eingriffsregelung, Artenschutzfachbeitrag, ggf. Natura 2000-Vorprüfung oder -Prüfung) sowie UVP-G-Prüfverfahren sollte von Beginn an berücksichtigt werden.
- Auch das Thema der naturschutzfachlichen/-rechtlichen Kompensation bzw. der allgemeinen ökologischen Aufwertung oder von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen ist ein wichtiges Forschungsfeld, insbesondere im Hinblick auf den ggf. notwendigen Ausgleich bzw. Ersatz von Lebensraum gemäß § 15 BNatSchG bzw. die Natura 2000-Kohärenzmaßnahmen gemäß § 34 BNatSchG und das Verschlechterungsverbot nach § 27 WHG, was bei natur- und umweltrechtlichen Genehmigungsverfahren von großer praktischer Bedeutung ist.
- Forschung sollte daher auf gezielt darauf abzielen, natur- und umweltverträgliche technische Lösungen zu finden. Zum Beispiel könnten „aufgelockerte“ Moor-PV-Anlagenkonstruktionen mehr Licht und Luft an die Mooroberfläche lassen oder verstärkt vertikale Raumnutzung ermöglichen, um die Mooroberfläche freizuhalten. Vaschetti et al. (2022) empfehlen beispielsweise aus Gründen des Gewässerschutzes (insbesondere mit dem Hintergrund der Strahlungsminderung), mehrere kleine Floating-PV-Anlagen („Inseln“) zu bauen anstatt einer großen zusammenhängenden Fläche, was möglicherweise inhaltlich auf Moor-PV-Anlagen übertragbar ist.
- Der Beitrag zur konfliktarmen Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und zur Förderung regenerativer Energieerzeugung im Einklang mit Natur-, Gewässer- und Landschaftsschutz sollte eine zentrale Leitlinie der Forschung sein. Daher wäre auch eine sozioökonomische Begleitforschung von großem Vorteil, insbesondere im Hinblick auf

Fragen der Akzeptanz und der Bedingungen einer realistischen, zeitnahen Umsetzbarkeit.

3.6.2 Wichtiger Beurteilungsbedarf aus der Perspektive von umweltfachlichen Genehmigungsverfahren – Empfehlungen

Die im Abschnitt 3.5 diskutierten Faktorenkomplexen („Wirkungskategorien“) sind mehr oder weniger forschungsrelevant (s. o.). Im Rahmen umweltfachlicher Genehmigungsverfahren sollte demgegenüber zunächst eine Konzentration auf solche Komplexe erfolgen, für welche die potenziell größten umwelt- und insbesondere naturschutzfachlichen Gefahren gesehen werden müssen. Deren Auswahl und fachliche Begründung stützt sich auf die ausführlichen Literaturanalysen, Darstellungen sowie Einschätzungen und Bewertungen der Abschnitte 3.5.1 bis 3.5.14. Entsprechend sachdienliche Kartierungen, Erkundungen, Bewertungen sollten vorab durchgeführt werden bzw. als Begleitmaßnahmen in Form von ökologischer, bodenkundlicher oder Umweltbaubegleitung respektive als Monitoring erfolgen.

Insofern sollten in umweltfachlichen Genehmigungsverfahren vordringlich folgende Komplexe in den Blick genommen werden:

- Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung
- Bodenmechanische, ggf. hydrogeologische Veränderungen
- Veränderung von Stoffflüssen, Nährstoffeintrag in Boden und Gewässer (Grundwasser, Oberflächengewässer) einschließlich potenzieller Schadstofffreisetzung aus bodenberührenden Anlagenteilen (insbesondere Zink)
- Einflüsse auf Nahrungsketten, Veränderung von Nahrungs-/Rasthabitaten
- Bau-(Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen
- Störungen/Wirkungen durch Anlagenbegleitelemente
- Veränderungen des Landschaftsbildes; Auswirkungen auf die Erholungseignung

Es empfiehlt sich dabei die Fokussierung auf folgende Kriterien:

- Vegetation (Biotope, Pflanzengemeinschaften, Vegetationsformen, moortypische Pflanzenarten, geschützte/gefährdete Pflanzenarten)
- Avifauna (Lebensraumfunktion: Brut, Nahrung, Rast)
- Fledermäuse (Lebensraumfunktion, geschützte/gefährdete Arten)
- Entomofauna (Libellen, Schmetterlinge, Wasserkäfer, Laufkäfer, moortypische Arten, geschützte/gefährdete Arten)
- Amphibien (Lebensraumfunktion, geschützte/gefährdete Arten)
- Landmollusken (Lebensraumfunktion, geschützte/gefährdete Arten)
- Ökologische Durchgängigkeit/Biotopverbund (potenzielle Habitatfragmentierung und Störung von Migration)
- Landschaftsbild (Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung, Schönheit und Akzeptanz)
- Stoffflüsse infolge Wiedervernässung (vor allem aus Sicht des Gewässerschutzes)

- **Bodenkundliche Kriterien (Bodenschutzkonzept bzw. bodenkundliche Baubegleitung)**

Gerade bei Erfassungen der Fauna sollte aber eine von den Flächeneigenschaften (z. B. Vornutzung, Moortyp, Schutzstatus, Umgebungssituation, Randbedingungen) abhängige Auswahl im Sinne der Bioindikation getroffen werden, um den Bearbeitungsaufwand nicht ausufern zu lassen. Zudem sollte sich die Auswahl auch an den technischen Details der Moor-PV-Anlage ausrichten, insbesondere Gestaltungskonzept, Reihenabstände/Trassenbreiten, Lichtdurchlässigkeit, ggf. ökologische/naturschutzfachliche Gestaltungselemente, Paludikultur ja/nein, Einzäunung, Korridore etc. Auch die Wahl und technische Umsetzung der Wiedervernässung sollte hier maßgebend sein (z. B. auch angestrebte moorhydrologische Ziele, d. h. entweder nur EEG-Vorgaben (Bundesnetzagentur 2023) oder ggf. darüber hinaus, weitere hydrologische/wasserwirtschaftliche Randbedingungen usw.).

Wie Kartierungen/Erfassungen, Erkundungen und darauf fußende Bewertungen im Rahmen der umweltfachlichen Prüfung und Begleitung einzubeziehen sind, wird in Abschnitt 3.8 ausführlich behandelt.

3.7 Landwirtschaftliche Anforderungen (Paludikulturen)

3.7.1 Einführung

Paludikultur bezeichnet ein Landnutzungskonzept, bei dem nasse bzw. bei früherer Entwässerung wiedervernässte Moorböden land- bzw. forstwirtschaftlich genutzt werden (Wichtmann et al. 2016, Närmann et al. 2021). Dies trägt zum Erhalt des Torfes bei (LM M-V 2017, Emmer & Couwenberg 2017, Osterburg et al. 2018, 2019, Nordt et al. 2022a, b) oder ermöglicht unter günstigen Bedingungen sogar einen Torfaufbau. Neuere Ergebnisse weisen darauf hin, dass gerade auf nährstoffreicheren (Niedermoor-)Standorten eine Ernte der Biomasse durch die nachfolgende Substitution anderer Energie- oder Rohstoffe für die gesamte THG-Bilanz vorteilhaft ist (Rodriguez et al. 2024).

Entsprechende Vorteile ergeben sich vor allem für den Klima- und Bodenschutz (Wichtmann et al. 2016, Tanneberger et al. 2020, Närmann et al. 2021, Greifswald Moor Centrum 2021) und den Gewässerschutz (AK Moorschutz 2017, s. ausführlicher oben). Auch daher wurde die Nutzung von Paludikulturen in die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union aufgenommen und gilt nach deutschem GAP-Direktzahlungsgesetz als grundsätzlich förderfähige „landwirtschaftliche Tätigkeit“. Es gibt aber auch Untersuchungen, die eine ökologisch negative Wirkung der Mahd nasser Moorstandorte auf die Biodiversität belegen. So konnten Lindner et al. (2025) eine Verringerung der Aktivitätsdichte, der Biomasse und der Habitateignung für gefährdete Bodenarthropoden nachweisen.

Nach wie vor sind ökonomisch tragfähige Lösungen auf der betrieblichen bzw. betriebswirtschaftlichen Ebene für Paludikulturen schwierig, weil die Erträge bei „klassischer“ landwirtschaftlicher Nutzung feuchten oder nassen Grünlands (Mahd, Weide) geringer ausfallen. Auch die stoffliche oder energetische Nutzung von naturnaher Moorvegetation im Hinblick auf Vermarktung, Nutzung und damit verbundene Erlöse ist nach wie vor nicht ausreichend etabliert (vgl. auch Chen et al. 2024). Auch sind hohe Anfangsinvestitionen zu tätigen. So ist spezielle Erntetechnik erforderlich (vgl. Abschnitt 3.8.2.8), was Zusatzkosten verursacht. Aus volkswirtschaftlicher (übergreifender) Sicht ist dagegen die Paludikultur von hohem Nutzen (Schäfer 2016). Die Hemmnisse bei der Umsetzung nasser Moornutzung sind u. a. ausführlich bei Nordt et al. (2022b) aufgeführt.

Grundsätzlich eröffnet die Kombination mit Moor-PV eine durchaus andere Perspektive, weil bereits die alleinige Solarnutzung auf einer wiedervernässten Moorfläche wirtschaftlich tragfähig möglich ist. Insofern wäre hier Paludikulturnutzung ökonomisch eine gute Ergänzung (Nordberg et al. 2021). Die Option einer kombinierten Nutzung von Solaranlagen und Paludikulturen auf wiedervernässten Moorböden offeriert explizit § 85c Abs. 1 S. 2 EEG (s. o.). Allerdings ist auch § 12 Abs. 2 GAPKondV zu beachten. Demnach scheiden alle (vorherigen) Dauergrünlandflächen aus, die in Natura 2000-Gebieten liegen, ein gesetzlich geschütztes Biotop (§ 30 Abs. 2 BNatSchG) darstellen oder in einem nach jeweiligem Landrecht aus Naturschutzgründen per Rechtsverordnung ausgewiesenem Gebiet liegen.

Bezüglich des Wassershaushaltes kann infolge der PV-Anlagen mit einer Minimierung der Verdunstung gerechnet werden (s. Abschnitt 3.5.3), was infolge geringeren „Verlustes“ einem höheren Moorwasserstand zugutekommt. Elamri et al. (2018) konnten modelltechnisch einen um 20 % verringerten Bewässerungsbedarf aufgrund der reduzierten Verdunstung nachweisen. Trotzdem ist ein gegenüber trockeneren Standorten höherer Strom latenter Wärme bei wiedervernässten Mooren möglich, so dass eine entsprechende Kühlung und somit eine höhere Effizienz (ein höherer Wirkungsgrad) der PV-Module erreicht werden könnte (ISE 2014b). Dies ist aus physikalischer Sicht auch eine Frage der lichten Höhe und der Gestaltung der jeweiligen PV-Anlage (s. o.).

Die „einfachste“ und vermutlich in naher Zukunft auch bei Moor-PV-Anlagen überwiegende Form der Paludikulturnutzung stellen Beweidungsverfahren dar, die eine möglichst flächendeckende Ausbildung einer Vegetationsdecke erfordern, welche aber mit den Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) zu Moormindestwasserständen von 10 cm unter Flur im Winter und 30 cm unter Flur im Sommer kompatibel sind. Feuchtwiesen können mit Wiederkäuern zumindest bei torfzehrungsmindernden Wasserständen (im Sommer 20-40 cm unter Flur) beweidet werden; auch für die Beweidung von Nasswiesen (Wasserstand im Sommer max. 20 cm unter Flur) liegen gute Erfahrungen, gerade mit Wasserbüffeln vor (LM M-V 2017). Die Entwicklung der von den individuellen Wasserständen und ihrer Dynamik, aber auch den Nährstoffverhältnissen und den unter PV-Modulen herrschenden Lichtverhältnissen abhängigen Vegetationsausprägung wird sich im Regelfall durch natürliche Sukzession vollziehen, alternativ ggf. auch durch gezielten Anbau. Sogenannte „Anbau-Paludikulturen“ sind aber eher der Regelfall bei halmgutartigen Anbau-Kulturen (Schilf, Rohrkolben, Rohrglanzgras, Seggen), bei Torfmoos-Paludikultur und bei Schwarzerlen gängige Praxis (Nordt et al. 2022a); alle höherwüchsigen Formen konfliktieren mit räumlichen Zwängen der PV-Anlagen (Höhen und Kosten).

Gerade um die Lichtbedingungen für die Vegetation zu optimieren, aber auch um Raum für die Bewirtschaftung zu schaffen, sind mindestens 2,10 m lichte Höhe zwischen Mooroberfläche und Modulunterkante vorgeschrieben (DIN SPEC 91434:2021-05); zudem wird durch die Norm ein Nutzungsplan für die landwirtschaftliche Fläche mit Agri-PV gefordert, der u. a. die geplanten Maschinen- und Arbeitsbreiten sowie die Wasser- und Lichtbedürfnisse der Kulturpflanzen angemessen berücksichtigen muss. Für die pflanzliche Erzeugung (Futtermittelaufwuchs) und die jeweiligen Bedürfnisse von Weidetieren als Form von Paludikulturnutzung müssen eine akzeptable bzw. ausreichende Tageslichtverfügbarkeit und -verteilung unter den PV-Modulen nach DIN SPEC 91492:2024-06 entsprechend gegeben sein.

3.7.2 Empfohlene/notwendige Managementmaßnahmen

Detaillierte Übersichten zu standörtlichen Voraussetzungen und empfohlenen Managementmaßnahmen für wichtige Paludikulturen enthalten Tab. 67 bis Tab. 68. Hierbei stehen vor allem Schilfröhricht (*Phragmites australis*), Rohrkolbenröhricht (*Typha spec.*), Großseggenried/Nasswiese (*Carex spec.*) und Erle (*Alnus glutinosa*) im Blickpunkt. Diese Arten sind gut für den Anbau auf Niedermooren geeignet und gelten als torferhaltende Bewirtschaftungskulturen, da sie Wasserstände auf Flurhöhe benötigen bzw. tolerieren (Närmann et al. 2021). Der Vollständigkeit halber werden auch das auf Niedermooren wachsende Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) und das hochmoortypische Torfmoos (*Sphagnum spec.*) in die Darstellungen integriert, da diese Arten ebenfalls bereits angebaut und auch im fachlichen Kontext erforscht werden.

Alle o. g. Paludikulturarten können entweder über natürliche Sukzession (Nassweiden und -wiesen) oder durch gezielte Pflanzung von Reinkulturen (Saatgut oder Stecklinge) etabliert werden. Die Nutzung von Reinkulturen erfordert dabei mehr finanziellen und technischen Aufwand, bietet aber auch bessere Vermarktungsoptionen aufgrund der Reinheit und der besser kontrollierbaren Qualität des Endprodukts. Die natürliche Etablierung von Nasswiesen/-weiden ist jedoch eine gute Alternative, wenn der Pflegeaufwand geringgehalten werden soll und eine gleichbleibende Qualität des Endprodukts eine untergeordnete Rolle spielt (z. B. bei thermischer Verwertung der Biomasse).

Aufgrund ihrer Ansprüche an hohe Nährstoffverfügbarkeiten und dauerhaft hohe Wasserstände sind die Niedermoorarten nach Tab. 67 und Tab. 68 ideal für eine Bewirtschaftung auf wiedervernässten Moorböden geeignet (vgl. auch Anhang A.7). Bis auf Rohrkolben werden kleinräumige Standortunterschiede von allen Arten toleriert, so dass die Flächenvorbereitung dementsprechend weniger aufwändig ist, falls planes Gelände vorliegt. Für Rohrkolben ist zu gewährleisten, dass die Fläche in Bezug auf ihr Relief homogen gestaltet wird, so dass das Wasser flächig über die gesamte Anbaufläche fließen kann (LM M-V 2017).

Tab. 67: Empfohlene Managementmaßnahmen für ausgewählte Paludikulturen im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen, (x) – trifft nur teilweise zu, leicht geändert nach LM M-V (2017), * erforderliche Flächengröße für Betriebsmaßstab

Maßnahme bzw. Aspekt	Nasswiesenbeweidung	Nasswiesen-Seggen	Anbaugräser	Schilf	Rohrkolben
Flächengröße*					
< 10 ha	(x)			(x)	x
10-50 ha	x	(x)	(x)	x	(x)
50-200 ha		x	x	x	
Flächenvorbereitung					
Bodenbearbeitung			x		
Nivellierung			(x)		
Infrastruktur (Herrichtung: Wege und Überfahrten)		x	x		

Maßnahme bzw. Aspekt	Nasswiesen- beweidung	Nasswiesen- Seggen	Anbaugrä- ser	Schilf	Rohrkolben
Etablierung					
“Sukzession“	x	x		x	(x)
Saat			x		x
Pflanzung		x		x	x
Rhizome				(x)	(x)
Schlitzen		x	x	x	x
Umbruch der Grasnarbe			(x)	(x)	x
Wassermanagement					
passiv	x	x	(x)	x	(x)
aktiv	(x)	(x)	x	(x)	x
Überstau (Sommer)		(x)		(x)	x
unter Flur (Sommer)	x	x	x	x	(x)
Überstau (Winter)	x	x	x	x	x
Nährstoffbedarf					
gering		x		X	
mäßig		x	x	(x)	X
hoch		X	x	x	x
Zufuhr nährstoffreichen Zu- satzwassers empfohlen (Be- wässerung)			(x)	(x)	x
Ernte					
Sommer	x	x	x		
Herbst		x	x		x
Winter				x	x

Tab. 68: Bewirtschaftungsanforderungen ausgewählter Paludikulturarten im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen (zusammengestellt nach Schäfer & Joosten 2005, Gaudig et al. 2018, Birr et al. 2021, Nordt et al. 2022a, Eickenscheidt et al. 2023), TM: Trockenmasse

Paludi- kultur- art	Flächenvorbereitung	Wassermanagement	Bestandsgründung, Saat und Pflanzung	Flächenpflege	Wuchs- höhe	Ernte	Ertrag
Schilf <i>Phragmites australis</i>	Wasserrückhalt: Graben- verschlüsse, Staue, evtl. Kappung alter Dränrohre Aufschütten von Verwallun- gen/Deichen/Fahrdäm- men/zusätzlichen Zufahr- ten Ggf. Terrassierung von hän- gigem Gelände Infrastruktur zum Wasser- management, ggf. wasser- bauliche Maßnahmen Ggf. Pflügen, Eggen, Grub- bern, Fräsen	Wasserentnahme aus Vor- fluter für die Zuwässerung: Regulierbarer Einlass bei freiem Zulauf, Mahlbussen oder Pumpschacht, Anlage von Gräben/Gruppen zur Bewässerung, Verlegen von Rohrleitungen, Einsetzen von regulierbaren Überläu- fen und Staukaskaden Aktive Bewässerung durch Zupumpen erfordert Ener- giequelle Erste 2 Jahre nur bis 5 cm Überstau zur Etablierung	Saat: möglich; Anhebung der Wasserstände bis Gelände- oberkante, aber ohne Über- stau nötig Pflanzung: Setzlinge per Hand oder maschinell mit Forst- oder Gemüsepflanzmaschinen Pflanzdichte: 0,25 – 4 Pflanz- en je m²	Mahd von Verwallungen, ein- bis mehrmals pro Jahr Pflegeschnitte während der Be- standsetablierung Kontrolle und Wartung der Inf- rastruktur für das Wassermana- gement	Bis 400 cm	Jährliche Ernte (Etab- lierungsdauer 1-3 Jahre) (Raupen-basierte) Spezialtechnik, Ernte von Häckselgut, Bal- len, Bunden Insbesondere für die Dachschilf-Ernte sind auch Seigas (Technik mit großen Ballonrei- fen) etabliert Zukünftig: autonome Leichtbau-Geräteträ- ger	6 - 24 t TM ha⁻¹ a⁻¹ Im Win- ter: 3 - 15 t TM ha⁻¹ a⁻¹
Rohr- kolben <i>Typha spp.</i>	s. Schilf	s. Schilf	Saat: nur auf ebenen Flächen mit aufbereitetem Saatgut, da Abdriftgefahr Pflanzung: Setzlinge per Hand oder maschinell mit Forst- oder Gemüsepflanzmaschinen Pflanzdichte: < 2 Setzlinge je m²	s. Schilf	70 - 300 cm	s. Schilf	4 - 22 t TM ha ⁻¹ a ⁻¹

Paludi- kultur- art	Flächenvorbereitung	Wassermanagement	Bestandsgründung, Saat und Pflanzung	Flächenpflege	Wuchs- höhe	Ernte	Ertrag
Rohr- glanz- gras <i>Phalaris arundi- nacea</i>		Geregeltes Wassermanage- ment → Aufrechterhaltung der Polderbewirtschaftung mit Deichunterhaltung und Schöpfwerksbetrieb zur Ver- meidung von Überstau Gute Erträge bei 0-40 cm Überstau	Aussaatsdichte: 15 – 25 kg ha ⁻¹ mit Reihenabstand von 12,5 cm	Nährstoffnachlieferung durch Überflutungswasser nötig Pflege der Grasnarbe, um Be- fahrbarkeit zu verbessern	50 - 200 cm	kann als Tierfutter oder als Energiebio- masse für Biogasanla- gen verwertet werden	1,6 - 13 t TM ha ⁻¹ a ⁻¹
Torf- moos <i>Sphag- num</i> <i>spp.</i>	Abbunkern des degradier- ten, aufgedüngten Oberbo- dens und Anlegen einer gleichmäßig ebenen und weitgehend vegetations- freien Torfoberfläche Anlegen von Fahrdämmen (für Pflegemahd und Ernte, die vom Fahrdamm aus durchgeführt werden; Bio- masseabtransport) Zum Halten eines Wasser- standes ggf. Aufschütten von Verwallungen/Dei- chen/ Fahrdämmen	Einrichtung von hydrologi- schen Einheiten mit homo- genem Wasserstand (Kaska- den bei großen Reliefunter- schieden, um Oberbodenab- trag zu minimieren!) Installation von automati- schen Pumpen inkl. Senso- ren in den Bewässerungsgrä- ben um die Torfmoos-Flä- chen Anlage von Bewässerungs- gräben und Durchlässen (exakt sukzessives Anheben mit aufwachsendem Torf- moosrasen nötig) Regulierbare Überläufe, um den Wasserstand mit dem Aufwachsen der Torfmoose anzuheben	Ausbringen von Moosab- schnitten (lebende Torf- moose) mit ca. 80 % Aus- gangsdeckung möglichst zu Beginn der Vegetationsperi- ode, die einen geschlossenen Torfmoosrasen ausbilden Faustzahl: 80 m ³ ha ⁻¹	Mahd zur Unterdrückung von Gefäßpflanzen, zukünftig ggf. durch autonome leichte Geräte- träger Beräumung der Bewässerungs- gräben, Wartung der Pumpen Mulchen der Fahrdämme	Boden- nah	Ernterhythmus: alle 3 - 5 Jahre (Etablie- rungsdauer: 1,5 - 3 Jahre) Raupenbagger mit Mähkorb, Ernte vom Fahrdamm aus Zukünftig: autonome leichte Geräteträger oder raupenbasierte Spezialtechnik mit Bunker	~ 2 - 8 t TM ha ⁻¹ a ⁻¹

Paludi- kultur- art	Flächenvorbereitung	Wassermanagement	Bestandsgründung, Saat und Pflanzung	Flächenpflege	Wuchs- höhe	Ernte	Ertrag
Nass- wiese (Seg- gen)	Reduzierter Aufwand für Bodenbearbeitung, ggf. Ein- richtung von Staukaskaden	Freier Zulauf, freie Vorflut (dann jedoch ggf. sommerli- ches Absinken der Wasser- stände) Anstau/Einstau/Überstau, ggf. zweiseitige Wasserregu- lierung Überstau von Winterwasser für Wasserbevorratung oder Anlage von Wasser-Reser- voirs Für torferhaltende Wasser- stände auch Zuwässerung im Sommer mit kurzzeitigem Überstau	Spontane Bestandsentwick- lung Ggf. Mähgutübertragung	Narbenpflege, zur Etablie- rung/Erhalt einer tragfähigen Grasnarbe ist bei Beweidung ggf. ein Nachmähen erforderlich bzw. zusätzliche Pflegeschnitte; Narbenpflege nur möglich, wenn vereinbar mit etwaigen Naturschutz-/Managementvor- gaben Technik mit geringem Boden- druck (möglichst 100 bis 120 g cm ⁻²)	bis zu 120 cm	Kettenbasierte Spezi- altechnik, ggf. ange- passte konventionelle Grünlandtechnik, so- fern ein sommerliches Absinken der Wasser- stände nicht vermie- den werden kann Ernte von Häcksel oder Ballen	Jährliche Ernte Großseg- genriede: 2 - 12 t TM ha ⁻¹ a ⁻¹ Mischbe- stände: 3 – 6 t TM ha ⁻¹ a ⁻¹

Vor allem das Wassermanagement ist für alle Paludikulturen zentral (vgl. zu den hydrologischen Einordnungen Abschnitt 3.4.4); es muss von Anfang an mitgedacht und entsprechend sorgfältig geplant werden. Idealerweise liegt der Standort bei Niedermooren in unmittelbarer Nähe eines Gewässers, das zur Wasserversorgung genutzt werden kann. Zur Vermeidung von stark schwankenden Wasserständen, wie sie für wiedervernässte Moorböden ohne Wassermanagement beobachtet werden konnten (Nordt et al. 2022a), sind technische Einrichtungen eines aktiven Wassermanagements wie regulierbare Staue und ggf. auch Pumpstationen notwendig.

Demnach muss grundsätzlich die Wasserverfügbarkeit gewährleistet sein sowie die Möglichkeit, die Wasserstände je nach Bedarf einstellen zu können. Einmalige Maßnahmen wie der Rückbau von Entwässerungsgräben oder die Errichtung von Dämmen eignen sich häufig nicht alleinig, um torferhaltende Wasserstände wiederherzustellen, da der Wasserstand nicht reguliert werden kann und es somit zu stark schwankenden Wasserständen kommen kann (Wichtmann & Schröder 2016). Stattdessen sind in den meisten Fällen aufwendige Baumaßnahmen wie vor allem das Errichten von Stauanlagen zur Flächenvorbereitung notwendig, die es nach der Wiedervernässung ermöglichen, die Wasserstände entsprechend den Anforderungen der anzubauenden Paludikultur und des Ernteverfahrens einstellen zu können.

Eine Übersicht zu möglichen Maßnahmen des Wassermanagements im Rahmen einer nassen Bewirtschaftung von Niedermooren ist in Tab. 69 dargestellt (vgl. auch Darstellungen in Tab. 44). Für Schilf muss beispielsweise sichergestellt sein, dass die Wiedervernässung nach der Aussaat/Pflanzung innerhalb von 7 Tagen maximal bis auf Geländeoberkante erfolgt (Eickenscheidt et al. 2023). Zusätzlich darf in den ersten 2 Jahren nach Bestandsgründung der Wasserstand nicht höher als 5 cm über Flur liegen, um eine erfolgreiche Etablierung zu gewährleisten (Birrr et al. 2021). Grundsätzlich sind zur Bestandsgründung die Ansaat mittels Samen oder die Pflanzung von Setzlingen möglich. Der Erfolg beider Methoden hängt dabei hauptsächlich vom Wasserstand, der Kulturart und dem Aussaatzeitpunkt ab.

Tab. 69: Übersicht zu möglichen Maßnahmen des Wassermanagements für Paludikulturen, aus Närmann et al. (2021), verändert nach Wichtmann & Schröder (2016)

Wassermanagement	Beispiele	Eigenschaften
Anstau (Wasserrückhalt durch passives Wassermanagement)	Sohlschwellen	Wasserrückhalt
	Grabenverschluss	Keine/wenig Unterhaltskosten
	Grabenverfüllung	Natürliche Dynamik
	Dämme	Oft starke Wasserstandsschwankungen
	Feste Wehre	Keine nachfolgende Regulierung möglich
	Anbindung an Vorflut	Kein Einfluss auf Wasserstände bei Wetterextremen
	Stauklappen	
Anstau (Wasserrückhalt durch aktives Wassermanagement ohne Zusatzwasser)	Regulierbare Staue	Regulierung der Wasserstände möglich
	Funktionstüchtige Gräben	Ablassen von zu hohen Wasserständen, ggf. unter Verlust der Bevorratung in Nässephasen

Wassermanagement	Beispiele	Eigenschaften
		Verzögerung der Wirkung von Trockenphasen Mittlere Kosten für Bau/Wartung und ständige Betreuung durch Stauwart
Einstau (Wasserstandsregulierung durch aktives Wassermanagement mit Zusatzwasser, z. B. aus Vorflutern)	Regulierbare Wehre Schöpfwerke und feste Pumpen Mobile Pumpen	Aktive Steuerung der Wasserstände Gleichmäßige Wasserstände möglich Anpassung an Witterung möglich Kosten für Unterhalt und Betrieb Ggf. besserer Hochwasserschutz

Je nach Standort kann eine (einmalige) Flächenvorbereitung vor Etablierung von Paludikulturen unterschiedlich aufwändig ausfallen. Der deutliche Unterschied gegenüber der konventionellen Landwirtschaft ist, dass die Vorbereitung des Bodens in Bezug auf das Relief, aber auch die Pflege nur einmalig erfolgen muss, da Paludikulturen als Dauerkulturen angelegt werden und nur ihre oberirdische Biomasse geerntet wird. Die Beschränkung der Ernte auf die oberirdischen Pflanzenteile ermöglicht somit nicht nur den Erhalt des Torfes, sondern auch das Aufwachsen neuer Torfschichten.

Hinsichtlich der (vorherigen) Entfernung der Grasnarbe bestehen unterschiedliche Ansätze. So empfehlen Närmann et al. (2021) eine Erhaltung der Grasnarbe, um die Kohlenstoffvorräte im Boden zu schonen und die Befahrbarkeit bzw. Festigkeit der Fläche zu erhöhen. Eickenscheidt et al. (2023) empfehlen hingegen eine Entfernung der Grasnarbe, um möglichst viel Biomasse vor der Wiedervernässung zu entfernen und so die Freisetzung von Methan zu reduzieren. Die Narbenpflege bzw. die Vermeidung von Narbenschäden während der späteren Bewirtschaftung stellt einen wesentlichen Bestandteil nachhaltigen Handelns dar (Nordt et al. 2022a), da eine Schädigung der Narbe eine verschlechterte Befahrbarkeit, verbunden mit bodenmechanischen Schäden, zur Folge hätte.

Daneben sind im Vorfeld einer Wiedervernässung auch Maßnahmen umzusetzen, welche die Erreichbarkeit und Befahrbarkeit der Flächen bei erhöhten Wasserständen gewährleisten. Dafür können beispielsweise randlich gelegene Deiche oder Fahrdämme ebenso wie in der Fläche liegende, befestigte Fahrstreifen geeignet sein (zu den bodenmechanischen Aspekten s. Abschnitt 3.5.5).

Große Herausforderungen bestehen in Bezug auf die landwirtschaftliche Technik zur Flächenvorbereitung und -pflege, zum Anbau, zur Pflege und zur Ernte von Anbauprodukten (s. z. B. LM M-V 2017, Närmann et al. 2021, Nordt et al. 2022a, b, KNE 2022), insbesondere weil ein möglichst geringer Bodendruck angezeigt ist, um eine weitere Verdichtung des Moorbodens zu verhindern, sowie eine Minimierung der Überfahrten bei dennoch hoher Schlagkraft zur Ernte der Biomasse zu erreichen (Wichmann et al. 2016). Eine entsprechende Technikklassifizierung für Niedermoore enthält Tab. 70.

Tab. 70: Übersicht über notwendige Technik zur Bewirtschaftung nasser Niedermoore (nach Wichmann et al. 2016)

Techniktyp	Einsatzbereiche und Vorteile	Grenzen und Nachteile
Kleintechnik: Einachs- oder Kleintraktor mit Balkenmäherwerk	Einsatz zur Pflege von Feuchtwiesen i.d.R. nur Mahd; selten Beräumung der Biomasse	Geringe Flächenleistung mit hohen flächenbezogenen Kosten Keine großflächige Biomassegewinnung möglich
Angepasste Grünlandtechnik: Schlepper mit Terra- oder Zwillingsreifen und leichter Ballenpresse mit Tandemachse, ggf. Bogieband/Delta-Laufwerke	Einsatz in Übergangsbereichen (mäßig vernässt), in trockenen Jahren bzw. bei Frost Hohe Flächenleistung Bei der Mahd Beräumung der Biomasse möglich	Einsatzmöglichkeit durch Wasserstand bzw. Witterung limitiert Biomasseabtransport problematisch; ggf. gewichtsbedingt eine Abfuhr einzelner Ballen zum Flächenrand erforderlich
Radbasierte Spezialtechnik: v.a. Seiga-Maschinen (zwei- oder dreiachsig) mit Ballonreifen	Einsatz in der Schilfernte Besonders bei Überstau Geringes Maschinengewicht und Ballonreifen sorgen für geringen Bodendruck	Seiga wird nicht mehr produziert, nur alte Maschinen bzw. Nachbauten im Einsatz Begrenzte Motorleistung Ggf. Bodenschäden durch Schlupf
Kettenbasierte Spezialtechnik: Umbauten von Pistenraupen aus Skigebieten oder Neubauten für Moorflächen (z. B. Hanze Wetlands, LogLogic)	Landschaftspflege und Biomasse-Ernte (z. B. Schilfernte) Auch bei Überstau Breite Ketten, daher geringer Bodendruck auch bei schweren Maschinen	Keine Straßenfahrten, Transport per Tieflader Ggf. Bodenschäden durch Abscheren bei Kurvenfahrten

Da die o. g. Paludikulturarten, bis auf das Torfmoos, Wuchshöhen bis 4 m (Schilf) aufweisen, sind entsprechend hoch aufgeständerte PV-Anlagen prinzipiell besser geeignet als bodennahe Systeme (Abschnitt 3.4.4). Die Vorteile einer hoch aufgeständerten Anlage liegen vor allem in einer homogenen Lichtverteilung und einer besseren Nutz- und Befahrbarkeit (lichte Höhe) (ISE 2024b). Nachteilig sind jedoch die höheren Investitionskosten aufgrund eines höheren Materialverbrauchs, auch in Folge steigender statischer Zwänge (insbesondere wegen zunehmender Windlasten). Für die Kombination mit dem Anbau von Torfmoosen, die nur eine sehr geringfügige Wuchshöhe aufweisen, bietet sich auch die Verwendung von bodennahen Anlagen an, zumal verschiedene Torfmoose auch Teilschatten gut toleriert.

Gerade die potenzielle Beeinträchtigung der Paludikulturen durch Verschattung kann bei hoch aufgeständerten Anlagen als eher gering eingestuft werden (Abschnitt 3.5.2). Auch der Einsatz von semitransparenten Solarzellen erscheint für die Kombination mit Paludikulturen gut geeignet, um Verschattungseffekte weiter zu minimieren (Sun & Jasieniak 2017). Grundsätzlich ist die Verwendung von bifazialen Modulen empfehlenswert, da die Stromerträge um bis zu

25 % gesteigert werden können (ISE 2024b). Auch bei Paludikulturen wäre die Nutzung von nachgeführten Modulen möglich, so dass der verschattete Bereich mit dem Sonnenstand variiert und die Lichtverfügbarkeit optimiert wird.

Neben den moorökologischen bestehen auch gewässerökologische bzw. wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Wiedervernässung und die fortgeführte landwirtschaftliche Nutzung. Eine Beeinträchtigung von angrenzenden Oberflächen- und Grundwasserkörpern ist konsequent zu vermeiden (AK Moorschutz 2017). Wasserrechtliche Aspekte, gerade im Hinblick auf das WRRL-/WHG-Verschlechterungsverbot von Oberflächenwasserkörpern und Grundwasserkörpern (vgl. auch Abschnitt 3.5.3), spielen demgemäß eine wichtige Rolle, werden aber erst in den späteren Ausführungen zu Verminderungs- und Vermeidungsmaßnahmen (Abschnitt 3.8.2.5) sowie im Rahmen der Auseinandersetzung mit rechtlichen Fragen dezidiert behandelt. Verwiesen wird auch auf Abschnitt 3.8.2.8, in dem die für Paludikulturen maßgeblichen und insbesondere naturschutzfachlich wichtigen Hinweise zur Vermeidung und Konfliktminderung gegeben werden.

Immerhin besteht aber mittlerweile eine Reihe europäischer und nationaler Regelungen im Bereich der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) (Tab. 71). Die Anerkennung der Paludikultur als förderfähige landwirtschaftliche Tätigkeit beruht dabei auf zwei Ebenen:

1. EU-Ebene: Anpassung der GAP-Verordnung (EU) 2021/2115, Art. 4 Abs. 1 b): Aufnahme von „nasser Nutzung organischer Böden“ in den Begriff der landwirtschaftlichen Tätigkeit.
2. Bundesebene: Umsetzung durch § 12 GAPKondV, wonach Flächen zur Paludikultur umgenutzt werden dürfen, sofern sie dauerhaft nass gehalten und standortgerecht bewirtschaftet werden

Dadurch werden erstmals rechtliche Graubereiche (z. B. Beihilfefähigkeit, Nutzung von nicht-Nahrungs-Biomasse) aufgehoben. Deutschland überführt diese EU-Regelungen in den nationalen GAP-Strategieplan (BMEL 2022), in dem Paludikultur vor allem unter folgenden Zielbereichen auftaucht:

- Klimaschutz und Emissionsminderung (Ziel 4)
- Schutz von Mooren und Feuchtgebieten (Ziel 5)
- Innovative Bewirtschaftungsformen (Ziel 9)

Gleichzeitig bestehen Umsetzungsdefizite: Die Definition geeigneter Kulturen (z. B. Rohrkolben, Schilf, Torfmoos, Seggen) ist noch nicht abschließend geklärt. Die Bewirtschaftungsanforderungen (z. B. Mindestwasserstände, Erntezeitpunkte, Biomasseverwertung) variieren zwischen den Bundesländern. In der Praxis ist Paludikultur vor allem über Fördermaßnahmen der zweiten Säule (z. B. ELER-Programme) realisiert.

Fachlich besteht Einigkeit, dass die Integration von Paludikultur in die GAP ein strukturell wichtiger, aber noch unzureichend operationalisierter Schritt ist. Kritisch hervorgehoben werden vor allem (z. B. Wichtmann et al. 2021, Schäfer et al. 2022)

- der Mangel an standardisierten Förderkriterien,
- eine unklare Einstufung als Dauerkultur oder Grünland sowie
- eine fehlende Marktintegration für Paludibiomasse.

Tab. 71: Nationale Regelung zur Paludikultur im Rahmen der GAP (Deutschland, Stand 2025)

Rechtliche Grundlage/Quelle	Inhalt/Regelungsbereich	Bedeutung für Paludikultur
GAP-Strategieplan Deutschland (2023–2027), (BMEL 2025)	Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) auf nationaler Ebene inklusive Definition förderfähiger Nutzungen	Paludikultur ist als förderfähige landwirtschaftliche Nutzung anerkannt. Der GAP-Strategieplan nennt ausdrücklich „nasse landwirtschaftliche Nutzung“ als Option zur Erhaltung organischer Böden.
§ 12 GAPKondV „Anbau in Paludikulturverfahren“	Regelt, dass Dauergrünland in Paludikultur umgewandelt werden darf, wenn dies standortangepasst und umweltschonend geschieht	Rechtliche Grundlage für nasse Nutzung von Moorstandorten; erlaubt Paludikultur als Ersatznutzung. Einschränkungen gelten in Schutzgebieten (z. B. Natura 2000-Gebiete)
GLÖZ-Standards (Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand)	GLÖZ 2: Schutz kohlenstoffreicher Böden (Moorböden, Feuchtgebiete)	Paludikultur unterstützt das GLÖZ-Ziel 2, indem sie die Wasserstände stabilisiert und Emissionen mindert
KSG & Nationale Moorschutzstrategie (BMUV 2022)	Klimaschutzpotenziale von Mooren werden verankert, nasse Bewirtschaftung wird als Ziel betont	Politische Rahmenvorgabe: Paludikultur gilt als zentrale Maßnahme zur Reduktion von CO ₂ -Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren
Förderprogramme der Länder (z. B. Niedersachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern)	Umsetzung von Pilotprojekten und Investitionsförderung (z. B. für Rohrkolben-, Schilf- oder Torfmoosnutzung)	Erste Praxisförderung über AUKM – Agrarumweltprogramme – im Rahmen der 2. Säule – allerdings bislang noch begrenzte Listung beihilfefähiger Nutzpflanzenarten

Fazit: Die Kombination von Moor-PV-Anlagen auf wiedervernässten Mooren mit dem Anbau von Paludikulturen stellt eine grundsätzlich gute Möglichkeit dar, Synergien aus dem Blickwinkel von Moor-/Bodenschutz, Klimaschutz und landwirtschaftlicher Nutzung zu verstärken. Hochwachsende Gehölz-Paludikulturen auf Niedermoorstandorten wie insbesondere Erlen dürften sich unter den höhenlimitierenden PV-Anlagen allerdings kaum eignen. Generell entstehen aus der Bewirtschaftung von Paludikulturen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Moor-PV-Anlagen erhöhte technische Gestaltungs- und Bewirtschaftungsanforderungen, die spezielle Lösungen erfordern und die auch häufig ökonomisch herausfordernd sind. Die Anwendung von Beweidungsverfahren auf wiedervernässten Flächen erscheint als „einfachste“ Anwendung im Sinne der Paludikultur und mehrheitlich am ehesten wahrscheinlich zu sein.

3.8 Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung

3.8.1 Gesetzliche Vorgaben und Empfehlungen Dritter

Obschon gerade speziell bei Moor-PV-Anlagen noch kaum oder keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse über viele der vor allem in den Abschnitten 3.5 und 3.6 behandelten

Faktorenkomplexe und Wirkungen bestehen, lassen sich aus der Übertragung von Erkenntnissen für andere Freiflächen-PV-Anlagen und im Sinne der allgemeinen Umweltvorsorge geeignete Hinweise geben bzw. (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung ableiten. Einige grundsätzliche Anforderungen, mit Verweisen auf nachfolgend zitierte Normen, enthält auch bereits die Festlegung der Bundesnetzagentur (2023), s. a. Abschnitt 2.1.3.

Um erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft bzw. Schäden an Ökosystemen möglichst zu verhindern, gilt grundsätzlich die Reihenfolge Vermeidung, Verminderung und Kompensation (Ausgleich oder Ersatz), vgl. §§ 13 ff. BNatSchG. In aktuellen Studien liegt der Hauptfokus auf der Vermeidung, insbesondere bei der Planung und Standortwahl einer Freiflächen-PV-Anlage. Seltener werden bei bestehenden Anlagen die Nachsteuerungs- (Minimierung) oder Kompensationsmöglichkeiten (Ersatz und Ausgleich) betrachtet. Dies hängt offenkundig damit zusammen, dass solche Maßnahmen selten im Rahmen der rechtlichen Bestimmungen und der Genehmigungsaufgaben fixiert werden (Fthenakis et al. 2011, Agha et al. 2020). In wissenschaftlichen Studien stehen zudem häufig Minderungsstrategien im Fokus, die sehr individueller, anlagenspezifischer Natur sind und meistens aus Sicht einer Artengruppe oder einzelner Arten betrachtet werden (Moore-O'Leary et al. 2017, Agha et al. 2020).

Ergänzend zu Rate ziehen lassen sich hier aber entsprechende Hinweise und Empfehlungen Dritter im Kontext der Freiflächen-Photovoltaik und der Photovoltaik auf Moorflächen. Bedeutsam sind hier insbesondere Dadelt et al. 2020, die Veröffentlichungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft zum Bodenschutz (Miller et al. 2022) sowie der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU 2023), Eckpunkte von Ammermann et al. (2022), Empfehlungen vom Greifswald Moor Centrum (2023), Veröffentlichungen des Kompetenzzentrums Naturschutz und Energiewende gGmbH (insbesondere KNE 2020, 2024a, b) sowie umfassende Darstellungen zu Umweltauswirkungen von terrestrischen Solar-Freiflächenanlagen bei Günnewig et al. (2024).

Fachliche Hinweise für Freiland-PV-Anlagen in Form einer „Selbstverpflichtung“ und einer Checkliste „Gute Planung“ existieren auch vom Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V. (BNE 2020), dem renommierte und die Freiflächen-Solarwirtschaft prägende Mitgliedsunternehmen angehören. In BNE (2020) wird explizit auf die mögliche positive Wirkung von Freiland-PV-Anlagen verwiesen. Vor allem der Vorteil möglicher erhöhter Biodiversität auch auf angrenzende landwirtschaftliche Flächen und die Beiträge zur Erosionsvermeidung, zum Humusaufbau sowie zum Grundwasserschutz werden betont.

Einen sehr hilfreichen normativen Rahmen setzen zudem bereits vor allem DIN 19639:2019-09 (Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben), DIN SPEC 91434:2021-05 (Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung) und DIN SPEC 91492:2024-06 (Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die Nutztierhaltung). Für den Trinkwasserschutz bestehen Richtlinien des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (insbesondere im Hinblick auf Trinkwasserschutzgebiete, z. B. DVGW W 101 (A) in Bezug auf Trinkwasserschutzgebiete für das Grundwasser). Die Aufzählung ist nicht abschließend.

Grundsätzlich orientieren sich alle Empfehlungen an den bestehenden umweltfachlichen Zielen und diesbezüglichen Rechtsgrundlagen. In den wichtigsten Feldern sind daher auf EU- und Bundesebene vor allem zu nennen:

- Naturschutz: VSchRL, FFH-RL, WVO, BNatSchG, BArtSchV

- Gewässerschutz: WRRL, WHG, OGewV, GrwV
- Hochwasserschutz: HWRM-RL, WHG
- Sonstige wasserwirtschaftliche Belange: WHG
- Bodenschutz: BBodSchG, BBodSchV

Die nachfolgende Systematik der Darlegungen bzw. Empfehlungen zur Thematik gründet sich auf das UVPG, vgl. insbesondere § 2 UVPG, d. h. die Hinweise und Anforderungen werden im Zusammenhang mit (1) Anlage, (2) Bau (Rückbau) und (3) Betrieb (vgl. Abschnitt 3.5.1) betrachtet. Da inhaltliche Überschneidungen vielfach relevant sind, erfolgt aber keine dahingehende Differenzierung. Die Empfehlungen zielen auf die Vermeidung oder Minderung der wichtigsten und wesentlichen Ursachen potenzieller Umweltbelastung ab, ohne dass ein Vollständigkeitsanspruch damit verbunden ist.

3.8.2 Empfehlungen zur Vermeidung und Konfliktminderung

3.8.2.1 Generelle Maßnahmen

- Anlage, Bau (auch Rückbau) und Betrieb von Moor-PV-Anlagen sollten mit geringstmöglichen negativen Wirkungen in Bezug auf alle Schutzgüter nach § 2 UVPG einhergehen.
- Grundsätzlich sollte flächensparend in Bezug auf die reale Überbauung gebaut werden, d. h. bei gleichem Ziel der Anlagenleistung sind eher leistungsstarke Module vorzusehen als leistungsschwächere mit einem folglich höheren Flächenbedarf.
- Es sollte stets eine individuelle technische Anlagenplanung und -konfiguration erfolgen. So empfehlen Agha et al. (2020) die Entwicklung von naturschutzfachlichen Entscheidungskriterien, um Standorte und Anlagendesigns zu identifizieren und auszuwählen, um die mit den Anlagen verbundenen Auswirkungen zu minimieren; diesem Ziel dient u. a. die überwiegend fachrechtlich begründete Kulissenauswahl in Abschnitt 2.2.1. Grundsätzlich werden an geeignete Gestaltungskonzepte Hoffnungen in Bezug auf eine höhere Biodiversität bei Flora und Fauna geknüpft (BNE 2020). Hierzu sollten möglichst standortangepasste Konzepte gemeinsam durch technische und naturschutzfachliche Planer bzw. unter Rückgriff auf ökologische Gutachter/Sachverständige entwickelt werden.
- Die konkrete Standortwahl ist auch für die Kosten und die Umweltauswirkungen einer Moor-PV-Anlage entscheidend. So ist die Entfernung zu Mittel- und Hochspannungsnetzen ein relevanter Kostenpunkt. Etwaige Mehrkosten der Installation (Gründung) werden geringer ausfallen als die Mehrkosten bei höherer Entfernung (Bushra Javeed et al. 2023). Höhere technische Aufwendungen können auch zu einem Mehr an Umweltauswirkungen führen und sollten daher durch sorgfältige Planung vermieden werden.
- Es sollten möglichst keine Moor-PV-Anlagen und vor allem „normale“ Freiflächen-PV-Anlagen auf entwässertem Moor errichtet werden, wenn dadurch eine Wiedervernässung anderer Moorteile oder im hydrologischen Zusammenhang stehender anderer Moore verhindert werden könnte. Grundsätzlich muss das vorhandene Moorrelief in Niedermooren Beachtung finden. Tiefpunkte sind im Regelfall leichter zu vernässen als randliche Bereiche. Wird eine Wiedervernässung in Randbereichen konzipiert, werden die Tiefbereiche häufig überstaut (hohe Wahrscheinlichkeit der Notwendigkeit einer Nutzungsaufgabe), vgl. auch Greifswald Moor Centrum (2023). Ggf. kann aber auch kaskadiert/abgestuft gestaut werden („Terrasseneffekt“), um unterschiedliche Vernässungsniveaus zu vermeiden.

- Zudem sollten u. a. Anlagendesigns gewählt werden, die Passagen für Wildtiere und vor allem Großsäuger ermöglichen (Demuth & Maack 2019, Agha et al. 2020, Nordberg et al. 2021). Eine Verbesserung der Passierbarkeit für Tiere durch geeignete Öffnungen in Zäunen ist anzuraten (Günnewig et al. 2007, Demuth & Maack 2019, Wilkening & Rautenstrauch 2019). Einen Bodenabstand von Zäunen von mindestens 15 bis 20 cm empfehlen Schlegel et al. (2021). Bushra Javeed et al. (2023) empfehlen sogar mehr als 40 cm.
- Es sollten auch Lebensräume außerhalb der Moor-PV-Anlagen-Flächen identifiziert werden (insbesondere im jeweiligen hydrologischen System oder auch benachbart liegende Moorflächen, aber auch andere relevante Lebensräume), die in Überlegungen zum Biotopverbund einbezogen werden könnten (auch ggf. im Sinne von Refugialräumen für eine Wiederausbreitung von Arten). Um die Einflüsse der PVA-Anlagen und der Anlagenbegleitelemente auf Wildtiere zu reduzieren (insbesondere in Bezug auf die ökologische Durchgängigkeit), empfehlen Stomes et al. (2013) zudem eine Standortwahl näher an bereits existierender Infrastruktur. Der Grundsatz ist bei Moor-PV-Anlagen auch sinnvoll, zumal damit im Regelfall auch bessere Erschließungsvoraussetzungen vorliegen.
- Eine Empfehlung, wie z. B. von Trautner et al. (2022), dass bei einer PV-Freiflächenanlage alle Module zusammengelegt werden sollten, stellt aber bei größeren Moor-PV-Anlagen vermutlich nicht die beste Option dar. Hintergrund ist hier, dass nach Trautner et al. (2022) möglichst der gesamte negative Impact (vor allem für die Vogelwelt) auf eine Stelle konzentriert werden sollte und den Rest der Fläche die Möglichkeit besteht, diese naturschutzfachlich aufzuwerten und zu pflegen. Das mag bei kleineren Anlagen möglicherweise tatsächlich sinnvoll sein, ist aber zunächst auch zu einseitig artenschutzfachlich (Avifauna) ausgerichtet.
- Spätestens bei einer Nutzung der Fläche im Rahmen von Agri-PV und damit bei Moor-PV-Anlagen mittels Paludikulturen, stehen auch DIN SPEC 91434:2021-05 und DIN SPEC 91492:2024-06 entgegen, die eine möglichst gleichmäßige Modulverteilung fordern und dies aber an der guten Lichtverteilung festmachen.
- Moor-PV-Anlagen sind so zu errichten, dass sie bodenschonend und rückstandsfrei zurückgebaut werden können (DIN SPEC 91492:2024-06), insbesondere damit sie nicht einer dauerhaften (Anm.: vollständigen) Wiedervernässung entgegenstehen (Festlegung der Bundesnetzagentur 2023).
- Bei Bau, Rückbau und Betrieb der PV-Anlage sollten möglichst geringe Schadstoff-, Lärm-, Staub- und Lichtemissionen auftreten. Auch eine Minimierung der Wirkung elektromagnetischer Felder sollte in den Blick genommen werden.
- Eine Beleuchtung der PV-Anlagen ist vermeiden bzw. sollte nur bei Notwendigkeit erfolgen, um Störungen bei phototaktischen Fluginsekten zu minimieren und vor allem ein hierdurch verursachtes Verenden von Insektenindividuen zu vermeiden (Owens et al. 2020, Brunet et al. 2020, Thiele et al. 2022).
- Der Bau einer Moor-PV-Anlage sollte möglichst immer vor der Wiedervernässung erfolgen, um den nach einer Wiedervernässung noch empfindlicheren Boden zu schützen. Das ist nach der Festlegung der Bundesnetzagentur (2023) rechtlich zulässig. Zudem muss die Wiedervernässung unverzüglich nach Inbetriebnahme der PV-Anlage erfolgen (Festlegung der Bundesnetzagentur 2023).

- Eine Sicherstellung bzw. eine Absicherung einer hohen Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Moorwiedervernässung ist von zentraler Bedeutung (Abschnitt 3.7.2.5). KBU (2023) fordert das Versagen einer Erlaubnis, wenn nicht mindestens schwach torfzehrende Wasserstände über die gesamte Laufzeit gegeben sind.
- Die Ausbildung einer flächendeckenden moortypischen Vegetation sollte erreicht bzw. abgesichert werden, um eine weitere Torfdegradation auszuschließen (Greifswald Moor Centrum 2022, KBU 2023) und in vielen Fällen auch als Basis für eine bodenschonende Flächenerreichbarkeit durch entsprechende Tragfähigkeit bilden zu können. Als fachliche Grundlage wäre es sinnvoll, im Rahmen der Gutachten und Planungen eine Prognose der zukünftigen Pflanzengemeinschaften vorzunehmen. Es ist grundsätzlich keine Flächenbewirtschaftung vorzunehmen, sondern auf natürliche Vegetationsentwicklung zu setzen, sofern nicht eine entsprechende Paludikulturnutzung vorgesehen ist (Abschnitt 3.8.2.8).
- Anlagespezifische Maßnahmen zur Erhöhung der Biodiversität sollten sich am Ziel moortypischer Standortverhältnisse und entsprechender Lebensgemeinschaften ausrichten. Insofern könnten ggf. gezielte Maßnahmen zur Aufwertung von standörtlichen Verhältnissen bzw. von Habitaten zur gezielten Förderung einer (moortypischen) Biodiversität erfolgen, z. B. ggf. Einbringen von autochthonem Samenmaterial, Torfmoosen, Totholz o. ä., Schaffung von Regenwassersammelbereichen in Hochmooren usw. (vgl. ähnliche Vorschläge für Freiflächen-PV-Anlagen von Taylor et al. 2019, Schlegel et al. 2021). Ggf. kann auch eine aktive Einbringung/Ansiedlung moortypischer Tierarten im Sinne der Moorrenaturierung helfen; hier müssen aber artspezifisch geeignete Habitate vorhanden sein oder ggf. geschaffen werden (z. B. Osborne et al. 2024).
- Moorbodenkundliche und moorhydrologische Erkundungen sind nach Stand von Wissenschaft und Technik vorzunehmen, insbesondere zur Analyse und Bewertung folgender Aspekte:
 - Moorgenese, Moorstratigraphie, Torfarten, Torfzersetzungsgrad
 - Moor-/Geländetopographie und -relief
 - Hydrologische und hydrogeologische Situation: ober-/unterirdische Einzugsgebiete, Zu-/Abflüsse und Wasserhaushalt, anthropogene Störungen und Belastungen
 - Vegetationseinheiten/-typen (z. B. nach dem Vegetationsformkonzept nach Koska et al. 2001a, b)
- Das Erarbeiten weiterer naturschutzfachlicher/-rechtlicher Grundlagen bzw. eine Durchführung entsprechender Prüfungen ist erforderlich oder ggf. vonnöten, insbesondere
 - Biotopkartierung und Artenschutzgutachten (Artenschutzfachbeitrag): Erfassung und Bewertung der vorhandenen Biotope sowie eine Untersuchung der Flora und Fauna, insbesondere der geschützten Arten; Rechtsgrundlagen: §§ 30, 37 ff. BNatSchG (gesetzlich geschützte Biotope, Arten-, Lebensstätten und Biotopschutz), § 44 f. BNatSchG (besonderer Artenschutz), § 13 BNatSchG (allgemeiner Grundsatz des Schutzes von Natur und Landschaft)
 - Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP): Darstellung der Eingriffe in Natur und Landschaft sowie der vorgesehenen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen; Rechtsgrundlagen: § 14 ff. BNatSchG (Eingriffsregelung), Landesnaturschutzgesetze

- Ggf. Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung: Prüfung, ob das Projekt die Erhaltungsziele eines Natura 2000-Gebietes (FFH-Gebiet oder Vogelschutzgebiet) beeinträchtigt; Rechtsgrundlagen: Art. 6 f. FFH-RL, Art. 4 VSchRL, § 34 BNatSchG
- Ggf. Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP): Bewertung der Umweltauswirkungen des Projekts einschließlich der Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasser, Boden, Luft, Flora und Fauna und auf das Landschaftsbild sowie deren Wechselwirkungen; Rechtsgrundlagen: UVPG
- Ggf. Prüfung auf Verschlechterungsverbot und Verbesserungsgebot nach für WRRL-Wasserkörper (oberirdische Gewässer, Grundwasser, Küstengewässer); Rechtsgrundlagen: §§ 27, 44, 47 WHG
- Die Erarbeitung eines Bodenschutzkonzepts nach DIN 19639:2019-09 zur Planung und Umsetzung von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Bauausführung, Rekultivierung und ggf. Zwischenbewirtschaftung sollte in jedem Fall erfolgen.
- Zudem sollte eine bodenkundliche Begleitung nach DIN 19639:2019-09 (Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben) durch Fachkundige verpflichtend werden, vgl. KBU (2023). Die bodenkundliche Begleitung gewährleistet u. a. eine witterungsangepasste Bauzeitenplanung, den Einsatz bodenschonender Technik auf der Basis eines Bodenschutzkonzeptes und dient damit vor allem der Vermeidung von Bodenverdichtung, der Verhinderung des Eintrages schädlicher Stoffe und zur Abwehr von Bodenerosionserscheinungen. Spezielle Hinweise zum Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie, die im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet wurden, geben auch Miller et al. (2023).
- Bei entsprechendem naturschutzfachlichem Bedarf ist auch eine ökologische Baubegleitung angezeigt, insbesondere zur Absicherung der Anforderungen, die sich aus dem Artenschutz (§ 44 ff. BNatSchG) und dem Schutz von Biotopen (§ 30 BNatSchG) ergeben. Es ist im Rahmen der ökologischen Baubegleitung angezeigt, insbesondere geschützte und gefährdete Arten vor Baubeginn abzusammeln, einzufangen bzw. zu evakuieren und einen temporären Schutzzaun oder ähnliche Maßnahmen zu ergreifen, um auch Rückwanderung während der Bauphase zu verhindern (s. a. Wilkening & Rautenstrauch 2029).
- Insgesamt sollte auch eine (komplexe) Umweltbaubegleitung in Betracht gezogen werden (s. a. Demuth et al. 2019), die alle Schutzgüter in den Blick nehmen muss. Dabei würden bodenkundliche Baubegleitung und ökologische Baubegleitung im Regelfall mit integriert werden, da ohnehin im Regelfall ein Team aus Fachspezialisten gebildet werden müsste.
- Alle Formen von Baubegleitung aus Umweltsicht unterstützen die örtliche Bauüberwachung sowie eine ggf. vorhandene Oberbauleitung in Bezug auf die Einhaltung aller Vorgaben, Normen und Regelwerke: Sie überwachen und dokumentieren sachgerecht die entsprechenden Abläufe, achten auf die Einhaltung der Genehmigungsauflagen, führen Entscheidungen herbei und lösen Handlungen zur Vermeidung und zur Verminderung von Umweltbelastungen aus.
- Bezüglich des Baubeginns und des -zeitraums für die Errichtung der PV-Anlagen muss eine möglichst optimale zeitliche Abfolge gefunden werden, welche Aspekte des Bodenschutzes und des Naturschutzes bestmöglich berücksichtigt (KNE 2024b). Fundierte Darstellungen und Begründungen müssen Teil der Antragsunterlagen sein; die Genehmigungen

müssen das Thema in den Auflagen explizit behandeln.

- Die Anforderungen und Erfordernisse bei geplanter Bewirtschaftung in Form von Paludikulturen müssen von Anfang an bedacht werden.

3.8.2.2 Maßnahmengruppe Anlagenkonstruktion und -spezifikation, Gründung und Verankerung, Montage, Rückbau

- Bei beabsichtigter Agri-PV-Nutzung (dies entspricht einer Moor-PV-Anlage mit Paludikulturen) sind DIN SPEC 91434:2021-05 und DIN SPEC 91492:2024-06 maßgeblich in Bezug auf technische und landwirtschaftliche Anforderungen (vgl. Abschnitte 3.6.2 und 3.8.2.8).
- Der Rückbau sollte von Anfang mitbedacht/-geplant werden, um dies unter den schwierigeren Verhältnissen des wiedervernässten Moorboden bodenschonend realisieren zu können, vgl. auch Greifswald Moor Centrum (2023).
- Generell sollten alle eingesetzten Konstruktions- und Technikmaterialien möglichst mechanisch und chemisch beständig sein, um Schadstoffemissionen und Reparaturmaßnahmen vorzubeugen bzw. diese zu reduzieren. Insbesondere ist auf Säurebeständigkeit zu achten. Dem nassen und feuchten Milieu in wiedervernässten Mooren muss konstruktionsseitig und durch Auswahl hierfür geeigneter Materialien begegnet werden, auch im finanziellen Eigeninteresse der Anlagenbetreiber.
- Eine Gründung in den mineralischen Untergrund sollte vorsichtig erfolgen bzw. gut baugrundseitig/hydrogeologisch vorerkundet werden. Bei Gründung oder damit verbundenen Erreichung eines hydraulisch schwer durchlässigen Untergrunds unterhalb des Moorkörpers sollte die Zerstörung der Stauwirkung ins Kalkül gezogen werden; ggf. könnte die Schutzwirkung für tiefere Grundwasserleiter aufgehoben werden oder in regenwassergespeisten Mooren ggf. auch eine Vermischung mit eindringendem nährstoffhaltigem Wasser passieren. Ein Einsatz dieser Gründungstechnologie wird bei flachgründigen Mooren/organischen Böden grundsätzlich praktiziert oder ist bei statischem Erfordernis ggf. notwendig, z. B. bei der Errichtung von Agri-PV-Anlagen für eine geplante Paludikulturnutzung.
- Es sollte stark auf möglichst leichte Konstruktionen von Moor-PV-Anlagen orientiert werden, um vor allem bodenmechanische Belastungen zu minimieren, gerade bei Gründungsvarianten ohne Einbindung in den mineralischen Untergrund. Über die letzten Jahrzehnte wurden PV-Module und Unterkonstruktionen bzw. Tragsysteme stetig weiterentwickelt, so dass diese heute durchaus leichter und sogar günstiger produziert werden können und zudem noch eine höhere Energieausbeute/Effizienz aufweisen (Dada & Popoola 2023).
- Gegenüber Stahl- und Edelstahlkonstruktionen (z. B. <https://www.pv-stahlbau.de/fix-tiltsysteme/zim-3-ew/>, letzter Abruf; 10.07.2024) bieten bereits Aluminiumkonstruktionen große Vorteile in Bezug auf die Masse und damit gewichtsabhängige Kräfte (insbesondere vertikal und indirekt über geringere Drehmomente an Kippunkten), z. B. https://www.sl-rack.com/wp-content/uploads/2021/09/SL_Rack_Uebersicht_Freiflaechensysteme_DE-2.pdf (letzter Abruf: 10.07.2024). Metalle müssen aber unter den teilweise aggressiven Bedingungen der Moore (insbesondere bei saurem Milieu) grundsätzlich durch beständige Beschichtungen geschützt werden (z. B. durch Exoxidharz).
- Noch größere Vorteile ergeben sich bei nicht-metallischen Leichtbaukonstruktionen. So können z. B. sogenannte „Leichtbau-Faserverbund-Modulträger“ in Gitterstruktur mit Hilfe der 3-D-Roboter-Stablege-Technologie hergestellt werden und die Grundlage für

leichte und große Räume überspannende PV-Modulträger bilden. Diese Technologie basiert dabei darauf, dass ein Faserstrang (Carbon-, Glas- oder Naturfasern) mit einem beständigen Epoxidharz getränkt wird, so dass sich nach der Aushärtung ein formstabiler Materialverbund mit außerordentlich hohen Festigkeiten, hoher (unkritischer) elastischer Verformbarkeit, hoher Beständigkeit gegenüber chemisch aggressiven Stoffen und zugleich geringer Dichte ergibt. Das garantiert große Möglichkeiten des Lastabtrags bei gleichzeitig sehr geringer Masse, die z. B. im Vergleich zu gleichartigen Stahlkonstruktionen nur bei ca. 20 % liegt (Büchler et al. 2024).

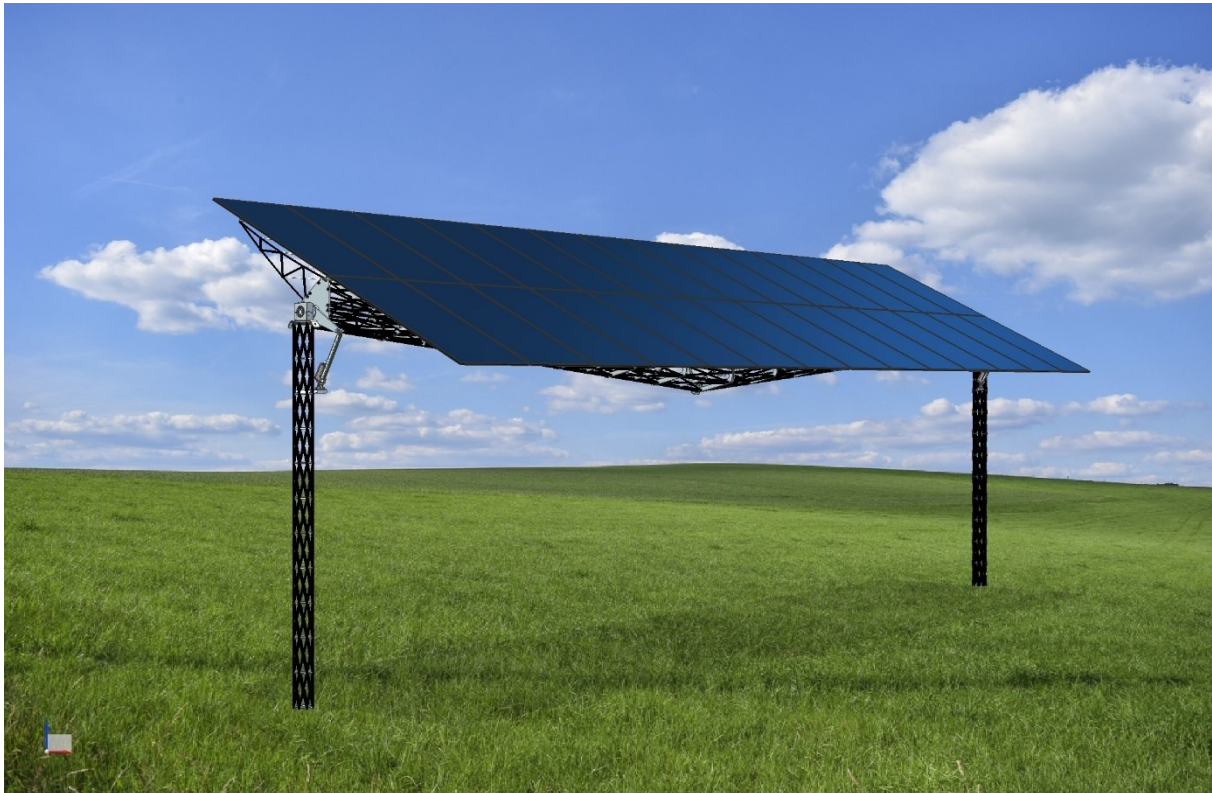


Abb. 15: Leichtbau-Faserverbund-Modulträger für die mögliche Flächen-Doppelnutzung bei der Wiedervernässung von Mooren (Foto: BaltiCo GmbH)

- Solche PV-Modulträger können aus einem freitragenden Balken, aus carbonfaserverstärktem Kunststoff mit Spannweiten zwischen 6 m und 17 m gefertigt werden (Abb. 15). Je nach Anwendungsfall kann zusätzlich an den Lagerpunkten eine Tracker-Funktion für eine horizontale Achse integriert werden (horizontal geführte Anlagen). In der freien Höhe (Durchfahrts- bzw. Bewirtschaftungshöhe) sind derzeit bis ca. 3,8 m unproblematisch herstellbar. Kombiniert werden kann das gerade bei tieferen Mooren ggf. mit Fundamentkörben, die nach einer Erdbohrung eingebracht und z. B. mit gewaschenem Kies gefüllt werden; das System erfordert einen Einsatz von Abspannseilen für den Lastabtrag von Querkraften und Drehmomenten (Büchler et al. 2024).
- Je nach Gründungsvariante und statischen Randbedingungen kann es sinnvoll sein, Konstruktionen zu wählen, welche Bodenbewegungen oder wechselnde Wasserstände (automatisch) ausgleichen können. So könnten zum Ausgleich von Bauwerksbewegungen infolge von Auftriebsänderungen, bodenplastischen Bewegungen beispielsweise bei den Modulträgern an den Verbindungspunkten der Stützen spezielle Kugelgelenk-Lager bzw. -

Aufhängungen eingesetzt werden, die einen Ausgleich von über 10° Kippwinkel realisieren könnten; dabei könnten Sensoren oder Kameras die entsprechenden Überwachungsdaten für Nachjustierungen liefern (Büchler et al. 2024).

- Eine Planung der Anlage muss mit dem Ziel geringstmöglicher Blendwirkung für Menschen und Tiere erfolgen. Ggf. sind Blendschutzgutachten (bei Blendgefahren) zu erarbeiten und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen (vgl. auch BNE 2020)
- Die Tiefe (Länge oder Breite) der PV-Module sollte aus Sicht von Hietel et al. (2021) nicht zu groß sein (nicht mehr als 5 m) und der Modulreihenabstand dagegen nicht zu klein (mindestens 3,5 m, besser 6 m), um dem Licht-/Strahlungsdefizit durch Abschirmung vorzubeugen. Schlegel et al. (2021) empfehlen mindestens 3 m Reihenabstand, Biesmeijer et al. (2020) mindestens einen solchen im Bereich 3 m bis 4 m.
- Im Anlagenbereich sollte die Verkabelung vorzugsweise oberirdisch erfolgen (Luftkabel), um die Bodeneingriffe zu minimieren (KBU 2023).
- Bei der notwendigen unterirdischen Verkabelung (Erdkabel) ist der Bodenschutz zu beachten (s. andernorts). Aushubmaterialien sind soweit dies technisch möglich ist nach Bodenarten zu trennen und auch getrennt zu lagern, Torfe, die zum Wiedereinbau vorgesehen sind, dürfen nicht entwässert werden und sind entsprechend zu lagern, nass zu halten und abzudecken. Der Wiedereinbau von Bodenmaterial muss sich am ungestörten Bodenzustand und seiner -schichtung ausrichten.
- Anlagenbegleitelemente wie Wechselrichterstationen, Trafostationen, Löschteiche etc. sollten außerhalb der Moorflächen gebaut/errichtet werden, um Eingriffe in den Moorboden zu vermeiden (s. a. Kitt 2020, Greifswald Moor Centrum 2023).
- Zur Minderung der Effekte durch hohe Ströme fühlbarer Wärme bei großflächigen Anlagen könnten ggf. Maßnahmen zur Verhinderung flächiger Abdeckung bzw. zur Integration von „vertikalen Luftströmungsfenstern“ ergriffen werden; das kann vermutlich allein durch ausreichende Abstände zwischen den Modulreihen erreicht werden.
- Um die Licht- bzw. Strahlungsverhältnisse unter PV-Modulen zu verbessern, könnte auch ein Einsatz von semitransparenten (teildurchlässigen) Modulen Abhilfe schaffen (Sun & Jasieniak 2017, Husain et al. 2018, KNE 2022). Die Entwicklung dieser Technik hat große Fortschritte gemacht (relevante Materialien und Technologien sind Dünnschicht-, organische oder Perowskit-Solarzellen; gefragte Anwendungsbereiche sind u. a. Anwendungen im Gebäudebereich wie Fassaden und Verglasungen). Allerdings liegt der Wirkungsgrad solcher Module physikalisch bedingt unter demjenigen intransparenter Solarzellen bzw. -module.
- Da Vögel in der Lage sind, ultraviolettes Licht zu erkennen, könnte die Verwendung von UV-Markierungen an Glasscheiben helfen, den Vogelschlag auf Grund von Fehlinterpretation zu verringern (spiegelnde Oberflächen werden ggf. für Wasseroberfläche oder Himmel gehalten) (Buer & Regner 2002, Haupt 2011). Insbesondere könnte auch eine Verwendung von bioreplizierenden PV-Beschichtungen helfen, wobei Synergieeffekte (Leistungssteigerung der Lichtausbeute, Schmutzabweisung) genutzt werden könnten. Der Begriff "bioreplizierend" bezieht sich auf Materialien, Strukturen oder Technologien, die natürliche biologische Systeme oder Prozesse nachahmen oder nachbilden.
- Vor allem mit Fokus auf die aquatische bzw. merolimnische Insektenfauna wird daher auch empfohlen, Freiflächen-PV-Anlagen in Gewässernähe zu vermeiden oder mit

bioreplizierenden PV-Beschichtungen (spezielle Mikrotextur, hell umrandete Solarzellen) zu arbeiten (Herden et al. 2009, Fritz et al. 2020, Kitt 2020, Schlegel 2021).

- Von der Solarmodulen abtropfendes Regenwasser sollte ggf. gefangen und gleichmäßiger verteilt werden, um eine Bodenerosion vor der Wiedervernässung oder bei nicht vollständiger Wiedervernässung und auch eine Trockenheit unter Solarmodulen zu verhindern. Dies ist wichtig, auch um eine Verschlammung des Bodens bzw. eine Veränderung der Gefügestruktur zu verhindern. DIN SPEC 91492:2024-06 weist daher auf die Notwendigkeit konstruktiver Lösungen und einer möglichst dauerhaften Begrünung hin. George et al. (2013) schlägt sogar eine Speicherung und gezielte Abgabe in Trockenzeiten vor. Allerdings ist das kostenaufwändig und erhöht das Anlagengewicht, was nur bei Gründung in den mineralischen Untergrund ggf. tolerierbar wäre.
- Die Module sollten, soweit nicht ohnehin größere Höhen auf Grund von geplantem Paludikulturenanbau erreicht werden müssen, so hoch installiert werden, dass die prognostizierte Vegetation ausreichend Entwicklungsraum hat und auch die Gefahr einer Verschattung und damit die Notwendigkeit der Anlagenunterhaltung minimiert wird. Nordberg et al. (2021) empfehlen eine Höhe von mindestens 2 m. Für Agri-PV-Anlagen (wäre zutreffend auch für Moor-PV-Anlage mit Paludikulturen) sind mindestens 2,10 m vorgeschrieben (DIN SPEC 91434:2021-05); zudem wird durch die Norm ein Nutzungsplan für die landwirtschaftliche Fläche mit Agri-PV vorgeschrieben, der u. a. die geplanten Maschinen- und Arbeitsbreiten beinhalten muss. DIN SPEC 91434:2021-05 fordert im Nutzungsplan dezidiert die Berücksichtigung von Wasser- und Lichtbedürfnissen der Kulturpflanzen (s. o.).
- Von Greifswald Moor Centrum (2022) sowie von KNE (2024b) wird eine größtmögliche lichte Höhe unter PV-Modulen empfohlen, was aus Sicht der Verschattungsminderung und der zunehmenden Lichtstreuung ökologisch Sinn macht und einer Nutzung für Paludikulturen entgegenkommt. Ferner können die Module versetzt, vertikal, nachführend oder mit großem Reihenabstand errichtet werden, um ökologische Auswirkungen (s. Abschnitt 3.5) zu minimieren, vgl. auch Empfehlungen von KNE (2022).
- Auf den Einsatz vertikaler Strukturen, insbesondere von vertikal aufgeständerten PV-Anlagen, sollte verzichtet werden, sofern ein Kollisionsrisiko an wichtigen Vogelzugrouten oder in wichtigen Nahrungshabitaten (insbesondere für Fledermäuse) besteht (Schlegel et al. 2021, Lambert et al. 2023).

3.8.2.3 Maßnahmengruppe Baustraßen, bauzeitliche Zuwegung, Lagerplätze, Zuwegung für Unterhaltungsarbeiten, geeignete Transport- und Baumaschinen

- Die Inanspruchnahme von Moorbodenflächen bei allen Aktivitäten bzw. Tätigkeiten sollte auf das absolut Notwendige beschränkt werden, um nachteilige Bodenveränderungen möglichst großflächig zu vermeiden.
- Auf Grund der setzungsempfindlichen Moorböden sollten stets und allerorten möglichst kleine und leichte Arbeitsgeräte zum Einsatz kommen. Es ist daher auch der Einsatz spezifischer, moorbodenverträglicher Technik unerlässlich, insbesondere in Bezug auf den spezifischen Bodendruck (z. B. Spezialraupen).
- Flächen für die Baustelleneinrichtung und Lagerflächen sollten möglichst nicht auf tiefliegenden Moorflächen und damit sehr empfindlichen Bereichen vorgesehen werden, da hier die Verdichtungsanfälligkeit und somit Setzungsempfindlichkeit der Böden besonders hoch ist. Hier ist möglichst auf Umlandflächen mit Mineralboden zu orientieren, wobei hier

auch auf Empfindlichkeit zu achten ist und bereits gestörte Böden bevorzugt werden sollten.

- Bezüglich der Verdichtungsempfindlichkeit sind das Bruttogewicht und die Flächenpresung der eingesetzten Transport- und Baumaschinen ausschlaggebend. Da der Druck der Quotient aus Kraft und Wirkfläche ist, kommt neben der Massen- bzw. Gewichtsreduktion der Lastverteilung auf eine möglichst große Fläche eine wichtige Rolle zu. Hier können Breitreifen, Mehrfachbereifung (mit angepasstem Reifendruck und damit größerer Fläche) und vor allem Gummiketten Abhilfe schaffen (s. a. Abschnitt 3.8.2.8).
- Baustraßen sollten im „Vor Kopf-Verfahren“ hergestellt und auch rückgebaut werden, um die bodenmechanischen Auswirkungen auch räumlich zu minimieren.
- Begegnungsverkehr mit Ausweichbedarf oder das Rangieren sollten wegen zusätzlicher Flächenbelastung möglichst vermieden werden. Sollte Begegnungsstellen doch erforderlich werden, sollten diese analog zu den Baustraßen hergestellt werden.
- Sollte die Witterung besonders feucht sein und damit ungünstige Bodenverhältnisse herrschen, sollten die Bauzeiten in trockenere Phasen verschoben werden, was eine Anpassung des Bauzeitenplans erfordert.
- Erforderliche (temporäre) Baustraßen sollten möglichst mit Baggermatratzen aufgebaut werden (Baggermatratzen bestehen aus Holz, Stahl oder Kunststoff; die Materialien sind als Schichten mehrfach miteinander verbunden, ggf. zusätzlich verschraubt/verbolzt, die Matratzen sind auf instabilem Untergrund sehr belastbar). Bei ggf. notwendiger höherer Tragfähigkeit sollte vorab eine Sand-/Schottererschicht oder auch eine Schicht aus Recyclingmaterial aufgebaut werden (meistens 40 cm bis 60 cm Schichtdicke, Dimensionierung nach statischem Erfordernis). Die Tragschicht ist unbedingt und auch aus statischem Erfordernis mit Geotextil- oder Vlieslagen vom Moorboden zu trennen.

3.8.2.4 Maßnahmen der landschaftlichen Einbindung

- Unabhängig von der konkreten Anlagentechnologie könnte das Design der Anlage und die Anordnung der Solarmodule durch das Hinzufügen von Vegetationspuffern ergänzt werden, um den Lebensraum und die Vernetzung für Wildtiere zu verbessern (Nordberg et al. 2021); hier empfiehlt es sich aber, auf die ökologischen Verhältnisse der jeweiligen Moortypen und biogeographischen Regionen abzustellen und idealerweise in den Randbereichen bzw. benachbart naturnahe Moorausprägungen bzw. -entwicklungen zu fördern.
- Auch Rösch (2016) empfiehlt eine naturverträgliche Integration von Freiflächen-PV-Anlagen in die Landschaft, auch mit Vorteilen für das Landschaftsbild, z. B. mit Hecken und Bäumen, was man im Fall von Moor-PV-Anlagen anlagenspezifisch, standortspezifisch und landschaftsbildabhängig prüfen muss. Hecken und auch Bäume stehen für Mineralbodenstandorte. Bäume (z. B. Schwarzerlen) wachsen auch auf Niedermooren. Technische Aspekte wie eine mögliche Verschattungswirkung oder die Havariegefahr durch Windwurf/-bruch sind gleichfalls zu beachten. Dahingehend bestehen aber durch eine naturverträgliche Integration von PV-Anlagen in die umgebende Landschaft vor allem auch Vorteile für den Biotopverbund (Demuth & Maack 2019).
- Für einen Verzicht auf eine „vollständige“ Eingrünung einer Moor-PV-Anlage durch Pflanzung von Heckenreihen sprechen sich Meier & Beierl (2024) aus; stattdessen sollten einzelne Gebüsche an größeren Freiflächen und in Zwischenräumen der PV-Anlagen Vogelarten wie Dorngrasmücke und Goldammer bevorteilen. Allerdings sind solche

Gehölzstrukturen nur sinnvoll, sofern nicht andere Aspekte dagegenstehen, z. B. Entwicklung moortypischer Vegetation ohne Gehölze, Bewirtschaftung von Paludikulturen, Bedarfe im Bereich Erreichbarkeit usw.

- Wartungswege/Zuwegungen außerhalb der Moore sollten als begrünte Wege angelegt werden (Kufeld 2019), z. B. können Rasen-Schotter-Mischungen eine entsprechende Tragfähigkeit gewährleisten.

3.8.2.5 Maßnahmengruppe Wiedervernässung, Moorrenaturierung

- Die Wiedervernässung erfordert eine sorgfältige und fachkundige moorkundliche und -hydrologische Analyse (s. o.).
- Die wasserwirtschaftliche Planung muss unter Beachtung aller potenziell maßgeblichen Randbedingungen erfolgen, vor allem zählen dazu: hydrologische Systeme, Gewässerschutzaspekte, künstliche Entwässerungssysteme – auch auf angrenzenden Flächen, Ortsentwässerungen, Hochwasserschutz, technische Variante zur Erreichung der hydrologischen Voraussetzungen einer Wiedervernässung etc.). Hierbei geht es darum, angesichts aller gegebenen Randbedingungen eine tragfähige Planung als Grundlage im wasserrechtlichen Zulassungsverfahren (§ 8 WHG: wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung) zu erstellen und vor allem auch, mögliche Konflikte zu erkennen und planerisch zu lösen. Neben möglichen naturschutzfachlichen/-rechtlichen Konflikten (vgl. Abschnitt 3.8.2.1) sind auch wasserwirtschaftliche bzw. wasserrechtliche denkbar, u. a. in Bezug auf Hochwasserneutralität, Hochwasserschutz sowie das wasserrechtliche Verschlechterungs- und das entsprechende Verbesserungsgebot; zu nennen sind insbesondere:
 - Stoffliche Freisetzungen infolge Wiedervernässung, insbesondere im Hinblick auf den besonders eutrophierungsrelevanten Phosphor, vor allem bei Beginn einer Wiedervernässung (z. B. Zak & McInnes (2022, s. auch Abschnitt 3.5.8)
 - So wäre es für eine Minderung der Phosphatfreisetzung eher vorteilhaft, wenn das Wasser nicht dauerhaft ohne Fließbewegungen auf der Fläche steht, da dies Rücklösungsprozesse und somit einen Austrag in angrenzende Gewässer begünstigen kann.
 - Bei Paludikulturanbau würde durch die Ernte der Biomasse aber ein dauerhafter Nährstoffentzug realisiert, der am höchsten ist, je früher die Ernte stattfindet (z. B. Oehmke & Wichtmann 2016). Dies liegt darin begründet, dass sich bei einem früheren Erntezeitpunkt der Großteil der Nährstoffe noch im oberirdischen Teil der Anbaukultur befindet.
 - Ggf. zusätzlicher Stoffeintrag infolge von Düngemiteleintrag
Ein zusätzlicher Eintrag von Nährstoffen infolge der Ausbringung von Düngemitteln kann grundsätzlich ausgeschlossen werden, da diese gemäß Düngeverordnung (DüV) nicht auf wassergesättigten oder überschwemmten Böden erfolgen darf.
 - Unterbrechung der ökologischen Durchgängigkeit durch Staumaßnahmen in Gewässern als Wasserrückhaltemaßnahmen, ggf. mit Folgen für WRRL-berichtspflichtige Gewässer (die Durchgängigkeit ist eine hydromorphologische Qualitätskomponente nach Anhang V WRRL bzw. OGewV)
 - Es bilden sich infolge von Staumaßnahmen Rückstaubereiche aus, die zur Ansammlung organischen Materials und infolgedessen zu Sauerstoffzehrung führen (potenziell letal für die aquatische Fauna; anoxische Bedingungen können zudem zur verstärkten

- Rücklösung des eutrophierungsrelevanten Phosphors und ggf. vorhandenen Schadstoffen aus dem Sediment führen).
- Durch eine Minimierung gestauter Gewässerbereiche und entsprechender Bauwerke und vor allem durch möglichst Verzicht von Staumaßnahmen in WRRL-relevanten Gewässern kann das Konfliktpotenzial vermindert werden. Stattdessen sollte in natürlichen Fließgewässern auf geeignete hydromorphologische Renaturierungsmaßnahmen gesetzt werden (z. B. Sohlhebungen, Veränderungen von Lauform sowie Längs- und Querprofil), welche durch erhöhte Wasserspiegellagen die Wiederherstellung der ursprünglichen hydrologischen Konnektivität von Gewässern und begleitendem Moor ermöglichen (vgl. auch Breznikar & Mehl 2024).
 - Zeitweilig in der Wiedervernässungsphase abnehmender Durchfluss in Vorflutern
 - Dies hat ggf. das Trockenfallen der Gewässer oder eine vollständige Fließstagnation zur Folge und tritt im Regelfall in Kombination mit Sauerstoffdefiziten (s. o.) und Sohlverschlammung auf; das ist potenziell letal für die aquatische Fauna, insbesondere für rheophile und auch rheobionte Arten.
 - Eine Abminderung könnte bei einer allmählichen, stufenweisen Wiedervernässung erreicht werden, zumal das auch den Vorteil wesentlich geringerer Methan- und Phosphorfreisetzung hätte (s. nachfolgend).
 - Durch erhöhte Verdunstung bedingter, dauerhaft geringerer Abfluss von den Moorflächen mit Folgen für den Gewässerdurchfluss und den Wasserhaushalt in den Gewässersystemen und -auen/-niederungen (ggf. stark relevant für einzelne Gewässerstrecken, aber auch auf Einzugsgebietsebene)
 - Dies sollte auf Ebene sachgerechter Systemstrukturen, d. h. für hydrologische (Teil-)Einzugsgebiete und nach Gewässerstrecken hydrologisch, hydroökologisch bzw. ökologisch differenziert analysiert und bewertet werden. Da im Regelfall zusätzlich naturschutzfachliche/-rechtliche Belange hinzutreten, sollte auf fachübergreifende, gemeinsame Ziele zur Vermeidung von Konflikten sowie eine frühzeitige Prüfung auf Varianten bzw. Alternativen orientiert werden (d. h. möglichst gemeinsames Agieren von Moorschutz, Wasserwirtschaft und Naturschutz); integrierte Fachplanungen sollten das Mittel der Wahl sein (vgl. Mehl et al. 2025b – in Vorbereitung).
 - Die Ausbildung von größeren, gestauten Gewässerstrecken (insbesondere in Gräben) infolge von auf die Wiedervernässung ausgerichteten Staumaßnahmen sowie ein Abflussrückgang kann ferner die Treibhausgasfreisetzung aus den Gewässern (Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas/Distickstoffmonoxid (N₂O)) ggf. enorm verstärken und daher gegenläufig zum THG-Minderungspotenzial durch Wiedervernässung sein. „In natürlichen und erheblich veränderten Gewässern und ihren Auen erhöhen anthropogene Veränderungen (morphologisch, hydrologisch) die organische Verschmutzung, verringern die Selbstreinigungsprozesse, verstärken die Eutrophierung und begünstigen eine verstärkte Anreicherung von organischem Material im Sediment bei gleichzeitigem Sauerstoffmangel. Dies forciert eine Freisetzung von THG. [...] Barrieren verursachen in großem Umfang die Akkumulation von organischem Material in den Rückstaubereichen und sind in Bezug auf die THG-Emissionen daher als besonders negativ oder nachteilig einzustufen.“ (Breznikar & Mehl 2025: 24); dem sollte Rechnung getragen werden, z. B. durch eine Minimierung gestauter Gewässerbereiche und durch zusätzliche Maßnahmen der Reduktion

organisches Stoffeintrages.

- Obschon ein Bodenabtrag oder eine Bodennivellierung grundsätzlich vermieden werden sollten (KBU 2023), kommt man für eine erfolgreiche Moorrenaturierung sowie aus Klima- und Gewässerschutzsicht häufig nicht herum. Maßgeblich sind vor allem folgende Hintergründe:
 - Planieren von Hochmoorflächen, um eine möglichst horizontale, aber raue Fläche zu schaffen, wenn diese Voraussetzungen nicht gegeben sein sollten (Graf et al. 2022); den großen Einfluss der Mikrotopographie auf die Kohlenstoffakkumulation und die Nährstofffreisetzung in Mooren zeigen z. B. Wang et al. (2023)
 - Entfernung des degradierten, ehemals landwirtschaftlich genutzten, gedüngten und damit eutrophen Oberbodens und zum Beispiel Nutzung zum Dammbau oder zum Grabenverschluss, ggf. auch Einsatz zur landwirtschaftlichen Bodenverbesserung; damit Absicherung eines günstigeren Nährstoffstatus (besonders kritisch für die Hochmoorentwicklung) und auch Schutz der Gewässer vor Nährstoffeinträgen, vgl. z. B. Graf et al. (2022)
 - Um eine starke, für Gewässer eutrophierungsrelevante Phosphor- und eine äußerst klimaschädliche Methanfreisetzung aus den oberen Torfschichten zu vermeiden (z. B. Zak et al. 2010, 2021), empfehlen u. a. Zak & McInnes (2022) folgende, auch kombinierbare Methoden (die aber im Einzelfall fachlich fundiert begründet werden müssen):
 - Abtrag (Flachabtorfung) der degradierten, stark mineralisierten oberen Torfschichten (und z. B. Nutzung als „Füllmaterial“ in obsoleten bzw. zu verschließenden Entwässerungsgräben)
 - Allmähliche Wiedervernässung, d. h. stufen- bzw. schrittweises Anheben der Wasserstände (möglichst über mehrere Jahre, d. h. durchaus bis zu 10 Jahre)
 - Um ideale Verweilzeiten bzw. Durchströmungsraten zu realisieren und Nährstoff-Rücklösungen zu vermeiden, sollten regelmäßig Wasserproben an den Zu- und Abläufen entnommen und analysiert werden, so dass das Wassermanagement ggf. angepasst werden kann (Nordt et al. 2022a).
 - Es gilt das Prinzip: Möglichst viel Torfboden erhalten, aber alles entfernen, was aus den genannten Gründen nötig ist.
- Zur Ermöglichung der Wiedervernässung kommen die in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Maßnahmen in Frage. Häufig werden einzelne Maßnahmen auch kombiniert werden müssen, um den Erfolg abzusichern. So ist z. B. ein Erreichen von Zielwasserständen in Niedermooren nur über den Grabeneinstau oftmals nicht ausreichend. Selbst unter Anstau und Zufuhr von Fremdwasser konnte in einem Versuch am Durchströmungsmoor „Friedländer Große Wiese“ in Mecklenburg-Vorpommern witterungsbedingt nicht in jedem Jahr das angestrebte Wasserlevel erreicht werden (Schrautzer 2004). Von daher ist eine sorgfältige, vor allem wasserwirtschaftliche Planung erforderlich (s. o.).
- Für den Beginn der Wiedervernässung bietet es sich an, auf den Winterbeginn (Dezember) zu setzen, da hier nach allgemeiner hydrologischer Erfahrung die Abflüsse und Wasserstände wieder ansteigen. Dies kann aber konfliktieren mit der Winterruhe einzelner Arten, z. B. Amphibien, Reptilien, Insekten. Ab Februar spielt bereits die Brutzeit der Vögel wieder eine Rolle. Es gilt also, im individuellen Fall einen günstigen Zeitpunkt zu finden (s. o.);

beide Teile der Errichtung einer Moor-PV-Anlage (1) PV-Anlage und (2) Wiedervernässung müssen zeitlich optimal aufeinander abgestimmt werden.

- Das Erreichen der anzustrebenden Mindestwasserstände (10 cm unter Flur im Winter und 30 cm unter Flur im Sommer) ist von der zuständigen Behörde, ggf. einem sachverständigen Ingenieurbüro oder einem Umweltgutachter innerhalb von fünf Jahren auf der Basis einer geeigneten Messung gegenüber dem Netzbetreiber zu bestätigen. Gelingt eine Wiedervernässung nicht innerhalb von fünf Jahren, dann ist gleichfalls eine entsprechende Bestätigung über die laufenden Arbeiten und ein Nachweis innerhalb von fünf weiteren Jahren erforderlich (Festlegung der Bundesnetzagentur 2023). Als Grundlage für entsprechende Aussagen sollte auf ein fundiertes hydrologisches Monitoring gesetzt werden. Da bei den Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) keine Angabe erfolgt, ob sich die Mindestanforderungen für den Wasserstand auf die gesamte Vorhabenfläche, den größten Teil der Fläche oder etwaig nur auf Referenzpunkte beziehen, sollte unbedingt angestrebt werden, so viel Moorfläche wie möglich zu vernässen, bei ggf. heterogenen oder geeignetem Relief kann das durch kaskadiertes/abgestuftes Stauen erreicht werden.
- Für den ökologischen Erfolg einer Wiedervernässung ist auch entscheidend, dass moortypische bzw. moorabhängige Pflanzen- und Tierarten sich reetablieren bzw. wieder einwandern können. Insofern kommt Refugialbereichen eine hohe Bedeutung zu. Ggf. sollten aktive Wiederansiedlungsmaßnahmen ergriffen werden.

3.8.2.6 Maßnahmen zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen in Moor und Gewässer

- Ein Eintrag von mineralischem Material, Schwermetallen und anderen das Moor schädigenden Substanzen in den Moorboden ist zu vermeiden (Festlegung der Bundesnetzagentur 2023). Es darf deshalb kein Einsatz von Giften oder Dünger erfolgen (BNE 2020).
- Es muss sichergestellt werden, dass beim Einsatz von jedweden Maschinen keine Verschmutzung des Grund- oder Oberflächenwassers sowie des Moorbodens durch wassergefährdende Stoffe erfolgt. Ölbindemittel sollten stets bereitgehalten werden. Im Falle einer Havarie sind sofortige Maßnahmen zu ergreifen und die zuständige untere Wasserbehörde und die zuständige untere Bodenschutzbehörde sind unverzüglich zu informieren.
- Der Einsatz von Akku-/Elektrogeräten statt Maschinen mit Verbrennungsmotoren sollte bei Bau- und Montagearbeiten in Mooren grundsätzlich verpflichtend sein.
- Durch den Einsatz von Trocken- statt Öltransformatoren in Wechselrichtern kann das Freisetzungs- und Kontaminationsrisiko durch Mineralöle erheblich gesenkt werden.
- Infrastruktur für das Betanken von Fahrzeugen oder für Schmiermittel sollte möglichst außerhalb der Moorflächen vorgehalten werden. Zudem ist es technisch sicherzustellen, dass Gefährdungen für Böden und Gewässer ausgeschlossen werden können.
- Anlagenseits sollten desgleichen ausreichende und effektive (leckdichte) Auffangeinrichtungen für Öl-, Treib- und Schmierstoffen vorgesehen werden, um Havariefällen und einer Schadstofffreisetzung vorzubeugen. Die wasserrechtlichen Anforderungen, insbesondere §§ 5 f., 62 WHG, sind hier entsprechend umzusetzen.
- Eine Vermeidung von Müll und das Auffangen von ggf. eingesetzten flüssigen Chemikalien ist bei den betrieblichen Abläufen sicherzustellen (Ismail et al. 2023).

3.8.2.7 Maßnahmen im Bereich Inspektion und Wartung

- Es ist eine „vernässungsverträgliche“ Wartung und Unterhaltungspflege sicherzustellen (KBU 2023).
- Eine Verhinderung von Schadstofffreisetzungen, s. o., ist von hoher Bedeutung. Auch geringstmögliche Lärm-, Staub- und Lichtemissionen sind anzustreben.
- Bei der Planung von gewöhnlichen bzw. wiederkehrenden Inspektions- und Unterhaltungsarbeiten ist eine Berücksichtigung von Zeiten hoher ökologischer Sensibilität bei der terminlichen Durchführung von Unterhaltungsarbeiten vorzunehmen, insbesondere ist z. B. die Brutzeit der Vögel zu berücksichtigen.
- Sollten Module mit Wasser gereinigt werden müssen, z. B. weil Vogelkot oder Staub relevant sind, dann muss das Wasser möglichst nährstoffarm und im Fall von Moor-PV-Anlagen auf Hochmooren auch möglichst basen-/kalkarm sein.

3.8.2.8 Maßnahmengruppe Paludikulturen

- Die sich ergebenden Anforderungen und Erfordernisse, die sich bei einer geplanten Bewirtschaftung in Form von Paludikulturen ergeben, müssen von Anfang an bedacht werden, da sie vor allem lichte Höhen zwischen Mooroberfläche und Modulkonstruktionen sowie die Modulreihenabstände beeinflussen. Ggf. führt dies auch zur Wahl einer vertikalen Anordnung der (dann meistens bifazialen) Solarmodule.
- Die Auswahl der konkreten Paludikultur muss unter Berücksichtigung technischer Möglichkeiten und Erfordernisse der Errichtung und des Betriebs (auch Wartung) der Moor-PV-Anlagen erfolgen. Hierbei spielen insbesondere Aspekte eine Rolle wie Wuchshöhen und Wasserstandsniveau, aber auch Anforderungen bzw. Möglichkeiten von Erntetechnik.
- Bei der Flächennutzung in Form von Paludikulturen sind die Regeln guter fachlicher Praxis in der Landwirtschaft gemäß § 17 Abs. 2 BBodSchG anzuwenden.
- Für die pflanzliche Erzeugung (Futtermittelaufwuchs) und die jeweiligen Bedürfnisse von Weidetieren als Form von Paludikulturnutzung müssen die Tageslichtverfügbarkeit und -verteilung unter den PV-Modulen nach DIN SPEC 91492:2024-06 entsprechend gegeben sein.
- Bei der Nutzung der wiedervernässten Moore mit Paludikulturen ist der Einsatz moorschonender Technik von überragender Bedeutung, z. B. von Stachelwalzen-Mähern zur Mahd (<https://www.agrarheute.com/technik/lassen-innovation-moorflaechen-bewirtschaften-612055>), d. h. eine geringe flächenspezifische Druckbelastung ist außerordentlich wichtig. Zudem sollten die Erntezeiten möglichst auch mit den witterungsbedingten Erfordernissen bodenschonenden Technikeinsatzes abgeglichen werden. Für erforderliche Zuwegungen oder Erntelagerplätze gelten im Grundsatz auch die Ausführungen in Abschnitt 3.8.2.3.
- Gerade der Einsatz von Traktoren und Raupen mit speziellen Gummiketten oder mit breiter Bereifung und angepasstem Reifendruck sind aktuell Stand der Technik (Abb. 16); es ergibt sich hier ein permanenter Bedarf an Forschung zu innovativen technischen Lösungen, um in dieser Hinsicht noch bessere Technik zu entwickeln.



Abb. 16: Schlepper mit extra breiter Bereifung (Bild links oben), Schlepper mit bodenschonendem Gummiraupensystem (Bild rechts oben), Schlepper mit Breitreifen und Messerschneidwerk (Bild links unten), für Mahdarbeiten umgerüstete Pistenraupe (Bild rechts unten) (D. Mehl)

- Durch die gezielte Anpassung bzw. Auswahl von Erntemaschinen sollte zudem sichergestellt werden, dass Mahd, Aufnahme und Abtransport des Schnittguts in einem Arbeitsgang durchgeführt werden können, wenn ein hoher Wasserstand zum Erntezeitpunkt zu verzeichnen ist (Närmann et al. 2021).
- Naturschutzfachliche Anforderungen sind zu berücksichtigen. Um den Arten- und Biotopschutz zu gewährleisten, sollten insbesondere die Erntetermine so gewählt werden, dass sie außerhalb kritischer Zeiten der Fauna stattfinden, z. B. durch Berücksichtigung der Brutzeiten der Vögel. Idealerweise werden beispielsweise Schilf und Rohrkolben nur einmal jährlich geerntet, um die Störungen möglichst gering zu halten.
- Vor allem das Wassermanagement spielt für alle Paludikulturen eine zentrale Rolle und muss daher von Anfang an sorgfältig geplant werden.
- Des Weiteren ist bereits vor der Wiedervernässung und dem vorgesehenen Paludikulturanbau genau zu planen, wo und in welcher Form Zuwegungen, Fahrwege und Lagerflächen angelegt sein müssen, um möglichst wenige Überfahrten zu benötigen.
- Auch die Narbenpflege bzw. die Vermeidung von Narbenschäden während der Bewirtschaftung ist sehr wichtig, da eine Schädigung der Narbe eine verschlechterte Befahrbarkeit und damit bodenmechanische Schäden zur Folge hätte (Nordt et al. 2022a).

3.8.2.9 Maßnahmen im Bereich Brandschutz

- Neben dem technischen Brandschutz in der Anlage muss dem Problem von Wald- oder auch Moorbränden entsprechende Aufmerksamkeit zu teil werden, auch weil damit ein potenzieller Eintrag von Schadstoffen in den Boden und die Luft verbunden ist (Hernandez et al. 2014).

- Wie man z. B. Moorbrände rechtzeitig erkennen sowie effizient und sicher mit Hilfe moderner Technik löschen kann, wie man Wasser in Gräben zurückhalten kann, um Brände zu löschen und vor allem, wie man die Brandgefahr eines Torfgebietes verringern kann, wird in einer russischen Empfehlung gut dargelegt (Isaev et al. 2022). Um Bränden vorzubeugen, kann gerade die Wiedervernässung des Moorbodens einen wichtigen Beitrag leisten, weil die sehr gefährlichen und schwer bekämpfbaren Moorbrände im wassergesättigten tieferen Torf kaum entstehen können (Isaev et al. 2022). Prayoga et al. (2024) bestätigen dies in einer Studie, indem sie eine signifikant negative Korrelation zwischen der Feuchtigkeit (dem Vernässungsgrad) von Mooren und der Anzahl der Feuer-Hotspots in den Moorgebieten nachweisen; in trockeneren Moorgebieten treten also mehr Hotspots auf als in feuchteren/nasseren.
- Die Anlage von Löschteichen (möglichst im Umfeld, außerhalb des Moores, bei größeren Mooren ggf. auch in der Moorfläche) kann helfen, ggf. benötigte Löschmittelmengen im Brandfall zur Verfügung zu stellen. Ggf. kann im Einzelfall auch die Nutzung von in der Nähe befindlichen natürlichen Fließgewässern, Seen, Gräben oder ggf. auch von Torfstichen eine Option darstellen, welche heute im Regelfall offene Gewässer (künstliche Seen) darstellen.

4 Untersuchungskonzept zur Ermittlung der Auswirkungen auf die ökologische Qualität relevanter Standorte

4.1 Zielstellung, Untersuchungsvarianten und Aufbau

Ein zentrales Ziel des zugrundeliegenden Projektes besteht darin, ein Untersuchungskonzept als grundlegende Forschungsbasis für mehrjährige Studien zu den umwelt- und insbesondere naturschutzfachlichen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen zu entwickeln. Somit müssen wesentliche potenzielle Ursache-Wirkungs-Ketten (Kausalitäten, vgl. insbesondere Abschnitte 3.5 und 3.6) in den Fokus genommen werden, so dass die Konzeption des Untersuchungsdesigns diesem Anspruch Rechnung tragen muss. Dies gilt wiederum für abiotische und für biotische Prozesse.

Für vergleichende Studien im Hinblick auf Folgen anthropogener Beeinflussung und Störung von Umweltsystemen bieten sich gemeinhin folgende Untersuchungsdesigns an (z. B. Gómez-Catasús et al. 2024):

- before-after (vorher-nachher)
- before-after-control-impact (BACI) (vorher-nachher-Kontrolle-Wirkung)
- control-impact (Kontrolle-Wirkung)
- impact (Wirkung)

Wie in Abschnitt 3.5.1 beschrieben sollte der Vergleich zwischen einer Situation „Moor-PV-Anlage“ (Wirkungsfläche) und der Situation „natürliches/naturnahes Moor“ (Kontrollfläche, ohne PV-Anlage, vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.4) im zentralen Blickpunkt stehen, weil nur so technische und Gestaltungsmaßnahmen im Hinblick auf umwelterhebliche Vor- und Nachteile erforscht werden können. Dies spricht daher klar dafür, auf die Strategie „Kontrolle-Wirkung (control-impact)“ zu setzen.

Der Ansatz „Kontrolle-Wirkung“ (control-impact) basiert insofern auf dem Vergleich zwischen einem Kontrollsystem (control), das dem Eingriff bzw. einer Störung nicht ausgesetzt ist, und einem Wirkungssystem (impact), das dem Eingriff/der Störung ausgesetzt ist. Dieser Vergleich kann bei wiedervernässten Mooren am günstigsten durchgeführt werden, wenn in demselben Moor (bei gleichen hydrologischen und standörtlichen/moorökologischen Bedingungen Kontrollflächen untersucht werden, die ohne primären Einfluss durch PV-Anlagen oder damit im Zusammenhang stehende Aktivitäten stehen (im Sinne einer Referenz), und andererseits die Flächen untersucht werden, die von PV-Anlagen beeinflusst werden. Je nach Fragestellung sollten dafür verschiedene Intensitäten der Beeinflussung herangezogen werden, z. B. im Hinblick auf die Strahlungsminderung.

Für viele Aspekte erscheint eine Fokussierung auf erwartbar graduelle Veränderungen zielführend. Daher kann und sollte auch auf zwei räumliche Erkundungsmethoden gesetzt werden, die „vertikale Schnitte“ repräsentieren und somit in einer linearen Analyseform synergetische Effekte, energetische und stoffliche Gradienten, determinierte Abfolgen, ökologische Wirkzusammenhänge u. ä. darstellen. Zu unterscheiden sind:

- die Catena, eine lineare, kettenartige Anordnung von räumlich definierten Erkundungspunkten oder -flächen (Stüdemann 2008); Catenen haben sich u. a. in der Bodenkunde bewährt, da Schnitte durch Bodenlandschaften typische Abfolgen von bodentypologischen oder -geographischen Merkmalen erkennbar machen; grundsätzlich folgen Catenen

dem Gradienten des Geländegefälles: vom höchsten Punkt zum niedrigsten.

- das Transekt, das im Regelfall in einer Linie (und ohne Berücksichtigung des Gefälles) Mess- oder Beobachtungspunkte reiht; Transekte können daher deutlich länger als Catenen sein; die Anwendung der Transektmethode hat sich u. a. in der Ökologie (Botanik und Zoologie) bewährt.

Beiden Ansätzen ist gemein, dass Sequenzen (Abfolgen) erkannt werden können. Diese lassen Schlüsse zu auf eine determinierte Abfolge materieller/struktureller Komponenten und Prozessgrößen (stofflich, energetisch) oder ermöglichen das Erkennen von Gradienten einzelner abiotischer Prozessparameter (Stüdemann 2008), die sich wiederum primär in autökologischen Parametern bzw. in den Habitatbedingungen widerspiegeln. Letzteres ermöglicht die Anwendung der Bioindikation, so dass über Arten und Artengemeinschaften standörtliche Bedingungen systematisch indiziert werden können.

Der Einsatz von GIS lässt heute das relativ unkomplizierte „Erzeugen“ von Catenen oder Transekten auch aus digitalen Datensätzen zu, wobei diese regelmäßig eine dreidimensionale Geodatenstruktur (x-, y-, z-Koordinaten) aufweisen sollten. Im Gelände können sie durch geeignete Messtechnik problemlos reproduziert werden.

Wenn die Möglichkeit besteht, könnten auch Vergleiche zwischen vorher (Grünland- oder Ackernutzung, entwässertes Moor) und nachher (d. h. nach PV-Etablierung und erfolgter Wiedervernässung) zu Erkenntnissen im Sinne erwartbarer positiver umweltfachlicher Wirkungen beitragen, was auch dem BACI-Design eine gewisse, wenn auch untergeordnete Bedeutung einräumt. Der grundsätzlich zu präferierende Ansatz „Kontrolle-Wirkung“ (control-impact) zielt demgegenüber klar auf die Wirkung der PV-Anlage auf ein wiedervernässtes Moor (entsprechend Konfiguration, Technik etc.), während beim BACI-Ansatz der Hauptgrund für ökologische Unterschiede bzw. Verbesserungen stark im Vergleich „entwässertes“ versus „wiedervernässtes“ Moor liegen dürfte. Nur der Ansatz „Kontrolle-Wirkung“ ist daher im Hinblick auf die spätere Ableitungen von umwelt- bzw. naturschutzfachlichen Empfehlungen zu Anlage, Bau, Betrieb und Rückbau von Moor-PV-Anlagen geeignet.

Die nachfolgende Auswahl der Untersuchungsschwerpunkte richtet sich zum einen an den erwartbaren Veränderungen infolge der PV-Anlagen-Errichtung auf wiedervernässten Moorböden (Abschnitt 3.5), dem sich, auch unter praktischen und rechtlichen Aspekten, abgeleiteten Forschungsbedarf (Abschnitt 3.6) sowie auch forschungspraktischen Belangen aus (was kann und sollte in einem durch das Bundesamt für Naturschutz getragenen Vorhaben schwerpunktmäßig untersucht werden?).

Die Darstellungen zum Untersuchungskonzept sind vor diesem Hintergrund wie folgt aufgebaut:

- Berücksichtigung von Ausgangs- bzw. Rahmenbedingungen (Abschnitt 4.2)
- Ermittlung der Auswirkungen auf die abiotischen Verhältnisse: steckbriefhaft (factsheets) (Abschnitt 4.4)
- Ermittlung der Auswirkungen auf Arten und Lebensräume: steckbriefhaft (factsheets) (Abschnitt 4.5)
- Ermittlung der Auswirkungen auf das Landschaftsbild: steckbriefhaft (factsheets) (Abschnitt 4.6)

- Vorschlag einer Methodik zur zusammenfassenden Bewertung der moorökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 4.7)
- Aktualisierung der bundesweit vorhandenen oder geplanten Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 4.8)

4.2 Berücksichtigung von Ausgangs-/Rahmenbedingungen

4.2.1 Erfordernis

Von fundamentaler Bedeutung ist zunächst, dass jedes Moor und auch jede technische und gestalterische Fallkonstellation einer Moor-PV-Anlagenerrichtung in Bezug auf Wirkungen und mögliche umwelterhebliche Folgen grundsätzlich individuell zu beurteilen sind. Bei jeder Untersuchung, erst recht bei einem wissenschaftlich orientierten Untersuchungsprogramm, ist das entsprechend zu beachten. Andererseits wird man sinnvollerweise stets versuchen, ähnliche und übereinstimmende Merkmale in Bezug auf Moore, Anlagen und umwelterhebliche Wirkungen so zu gruppieren, dass möglichst Typenreihen gebildet oder bereits bestehende genutzt werden können (Abschnitt 4.2.2).

Eine wichtige Frage ist daher, ob es bei einem Untersuchungsobjekt natürliche und anthropogene Einflüsse dergestalt gibt, die normale („typische“), erwartbare Folgen überlagern können. Wenn ja, dann müssen diese Faktoren explizit berücksichtigt werden. Wenn nein, dann wird man mit den Typenreihen und einer fundierten Zuordnung zu Typen grundsätzlich ausagefähig sein.

Ggf. sind auch die Wirkungen auf benachbarte Landschaftsbestandteile von herausragender Bedeutung, z. B. in der Nachbarschaft liegende Schutzgebiete gemäß §§ 23 ff. BNatSchG, was für die Notwendigkeit einer zumindest ergänzenden individuellen Betrachtung sprechen würde.

4.2.2 Typologische und geographische Aspekte

Um zu fachlich-inhaltlich und auch räumlich möglichst breit übertragbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen zu gelangen, sollte die Konzeption eines Untersuchungsansatzes für Moor-PV-Anlagen von Anfang an typologisch orientiert sein. „Typen aufstellen bedeutet Schematisieren“ und dient der „Beherrschung der Mannigfaltigkeit“ (Neef 1967). Typen weisen in ihren wesentlichen Eigenschaften weitgehend übereinstimmende Merkmale auf. Die Anwendung von Typen erweist sich gerade auch im praktischen Kontext des Naturschutzes als überaus vorteilhaft.

Große Bedeutung für den Erkenntnisgewinn bei Moor-PV-Anlagen haben folgende typbestimmende Merkmale bzw. Kriterien:

A. Gegebenheiten des Naturraumes, insbesondere

- Ökologischer Moortyp auf Grundlage von Nährstoffverfügbarkeit und pH-Wert (Succow & Jeschke 1986, 2024, vgl. Abschnitt 3.4)
- Hydrologischer bzw. hydrogenetischer Moortyp (Succow & Joosten 2001), z. B. Hochmoor, Durchströmungsmoor, Verlandungsmoor, Kesselmoor usw.
- Klimatologische bzw. hydrologische Bedingungen, vor allem im Hinblick auf Niederschläge, potenzielle Verdunstung, klimatische Wasserbilanz
- Landschaftstyp und biogeographische Region

- Hydrologische Konnektivität, vor allem im Hinblick auf Oberflächengewässer und damit einhergehende Fragestellungen des Gewässerschutzes
- Ggf. vorhandene Attraktivität für Tiere, z. B. im Rahmen des Vogelzugs

B. Bedingungen vor PV-Anlagenerrichtung und Wiedervernässung, vor allem

- Vornutzung/Ausgangssituation der Flächennutzung
- Vorheriger Entwässerungszustand (Intensität, Kennzeichen); auch Art der technischen Entwässerung

C. Verhältnisse nach PV-Anlagenerrichtung und Wiedervernässung, insbesondere

- Modulgrößen, Ausrichtung, Neigung der Module, ggf. Führung/automatische Ausrichtung (horizontal oder vertikal)
- Moduleigenschaften, vor allem Transparenz/Transluzenz, ggf. Bifazialität
- Höhe der Module über Gelände (lichte Höhe)
- Reihenabstände, ggf. Wartungskorridore
- Gestaltung, d. h. Anordnung und Verteilung der Anlagenteile
- Sondereffekte wie z. B. Zäune, Trassen, Infrastruktur
- Technische Lösung(en) zur Wiedervernässung
- Zielwasserstände unter/über Flur (beabsichtigt und real) im Jahresverlauf
- Etablierte oder beabsichtigte Nutzung nach Wiedervernässung, z. B. im Hinblick auf Paludikulturen
- Technikeinsatz für Wartung und Ernte (Paludikulturen)

Zu beachten sind ferner vor allem

- vorhandene benachbarte Schutzgebiete nach Naturschutzrecht, insbesondere mit Fokus auf Natura-2000-Gebiete, Naturschutzgebiete; hier sind ökologische Funktionsbeziehungen zwischen dem Moor und den Schutzgebieten von besonderem, im Regelfall auch naturschutzrechtlichem Belang,
- meteorologische und hydrologische Extremsituationen, z. B. Starkniederschläge, Überschwemmungen, Dürren,
- moorstratigraphische Verhältnisse,
- die Eigenschaften angrenzender Flächen (Naturnähe, ggf. Störungen),
- ggf. die Einbindung der Moor-PV-Anlage als Teil einer größeren Lösung für ein Moorschutzvorhaben sowie
- die Ausbreitung von Neophyten und -zoen bzw. die Berücksichtigung ihrer ökologischen Wirkungen.

Die Vielzahl der obenstehenden und grundsätzlich relevanten Kriterien zeigt auf der einen Seite, welche große Typenvielfalt entsprechend der möglichen Merkmalskombinationen potenziell relevant ist, verdeutlicht aber zugleich auch die Schwierigkeit, vor der hier Forschungsansätze stehen. Man wird demzufolge wohl zunächst mit einer eher überschaubaren Anzahl

von Typen im Sinne der Merkmalskombination starten müssen und mit dem Erkenntnisfortschritt ggf. gezielt ergänzen müssen.

Da andererseits der Start von dahingehend gezielten wissenschaftlichen Untersuchungen vom Vorhandensein entsprechender Untersuchungsobjekte abhängig ist, sollte wie folgt vorgegangen werden:

- A.** Auswahl geeigneter Untersuchungsobjekte (Moorflächen und Moor-PV-Anlagen) nach fachlichen und organisatorischen Aspekten
- B.** Zweckmäßige merkmalsgestützte typologische Einordnung der Untersuchungsobjekte
- C.** Konzentration auf die wesentlichen Fragestellungen gemäß den Ausführungen in den Abschnitten 3.5, 3.6 und auch 3.8.

4.3 Untersuchungsschwerpunkte/-fragestellungen und hierfür geeignete Untersuchungsparameter

Für die begründeten Wirkungskategorien und die sich aus der Analyse des Kenntnisstandes hierfür ergebenden Kenntnisdefizite (vgl. Abschnitt 3.5) werden in den Abschnitten 4.4 bis 4.6 geeignete Untersuchungsparameter vorgestellt und bezüglich methodischer Aspekte umfassend beschrieben. Tab. 72 zeigt zunächst matrizenhaft die Zuordnung der Untersuchungsschwerpunkte bzw. -fragestellungen zu den jeweiligen Untersuchungsinhalten/-parametern, d. h. beantwortet die Frage, welche Untersuchungen zur Aufhellung welcher Fragestellungen beitragen sollen.

Tab. 72: Zuordnung der Untersuchungsschwerpunkte bzw. -fragestellungen zu den jeweiligen Untersuchungsinhalten/-parametern

Untersuchungsinhalte/-parameter (Bezug auf textliche Abschnittsgliederung)	3.5.2 – Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaushalt, Abschirmung, Wasserhaushalt	3.5.4 – Boden-erosion	3.5.5 – Bodenmechanische / hydrologische Veränderungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüssen	3.5.8 – Nährstoffeintrag in Boden und Gewässer	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsketten / Nahrungs-/Rasthabitaten	3.5.10 – Schadstoffabgabe, Gefährdung durch Havarien	3.5.11 – Bau- (Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen	3.5.12 – Störungen durch Anlagenunterhaltung/ Paludikulturen	3.5.13 – Störungen/Wirkungen durch Anlagenbegleitelemente	3.5.14 – Veränderungen des Landschaftsbildes
Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und Wärmehaushalt (4.4.2)	x	x			x		x	x	x					
Luftaustauschverhältnisse (4.4.3)		x			x									
Boden-/moorkundliche Verhältnisse (4.4.4)			x	x										
Moorhydrologische Verhältnisse/Wasserhaushalt (4.4.5)	x	x			x		x	x	x	x				
Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe, Schadstoffe) (4.4.6)							x	x		x				

Untersuchungsinhalte/-parameter (Bezug auf textliche Abschnittsgliederung)	3.5.2 – Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaushalt, Abschirmung, Wasserhaushalt	3.5.4 – Boden-erosion	3.5.5 – Bodenmechanische / hydrologische Veränderungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüssen	3.5.8 – Nährstoffeintrag in Boden und Gewässer	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsketten / Nahrungs-/Rasthabitaten	3.5.10 – Schadstoffabgabe, Gefährdung durch Havarien	3.5.11 – Bau- (Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen	3.5.12 – Störungen durch Anlagenunterhaltung/ Paludikulturen	3.5.13 – Störungen/Wirkungen durch Anlagenbegleit-elemente	3.5.14 – Veränderungen des Landschaftsbildes
Treibhausgasfreisetzung (4.4.7)	x	x		x			x							
Biotope/Biotoptypen (4.5.2)	x	x			x		x	x	x					x
Pflanzengesellschaften (4.5.3)	x	x	x		x		x	x	x		x	x	x	
Libellen (4.5.4)	x	x			x	x		x	x		x	x	x	
Schmetterlinge (4.5.5)	x	x			x	x		x	x		x	x	x	
Käfer (Wasserkäfer, Laufkäfer) (4.5.6)	x	x			x			x	x		x	x	x	
Landmollusken (4.5.7)	x	x			x				x		x	x	x	
Vögel (4.5.8)	x	x			x	x			x		x	x	x	
Fledermäuse (4.5.9)		x			x	x			x					
Amphibien (4.5.10)	x	x			x				x					
Landschaftsbild (4.6)														x

4.4 Ermittlung der Auswirkungen auf die abiotischen Verhältnisse

4.4.1 Erläuterung

In diesem Abschnitt wird das Untersuchungskonzept zur Ermittlung der Auswirkungen auf die abiotischen Verhältnisse vorgestellt. Die Darstellung erfolgt wie bei Mehl et al. (2024) nach einheitlichen Kriterien steckbriefhaft („factsheets“), um möglichst kompakte Informationen zu offerieren. Die Steckbriefe enthalten daher zu folgenden Kriterien möglichst sachdienliche Informationen (gilt auch für die Steckbriefe im Hinblick auf die Auswirkungen auf Arten und Lebensräume sowie das Landschaftsbild (Abschnitte 4.5 und 4.6)):

- Methodische Grundlagen
- Untersuchungsdesign
- Benötigte Arbeitsmaterialien
- Zeitbedarf
- Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen
- Erfassungszeitraum und -häufigkeit
- Notwendiger Dokumentationsumfang
- Gelände
- Büro/Labor
- Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten
- Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn
- Grenzen der Anwendbarkeit
- Anwendungsgebiete
- Rechtliche Grundlagen, Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Für die verschiedenen Analysen abiotischer Faktoren gibt es messmethodische Überschneidungen, sodass vielfach Synergien genutzt werden können. Im Einzelfall kann damit erreicht werden, dass der Messaufwand geringer ist, da unter Berücksichtigung entsprechender Abstimmungen die Datengewinnung in mehrfacher Hinsicht genutzt werden kann. Wo angezeigt, werden in den factsheets entsprechende Hinweise gegeben. Idealerweise wird das Untersuchungskonzept so harmonisiert, dass mit möglichst geringer Zahl an Messtechnik möglichst viele Aussagen getroffen werden können. Trotzdem muss Aspekten wie Datensicherheit und Redundanz entsprechendes Augenmerk zukommen.

4.4.2 Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und Wärmehaushalt

Tab. 73: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und des Wärmehaushalts“

Erfassung der Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und des Wärmehaushalts

Methodische Grundlagen

Solarpaneele überdecken den Boden und nutzen zur Stromerzeugung spezifische Frequenzbereiche des Sonnenspektrums, vor allem sichtbares Licht und nahe Infrarotstrahlung (NIR). Dadurch werden diese Bereiche des Spektrums absorbiert, was zu einer Reduktion der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) führt, die der Flora unter den Modulen zur Verfügung steht. Autotrophe Organismen, die auf Photosynthese spezialisiert sind, sind auf Licht als Form der Energie für die Photosynthese angewiesen. Die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) befindet sich dabei im Spektrum von 400 nm (blau) bis ca. 700 nm (rot). Dieser Bereich entspricht in etwa dem für den Mensch sichtbaren Anteil des elektromagnetischen Spektrums. Gemessen werden kann die photosynthetische Photonenstromdichte (PPFD) über spezielle Messsysteme (Quanten-Sensoren). Diese gibt Auskunft darüber, wie viele Photonen auf einen Quadratmeter Fläche pro Sekunde auftreffen. Infrarotstrahlung (IR-Strahlung), insbesondere im mittleren und fernen Bereich, wird von den Solarmodulen ebenfalls absorbiert, trägt jedoch nicht zur Stromerzeugung bei, sondern erwärmt die Module. Entsprechend steht die Wärme nicht mehr dem Wärmehaushalt des Bodens direkt zur Verfügung. Die in den Modulen gespeicherte Wärme wird phasenverschoben/verzögert, vor allem auch nachts, durch Konvektion und Strahlung an die Umgebung (PV Wärmeinseleffekt) abgegeben. Da ein Teil der IR-Strahlung den Boden nicht mehr erreicht, reduziert sich dessen Beitrag zum lokalen Wärmehaushalt, der wiederum durch die gespeicherte Wärme in den Solarmodulen zusätzlich beeinflusst werden kann. Die Messung der Wärmehaushaltskomponenten erfordert eine Kombination aus spezialisierten Sensoren für Strahlung, Luft-/Bodentemperatur bzw. Luft-/Bodenwärmefluss und turbulente Energieflüsse.

Zur Messung von Strahlung stehen spezifische Verfahren bzw. Geräte zur Verfügung:

- Pyranometer: Messung der Strahlungsleistung im spektralen Bereich von 300 nm – 2800 nm
- Pyrgeometer: Messung der Strahlungsleistung im Infrarotbereich (Wärmestrahlung) von 4500 nm – 5000 nm
- PAR-Sensoren: Zählen der Anzahl der Photonen im relevanten spektralen Bereich (400 nm – 700 nm)

Zur Messung des Bodenwärmeflusses stehen spezifische Verfahren zur Verfügung:

- Bodenwärmeflussplatten: Messung des Wärmestroms im Boden
- Boden-Temperatursensoren: erfassen Temperaturgradienten, über die der Wärmestrom berechnet werden kann.

Zur Messung der turbulenten Energieflüsse stehen spezifische Verfahren zur Verfügung:

- Eddy-Kovarianz-Systeme: Kombinationssysteme mit einem in schneller Folge messenden dreidimensionalen Windmesser (z. B. Ultraschallanemometer) und einem schnellen Hygrometer (z. B. Kryptonhygrometer) (DWA-M 504-1)
- Bowen-Ratio-Systeme: Kombinationssysteme zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen fühlbarem Wärmefluss und latenter Wärmefluss

Zur Messung der Lufttemperatur können elektronische Messmethoden (wie z. B. Thermoelemente, Widerstandsthermometer, Thermistoren, Halbleitersensoren) verwendet werden. Wichtig ist hierbei der Schutz vor der direkten Sonneneinstrahlung sowie eine ausreichende Luftzirkulation.

Untersuchungsdesign

- Stationäre Messungen innerhalb des Anlagegebiets und an einer Referenzposition außerhalb
- Strahlungs- und Lufttemperaturmessung an verschiedenen Positionen und Höhen (ungestört, ca. 1,5 m bis 2 m über Flur und gestört durch PV, d. h. unter PV-Anlagen, hier räumliche Gradienten messen oder modellieren)

Erfassung der Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und des Wärmehaushalts

- Bodenwärmeflussmessung an verschiedenen Positionen (ungestört und gestört durch PV, hier räumliche Gradienten messen oder modellieren)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Messtechnik, Auswertesoftware (herstellerabhängig)
- Befestigungssysteme
- EDV-Technik
- Geodaten
- Meteorologische Daten

Zeitbedarf

- Installationsbedarf (abhängig von Anzahl der zu installierenden Messsysteme)
- Messkampagne (kontinuierlich, mehrjährig)
- Messstellenbetreuung (Kontrolle der Messtechnik, Datenauslesen (mehrere Tage je Monat))
- Auswerten, Darstellen, Interpretieren, auch im Kontext anderer Daten
- Für Modellierung entsprechend des vom Modell abhängigen Aufwands für Einarbeitung, Parametrisierung, ggf. Kalibrierung/Validierung, Modelldurchläufe, Auswertung, ggf. Modell-Ensembleanwendung mit erhöhtem statistischem Aufwand

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Standardisierte und stets vergleichbare Messungen
- Erfassen der meteorologischen Dynamik/Variabilität im relevanten Prozesstakt

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Durchgängiger Einsatz, d. h. mehrjährige, kontinuierliche Messung

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Koordinaten, Zeitpunkte von Installation und Kontrollen
- Überprüfung der Systemzeit erforderlich, ggf. Abgleich mit Echtzeit
- Messdaten, Einflussgrößen

Büro/Labor

- Datenauswertung
- Bei Modellierung:
 - Modellauswahl und -begründung
 - Grundlagendaten und -herkunft
 - Parametrisierung (Begründung)
 - Kalibrierung bzw. Validierung

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- -

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Strahlung und Wärme beeinflussen den Bodenwasserhaushalt erheblich, da sie Verdunstung, Bodentemperatur, Wassertransport und die Verfügbarkeit von Bodenfeuchte steuern. Durch eine gezielte Untersuchung der Parameter Wärme und Strahlung im Untersuchungsgebiet kann der Einfluss der PV-Anlagen auf die genannten Faktoren abgeschätzt werden, insbesondere bezogen auf den Standort Moor. Moore sind als Kalthaltsammelgebiete (mit erhöhter Frostgefährdung) bedeutsam für spezialisierte Insektenarten. Diese

Erfassung der Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und des Wärmehaushalts

Eigenschaft könnte durch die Ausbildung von Wärmeinseln (durch die Aufheizung der PV-Anlage am Tag) beeinflusst werden oder verloren gehen. Entsprechend ist das Untersuchungsdesign so zu wählen, dass eventuell auftretende Effekte, die den Wärmehaushalt beeinflussen können, erfasst werden und mit einer Referenz verglichen werden. Zusätzlich dienen die Informationen der vorherrschenden Verhältnisse zur Bilanzierung des lokalen Wasserhaushalts

Grenzen der Anwendbarkeit

- -

Anwendungsgebiete

- Grundlage einer Beurteilung lokalklimatologischer Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen
- Grundlage für die Bilanzierung des lokalen Wasserhaushalts

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik):

- Barron-Gafford, G. A., Minor, R. L., Allen, N. A., Cronin, A. D., Brooks, A. E. & Pavao-Zuckerman, M. A. (2016): The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures. Sci. Rep. 6, S. 35070, <https://doi.org/10.1038/srep35070>.
- Cook, D. R. & Sullivan, R. C. (2019): Energy Balance Bowen Ratio (EBBR) Instrument Handbook. U.S. Department of Energy. 20 S., <https://doi.org/10.2172/1020562>.
- DWA-M 504-1: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Teil 1: Grundlagen, experimentelle Bestimmung der Landverdunstung, Gewässerverdunstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Merkblatt. Juli 2018: 142 S.
- DWD (2020): Richtlinie. Automatische nebenamtliche Wetterstationen im DWD. Deutscher Wetterdienst (DWD): 16 S., https://www.dwd.de/DE/derdwd/beobachter/richtlinie_auto_na_wetterstationen.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Furgano, M., Fiorentino, N., Visconti, D., Baldi, G. M., Falce, M., Acutis, M., Genovese, M. & Di Blasi, M. (2024): Effects of a Photovoltaic Plant on Microclimate and Crops' Growth in a Mediterranean Area. Agronomy 14 (3): 466, <https://doi.org/10.3390/agronomy14030466>.
- Lee, M., Friebe, K., Fioretto, D. A., Schüppert, K., Ong, F R., Plankensteiner, D., Torggler, V., Ritsch, H., Blatt, R. & Northup, T. E. (2019): Ion-based nondestructive sensor for cavity photon numbers. Phys. Rev. Lett. 122, 153603, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.13340>.
- Suuronen, A., Muñoz-Escobar, C., Lensu, A., Kuitunen, M., Celis, G., Astudillo, P. E., Ferrú, M., Taucare-Ríos, A., Miranda, M. & Kukkonen, J. V. K. (2017): The Influence of Solar Power Plants on Microclimatic Conditions and the Biotic Community in Chilean Desert Environments. Environmental Management Volume 60, S. 630 – 642, <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0906-4>.
- Yu, Y. & Fthenakis, V. (2013): Analysis of the potential for a heat island effect in large solar farms. Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference. S. 3362-3366, <https://doi.org/10.1109/PVSC.2013.6745171>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.4.3 Luftaustauschverhältnisse

Tab. 74: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Luftaustauschverhältnisse (Luftströmung)“

Erfassung der Luftaustauschverhältnisse (Luftströmung)

Methodische Grundlagen

Photovoltaik-Anlagen können die Luftströmung in ihrer Umgebung auf verschiedene Weise beeinflussen. Einerseits kann es durch die Anlagen zu einer Reduktion der Windgeschwindigkeit kommen, ein Phänomen, das als Winddämpfung bezeichnet wird. Andererseits können sie Turbulenzen erzeugen und thermische Aufwinde fördern, wodurch das sogenannte Windfeld verformt wird. Zusätzlich verändern die Module den Luftaustausch in ihrer direkten Umgebung, etwa zwischen der Oberfläche der Module und der darüberliegenden Atmosphäre. Diese Veränderungen können komplexe Auswirkungen auf das lokale Mikroklima haben. Beispielsweise können sie den Energie- und Wärmehaushalt des Standorts beeinflussen, indem sie Temperaturverteilungen, Luftbewegungen und die Verdunstung beeinflussen. Diese Prozesse stehen wiederum in engem Zusammenhang mit dem lokalen Wasserhaushalt, der für sensible Ökosysteme wie Moore von entscheidender Bedeutung ist. Ein Moor ist ein äußerst empfindliches System, das stark von stabilen hydrologischen und klimatischen Bedingungen abhängt. Veränderungen in diesen Bereichen, die durch den Betrieb von Photovoltaik-Anlagen hervorgerufen werden, könnten negative Folgen für die Entwicklung des betroffenen Moores haben. Dabei könnten nicht nur hydrologische Prozesse, sondern auch die dort vorkommende Flora und Fauna beeinträchtigt werden. Pflanzen, die speziell an die nassen und nährstoffarmen Bedingungen eines Moores angepasst sind, könnten in ihrem Wachstum gestört werden. Ebenso könnten Tierarten, die auf das Moor als Lebensraum angewiesen sind, durch die veränderten Bedingungen beeinträchtigt werden. Insgesamt besteht die Möglichkeit, dass die ökologische Stabilität und die Biodiversität des betroffenen Moores im Vergleich zu einem Referenzmoor, das nicht mit einer PV-Anlage versehen wurde, negativ beeinflusst werden.

Zur Untersuchung des Einflusses der PV-Anlage auf die Luftströmungen im Bereich des Moores können folgende Messverfahren verwendet werden:

- Lidar (Light detection and ranging) Anemometrie: Auswertung der auf Basis des Doppler-Effektes entstehenden Frequenzverschiebung des rückgestreuten emittierten Laser-Lichtes (Laser = Lichtquelle konstanter Wellenlänge). Die Reflexion entsteht an sich in der Atmosphäre bewegenden Teilchen (Partikel, Eiskristalle, Tropfen). Bestimmung von Windfeldern in unterschiedlichen Höhen möglich. Idealerweise bodennah installiert, um den Einfluss von PV-Anlagen auf das Windprofil zu ermitteln.
- Sodar (Sound detection and ranging) Auswertung der auf Basis des Doppler-Effektes entstehenden Frequenzveränderung des rückgestreuten emittierten Schallimpulses. Die Reflexion entsteht an sich in der Atmosphäre bewegenden Teilchen (Partikel, Eiskristalle, Tropfen). Bestimmung von Windfeldern in unterschiedlichen Höhen möglich. Idealerweise bodennah installiert, um den Einfluss von PV-Anlagen auf das Windprofil zu ermitteln.
- Mechanische Anemometer (Flügelrad- oder Schalenanemometer) zur Messung von Windgeschwindigkeiten in der Ebene. Mehrere Messsysteme in unterschiedlichen Höhen nötig zur Bestimmung des Windprofils.
- Ultraschallanemometer zur Messung von Windgeschwindigkeiten in der Ebene. Mehrere Messsysteme in unterschiedlichen Höhen nötig zur Bestimmung des Windprofils.
- Ggf. auch Einsatz von deterministischen (physikalischen) Modellen zur Analyse von Luftströmungen und Windwirklängen (Stichwort „fetch“) (ggf. Kalibrierung/Validierung von Modelldaten durch Messdaten).

An dieser Stelle sei auch darauf verwiesen, dass die Untersuchung der Luftströmung stark mit den Untersuchungen bezüglich des Wärme- und Strahlungshaushaltes (s. Tab. 73) sowie des Wasserhaushaltes (s. Tab. 77) in Verbindung stehen.

Untersuchungsdesign

- Einsatz von Anemometern (stationär)
- Anzahl entsprechend der Art und Größe der PV-Anlage sowie des Gebietsumfeldes

Erfassung der Luftaustauschverhältnisse (Luftströmung)

- Messgeräteauswahl nach Eignung/Herstellerangaben
- Positionierung abhängig von Art der PV-Anlage
 - Vor und hinter den PV-Modulen jeweils in unterschiedlicher Höhe zur Erfassung der Änderung induziert durch die Module (Ablenkung, Abschattung, lokaler Düseneffekt)
 - Zwischen den Modulreihen
 - An den Rändern des Untersuchungsgebietes in unterschiedlichen Höhen (Windwirklänge)
- Messung auf geeigneter Referenzfläche ohne Moor-PV in unterschiedlichen Höhen

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Anemometer-Messtechnik, Anemometer-Auswertesoftware (herstellerabhängig)
- Befestigungssystem
- EDV-Technik
- Geodaten
- Meteorologische Daten

Zeitbedarf

- Installationsbedarf (abhängig von Anzahl der zu installierenden Messsysteme)
- Messkampagne (kontinuierlich, mehrjährig)
- Messstellenbetreuung (Kontrolle der Messtechnik, Datenauslesen (mehrere Tage je Monat))
- Auswerten, Darstellen, Interpretieren, auch im Kontext anderer Daten
- Für Modellierung entsprechend des modellbezogenen Aufwands für Einarbeitung, Parametrisierung, ggf. Kalibrierung/Validierung, Modelldurchläufe, Auswertung, ggf. Modell-Ensembleanwendung mit erhöhtem statistischem Aufwand

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- -

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Durchgängiger Einsatz, d. h. mehrjährige, kontinuierliche Messung

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Koordinaten, Zeitpunkte von Installation und Kontrollen
- Überprüfung der Systemzeit erforderlich, ggf. Abgleich mit Echtzeit
- Messdaten, Einflussgrößen

Büro/Labor

- Datenauswertung
- Bei Modellierung:
 - Modellauswahl und -begründung
 - Grundlagendaten und -herkunft
 - Parametrisierung (Begründung)

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- -

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Luftströmungen beeinflussen den Bodenwasserhaushalt, insbesondere die Verdunstung. Veränderungen der Luftströmungsverhältnisse können Auswirkungen auf das lokale Mikroklima haben. So können beispielsweise Wärmeinseln aufsteigende Luftmassen verursachen, die wiederum zur Bildung von Kaltluftgebieten führen. Durch eine gezielte Untersuchung der Luftströmungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet kann der

Erfassung der Luftaustauschverhältnisse (Luftströmung)

Einfluss der Photovoltaik-Anlagen auf diese Faktoren analysiert und abgeschätzt werden. Auf dieser Basis lässt sich bewerten, wie sich diese Veränderungen auf das betroffene Moor und dessen Arteninventar auswirken. Dazu zählen sowohl die spezialisierte Flora wie Torfmoose und andere moortypische Pflanzen, als auch die Fauna, beispielsweise Amphibien, Insekten oder Vögel, die das Moor als Lebensraum nutzen. Darüber hinaus liefern Informationen über die vorherrschenden Luftströmungsverhältnisse wichtige Grundlagen für die Bilanzierung des lokalen Wasserhaushalts, der für die Stabilität und die Lebensbedingungen im Moor entscheidend ist.

Grenzen der Anwendbarkeit

- -

Anwendungsgebiete

- Grundlage einer Beurteilung lokalklimatologischer Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen
- Grundlage für die Bilanzierung des lokalen Wasserhaushalts

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik):

- Grund, C. J., Banta, R. M., George, J. L., Howell, J. N., Post, M. J., Richter, R. A. & Weick-Mann, A. M. (2001): High-Resolution Doppler Lidar for Boundary Layer and Cloud Research. J. Atmos. Oceanic Technol. 18: 376–393, [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2001\)018<0376:HRDLFB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2001)018<0376:HRDLFB>2.0.CO;2).
- Kelley, P. D., Jonkman, B. J., Scott, G. N. & Pichugina, Y. L. (2007): Comparing Pulsed Doppler LIDAR with SODAR and Direct Measurements for Wind Assessment. American Wind Energy Association. WindPower 2007 Conference and Exhibition Los Angeles. Los Angeles: 25 S., <https://www.nrel.gov/docs/fy07osti/41792.pdf> (letzter Abruf: 06.01.2025).

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.4.4 Boden-/moorkundliche Verhältnisse

Zu den Bodenverhältnissen sind zwei Aspekte forschungsseitig relevant:

1. Die Schaffung einer auch für viele Fragestellungen wichtigen moor- bzw. bodenkundliche Grundlagen, vgl. Tab. 75 (Wie sind die entsprechenden Verhältnisse einzustufen?)
2. Bodenkundliches Effektmonitoring, ausgerichtet auf die mit Moor-PV und oder Paludikultur einhergehenden mechanischen Beanspruchungen und deren Folgen, vgl. Tab. 76.

Tab. 75: Steckbrief/factsheet „Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse“

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

Methodische Grundlagen

Die Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Parameter in Moorstandorten stützt sich auf etablierte Verfahren der Bodenansprache, Probenahme und Laboranalytik, wie sie in einschlägigen Normen (DIN, ISO) sowie in der bodenkundlichen Fachliteratur (z. B. Bodenkundliche Kartieranleitung 5 oder 6) festgelegt sind. Dabei werden bewährte Klassifikationsschemata für Torf und Moorschichten und standardisierte Methoden zur Bestimmung physikalischer Kenngrößen (z. B. Porosität, Wasserhaltekapazität) herangezogen. Ergänzend fließen Kenntnisse der Moorgenese, der historischen Standortentwicklung sowie aktuelle hydrologische und klimatische Rahmenbedingungen in die Interpretation der Ergebnisse ein.

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

Moorgenese-/Stratigraphie:

- Die vertikale Schichtung des Moores, also wie die unterschiedlichen Schichten (z. B. Torf-Mudde Wechsellagerung) aufgebaut sind, kann erheblichen Einfluss auf die Stabilität und Wasserhaltung haben. Dabei spielt auch die Mächtigkeit des Moorkörpers eine entscheidende Rolle sowie die darunter lagernden Schichten, welche wiederum Einfluss auf die Standfestigkeit und Wahl der Bauweise der Anlage haben.
- Historische Nutzungen und Entwässerungsmaßnahmen haben möglicherweise das Lagerungsgefüge des Torfes verändert. Daher ist es sinnvoll, die Entwicklung des Moores (natürlicher Zustand/entwässertes Moor/wiedervernässte Fläche) bodenkundlich und historisch zu dokumentieren.

Torfarten und -zustand:

- Unterscheidung von Übergangs-, Niedermoor- und Hochmoortorfen sowie deren Zersetzungsgrad (H/Ht-Werte nach von Post, 1924). Je stärker zersetzt bzw. degradiert der Torf ist, desto geringere Tragfähigkeit ist beispielsweise zu erwarten.
- Untersuchung der aktuellen Wassergehalte und organischen Substanzgehalte des Torfes

Bodenphysikalische Kennwerte:

- kf-Wert (Hydraulische Leitfähigkeit): Wichtig, um abzuschätzen, wie schnell Wasser bei Niederschlägen versickern kann und wie sich der Grundwasserspiegel in Abhängigkeit von Niederschlag und Entwässerung bewegt.
- Gefüge/Porenräume (Porosität): Analysen zur Verteilung von Grob- und Feinporen geben Aufschluss über Wasser- und Lufthaushalt sowie über potenzielle Veränderungen, die durch Bauarbeiten (etwa Verdichtung) entstehen können.
- Sättigungsgrade vor und nach Einbauten (Fundamente, Zugangswege) können Veränderungen in der Bodenwasserverfügbarkeit aufzeigen.

Bei Anwendung der Methodiken ist stets die Unterscheidung des vorgefundenen Moortypus zu beachten:

- Niedermoorböden: alle Flächen aus Niedermoororf oder aus unbekannter Torfart und ohne Überdeckung, ohne Tiefumbruch und nicht aus ausschließlich abmoorigen Horizonten
- Hochmoorböden: alle Flächen aus Hochmoortorf und ohne Überdeckung, ohne Tiefumbruch und nicht aus ausschließlich abmoorigen Horizonten
- Moorfolgeböden: alle Flächen mit ausschließlich abmoorigen Horizonten (keine zusätzlich auftretenden Torfe), Muddeböden sowie Moorböden mit Torfmächtigkeiten bis < 30 cm („Moorgley“), die ggf. auch mineralisch überdeckt sein können, aber ohne Tiefumbruch
- Flach (< 30 cm) überdeckte Moorböden (Trennung von überdeckten Nieder- und Hochmoorböden): alle Flächen mit flacher oder mit unbekannter Mächtigkeit der Überdeckung (größtenteils Daten der Bodenschätzung) (nur Moorböden; nicht überdeckte Anmoorgleye, Moorgleye o. ä.), aber ohne Tiefumbruch
- Mächtig (30 bis < 100 cm) überdeckte Moorböden (Trennung von überdeckten Nieder- und Hochmoorböden): alle Flächen mit mächtiger oder sehr mächtiger Überdeckung (nur Moorböden; nicht überdeckte Anmoorgleye, Moorgleye o. ä.), aber ohne Tiefumbruch
- Tiefumbruchböden aus Moor (Trennung der Tiefumbruchböden aus Nieder- und Hochmoortorfen)

Untersuchungsdesign

Moorgenese/Stratigraphie

- Bodenaufschlüsse und Kernbohrungen:
 - Hand-Bohrstock (z. B. Pürckhauer-Bohrstock) oder Moor-Klappsonde oder Rammkernsondierungen, ggf. bei überstauten Standorten mittels Sediment-Probennehmer: Zur Entnahme von ungestörten Profilen, um die vertikale Abfolge von Torfschichten, mineralischen Lagen oder Altschichten zu dokumentieren
 - Ggf. Ausheben einer Profilgrube für bodenkundliche Ansprache der obersten Horizonte (siehe Bodenkundliche Kartieranleitung 5 oder 6)
 - Beschreibung im Feld: Über Bodenkundliche Kartieranleitung 5 oder 6 (u. a. Farbgebung, Textur, organische Substanz, Aufschluss der Mächtigkeiten der einzelnen Horizonte und Übergänge)

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

- Anzahl der Bohrpunkte je nach Flächengröße wählen (mindestens 2-3 Bohrpunkte pro Hektar, abhängig von Ausprägung des Mikroreliefs)
- Laborauswertung an gestörten Proben zur Bestimmung des organischen Substanzgehalts und Unterscheidung von Torfschichten und mineralischen Einlagerungen:
 - Trockenmasse/Wassergehalt nach DIN EN 15934:2012-11
 - pH-Wert nach DIN ISO 10390:2005-12
 - Glühverlust nach DIN EN 15935:2012-11

Torfarten und -zustand

- Makroskopische Bestimmung nach von Post:
 - Klassifizierung des Zersetzungsgrades von Torf an frischen Bohrkernen (H1–H10-Skala) zur Einschätzung des Humifizierungsgrads
- Pflanzenreste-Identifikation: um Torfarten (Seggentorf, Moostorf, Holzreste) differenzieren zu können.

Bodenphysikalische Kennwerte

Messungen erfolgen an ungestörten Stechzylinderproben (Entnahme je Horizont bis einschließlich erster Mineralbodenhorizont, vertikale Entnahme, 3-6 Wiederholungen pro Horizont):

- Bestimmung der Trockenrohdichte nach DIN EN ISO 11272:2017-07
- Bestimmung der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit (Kf-Wert):
 - In-situ Infiltrationstests mittels Doppelring-Infiltrometer nach DIN 19682-7 (2015-08) oder
 - Labormessungen an ungestörten Proben mittels permeametrischer Verfahren wie z. B. DIN 19683-9: 2012-07 „Haubenpermeameter nach Hartge“
 - Je nach Verfügbarkeit können auch andere Methoden genutzt werden, bspw. Guelph-Permeameter (Feld), Fließzellenmessungen (Labor) z. B. mittels KSAT (Firma METER)
- Porosität (rechnerische Bestimmung): Volumenanteil der luft- oder wassergefüllten Poren wird aus der Gewichts Differenz zwischen vollständig gesättigter und getrockneter Probe bestimmt, das Gesamtvolumen der Probe entspricht dabei dem Volumen bei Sättigung.

Allgemeines

- Dokumentation von Grundwasserstand, Vegetationsdecke und Witterungsbedingungen für eine kontextualisierte Interpretation der Ergebnisse.
- Vor der Probenahme an den Beprobungspunkten ist sicherzustellen, dass
 - Keine sonstigen Störungen (z. B. Gräben, Aushub) vorhanden sind,
 - Möglichst im Umkreis von 1,00 m keine Dränrohre vorhanden sind.
- Standortgradienten: Festlegung von Flächen entlang unterschiedlicher Wasserstände, Vegetationsstrukturen und Bodenverhältnisse, um die natürliche Heterogenität des Moores abzubilden
- Referenzflächen: Einbezug von Kontrollflächen ohne PV-Installation, um Basiswerte (Baseline) festzuhalten und spätere Veränderungen sicher detektieren zu können
- Messnetze für Bodenparameter: Einrichtung von Messpunkten in definierter räumlicher Anordnung (z. B. Raster oder transektorientiert), an denen Dichte, Porosität, hydraulische Leitfähigkeit und weitere bodenphysikalische Kennwerte periodisch bestimmt werden

Benötigte Arbeitsmaterialien

Feldmethoden

- Probenahmegeräte: Hand-Bohrstock (z. B. Pürckhauer), Moor-Klappsonde, Rammkernsonde, Sediment-Probennehmer, Stechzylinder für ungestörte Proben
- Messinstrumente: entsprechend den genannten DIN-Normen, z. B. Doppelring-Infiltrometer für Infiltrationsmessungen
- Hilfsmittel zur Standortbestimmung: GPS-Gerät für georeferenzierte Probenpunkte, Maßbänder, Fluchtstäbe
- Dokumentationsmaterial: Protokolle, Fotoapparat oder Tablet/Smartphone für Fotodokumentation
- Transport & Lagerung: Kühlbox oder Kühlelemente für frische Bodenproben, stabile Probenbehälter (z. B. Polyethylenbeutel, Probenröhrchen)
- pH-Meter oder -Messstreifen

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

- Salzsäure zur Bestimmung des Carbonat-Gehaltes

Labormethoden

- Bodenprobenbearbeitung: Ofen/Trockenschrank (für Trocknung), Mörtel, Siebe, Waage mit hoher Präzision
- Analytische Geräte (entsprechend den genannten DIN-Normen) u. a.:
 - Geräte für Glühverlust (Muffelofen)
 - Permeameter für kf-Bestimmungen an ungestörten Bodenproben
 - pH-Meter, Leitfähigkeitsmessgeräte
 - Ggf. mikroskopische Ausrüstung zur Untersuchung der Torfzusammensetzung
- Probenlagerung: Kühltank zur kurzfristigen Lagerung, beschriftete Behälter und Etiketten, Archivierungssystem für Bodenarchive

Büro (Auswertung und Planung)

- Hard- und Software:
 - PC/Laptop mit gängiger Office-Software für Berichte und Dokumentation
 - GIS-Software (z. B. QGIS, ArcGIS) zur räumlichen Analyse und Kartierung
 - Ggf. Statistik-Software (z. B. R, SPSS) für Auswertung von Messwerten und Zeitreihen
 - Datenbanken oder Datenmanagement-Systeme für Langzeitarchivierung
- Planungsunterlagen: Übersichtskarten, Luftbilder, historische Karten, Bodenkarten, Meta-Datenbanken (z. B. Standortdaten, Klimadaten)
- Literatur und Normen: Aktuelle Bodenkundliche Kartieranleitung, DIN-/ISO-Normen, relevante Fachartikel und Handbücher (siehe Tabellenabschnitt „Rechtliche Grundlagen, Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)“)

Zeitbedarf

Einmalige Basiserhebung (vor Installation):

- Feldarbeit (Bohrungen, Profilansprachen, Entnahme ungestörter Proben, In-situ-Messungen): Je nach Anzahl der Untersuchungsstellen 2–5 Tage
- Laboranalysen (Trocknungs-, Dichte-, Porositätsbestimmungen, mikroskopische Analysen): Mehrere Tage, abhängig vom Probenvolumen und der Auslastung des Labors
- Auswertung und Dokumentation: 1–2 Wochen, je nach Datenumfang und Komplexität

Kurzfristige Kontrollen während der Bauphase:

- In der Regel kürzere Feldaufenthalte von einigen Stunden bis zu 1–2 Tagen pro Messkampagne, abhängig von der Anzahl der Messstellen und Größe der PV-Fläche

Nach der Installation (Monitoring über mehrere Jahre):

- Periodische Feldmessungen (z. B. 1–2 Tage pro Termin)
- Laboruntersuchungen werden in der Regel seltener benötigt, da sich die Analysen auf wiederkehrende Parameter konzentrieren
- Auswertung und Berichterstellung: Einige Tage pro Messzyklus für Datenauswertung, Trendanalysen und Dokumentation

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Wetter- und Jahreszeitliche Stabilität: Untersuchungen sollten in möglichst stabilen Wetterperioden durchgeführt werden, um Verzerrungen durch Extremereignisse (Starkregen, Trockenphasen, Frost) zu minimieren. Bei langen Monitoring-Phasen ist jedoch auch die Erfassung saisonaler Schwankungen nötig.
- Wasserstand/Grundwasserregime: Die Messungen sollten idealerweise unter definierten Wasserstandsbedingungen erfolgen. Bei Mooren kann ein stark schwankender Wasserstand die Messergebnisse (z. B. hydraulische Leitfähigkeit, Porenverteilung) erheblich beeinflussen.
- Vegetationsstatus: Zeitpunkt und Häufigkeit der Erfassung sollten auf das Vegetationsstadium abgestimmt sein, da Bewuchs Wasserhaushalt und Bodenstruktur beeinflusst.

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

- Konstante Messbedingungen und Methodenkonstanz: Wiederholungsmessungen sollten mit identischer Methodik, gleicher Gerätejustierung und unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt werden, um Messreihen vergleichbar zu halten.
- Referenzmessungen: Parallel durchgeführte Messungen auf ungestörten Referenzflächen sind wichtig, um natürliche Schwankungen von standortbedingten Veränderungen durch die PV-Installation abgrenzen zu können.

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

Messkampagnen werden so geplant, dass saisonale und witterungsabhängige Schwankungen erfassbar sind. So können trockene und feuchte Perioden, stark variierende Grundwasserstände und unterschiedliche Niederschlagsereignisse berücksichtigt werden.

Vor der Installation der PV-Anlagen (Baseline-Erfassung):

- Einmalige Grundcharakterisierung der Bodenverhältnisse über alle relevanten Parameter (Moor-schichtung, Torfzustand, bodenphysikalische Kenngrößen) mindestens eine Vegetationsperiode vor Baubeginn, um natürliche Variabilitäten und jahreszeitliche Schwankungen abzubilden.

Während der Bauphase:

- Kurzfristige, engmaschige Kontrollen einzelner, empfindlicher Parameter (z. B. Verdichtung, Oberflächenverletzungen), etwa in wöchentlichen oder monatlichen Intervallen, abhängig von der Bauintensität und den Witterungsbedingungen.

Nach der Installation (Monitoring-Phase):

- Kurzfristige Nachbeobachtung: Dichtes Monitoring in den ersten 6–12 Monaten nach Fertigstellung, um unmittelbare Veränderungen im Wasserhaushalt, der Porenstruktur oder Erosionseffekten festzustellen (z. B. saisonale Messungen pro Quartal).
- Mittelfristiges Monitoring: Anschließend Ausdünnung der Messintervalle auf 1–2 Messungen pro Jahr, um längerfristige Trends und stabile Zustände des Bodens unter PV-Anlagen abzubilden. Dabei sollten insbesondere kritische Jahreszeiten wie Frühling (Schneesmelze, ggf. hoher Wasserstand) und Herbst (starke Niederschläge) einbezogen werden.
- Langzeitbeobachtung: Weiteres Monitoring über mehrere Jahre (3–5 Jahre oder länger), um langfristige Effekte wie Verdichtungsrückbildung oder stabilisierte Wasserhaushaltsverhältnisse sicher erfassen zu können. Hier kann eine jährliche Erhebung ausreichend sein.

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

Standortdaten:

- GPS-Koordinaten aller Proben- und Messpunkte
- Höhenlage, Geländeform, Vegetationsbeschreibung, Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Erfassung

Probenahme-Protokolle:

- Standardisierte Erfassungsbögen
- Anzahl, Tiefe, Volumen und Art der entnommenen Proben
- Beschreibung der Horizonte (Farbe, Geruch, Durchwurzelung, Zersetzungsgrad bei Torf, Feuchte)
- Festgehaltene Kennwerte vor Ort und angewandte Messmethoden

Fotodokumentation:

- Übersichtsfotos des Untersuchungsgebietes, Detailaufnahmen der Bohrkerne, Bodenprofile, Messaufbauten und Veränderungen im Gelände

Protokollierung von Störungen:

- Dokumentation von eventuellen Beeinträchtigungen durch Baumaßnahmen, Witterung oder Zugangsschwierigkeiten

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

Büro/Labor

Probentransport und -lagerung:

- Lückenlose Kennzeichnung der Proben (Proben-ID, Datum, Standortkoordinaten, Probentiefe)
- Protokollierung von Transport- und Lagerbedingungen (Temperatur, Dauer)

Analysetätigkeiten:

- Aufzeichnung von Laboranalysen: verwendete Methoden, Geräteparameter, Kalibrierungen, Normen und Referenzen
- Dokumentation von Rohdaten, Messwerten, Auswertelgorithmen und Arbeitsschritten

Datenmanagement:

- Digitale Erfassung aller Mess- und Labordaten in Datenbanken oder Tabellen mit klarer Versionskontrolle
- Hinterlegung von Meta-Informationen (z. B. DIN/ISO-Normen, auf die sich Messungen beziehen), um Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit sicherzustellen

Berichte und Auswertungen:

- Erstellung von Zwischen- und Abschlussberichten mit klarer Referenz auf Methoden, Proben, Messstellen und Zeiträume
- Sichere Archivierung aller Unterlagen (digital und ggf. in Papierform) für eine langfristige Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Empfindlichkeit des Standortes: Moorstandorte sind ökologisch besonders schützenswerte und empfindliche Systeme. Jede Probenahme oder Messinstallation sollte so bodenschonend wie möglich erfolgen, um den natürlichen Wasser- und Gashaushalt sowie die Vegetationsstruktur nicht unnötig zu stören.
- Zugänglichkeit und Sicherheit: Weiche, nasse oder instabile Böden erschweren den Zugang und erhöhen das Risiko von Unfällen oder Beschädigungen am Boden. Der Einsatz von Bohlenstegen oder leichten Plattformen kann notwendig sein, um den Untergrund zu schonen und sichere Arbeitsbedingungen zu schaffen.
- Langfristige Stabilität von Referenzpunkten: Da Moore sich natürlicherweise setzen oder aufquellen können, ist die exakte, langfristige Wiederauffindbarkeit von Messstellen und Referenzpunkten eine Herausforderung. Gut dokumentierte und dauerhaft markierte Messpunkte (z. B. stabile GPS-Koordinaten, feste Markierungen) sind wesentlich, um Vergleichbarkeit über die Jahre sicherzustellen.
- Logistische Abstimmung: Da möglicherweise parallel andere Untersuchungen (z. B. zu Nährstoffdynamik, Emissionen, Vegetationsanalysen) stattfinden, ist eine enge Koordination im Team sinnvoll. So können sich verschiedene Messungen gegenseitig ergänzen und Störungen durch mehrfache Beprobung der gleichen Fläche minimiert werden.
- Behördliche Vorgaben und Genehmigungen: In sensiblen Ökosystemen können Naturschutzauflagen oder behördliche Genehmigungen für Probenahmen und Messinstallationen erforderlich sein. Diese sind vorab zu klären, um rechtliche Rahmenbedingungen einzuhalten.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Die erhobenen Daten sollten mithilfe statistischer und geostatistischer Verfahren analysiert werden, um räumliche und zeitliche Muster in den bodenkundlichen Parametern zu erkennen. Vergleichende Auswertungen zwischen Referenz- und PV-Flächen ermöglichen es, Veränderungen durch die Anlageninstallation klar abzubilden. Dabei werden Kennwerte wie Porosität, hydraulische Leitfähigkeit oder der Zersetzungsgrad der Torfe hinsichtlich ihrer Entwicklung über mehrere Jahre betrachtet. Die Ergebnisse geben Aufschluss über die Stabilität und Funktionsfähigkeit des Bodenökosystems, identifizieren potenzielle Problemzonen und liefern eine belastbare Grundlage für Managemententscheidungen, Sanierungsmaßnahmen oder Anpassungen in der Anlagenplanung.

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

Grenzen der Anwendbarkeit

Die erhobenen bodenkundlichen Daten und daraus abgeleiteten Erkenntnisse lassen sich nur eingeschränkt auf andere Moorstandorte oder Landschaftstypen übertragen, da die Standortbedingungen (z. B. Wasserhaushalt, Moortyp, Nutzungsgeschichte) stark variieren können. Ebenso gelten die hier vorgestellten Methoden- und Messansätze für die spezifische Kombination von Moorboden und PV-Installation. Einflussfaktoren wie unterschiedliche Konstruktionsarten von PV-Anlagen oder variierende Bau- und Betriebsbedingungen können zu anderen Resultaten führen. Zudem ist der Betrachtungszeitraum entscheidend: Kurzfristige Effekte können sich von langfristigen Entwicklungen unterscheiden, und Ergebnisse einer einmaligen Messperiode lassen sich nur mit Vorsicht auf künftige Zeiträume extrapolieren. Entsprechend ist eine kontextuelle Einordnung der Daten immer notwendig, um valide Schlussfolgerungen zu ziehen.

Anwendungsgebiete

- Grundlage einer bodenkundlichen Beurteilung von Moor-PV-Anlagen

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur zur Bodenkunde und Moorkunde:

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 438 S.
- AG Boden (2024a): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 6.). 6. Aufl., Band 1: Grundlagen, Kennwerte und Methoden. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland [Hrsg.]: 160 S.
- AG Boden (2024b): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 6.). 6. Aufl., Band 2: Geländeaufnahme und Systematik. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland [Hrsg.]: 552 S.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (2019): Lehrbuch der Bodenkunde. 17. Aufl., Springer Verlag, Berlin/Heidelberg: 772 S., <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3>.
- Succow, M. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., Schweizerbart, Stuttgart: 622 S.
- Von Post, L. (1924): Das genetische System der organogenen Bildungen Schwedens. Comité international de Pédologie. IVème commission (commission pour la nomenclature et la classification des sols, commission pour l'Europe, président: B. Frosterus) (ed.) Mémoires sur la Nomenclature et la Classification des Sols (Memoirs on the Nomenclature and Classification of Soils), Helsingfors/Helsinki: S. 287-304.

Normen und Richtlinien:

- DIN ISO 10390:2005-12: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 2005: 9 S., zurückgezogen.
- DIN EN 15934:2012-11: Schlamm, behandelte Bioabfälle, Boden und Abfall – Berechnung des Trockenmasseanteils nach Bestimmung des Trockenrückstands oder des Wassergehalts. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, November 2012: 23 S., <https://dx.doi.org/10.31030/1866718>.
- DIN 19683-9:2012-07: Bodenbeschaffenheit - Physikalische Laboruntersuchungen - Teil 9: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in wassergesättigten Stechzylinderbodenproben. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, Juli 2012: 13 S., <https://dx.doi.org/10.31030/1893408>.
- DIN EN 15936:2012-11: Schlamm, behandelte Bioabfälle, Boden und Abfall – Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) mittels trockener Verbrennung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, November 2012: 28 S., <https://dx.doi.org/10.31030/1866720>.
- DIN EN 15935:2012-11: Schlamm, behandelte Bioabfälle, Boden und Abfall – Bestimmung des Glühverlusts. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, November 2012: 13 S., <https://dx.doi.org/10.31030/1866719>.

Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse

- DIN 19682-7 (2015-08): Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 7: Bestimmung der Infiltrationsrate mit dem Doppelring-Infiltrimeter, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, August 2015: 7 S., <https://dx.doi.org/10.31030/2328431>.
- DIN EN ISO 11272:2017-07: Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Trockenrohdichte. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, Juli 2017: 23 S., <https://dx.doi.org/10.31030/2581910>.
- DIN EN ISO 11274:2020-04: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens – Laborverfahren. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag, Berlin, April 2020: 34 S., <https://dx.doi.org/10.31030/3071987>.

Methodenhandbuch für Moorbodenmonitoring:

- Frank, S., Dettmann, U., Heidkamp, A., Piayda, A., Oehmke, W. & Tiemeyer, B. (2022): Methodenhandbuch zu den Gelände- und Laborarbeiten für den Aufbau des deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz (MoMoK) – Teil 1: Offenland. Version 1.0. Thünen Working Paper 199: 111 S., <https://doi.org/10.3220/WP1661764883000>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

Tab. 76: Steckbrief/factsheet „Erfassung der technisch-operativen Aspekte des Bodenschutzes“

Technisch-operative Aspekte des Bodenschutzes

Methodische Grundlagen

1. Bodenmechanik bei Moor-PV-Anlagen

Setzungsverhalten:

Das Setzungsverhalten beschreibt die vertikale Verformung des Bodens unter der Einwirkung von Lasten, beispielsweise durch die PV-Unterkonstruktionen und den Einsatz von Baumaschinen. In Mooregebieten ist der Torfboden besonders empfindlich gegenüber Lasten, da er eine geringe Tragfähigkeit aufweist.

Scherfestigkeit:

Die Scherfestigkeit eines Bodens beschreibt dessen Widerstand gegen Scherbeanspruchungen, die beispielsweise durch Windlasten oder seismische Aktivitäten verursacht werden können. Im Moor beeinflusst der Wasserstand die Scherfestigkeit erheblich.

2. Auswirkungen von Bau- und Betriebsphasen

Verdichtungen durch schwere Maschinen:

- Problematik: Der Einsatz schwerer Baumaschinen kann zur Verdichtung des Moorbodens führen, was die Bodenstruktur beeinträchtigt und die Wasserinfiltration sowie die aerobe Mikroorganismenaktivität reduziert.

Erschütterungen und punktuelle Belastungen:

- Problematik: Erschütterungen durch Maschinenbetrieb und punktuelle Belastungen durch Pfosten oder Fundamente können zu mikrostrukturellen Veränderungen im Moor führen.

3. Moortypische bodeninnere Bewegungen

In Mooren treten charakteristische bodeninnere Bewegungen auf, die durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Torfbodens beeinflusst werden. Diese Bewegungen können sich auf die Stabilität und Langlebigkeit von PV-Anlagen auswirken.

Technisch-operative Aspekte des Bodenschutzes

Typische Bewegungen:

- Torfausdehnung und -kontraktion: Änderungen im Wassergehalt führen zu Volumenänderungen des Torfbodens. Eine erhöhte Feuchtigkeit kann den Boden ausdehnen, während Trockenperioden zu Kontraktionen führen.
- Langsame Konsolidation: Aufgrund der hohen Wassersättigung und des geringen Porenwasserdrucks verfestigt sich der Torf langsam unter Lasten, was zu allmählichen Setzungen führen kann.
- Bioturbation: Aktivitäten von Mikroorganismen und Pflanzenwurzeln können die Bodenstruktur im Laufe der Zeit verändern, was die mechanischen Eigenschaften des Bodens beeinflusst.

4. Bodenerosion/Abtropfen

- Auch in Mooren kann es bei veränderten Niederschlagsverhältnissen zu Erosionsprozessen kommen, insbesondere wenn Oberflächenstrukturen (Vegetation, Moosmatten) durch Bauarbeiten beschädigt werden.
- Bei PV-Anlagen, insbesondere bei Aufständern, kann das veränderte Abtropfverhalten von Niederschlag (konzentrierter Wasserfluss von Modulkanten) Mikroerosionen auslösen. Hierbei können Erosionsmessungen oder das Monitoring von Bodenabtrag unter und zwischen den Modulen eingesetzt werden.

Die für die oben genannten Fragestellungen gewählten und im Folgenden vorgestellten Methoden sind möglichst einfach in der Feldarbeit umzusetzen und zielen vor allem darauf ab, ein einfaches, kostengünstiges Monitoring über viele Jahre hinweg zu gewährleisten. Sie ersetzen keine professionelle Baugrunduntersuchung und erfüllen auch nicht die dafür benötigten Standards. Umfangreiche Datenerhebungen im Rahmen einer Baugrunduntersuchung sollten, wenn möglich, mit in die Betrachtung einbezogen werden.

Untersuchungsdesign

Geotechnische Untersuchungen im Feld:

- Boden-Penetrometer: Beim Einstechen in den Boden wird der Eindringwiderstand gemessen. Auf diese Weise können verdichtete Schichten im Boden erkannt werden (z. B. mit Sonde der Firma agreto, „Agreto Bodensonde“ AGBS0101)
- Scherfestigkeitsmessung mittels leichten oder robusten Scherfestigkeitsmesser-Handgeräten: Eine Achse mit daran befestigten Flügeln (oder Finnen) wird vertikal im Boden platziert und mit einer bestimmten Geschwindigkeit und Kraft gedreht (z. B. der Firma Eijkelpamp Art. Nr. 14.05 oder 14.08, Messung bis 3 oder 10 m Tiefe)

Messung der Bodenerosion sowie Moorbodensetzung/-quellung:

- Direkte Geländemessungen:
 - Erosionsnägel/-stäbe (Messstäbe):
 - Dienen der quantitativen Erfassung von Bodenabtrag bzw. -aufbau an konkreten Verdachtsstellen (z. B. Überprüfung des Abtropfverhaltens) über definierte Zeiträume.
 - Erosionsstäbe werden senkrecht in den Boden eingebracht und die relative Änderung der (erodierten) Oberfläche kann über definierte Zeiträume abgelesen werden
 - Erosionsmessungen sind innerhalb von Moorflächen derzeit nicht erprobt, es sollte daher darauf geachtet werden, dass die Stäbe höhen- und lagestabil eingebracht sind. Ggf. bietet es sich auch einfach an, Markierungen an Befestigungsstangen der PV-Module selbst anzubringen oder Fixstangen zu setzen, an denen über den Monitoringzeitraum hinweg Höhenveränderungen dokumentiert werden können.
 - Topographische Vermessungen (Tachymetrie/Differential-GPS, Laserscanning, oder ggf. auch Drohnenbefliegungen): zur Messung von Geländehöhenänderungen an konkreten Verdachtspunkten oder in großräumiger Auflösung
- Indirekte Methoden:
 - Analyse von Bodenprofilen auf Ablagerungshorizonte bzw. Änderung der Mächtigkeiten

Allgemeines:

- Dokumentation von Grundwasserstand, Vegetationsdecke und Witterungsbedingungen für eine kontextualisierte Interpretation der Ergebnisse.

Technisch-operative Aspekte des Bodenschutzes

- Vor der Probenahme an den Beprobungspunkten ist sicherzustellen, dass
 - keine sonstigen Störungen (z. B. Gräben, Aushub) vorhanden sind,
 - möglichst im Umkreis von 1,00 m keine Dränrohre vorhanden sind.

Auswahl der Untersuchungsflächen:

- Standortgradienten: Festlegung von Flächen entlang unterschiedlicher Wasserstände, Vegetationsstrukturen und Bodenverhältnisse, um die natürliche Heterogenität des Moores abzubilden
- Referenzflächen: Einbezug von Kontrollflächen ohne PV-Installation, um Basiswerte (Baseline) festzuhalten und spätere Veränderungen sicher detektieren zu können
- Messnetze für Bodenparameter: Einrichtung von Messpunkten in definierter räumlicher Anordnung (z. B. Raster oder transektorientiert)

Benötigte Arbeitsmaterialien

Feldmethoden

- Handgeräte (Penetrometer und Scherfestigkeitsmesser)
- Ggf. Hand-Bohrstock (z. B. Pürckhauer), Moor-Klappsonde, Rammkernsonde zum Vorbohren in die zu testenden Bodenschichten
- Erosionsstäbe, Sprayfarbe zur Markierung, Hammer, Werkzeuge und ggf. Hilfsmaterial zur Befestigung der Stäbe
- Hilfsmittel zur Standortbestimmung: GPS-Gerät für georeferenzierte Probenpunkte, Maßbänder, Fluchtstäbe
- Dokumentationsmaterial: Protokolle, Fotoapparat oder Tablet/Smartphone für Fotodokumentation

Büro (Auswertung und Planung)

- Hard- und Software:
 - PC/Laptop mit gängiger Office-Software für Berichte und Dokumentation
 - GIS-Software (z. B. QGIS, ArcGIS) zur räumlichen Analyse und Kartierung
 - Ggf. Statistik-Software (z. B. R, SPSS) für Auswertung von Messwerten und Zeitreihen
 - Datenbanken oder Datenmanagement-Systeme für Langzeitarchivierung
- Planungsunterlagen: Übersichtskarten, Luftbilder, historische Karten, Bodenkarten, Meta-Datenbanken (z. B. Standortdaten, Klimadaten)
- Literatur und Normen: Aktuelle Bodenkundliche Kartieranleitung, DIN-/ISO-Normen, relevante Fachartikel und Handbücher (siehe Tabellenabschnitt „Rechtliche Grundlagen, Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)“)

Zeitbedarf

- Richtet sich nach Flächengröße der PV-Anlage und daraus abgeleitetem Messraster oder Transekt
- Eine Messung am jeweiligen Messpunkt mit den Sonden dauert nur wenige Minuten
- Erosionsstäbe werden einmalig installiert und im Rahmen der Feldarbeit protokolliert

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Wetter- und Jahreszeitliche Stabilität: Untersuchungen sollten in möglichst stabilen Wetterperioden durchgeführt werden, um Verzerrungen durch Extremereignisse (Starkregen, Trockenphasen, Frost) zu minimieren. Bei langen Monitoring-Phasen ist jedoch auch die Erfassung saisonaler Schwankungen nötig.
- Wasserstand/Grundwasserregime: Die Messungen sollten idealerweise unter definierten Wasserstandsbedingungen erfolgen. Bei Mooren kann ein stark schwankender Wasserstand die Messergebnisse (z. B. hydraulische Leitfähigkeit, Porenverteilung) erheblich beeinflussen.
- Vegetationsstatus: Zeitpunkt und Häufigkeit der Erfassung sollten auf das Vegetationsstadium abgestimmt sein, da Bewuchs Erosionsschutz, Wasserhaushalt und Bodenstruktur beeinflusst.
- Konstante Messbedingungen und Methodenkonstanz: Wiederholungsmessungen sollten mit identischer Methodik, gleicher Gerätejustierung und unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt werden, um Messreihen vergleichbar zu halten.

Technisch-operative Aspekte des Bodenschutzes

- Referenzmessungen: Parallel durchgeführte Messungen auf ungestörten Referenzflächen sind wichtig, um natürliche Schwankungen von standortbedingten Veränderungen durch die PV-Installation abgrenzen zu können.

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

Vor Baubeginn:

- Durchführung von Boden Penetrometer- und Scherfestigkeitsmessungen zur Erfassung der Ausgangsbedingungen.
- Erstellung eines Basisdatensatzes für zukünftige Vergleiche.

Während der Bauphase:

- Regelmäßige Penetrometer-Messungen nach Einsatz schwerer Maschinen zur Überwachung der Verdichtungen.
- Scherfestigkeitsmessungen nach wichtigen Bauabschnitten, insbesondere nach Installation von Fundamenten.

Nach Baubeginn (Betriebsphase):

- Boden Penetrometer:
- Jährliche Messungen zur kontinuierlichen Überwachung der Bodenveränderungen.

Scherfestigkeitsmessung:

- Messungen alle 2-3 Jahre zur Verfolgung langfristiger Veränderungen der Scherfestigkeit.

Bei Auffälligkeiten:

- Zusätzliche Messungen bei Anzeichen von Setzungen oder strukturellen Veränderungen der PV-Anlagen.

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

Standortdaten:

- GPS-Koordinaten aller Proben- und Messpunkte
- Höhenlage, Geländeform, Vegetationsbeschreibung, Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Erfassung

Messprotokolle:

- Standardisierte Bögen mit Anzahl und Tiefe der Messungen

Fotodokumentation:

- Übersichtsfotos des Untersuchungsgebietes, Detailaufnahmen der Bohrkerne, Bodenprofile, Messaufbauten und Veränderungen im Gelände

Protokollierung von Störungen:

- Dokumentation von eventuellen Beeinträchtigungen durch Baumaßnahmen, Witterung oder Zugangsschwierigkeiten

Büro/Labor

Datenmanagement:

- Digitale Erfassung aller Mess- und Labordaten in Datenbanken oder Tabellen mit klarer Versionskontrolle
- Hinterlegung von Meta-Informationen (z. B. DIN/ISO-Normen, auf die sich Messungen beziehen), um Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit sicherzustellen

Berichte und Auswertungen:

- Erstellung von Zwischen- und Abschlussberichten mit klarer Referenz auf Methoden, Proben, Messstellen und Zeiträume
- Sichere Archivierung aller Unterlagen (digital und ggf. in Papierform) für eine langfristige Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse

Technisch-operative Aspekte des Bodenschutzes

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Empfindlichkeit des Standortes: Moorstandorte sind ökologisch besonders schützenswerte und empfindliche Systeme. Jede Probenahme oder Messinstallation sollte so bodenschonend wie möglich erfolgen, um den natürlichen Wasser- und Gashaushalt sowie die Vegetationsstruktur nicht unnötig zu stören.
- Zugänglichkeit und Sicherheit: Weiche, nasse oder instabile Böden erschweren den Zugang und erhöhen das Risiko von Unfällen oder Beschädigungen am Boden. Der Einsatz von Bohlenstegen oder leichten Plattformen kann notwendig sein, um den Untergrund zu schonen und sichere Arbeitsbedingungen zu schaffen.
- Langfristige Stabilität von Referenzpunkten: Da Moore sich natürlicherweise setzen oder aufquellen können, ist die exakte, langfristige Wiederauffindbarkeit von Messstellen und Referenzpunkten eine Herausforderung. Gut dokumentierte und dauerhaft markierte Messpunkte (z. B. stabile GPS-Koordinaten, feste Markierungen) sind wesentlich, um Vergleichbarkeit über die Jahre sicherzustellen.
- Logistische Abstimmung: Da möglicherweise parallel andere Untersuchungen (z. B. zu Nährstoffdynamik, Emissionen, Vegetationsanalysen) stattfinden, ist eine enge Koordination im Team sinnvoll. So können sich verschiedene Messungen gegenseitig ergänzen und Störungen durch mehrfache Beprobung der gleichen Fläche minimiert werden.
- Behördliche Vorgaben und Genehmigungen: In sensiblen Ökosystemen können Naturschutzauflagen oder behördliche Genehmigungen für Probenahmen und Messinstallationen erforderlich sein. Diese sind vorab zu klären, um rechtliche Rahmenbedingungen einzuhalten.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Durch den Einsatz von Boden-Penetrometer und Scherfestigkeitsmessgerät lassen sich wesentliche geotechnische Eigenschaften der Moorböden überwachen und bewerten. Die Penetrometer-Messungen ermöglichen eine Erfassung von Verdichtungen und Setzungsverhalten, wodurch potenzielle Risiken für die Stabilität der PV-Anlagen erkannt werden können. Gleichzeitig liefern die Scherfestigkeitsmessungen wichtige Informationen über die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen mechanische Belastungen wie Wind oder Erschütterungen, was entscheidend für die langfristige Sicherheit der Anlagen ist. Insgesamt bieten diese einfachen und effektiven Feldmethoden wertvolle Einblicke in die Bodenstruktur und -dynamik, unterstützen fundierte Entscheidungsprozesse während der Bau- und Betriebsphasen und tragen maßgeblich zur Optimierung des Monitorings und zur Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung von Moorflächen für Photovoltaik-Anlagen bei. Die Ergebnisse geben Aufschluss über die Stabilität und Funktionsfähigkeit des Bodenökosystems, identifizieren potenzielle Problemzonen (z. B. erhöhte Erosion, Verdichtung) und liefern eine belastbare Grundlage für Managemententscheidungen, Sanierungsmaßnahmen oder Anpassungen in der Anlagenplanung.

Grenzen der Anwendbarkeit

Obwohl Boden Penetrometer und Scherfestigkeitsmessgeräte wertvolle Einblicke in die geotechnischen Eigenschaften von Moorböden bieten, gibt es bestimmte Einschränkungen bei ihrer Anwendung. Penetrometer-Messungen können durch heterogene Bodenstrukturen oder extreme Feuchtigkeitsbedingungen beeinträchtigt werden, was die Genauigkeit der Ergebnisse verringern kann. Zudem liefern diese Methoden nur punktuelle Daten, die möglicherweise nicht die gesamte Bodenvariation über große Flächen abbilden. Scherfestigkeitsmessungen erfordern eine sorgfältige Platzierung und können durch oberflächennahe Störungen oder biologische Aktivitäten im Moor beeinflusst werden. Schließlich ersetzen diese einfachen Feldmethoden keine umfassenden Baugrunduntersuchungen und sollten daher als ergänzende Werkzeuge im Rahmen eines ganzheitlichen Monitoring-Konzepts eingesetzt werden.

Anwendungsgebiete

- s. Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Technisch-operative Aspekte des Bodenschutzes

Rechtliche Grundlagen, Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur zur Bodenkunde und Moorkunde:

- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (2019): Lehrbuch der Bodenkunde. 17. Aufl., Springer Verlag, Berlin/Heidelberg: 772 S., <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3>.
- Schmidt, H.-S., Buchmeier, R., Vogt-Breyer, C. (2023): Grundlagen der Geotechnik - Verstehen – Analysieren – Bauen. Springer Vieweg, Wiesbaden: 766 S., <https://doi.org/10.1007/978-3-658-39834-7>.
- Succow, M. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., Schweizerbart, Stuttgart: 622 S.

Methodenhandbuch für Moorbodenmonitoring:

- Frank, S., Dettmann, U., Heidkamp, A., Piayda, A., Oehmke, W. & Tiemeyer, B. (2022): Methodenhandbuch zu den Gelände- und Laborarbeiten für den Aufbau des deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz (MoMoK) – Teil 1: Offenland. Version 1.0. Thünen Working Paper 199: 111 S., <https://doi.org/10.3220/WP1661764883000>.

Erosionsmessung:

- Hudson, N. (1993): Field measurement of soil erosion and runoff. FAO Soils Bulletin Vol. 68, Food & Agriculture Organization of the United Nations, United Kingdom: 139 S., ISBN: 92-5-103406-0, <https://www.fao.org/4/t0848e/t0848e-07.htm> (letzter Abruf: 07.01.2025).
- Falcao-Sobrinho, J., Diniz, S. F., Barbosa, F. E. L., & de Assis, P. H. E. (2023): Erosion Pins: Installation, Readings, and Calculations of Soil Losses under the Effect of Hydrogel. Journal of Sustainable Development, 16(4): 1-57 S., <https://doi.org/10.5539/jsd.v16n4p57>.

Scherfestigkeitsmessgerät:

- https://www.birs-hydromet.ch/view/data/9729/BodenGeologie/P1-54d_Scherfestigkeitsmessung.pdf (letzter Abruf: 20.12.24).

Boden-Penetrometer:

- https://www.agrar-fachversand.com/de/haus-hof/weidebedarf/messgeraete/agreto-boden-sonde/penetrometer-agbs0101?etcc_med=SEA&etcc_par=Google&etcc_cmp=AFDE-Performace-Max+35EUR&etcc_grp=&etcc_bky=&etcc_mty=&etcc_plc=&etcc_ctv=&etcc_bde=c&etcc_var=EAlaIQobChMI79n-3rS2igMV3bVoCR38wRh-kEAQYASABEgK9e_D_BwE&cq_src=google_ads&cq_cmp=16898864634&cq_con=&cq_term=&cq_med=pla&cq_plac=&cq_net=x&cq_plt=gp&gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMI79n-3rS2igMV3bVoCR38wRh-kEAQYASABEgK9e_D_BwE (letzter Abruf: 20.12.24).

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.4.5 Moorhydrologische Verhältnisse/Wasserhaushalt

Tab. 77: Steckbrief/factsheet „Erfassung des Wasserhaushalts“

Erfassung des Wasserhaushalts

Methodische Grundlagen

Der mögliche Einfluss von PV-Anlagen auf den Wasserhaushalt wiedervernässter Moore erfordert auf hydrotopischer Ebene die Betrachtung von Niederschlag, tatsächlicher Verdunstung, Speicheränderung sowie unter-/oberirdischem Abfluss. Die topischen Untersuchungen sind in/unterhalb der Moor-PV-Anlage (unter Berücksichtigung von räumlichen Gradienten infolge unterschiedlicher Prozessionsstruktur) sowie möglichst auch in einem nicht von PV-Anlagen beeinflussten, auch wiedervernässten Bereich in demselben Moor durchzuführen.

Erfassung des Wasserhaushalts

Auf chorischer Ebene (Landschaftswasserhaushalt) sind die gleichen Wasserhaushaltsgrößen relevant; hier treten aber unter-/oberirdischer Zu- und Abfluss auf der Ebene eines hydrologischen Einzugsgebietes hinzu. Das bedeutet, dass Zuflüsse von außen und auch Abflüsse aus einem zweckdienlich abzugrenzenden hydrologischen Einzugsgebiet einbezogen werden müssen.

Untersuchungen auf chorischer Ebene machen nur Sinn, wenn a) geeignete Systemstrukturen im Sinne hydrologischer Einzugsgebiete real/eindeutig abgrenzbar sind und b) abschätzbar ist, dass durch die Moor-PV-Anlage eine maßgebliche quantitative Wirkung ausgehen könnte. Daher dürfen sich entsprechende hydrologische Systeme auf annähernd gleicher Dimensions- bzw. Maßstabebene bewegen, d. h. die arealen Verhältnisse von durch Moor-PV beeinflusster Fläche und dem hydrologischen Einzugsgebiet sollten sich größenordnungsmäßig nicht zu grob unterscheiden. So macht es vermutlich keinen Sinn, z. B. eine Moor-PV-Anlage von 3 ha Fläche in einem hydrologischen Einzugsgebiet von 1.000 ha zu betrachten, weil der potenzielle hydrologische Einfluss von Moor-PV-Anlagen auf dieser Systemebene dann kaum nachweisbar sein wird.

Untersuchungsdesign

Topische Ebene

- Repräsentative und automatisierte Erfassung des Niederschlages (DWD 2020); Berücksichtigung der Niederschlagskorrektur in Abhängigkeit des Geschützteitsgrades des Messgerätes (z. B. für Tageswerte oder Monats- und Jahresmittelwerte nach Richter (1995))
- Ermittlung des Interzeptionsverlustes (Benetzungsverdunstung) durch die PV-Module, insbesondere durch flächennormierten Vergleich zwischen a) Abfluss von den Modulen und b) Niederschlagsmessergebnisse ohne PV-Anlagenbeeinflussung; hier ist erforderlich, systematische Messfehler möglichst zu vermeiden/zu minimieren und eine diesbezügliche Fehlerbetrachtung durchzuführen
- Direktmessung der tatsächlichen Verdunstung mit Hilfe der Eddykovarianzmethode
 - Kombination von einem in schneller Folge messenden dreidimensionalen Windmesser (z. B. Ultraschallanemometer) mit einem schnellen Hygrometer (z. B. Kryptonhygrometer) (DWA-M 504-1), Daten ggf. aus paralleler Messung des Strahlungs-/Wärmehaushalts (s. Tab. 73)
- Alternativ: Bestimmung der tatsächlichen Evapotranspiration aus der Wassergehaltsänderung (DWA-M 504-1), dazu u. a.
 - Wassergehaltsbestimmung im Boden mit Hilfe der gravimetrischen Methode oder Einbeziehung von Bodenfeuchtemessdaten aus den parallelen bodenkundlichen Messungen
 - Bestimmung des Kapillaraufstiegs und der effektiven Durchwurzelungstiefe
- Ggf. andere geeignete Methoden der Verdunstungsermittlung, z. B. pflanzenphysiologische Bestimmungsverfahren zur Bestimmung der Transpiration (DWA-M 504-1)
- Erfassung der Veränderungen im Moorwasserstand und im Bodenwassergehalt (s. o.), aber Effekte von Zu-/Abstrom beachten

Chorische Ebene (Landschaftswasserhaushalt)

- Erfassung/Messung oberirdischer Zu-/Abflüsse mittels Durchflussermittlungen aus Messungen oder durch Wasserstandsmessungen auf der Basis von kalibrierten Wasserstands-/Durchfluss-Beziehungen (unter Gewährleistung hydrometrischer Qualitätsanforderungen, zu Messverfahren s. LAWA 2020)
- Erfassung/Messung unterirdischer Zu-/Abflüsse (Grundwasserströmungen) auf der Basis von Wasserstands-/Druckmessdaten (Grund-/Moorwasserpegel, ggf. ergänzend Grabenpegel) unter Einsatz von Pegeldatenloggern (s. z. B. Frank et al. 2022) hydrogeologischen Verfahren bzw. Modellen; hierfür sind räumlich repräsentative Bohrdaten/Boden-/Untergrundaufschlüsse zur Erfassung der Substratschichten erforderlich, oberflächennah könnte der Wert der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit im Bodenlabor oder ggf. vereinfacht durch Bohrloch-/Infiltrationsversuche bestimmt werden (vgl. auch Frank et al. 2022)
- Ermittlung von Gebietsmitteln des Niederschlages und der Verdunstung (z. B. Dyck et al. 1980)
- Probat: Einsatz von deterministischen hydrologischen Modellen oder von Wasserhaushaltsmodellen zur Berechnung der hydrologischen Größen bzw. Bilanzierung (mit den Messdaten als Kalibrierungsgrößen)

Erfassung des Wasserhaushalts

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Abflusssammlung für Module (spezifische Rahmenkonstruktion zur Abflusssammlung erforderlich inklusive Auslass und Auffangeinrichtung mit automatischer Mengenregistrierung)
- Pluvio-/Ombrometer
- Anemometer
- Hygrometer
- Durchflusssmesstechnik (z. B. induktiv oder per Ultraschall)
- Nutzung einzelner und ggf. zentraler Datenlogger oder Mobilfunktechnik zur Datenfernübertragung
- Messgestänge, Messtürme
- Pegelrohre, Pegelsonden (z. B. Drucksonden) und Pegelzubehör (Grund-/Moorwasser und Oberflächengewässer)
- Hochpräzise Vermessungstechnik (Lage und Höhen)
- Absicherung der Eigenstromversorgung (in der Regel durch Akkus)
- Ggf. deterministische hydrologische Modelle oder Wasserhaushaltsmodelle

Zeitbedarf

- Installationsbedarf (abhängig von Anzahl der zu installierenden Messsysteme)
- Messkampagne (kontinuierlich, mehrjährig)
- Messstellenbetreuung (Kontrolle der Messtechnik, Datenauslesen (mehrere Tage je Monat))
- Auswerten, Darstellen, Interpretieren, auch im Kontext anderer Daten
- Für Modellierung entsprechend des vom Modell abhängigen Aufwands für Einarbeitung, Parametrisierung, ggf. Kalibrierung/Validierung, Modelldurchläufe, Auswertung, ggf. Modell-Ensembleanwendung mit erhöhtem statistischem Aufwand

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Standardisierte und stets vergleichbare Messungen
- Erfassen der hydroklimatischen und hydrologischen Dynamik/Variabilität im relevanten Prozesstakt

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Durchgehende, stetige Erfassung meteorologischer/hydroklimatischer Größen (Dauerbeobachtung mit hoher zeitlicher Auflösung)
- Prozessadäquate (intervallorientierte) Erfassung hydrogeologischer bzw. geohydrologischer Parameter (Wasserstände, Bodenfeuchte, Vegetationseigenschaften, Mikrorelief)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Koordinaten, Zeitpunkte von Installation und Kontrollen
- Witterung, Randbedingungen
- Überprüfung der Systemzeit erforderlich, ggf. Abgleich mit Echtzeit
- Messdaten, Einflussgrößen

Büro/Labor

- Datenauswertung
- Berücksichtigung des allgemeinen meteorologischen und hydrologischen Geschehens mittels Heranziehen von Wetter- und Klimadaten sowie von Daten der hydrologischen Landesmessnetze
- Bei Modellierung:
 - Modellauswahl und -begründung
 - Grundlagendaten und -herkunft
- Parametrisierung (Begründung)
- Kalibrierung bzw. Validierung

Erfassung des Wasserhaushalts

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Auf Zu- und Abflussverhältnisse achten und diese berücksichtigen

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Bilanzieren der Wasserhaushaltsgrößen in geeigneten Raum-Zeit-Skalen: topisch und ggf. chorisch
- Erkenntnisse im Hinblick auf Veränderungen der Verdunstung und des Abflusses bei installierten Moor-PV-Anlagen, auch als Grundlage/Ergänzung für andere Betrachtungen (Stoffhaushalt, Wärmehaushalt)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Keine

Anwendungsgebiete

- Grundlage einer hydrologischen Beurteilung von Moor-PV-Anlagen
- Erklärungsgrundlage für ggf. veränderte geobiochemische und biologische/ökologische Prozesse
- Möglichkeit einer hydrologisch begründeten Vegetations- und Ökotoptvorhersage, z. B. mittels Kopplung integrativer Akrotelm- bzw. Moorbodenparameter (Edom 2001)
- Ggf. Bedeutung für die wasserwirtschaftliche Beurteilung (WRRL, WHG, OGewV, GrwV)

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- DIN 4049-3: Hydrologie – Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Oktober 1994: 80 S.
- Dyck, S., Becker, A., Flemming, G., Glugla, G., Golf, W., Grünwald, U., Gurtz, J., Kluge, C. & Peschke, G. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 2. Berlin (VEB Verlag für das Bauwesen), 2. überarb. Aufl., 544 S.
- DVGW W 121 (A): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 121. Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Juli 2003: 21 S.
- DWA-M 504-1: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Teil 1: Grundlagen, experimentelle Bestimmung der Landverdunstung, Gewässerverdunstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Merkblatt. Juli 2018: 142 S.
- DWA-M 504-2: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Teil 2: Berechnungsverfahren der Landverdunstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Merkblatt. Dezember 2024: 171 S.
- DWD (2020): Richtlinie. Automatische nebenamtliche Wetterstationen im DWD. Deutscher Wetterdienst (DWD): 16 S., https://www.dwd.de/DE/derdwd/beobachter/richtlinie_auto_na_wetterstationen.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Edom, F. (2001): Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht. In: Succow, M. & Joosten, H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart: S. 185-222.
- Frank, S., Dettmann, U., Heidkamp, A., Piayda, A., Oehmke, W. & Tiemeyer, B. (2022): Methodenhandbuch zu den Gelände- und Laborarbeiten für den Aufbau des deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz (MoMoK) – Teil 1: Offenland. Version 1.0. Thünen Working Paper 199: 111 S., <https://doi.org/10.3220/WP1661764883000>.
- LAWA (2018): Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch. Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): 160 S., https://www.lawa.de/documents/02_anhang_2_lawa_pegelhandbuch_2_3_1552303807.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Richter, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194: 93 S., <https://dwdbib.dwd.de/retrosammlung/content/structure/38928> (letzter Abruf: 20.12.2024).

Erfassung des Wasserhaushalts

Ggf. sonstiges Relevantes

- nein

4.4.6 Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe, Schadstoffe)

Tab. 78: Steckbrief/factsheet „Erfassung Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe, Schadstoffe)“

Erfassung Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe)

Methodische Grundlagen

- Nährstoff- und Schadstoffmessungen im Grund-, Poren und ggf. Oberflächenwasser sowie im Boden (Schadstoffe, z. B. Zink, insbesondere im Hinblick auf eine Freisetzung aus bodenberührten Anlagen-teilen, insbesondere in wasserführenden Schichten)
- Falls eine hydraulische Verbindung besteht ggf. auch in angrenzenden Gewässern, um potenzielle Nährstoffausträge aus der Fläche in benachbarte Gewässer zu erfassen

Untersuchungsdesign

- Punktueller Probenahme an mehreren Messstellen auf der Fläche und in unterschiedlichen Tiefenhorizonten
- Sondenmessung
- Beprobung Wasser: in allen Monaten, monatlich oder mindestens 1x pro Quartal
- Beprobung Boden: ein bis zweimal jährlich
- Wasser- und bodenchemische Analysen im akkreditierten Labor nach einschlägigen DIN-Vorschriften

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Feldprotokoll mit wasserfester Oberfläche oder Outdoor-Tablet
- GPS-Gerät zur Erfassung der Koordinaten oder Markierungsstäbe zur einmaligen Kennzeichnung der Messstellen
- Bohrer und Pegelrohre zum Setzen von Pegeln, sowie Logger für die Pegelrohre
- Porenwasserlanze oder fest installierbarer Porenwasser-Sampler („Peeper“; s. z. B. Teasdale et al. 1995)
- Pumpe zur Förderung des Grundwassers
- Multiparameter-Sonde mit ausreichend langem Kabel
- Großer Eimer/Mischgefäß, Messbecher
- Spritzenvorfilter zur Filtration vor Ort oder Glasfaserfilter zur Filtration im Labor mit Filtrationsgestell
- Schaufel oder Spaten (für Bodenprobengewinnung)
- Probenahmegefäße für chemische Analysen im Labor (z. B. Falcon-Tubes, Grünglasflaschen)
- Kühlbox inkl. Kühlakkus
- EDV mit Geoinformationssystem (z. B. ArcGIS, QGIS)
- Statistiksoftware (z. B. Excel, R, Python)

Zeitbedarf

- Stark abhängig von der Anzahl der Messstellen, der Begehrbarkeit der Fläche (Wasserstand) und dem Umfang der Probenahme (Grundwasser, Porenwasser, Oberflächenwasser)
- Anzahl der Messstellen ist abhängig von der Größe und Topografie der Fläche

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

Erfassung Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe)

- Eisfreiheit

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Über mehrere Jahre, um langfristige Effekte zu erfassen
- Ganzjährig/alle Jahreszeiten
- Wasserproben: mindestens 1x im Quartal, idealerweise 1x monatlich, um zeitliche Schwankungen zu erfassen
- Bodenproben: 1 - 2x im Jahr

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Höhe des Wasserstandes
- Wasser- oder Bodentemperatur (je nach Wasserstand; bei Überstau: Wassertemperatur)
- Probengeruch und -aussehen (Trübung, Färbung)
- Sondenmessung: Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotenzial

Labor

- Wasser- und bodenchemische Analysen im akkreditierten Labor nach einschlägigen DIN-Vorschriften
- Stickstoffkomponenten in Wasserproben: Ammonium (NH₄-N), Nitrit (NO₂-N), Nitrat (NO₃-N), Gesamtstickstoff (TN)
- Phosphorkomponenten in Wasserproben: gelöster reaktiver Phosphor/Phosphat (o-PO₄-P), Gesamtposphor (TP)
- Kohlenstoffkomponenten in Wasserproben: gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)
- In Bodenproben: C/N-Verhältnis; ggf. Eisen (zur Bewertung der potenziellen Phosphorbindungskapazität; s. z. B. Zak et al. 2010)
- Zink und ggf. weitere Schadstoffe aus der Freisetzung bodenberührter Anlagenteile, insbesondere in wasserführenden Schichten

Büro

- Digitalisierung analoger Feldprotokolle/Dateneingabe
- Auswertung Jahresgang verschiedener Parameter
- Auswertung räumlicher Verteilungsmuster (vertikal, horizontal) über die Zeit
- Bei Vorhandensein einer hydraulischen Verbindung zu einem angrenzenden Oberflächengewässer: Sofern Monitoringdaten (z. B. WRRL - Monitoring) der Vorjahre vorliegen – Auswertung und Vergleich

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Beim Begehen der Fläche ist darauf zu achten, dass die Messstellen für Oberflächenwasser- und Bodenproben unmittelbar vor der Beprobung möglichst unbeeinflusst von den Probennehmern bleiben
- Es sollten keine Probenahmen unmittelbar nach Wartungsarbeiten durchgeführt werden, da diese die Bodenstruktur und die Stoffflüsse zwischen Boden und Poren- bzw. Oberflächenwasser beeinträchtigen
- Die Entnahmetiefe der Bodenproben sollte sich nach der Schwankungsbreite des Wasserstandes richten, um den oberflächennahen Bereich zu beproben, der regelmäßigen Schwankungen unterliegt

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Es werden Erkenntnisse über die Nährstoffpools im Boden und im Wasser gewonnen, sowie über potenzielle Auswirkungen der Veränderung des Mikroklimas in Bodennähe
- Die Ergebnisse geben Aufschluss darüber, ob Konzentrationsgradienten vorliegen (z. B. zwischen Oberflächen- und Porenwasser), d. h. ob Nährstoffe zurückgehalten oder freigesetzt werden

Erfassung Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe)

- Ggf. auftretende Schadstofffreisetzungen können erkannt und bewertet werden, ggf. sogar im Hinblick auf verschiedene Baumaterialien bzw. Beschichtungsformen

Grenzen der Anwendbarkeit

- Es muss berücksichtigt werden, dass die Wasserstände schwanken und somit an den entsprechenden Messstellen nicht immer Oberflächenwasserproben gewonnen werden können
- Manuelle Probenahmen sind zeit- und kostenintensiv
- Die Stoffflüsse in wiedervernässten Mooren sind stark von den hydrologischen Bedingungen abhängig. Daher sind meteorologische und hydrologische Verhältnisse bei der Interpretation der Daten dringend zu berücksichtigen

Anwendungsgebiete

- Grundlage zur Beurteilung der Auswirkungen von PV-Anlagen auf Stoffflüsse (einschließlich Schadstofffreisetzung) in wiedervernässten Mooren
- Erklärungsgrundlage für ggf. veränderte biogeochemische und biologische/ökologische Prozesse (veränderte Bedingungen für die Vegetation, verminderte Verdunstung etc.)
- Bei hydraulischer Verbindung mit angrenzenden Gewässern und potenziellem Nährstoffaustrag - Im weitesten Sinne Begleit- oder Ursachenmonitoring für Überwachungs- oder Ermittlungszwecke nach WRRL, Gewährleistung der Maßgaben von WRRL, WHG und OGewV

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Teasdale, P.R., Batley, G.E., Apte, S.C. & Webster, I.T. (1995): Pore water sampling with sediment peepers. Trends in Analytical Chemistry 14 (6): S. 250-256, [https://doi.org/10.1016/0165-9936\(95\)91617-2](https://doi.org/10.1016/0165-9936(95)91617-2).
- Zak, D., Wagner, C., Payer, B., Augustin, J. & Gelbrecht, J. (2010): Phosphorus mobilization in re-wetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. Ecological Applications 20: S. 1336-1349, <https://doi.org/10.1890/08-2053.1>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- nein

4.4.7 Treibhausgasfreisetzung

Tab. 79: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Treibhausgasfreisetzung“

Erfassung der Treibhausgasfreisetzung

Methodische Grundlagen

- Punktueller Erfassung (Gashauben; mobil oder stationär)
- Eddy-Covariance-Turm (Gasflussmessung auf Ökosystemebene)
- Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

Untersuchungsdesign

- Punktueller Gashaubenmessungen, idealerweise entlang eines Transektes von trockenen zu feuchten/überstauten Bodenverhältnissen; ergänzend Messstellen mit und ohne Einfluss der PV-Anlagen (z. B. Fiedler et al. 2022)
- Installation eines Eddy-Covariance-Turms zentral in der Fläche zur automatischen Messung der Gas-konzentrationen und der relevanten meteorologischen Begleitparameter (nach Aubinet et al. 2012)

Erfassung der Treibhausgasfreisetzung

- Abschätzung der THG-Emissionen anhand von Vegetationskartierung (nach Couwenberg et al. 2008)

Benötigte Arbeitsmaterialien

Punktuelle Gashaubenmessungen

- Gashauben (mobil oder stationär)
- Infrarot-Gasanalysator/Laser-Gasanalysator (Vor-Ort-Messung)
- Gaschromatograph (Labormessung)
- Gasdichte Flaschen/Exetainer (Labormessung)
- Feldprotokoll/Outdoor-Tablet
- Wetterstation oder Messgerät (Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Lufttemperatur)
- Maßstab zur Erfassung des Wasserstandes (alternativ: fest installiertes Pegelrohr mit Logger)

Eddy-Covariance-Turm

- Messturm mit Gas-Sensoren ($\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, CH_4) und Gasanalysator (Infrarot oder Laser), sowie Sensoren zur Messung von Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Strahlungsintensität
- Optional zur Identifizierung von steuernden Parametern: Logger zur Überwachung der Wasser- und Bodentemperatur
- Gerätschaften zum Aufbau des Turms

Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

- Feldprotokoll / Outdoor-Tablet (Kartierung der Vegetation)
- Artenlisten mit Zuordnungen zu den Wasserständen

Allgemein

- EDV mit Geoinformationssystem (Arc-GIS, QGIS)
- Statistiksoftware (z. B. Excel, R, Python)
- Ggf. spezielle Software zur Berechnung der Gasflüsse, deren Rohdaten mit dem Eddy-Turm gemessen wurden (z. B. EddyPro 4.1)

Zeitbedarf

Punktuelle Gashaubenmessungen

- Ein- bis zweiwöchentliche Beprobungen (mobile Hauben)
- Dauer der Messung abhängig von Anzahl der Messstellen; je Messstelle ca. 10-15 Minuten [dreifache Messung, je 180 – 300 s (z. B. Gutekunst et al. 2022)]
- Bei stationären Hauben mit automatisierter Messung: ggf. Datenauslese; Häufigkeit abhängig vom verfügbaren Datenspeichervolumen

Eddy-Covariance-Turm

- Installation des Turms: 1 Arbeitstag
- Wartung: abhängig vom Aufwand

Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

- Personeller Aufwand zur Vegetationskartierung: 3 bis 10 ha/Stunde; abhängig von der Zugänglichkeit der Fläche und der Expertise des Personals

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

Punktuelle Gashaubenmessungen

- Eisfreiheit

Erfassung der Treibhausgasfreisetzung

Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

- Während der Wachstumsperiode
- Information notwendig, ob Bewirtschaftung stattfindet oder nicht; falls Bewirtschaftung stattfindet, dann Kartierung vor der 1. Mahd

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

Allgemein

- Messungen vor und nach der Errichtung der PV-Anlagen empfehlenswert, um anlagenbedingte Veränderungen erfassen zu können

Punktuelle Gashaubenmessungen

- Ganzjährig / alle Jahreszeiten
- 2-4 x pro Monat bei manueller Erfassung
- Über mindestens 2 Jahre, idealerweise über 5 Jahre, um zwischenjährliche Schwankungen zu erfassen (Fiedler et al. 2022)

Eddy-Covariance-Turm

- Ganzjährig/alle Jahreszeiten
- Kontinuierliche, automatisierte Messung

Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

- 1x jährlich in der Wachstumsperiode, idealerweise im Juni
- Erste Erfassung im ersten Sommer nach Errichtung der PV-Anlagen, zweite Erfassung nach 5 Jahren (um eine gewisse Anpassungszeit der Vegetation zu gewährleisten)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

Punktuelle Gashaubenmessungen

- Dokumentation der Probenahmen (Vor-Ort-Protokolle oder Outdoor-Tablet)
- Zu dokumentierende Parameter: Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Wasserstand

Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

- Dokumentation der Kartierungen (Vor-Ort-Protokolle oder Outdoor-Tablet)
- Zu dokumentierende Parameter: Anzahl und Art der Biotope, vorkommende Arten

Büro/Labor

- Digitalisierung analoger Feldprotokolle/Dateneingabe

Punktuelle Gashaubenmessungen

- Ggf. Laboranalyse der gewonnenen Gasproben mittels Gaschromatographie (mobile Hauben)
- Auswertung der Ergebnisse und Berechnung der Gasflüsse
- Ergebnisdarstellung z. B. als saisonalen Verlauf

Eddy-Covariance-Turm

- Auswertung der Ergebnisse und Berechnung der Gasflüsse
- Ergebnisdarstellung z. B. als saisonalen Verlauf

Abschätzung anhand von Bioindikatoren (GEST-Verfahren)

- Auswertung der Ergebnisse: Zuordnung der kartierten Artengruppen zu definierten Wasserzuständen
- Ermittlung des jährlichen Treibhausgaspotenzials

Erfassung der Treibhausgasfreisetzung

- Ergebnisdarstellung z. B. als saisonalen Verlauf

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

Bei Gashaubenmessungen sollten auch Messstellen unterhalb der PV-Module ausgewählt werden, um einen potenziellen Einfluss der Verschattung messen zu können. Diese könnte, im Vergleich zu umgebenden Bereichen, zu veränderten Boden-/Wassertemperaturen führen und somit einen Einfluss auf die Treibhausgasfreisetzung haben.

Für die Treibhausgasermittlung mithilfe des GEST-Verfahrens ist es essenziell, dass Informationen zu einer möglichen Bewirtschaftung der Fläche vorliegen, da diese das Artenvorkommen der lokalen Flora maßgeblich beeinflusst.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Mit den vorgestellten Methoden werden Erkenntnisse zur Beeinflussung der Treibhausgasflüsse durch PV-Anlagen auf wiedervernässten Mooren gewonnen. Durch den Vergleich mit wiedervernässten Mooren ohne PV-Anlagen und den Vergleich von Messstellen mit und ohne PV-Anlagen auf der Fläche (nur durch Gashaubenmessungen zu erreichen) können konkrete Aussagen zu potenziellen Auswirkungen durch Änderungen z. B. der Windströmungsmuster, der Lichtintensität und der Temperatur im Wasser und im Boden auf die Treibhausgasfreisetzung gewonnen werden. Schlussendlich können Aussagen zur Klimabilanz der Kombination aus Moor-Wiedervernässung und Moor-PV getroffen werden.

Grenzen der Anwendbarkeit

Punktuelle Gashaubenmessungen

Treibhausgasemissionen unterliegen starken saisonalen und zwischenjährlichen Schwankungen, die insbesondere von den Wasserständen abhängig sind. Mit ein- bis zweiwöchentlichen, manuellen Messungen können nicht alle zeitlichen Schwankungen der Umweltbedingungen erfasst werden. Zudem benötigen die Messungen einen hohen zeitlichen und personellen Aufwand. Des Weiteren wird durch die geschlossenen Gashauben der Einfluss des Windes ausgeschlossen, sodass ein potenzieller Einfluss der PV-Anlagen auf Veränderungen der Strömungsmuster nur bedingt untersucht werden kann.

Eddy-Covariance-Turm und GEST-Verfahren

Die Anwendung der beiden Verfahren ermöglicht keine Erfassung von kleinräumigen Auswirkungen, die potenziell durch PV-Anlagen entstehen können.

Anwendungsgebiete

- Grundlage einer Beurteilung der Gasflüsse infolge der Installation von PV-Anlagen auf wiedervernässten Moorböden
- Erfassung von ggf. veränderten Emissionsmustern und veränderten biogeochemischen Prozessen durch die Messung von Begleitparametern

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Aubinet, M., Vesala, T. & Papale, D. (eds.) (2012): Eddy Covariance: A Practical Guide to Measurement and Data Analysis, Springer Atmospheric Sciences, Springer Science+Business Media B.V., <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2351-1> 10.
- Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D., Wichtmann, W. & Joosten, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermoores hinsichtlich ihrer Klimarelevanz – Endbericht, 33 S.
- Fiedler, J., Fuß, R., Glatzel, S., Hagemann, U., Huth, V., Jordan, S., Jurasinski, G., Kutzbach, L., Maier, M., Schäfer, K., Weber, T. & Weymann, D. (2022): Best Practice Guideline – Measurement of carbon dioxide, methane and nitrous oxide fluxes between soil-vegetation-systems and the atmosphere using non-steady state chambers. Version 1.0, 70 S., <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5422>.

Erfassung der Treibhausgasfreisetzung

- Gutekunst, C., Lieber, S., Jenner, A.-K., Knorr, K.-H., Unger, V., Koebsch, F., Racasa, E. D., Yang, S., Böttcher, M. E., Janssen, M., Kallmeyer, J., Otto, D., Schmiedinger, I., Winski, L. & Jurasinski, G. (2022): Effects of brackish water inflow on methane-cycling microbial communities in a freshwater rewetted coastal fen. Biogeosciences 19: S. 3625-3648, <https://doi.org/10.5194/bg-19-3625-2022>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- GEST = Treibhaus-Gas-Emissions-Standort-Typen (nach Couwenberg et al. 2008)

4.5 Ermittlung der Auswirkungen auf Arten und Lebensräume

4.5.1 Erläuterung

In den folgenden Abschnitten wird das Untersuchungskonzept zur Ermittlung der Auswirkungen auf Arten und Lebensräume detailliert aufgeschlüsselt dargestellt. Auch diese Darstellungen erfolgen nach einheitlichen Kriterien steckbriefhaft („factsheets“), in gleicher Art und Weise, wie dies bereits in Abschnitt 4.1 beschrieben wurde.

Grundsätzlich sollte bei den Erfassungen und Bewertungen sowohl bei den Pflanzen als auch bei den Tieren dem Aspekt der moorspezifischen bzw. standorttypischen Biodiversität und damit einer möglichst hohen Naturnähe bzw. ökologischen Funktionsfähigkeit ein hoher Stellenwert zuteilwerden (vgl. z. B. Thiele & Berlin 2002, Tiemeyer et al. 2017, Hammerich et al. 2022).

4.5.2 Biotope/Biototypen

Tab. 80: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Biototypen“

Erfassung der Biototypen

Methodische Grundlagen

Biotopkartieranleitungen der Länder, Rote Liste der gefährdeten Biototypen Deutschlands (Riecken et al. 2017)

Untersuchungsdesign

- Überblickskartierung der Biotope auf Anlagenstandorten und in Vergleichsflächen (Übereinstimmung in hydrologischen Moortyp, Vernässungsgrad, -konzept und Nutzungsgeschichte)
- Auswahl und Festlegung repräsentativer Monitoringflächen (homogene Flächen, mind. 10 m²)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- GPS-Gerät, Fotoapparat, Aufnahmebögen oder auch GPS-fähiges Tablet
- Bodenmagnete
- Botanisiertrommel, Tüten für Belegmaterial

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Ca. 1 h/ha

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

Erfassung der Biotoptypen

- Innerhalb der Vegetationsperiode, Berücksichtigung ggf. geplanter Pflegetermine

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Einmalige Biotopkartierung der Bodenvegetation im Zeitraum vom Ende Mai bis Ende Juli

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Möglichst kleinräumige Abgrenzung der Biotopflächen innerhalb der Monitoring- und Vergleichsfläche, zusätzlich Erfassung von Arteninventar und Häufigkeit der Pflanzenarten innerhalb der Teilbiotope
- Auswahl und Sicherung der GPS-Koordinaten der repräsentativen Monitoringflächen

Büro/Labor

- Nachbestimmung der Belege kritischer Taxa, flächige Abgrenzung von Biotoptypen und Zuordnung von Schutzstatus (geschützte Biotope nach BNatSchG und ggf. FFH-Richtlinie Anhang I (innerhalb von Gebieten gemeinschaftlicher Bedeutung [GGB]) und Gefährungsgrad (Rote Liste Deutschlands und der jeweiligen Bundesländer)

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Bei Auftreten vorhandener Sonderstrukturen ergänzende Darstellung

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ergebnis der Darstellung ist eine flächige Charakterisierung der Biotopausprägung sowie die Ableitung und Kennzeichnung gesetzlich geschützter Biotope und vorhandener Sonderstrukturen
- Ergänzend erfolgt eine Festlegung repräsentativer Monitoringflächen

Grenzen der Anwendbarkeit

- Generalisierte Abgrenzung der Biotoptypen anhand von Biotoptypen und Mindestflächengrößen
- Keine differenzierte Darstellung von Verschiebungen des Artenspektrums unter Anlageneinfluss möglich

Anwendungsgebiete

- Ermittlung bzw. Überwachung vorkommender gesetzlich geschützter Biotope nach BNatSchG, in FFH-Gebieten ggf. auch ermittelter Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-RL
- Nullerfassung als Grundlage für Monitoringprogramme der Bodenvegetation (s. Tab. 81)

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Biotopkartieranleitungen der Bundesländer
- BFN & BLAK (2017): Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten und Lebensraumtypen als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. Teil II: Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie (mit Ausnahme der marinen und Küstenlebensräume). BFN-Skripten 481. Bundesamt für Naturschutz (BfN) und Bund-Länder-Arbeitskreis (BLAK) FFH-Monitoring und Berichtspflicht (Hrsg.). Bonn, Bad Godesberg: 243 S., <https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-07/Skript481%281%29.pdf> (letzter Abruf: 20.12.2024).
- (Riecken et al. 2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands dritte fortgeschriebene Fassung 2017. Naturschutz und Biologische Vielfalt 156. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). Bonn, Bad Godesberg: 648 S.

Ggf. sonstiges Relevantes

Erfassung der Biotoptypen

- nein

4.5.3 Pflanzengesellschaften

Tab. 81: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Pflanzenarten/-gesellschaften“

Erfassung der Pflanzenarten/-gesellschaften

Methodische Grundlagen

Rote Liste der Pflanzengesellschaften der jeweiligen Länder, Vegetationsformen nach Succow (Succow & Joosten 2001), Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands (Riecken et al. 2017), Datenbank Turboveg mit implementierten „Coverscale“ nach Londo (1976), erweitert nach Zacharias (1996)

Untersuchungsdesign

- Erfassung der im Rahmen der Biotopkartierung (s. Tab. 80) ausgewählten repräsentativen Monitoringflächen (homogene Flächen, mind. 10 m²) im Bereich der Maßnahmen- und Referenzfläche, zusätzliche Auswahl und Aufnahme von Flächen unterhalb der Module (linear, mind. 2 m Breite, zentral in Längsachse)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- GPS-Gerät, Fotoapparat, Aufnahmebögen oder auch GPS-fähiges Tablet
- Detektor für Bodenmagnete, Markierungsstäbe zur Kennzeichnung der Vegetationsflächen
- Botanisiertrommel, Tüten für Belegmaterial

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Ca. 1 h/Aufnahmefläche (bei 10 m² Größe)

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Innerhalb der Vegetationsperiode, Berücksichtigung ggf. geplanter Pflegetermine

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Einmalige Vegetationsaufnahme der Probeflächen im Zeitraum von Juni - Juli

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Aufnahme der Arten (Moose bis Höhere Pflanzen) und Deckungen nach Londo (1976), erweitert nach Zacharias (1996)
- Auswahl und Sicherung der GPS-Koordinaten (ergänzende Monitoringflächen unterhalb der Anlagen)

Büro/Labor

- Nachbestimmung der Belege kritischer Taxa, Eingabe in Turboveg, Zuordnung zu Vegetationstypen/Pflanzengesellschaften

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- -

Erfassung der Pflanzenarten/-gesellschaften

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ergebnis der Darstellung ist eine Erfassung von Vorkommen und Häufigkeit der Pflanzenarten unter- bzw. außerhalb der Modulflächen sowie eine Zuordnung zu Pflanzengesellschaften/Vegetationsformen und die Ermittlung von Zeiger- bzw. Differential- sowie gefährdeter/geschützter Arten
- Schwerpunkt der Auswertung soll auf den moortypischen Arten liegen

Grenzen der Anwendbarkeit

- Aufnahme der Häufigkeit erfolgt als Schätzwert in Größenclustern (bei Londo meist 10 % Stufen, nur > 10 % werden genauer untersetzt)
- Zuordnung zu Pflanzengesellschaften/Vegetationsformen bei Rumpfgesellschaften und Sukzessionsstadien nicht immer möglich

Anwendungsgebiete

- Feststellung der Veränderungen von Arteninventar und Deckung mit bzw. ohne Anlageneinfluss
- Bereitstellung von Daten für ein Langzeitmonitoring

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Rote Listen der Pflanzengesellschaften der Bundesländer
- Rote Listen der gefährdeten Pflanzen der Bundesländer
- Metzger, D., Garve, E. & Metzger-Hajek, G. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(7): 13-358, <https://doi.org/10.19213/904684>.
- Hennekens, S. M. & Schaminee, J. H. J. (2001). Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. – Journal of Vegetation Science 12: 589-591, <https://doi.org/10.2307/3237010>.
- Succow, M. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage. – Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung), 622 S.
- Londo, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. – Vegetatio 33: 61-64, <https://doi.org/10.1007/bf00055300>.
- Zacharias, D. (1996): Vegetationskundliche Dauerbeobachtung; Konzepte und Beispiele aus der Praxis Niedersachsens. – In: Umweltbundesamt (Hrsg.), Tagungsmappe zum Seminar on Monitoring für Nature.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.5.4 Libellen

Tab. 82: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Libellen“

Erfassung der Libellen

Methodische Grundlagen

Die Zielstellung der Untersuchung ist es, den Einfluss von auf Moorböden etablierten Photovoltaikanlagen auf die merolimnische Insektenordnung der Libellen abzuschätzen. Die methodischen Grundlagen folgen weitestgehend den Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit

Erfassung der Libellen

landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeiträgen - Erfassung nach Albrecht et al. (2014). Die Artenzusammensetzung und das Verhalten der Adulti innerhalb ausgewiesener Flächen sollen hierfür in den Kontext paralleler Untersuchungen vergleichbarer Referenzflächen erfasst und bewertet werden.

Untersuchungsdesign

Qualitative Erfassung der Libellen durch Sichtbeobachtung, evtl. Exuvienuche innerhalb festzulegender Kartierabschnitte auf den Flächen der Moor-PV-Anlage sowie der Referenzflächen(n).

- Die Erfassung der Libellen erfolgt durch eine Linientransekterfassung entlang eines festgelegten Kartiertransektes auf der Fläche der Moor-PV-Anlage und der Referenzfläche(n) mit mindestens 6 Begehungen von Ende April bis Ende September
- Der Beobachtungsbereich soll dabei mindestens 3 m links und rechts des Erfassers betragen.
- Bei der Festlegung der Transekte ist darauf zu achten, dass man diese an markanten Orientierungspunkten ausrichtet und mithilfe von GPS exakt einmessen kann, um eine vergleichbare Begehung zu gewährleisten. Zudem sollten die Transekte alle bedeutsamen Strukturen tangieren und auch Randstrukturen wie Gräben, Waldränder, Hecken oder Zäune beinhalten.
- Die Länge der Transekte sollte in Abhängigkeit von der Größe der Untersuchungsfläche, hier der Moor-PV-Anlagenfläche ausgewählt werden. Hier bietet es sich an, die Transekte in Teiltransekte von 25 m zu unterteilen, wobei pro Moor-PV-Anlage 3 x 5 Transektabschnitte (3 x 125 m) anzusetzen sind.
- Auf der Referenzfläche sind nach dem gleichen Schema die Transektlängen zu bestimmen.
- Die Transekte der Moor-PV-Anlage und der Referenzfläche sollten zeitgleich erfasst werden.
- Die Referenzfläche muss ökologisch mit der Untersuchungsfläche der Moor-PV-Anlage vergleichbar sein (ähnliche Vegetation/Habitatzusammensetzung, Bodenbeschaffenheit, Mikroklima etc., idealerweise in einem weiteren wiedervernässten Bereich, der nicht von der Moor-PV-Anlage bedeckt ist). Bei der Auswahl der Referenzfläche sollte darauf geachtet werden, dass sie sich in räumlicher Nähe zur Moor-PV-Anlage befindet und eine ähnliche Größe aufweist. Dies minimiert die Gefahr einer Verfälschung der Erhebungsdaten durch unterschiedliche Effekte.
- Neben der punktgenauen Arterfassung erfolgt die Erfassung des Verhaltens wie Thermoregulation (Wärmetanken), Paarungsflüge, Paarung, Eiablage, Revierverhalten, Jagd, Schlaf-/Ruheverhalten, Überflug mit örtlicher Bestimmung (offene Vegetation, Vegetation unterhalb PV-Modul, oberhalb PV-Modul, an Anlagenbegleitstruktur etc.).

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Kamera (Fotodokumentation, Nachbestimmung)
- Kescher
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalkartierung: Android-Tablet mit QField; Projekterstellung auf PC mit QGIS)
- Ggf. Aufbewahrungsgefäß für Exuvien

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Transektbegehung, 5 min Beobachtungszeit pro Transektteilabschnitt (25 m)
- Zzgl. Erfassungszeit (Bestimmung der Libellen, Erfassung des Verhaltens, Erfassung der Umweltparameter)

Arbeiten im Büro

- Nachbestimmung

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Kein Regen, viel Sonne, geringe Bewölkung
- Windstill (< 4 bft)
- Mind. 17 °C Außentemperatur

Erfassung der Libellen

- Optimale Erfassungszeit am Tag zwischen 11 - 16 Uhr

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- 6 Begehungen von Ende April bis Ende September (Beginn der Erfassung witterungsabhängig)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Abgrenzung von Uferabschnitten und Strukturen, die ggf. für die Fortpflanzung relevant sind (Vegetation, Substrate, Gewässermorphologie etc.)
- Aufzeichnung der nachgewiesenen Arten mit Angabe der Individuenzahl und ggf. Exuvien
- Notieren von beobachtetem Fortpflanzungsverhalten (Kopula, Eiablage, Revierverteidigung oder Jungfernflug)
- Verortung der Funde auf Karte bzw. Tablet
- Fotodokumentation von Imagines und ggf. Exuvien und von den begangenen Uferbereichen

Büro/Labor

- Darstellung der Artvorkommen
- Abgrenzung nachgewiesener und potenzieller Fortpflanzungsbereiche nachgewiesenen Arten
- Dokumentation in Form von Text und Karten

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Der Erfassungszeitraum bei artspezifischen Untersuchungen sollten naturraum-, art- und jahresspezifisch angepasst werden
- Es ist eine Ausnahmegenehmigung nach §§ 44, 45 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) für den Fang und die Entnahme von Einzelexemplaren (im Rahmen der Nachbestimmung) von der zuständigen Behörde erforderlich, da alle einheimischen Libellenarten einem gesetzlichen Schutz unterliegen.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Lokalisation der Libellenartvorkommen und von Fortpflanzungsbereichen
- Beurteilung der Bodenständigkeit und der Bedeutung des Untersuchungsgewässers für Libellen
- Einschätzung der Lebensraumfunktion sowie Darstellung auffälliger Präferenzen oder Meidungen von Habitaten
- Nachweis von Veränderungen in der Artenzusammensetzung sowie von Abundanzunterschieden nach Errichtung der PV-Anlage (u. a. mittels Sörensen-Index)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Es können potenziell nicht alle Arten systematisch erfasst werden (zu schnell fliegende Individuen, nicht im Transektbereich befindliche Individuen)
- Keine systematische Erfassung der Präimaginalstadien (Larven) möglich, daher auch kein systematischer Reproduktionsnachweis der Arten

Anwendungsgebiete

- Habitate mit Offenlandcharakter

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K., T. Hör, F. W., Henning, G., Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im

Erfassung der Libellen

Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311 S., [albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf](https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-24333.pdf) (letzter Abruf: 20.12.2024).

- Landeck, I. (2007): Kartieranleitung Libellen für das naturschutzfachliche Monitoring im Naturparadies Grünhaus und im „Revier 55“. In: Landeck, I., Knoche, D. & Leiber, C. (2007): Entwicklung und Erprobung eines Monitoringkonzeptes am Beispiel der Bergbaufolgelandschaft „Naturparadies Grünhaus“. Arbeitsbericht 2007. Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. Finsterwalde, 414 S., <https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-24333.pdf> (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Schilling, P. (2020): Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (BTL) – Stand Mai 2020. Im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO) und des Umweltbundesamtes (UBA), https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.gewaesser-bewertung.de%2Fmedia%2FBtl_05_2020.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Trautner, J. (Hrsg) (1991): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. BVDL-Tagung Bad Wurzach: 254 S., <https://doi.org/10.1002/mmnd.19930400104>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.5.5 Schmetterlinge

Tab. 83: Steckbrief/factsheet „Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge“

Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge

Methodische Grundlagen

Das Ziel der Untersuchung ist es, den Einfluss von Photovoltaikanlagen auf Moorböden (Moor-PV-Anlagen) auf tagfliegende Schmetterlinge (Makrolepidopteren) zu erfassen.

Die methodischen Grundlagen entsprechen dem Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) nach Kühn et al. (2014). Die Artenzusammensetzung und das Verhalten der Tiere innerhalb der Flächen der Moor-PV-Anlage werden in den Kontext paralleler Untersuchungen auf Referenzflächen gestellt.

Untersuchungsdesign

- Die Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge erfolgt durch eine Linientransektbegehung entlang eines festgelegten Kartierkorridors auf der Fläche der Moor-PV-Anlage und der Referenzfläche(n).
- Der Kartierkorridor umfasst 2,5 Meter links und rechts des Beobachters, bis zu einer Höhe von 5 Metern.
- Bei der Festlegung der Transektlage ist darauf zu achten, dass diese an markanten Orientierungspunkten ausgerichtet und mithilfe von GPS exakt eingemessen wird, um eine konsistente Begehung zu gewährleisten. Zudem sollten die Transekte zentral in der Untersuchungsfläche liegen und nicht näher als 50 Meter an Randstrukturen wie Säumen oder Zäunen positioniert sein.
- Die Länge der Transekte ist abhängig von der Größe der Untersuchungsfläche, hier der Moor-PV-Anlagenfläche:
 - Die Linientransekte werden in Abschnitte á 50 m unterteilt. Pro Moor-PV-Anlage sind mindestens 2 x 5 Transektabschnitte (2 x 250 m) anzusetzen.
 - Ab einer Anlagengröße von 34 ha wird die Transektlänge auf Grundlage der Anlagengröße berechnet. Für jeden Hektar wird die Transektlänge um 15 m erhöht. Die berechnete Länge wird anschließend auf volle Transektabschnitte von jeweils 50 m aufgerundet. Ab 34 ha übersteigt die Transektlänge somit die Mindestlänge von 2 x 250 m.
 - Bsp.: Bei einer Moor-PV-Anlagengröße von 34 ha beträgt die anzusetzende Transektlänge zur Berechnung der Abschnitte 510 m ($34 \text{ ha} \cdot 15 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1} = 510 \text{ m}$), sodass die jeweilige

Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge

- Transektlänge 6 Abschnitte umfasst ($510 \text{ m} / 50 \text{ m} = 10,2$ Abschnitte; bei 2 Transekten: $10,2 / 2 = 5,1 \triangleq 6$ Abschnitte pro Transekt).
- Die Transektlänge sollte 5 Abschnitte (250 m) nicht unterschreiten. Die maximale Transektlänge eines Transekts beträgt 15 Abschnitte (750 m). Bei Moor-PV-Anlagen, die größer als 100 ha sind, werden mindestens vier Transekte, über 200 ha sechs Transekte usw. begangen.
 - Bsp.: Bei einer Moor-PV-Anlagengröße von 175 ha beträgt die gesamte Transektlänge 2.625 m ($175 \text{ ha} * 15 \text{ m} * \text{ha}^{-1} = 2.625 \text{ m}$), sodass die jeweilige Transektlänge 14 Abschnitte umfasst ($2.625 \text{ m} / 50 \text{ m} = 52,5$ Abschnitte; bei 4 Transekten = $52,5 / 4 = 13,125 \triangleq 14$ Abschnitte pro Transekt).
 - Auf der Referenzfläche sind nach dem gleichen Schema die Transektlängen zu bestimmen.
 - Die Transekte der Moor-PV-Anlage und der Referenzfläche sollten zeitgleich erfasst werden.
 - Die Referenzfläche muss ökologisch mit der Untersuchungsfläche der Moor-PV-Anlage vergleichbar sein (ähnliche Vegetation/Habitatzusammensetzung, Bodenbeschaffenheit, Mikroklima etc., idealerweise in einem weiteren wiedervernässten Bereich, der nicht von der Moor-PV-Anlage bedeckt ist, Mindestabstand 50 m zu Rand- oder Anlagenstrukturen). Bei der Auswahl der Referenzfläche sollte darauf geachtet werden, dass sie sich in räumlicher Nähe zur Moor-PV-Anlage befindet und eine ähnliche Größe aufweist. Dies minimiert die Gefahr einer Verfälschung der Erhebungsdaten durch unterschiedliche Mikroklima, Saum- und Grenzeffekte.
 - Neben der punktgenauen Arterfassung erfolgt die Erfassung des Verhaltens (Nahrungsaufnahme (Blütenbesuch, Wasser-, Mineralaufnahme), Thermoregulation (Wärmetanken), Paarungsflüge, Revierverhalten, Partnersuche (Locken mit Pheromonen), Flucht-/Tarnverhalten, Schlaf-/Ruheverhalten, Überflug) mit örtlicher Bestimmung (offene Vegetation, Vegetation unterhalb PV-Modul, oberhalb PV-Modul, an Anlagenbegleitstruktur etc.).
 - Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden keine Tiere aufgenommen, die den Erfassenden während der Kartierung überholen. Arten, die nur außerhalb des Transekts beobachtet werden konnten, werden als zusätzliche Sichtung punktverortet (nicht systematische Erhebung). Identisch wird mit Zufallsfunden der Präimaginalstadien entlang und außerhalb des Transekts verfahren.

Können keine Imaginalstadien entlang des Transekts belegt werden ist dies als Nullbegehungen zu erfassen.

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Kescher mit Schmetterlingsnetz (Luftkescher)
- Probengefäße zur Aufbewahrung und näheren Determination (z. B. Polystyrolgläschen)
- Betäubung-/Tötungsglas (Cyankalium, Ethylacetat)
- Bestimmungsliteratur (z. B. Settele et al. 2015, Tolman et al. 2015, Naumann et al. 1999)
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalkartierung: Android-Tablet mit MapIt; Projekterstellung auf PC mit QGIS)

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Transektbegehung, 5 min Begehung pro Transektabschnitt (50 m)
- Zzgl. Erfassungszeit (Bestimmung der Imaginalstadien der tagfliegenden Schmetterlinge, Erfassung des Verhaltens, Erfassung der aktuellen Pflege, Erfassung der Umweltparameter)

Arbeiten im Büro

- Nachbestimmung (wenn notwendig, ggf. Genitalpräparation)

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Erfassungszeitraum 10:00 – 17:00 Uhr MEZ
- Temperatur
 - Mind. 13 °C bei maximaler Bewölkung (<40%)
 - Mind. 17 °C bei starker Bewölkung (40-80%)

Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge

- Bewölkung – keine Erfassung bei einem Bewölkungsgrad >80%
- Windstärke – bis maximal 4 Beaufort (Bft, Kleine Äste bewegen sich, Stoff und Papier wirbelt hoch)
- Keine Erfassung bei Regen oder Nebel

Sollten sich die Erhebungsbedingungen so weit verschlechtern, dass eine Erfassung nicht mehr unter den notwendigen Voraussetzungen durchgeführt werden kann, ist die Erfassung zu unterbrechen und am Abbruchort schnellstmöglich innerhalb der Erfassungsperiode fortzusetzen.

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

Kühn et al. (2014) empfehlen im Tagfaltermonitoring Deutschland eine Erfassungsfrequenz der Transekte von mindestens einmal pro Woche. Ebenso sprechen sich Van Swaay et al. (2015) im Rahmen des Globalen Tagfaltermonitorings für eine wöchentliche Erfassung aus, um Trends und Bestandsentwicklungen zuverlässig analysieren zu können. Sie weisen jedoch darauf hin, dass bei Arten mit langen Flugzeiten eine Erfassung alle zwei Wochen ausreichend sein kann.

Das Ziel dieses Untersuchungsdesigns ist es, die Artzusammensetzung und das Verhalten tagfliegender Schmetterlinge zu analysieren, um zu bewerten wie eine Moor-PV-Anlage das Verhalten der vorkommenden Arten und deren Zusammensetzung beeinflusst. Angesichts der längeren Flugzeiten der häufigen und offlandpräferierenden Tagfalterarten und der spezifischen Fragestellung kann die Erfassungsfrequenz auf einen Drei-Wochen-Rhythmus verlängert werden:

- Zeitraum: Anfang April bis Ende September (der Erfassungszeitraum ist je nach Witterung und Region gesondert festzulegen, sodass u. a. auch Ende April mit der Erfassung begonnen werden kann).
- Erfassungsfrequenz: Eine Erfassung alle 3 Wochen, Abstand zwischen den Erfassungen mindestens 2, maximal 4 Wochen (insgesamt 8 Erfassungsperioden).

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

Transektkartierung zur Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge

- Punktgenaue Lokalisierung und Bestimmung der Imaginalstadien
- Erfassung arttypischer Verhaltensmuster zur Ergänzung des Artnachweis
- Erfassung der Umweltparameter (Temperatur, Bewölkung, Wind)
- Erfassung der Bewirtschaftungsweise und der aktuellen Pflegeereignisse

Büro/Labor

- Nachbestimmung von im Feld nicht determinierter Individuen (u. a. Genitalpräparation)
- Ausweisung des Artenspektrums
- Auswertung und Darstellung der Verhaltensmuster
- Dokumentation in Form von Text (Bericht) und Karten (u. a. Artenspektrum je Transekt, Verortung im Transektbereich)

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Es werden neben den Tagfaltern auch weitere tagaktive Schmetterlingsarten erfasst wie z. B. Widderchen (Zygaenidae).
- Zum Fangen und Bestimmen wird die Begehungszeit pausiert und nach der Erfassung des Individuums fortgesetzt.
- Es ist eine Ausnahmegenehmigung nach §§ 44, 45 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) für den Fang und die Entnahme von Einzelexemplaren (im Rahmen der Nachbestimmung oder Genitalpräparation) von der zuständigen Behörde erforderlich

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Erfassung des Artenspektrum, der relativen Häufigkeit und – bei mehrjähriger Erfassung – der Steigtigkeit
- Bestimmung der Aktivitätsdichte sowie der Verhaltensmuster im Untersuchungsgebiet, einschließlich der Identifikation von Cold- und Hotspots

Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge

- Analyse der Ergebnisse hinsichtlich potenzieller Veränderungen in der Aktivitätsdichte und den Aktivitätsmustern, insbesondere im Hinblick auf Unterschiede im Bereich der Moor-PV-Anlagen und der Referenzflächen
- Identifizierung und Diskussion moortypischer Schmetterlingsarten im Kontext der untersuchten Habitate und ihrer spezifischen Verhaltensmuster

Grenzen der Anwendbarkeit

- Es können potenziell nicht alle Arten systematisch erfasst werden (zu hoch fliegende Individuen, nicht im Transektbereich befindliche Individuen)
- Keine systematische Erfassung der Präimaginalstadien (Eier, Raupen, Puppen) daher auch kein systematischer Reproduktionsnachweis der Arten

Anwendungsgebiete

- Habitate mit Offenlandcharakter

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Kühn, E., Musche, M., Harpke, A., Feldmann, R., Metzler, B., Wiemers, M., Hirneisen, N. und Settele, J. (2014): Tagfalter-Monitoring Deutschland – Anleitung. Oedipus 27, 50 S., https://www.ufz.de/export/data/6/125122_OEDIPPUS_Band27.pdf (letzter Abruf: 03.12.2024).
- Settele, J., Steiner, R., Reinhardt, R., Feldmann, R. und Hermann, G. (2015): Ulmer Naturführer Schmetterlinge – Die Tagfalter Deutschlands. Eugen Ulmer Verlag, 256 S.
- Tolman, T., Lewington, R., Nuß, M., & Melzer, H. (2012): Schmetterlinge Europas und Nordwestafrikas: Alle Tagfalter, über 2000 Arten. 2. Aufl. Stuttgart: Kosmos, 383 S.
- Naumann, C. M., Tarmann, G. M. & Tremewan, W. G. (1999): The Western Palaearctic Zygaenidae (Lepidoptera). Apollo Books, Stenstrup, 303 S.
- Van Swaay, C., Regan, E., Ling, M., Bozhinovska, E., Fernandez, M., Marini-Filho, O.J., Huertas, B., Phon, C.-K., K'orösi, A., Meerman, J., Pe'er, G., Uehara-Prado, M., Sáfián, S., Sam, L., Shuey, J., Taron, D., Terblanche, R., & Underhill, L. (2015): Guidelines for Standardised Global Butterfly Monitoring. Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. GEO BON Technical Series 1, 32 S., <https://www.geobon.org/downloads/biodiversity-monitoring/technical-reports/GEOBON/2015/Global-Butterfly-Monitoring-Web.pdf> (letzter Abruf: 20.12.2024).

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

Tab. 84: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Nachtfalterfauna“

Erfassung der Nachtfalterfauna

Methodische Grundlagen

Das Ziel der Untersuchung ist es, den Einfluss von Photovoltaikanlagen auf Moorböden (Moor-PV-Anlagen) auf Nachtfalter (Makrolepidopteren) zu erfassen. Dazu werden automatische Lebendlichtfallen mit 15-W superaktinischen Leuchtmitteln eingesetzt. Die Untersuchung kann nach zwei Ansätzen durchgeführt werden:

- (a) Erfassung des Artinventars unter Nutzung von Referenzflächen: Vergleich von Flächen mit und ohne Moor-PV-Anlagen zur Bewertung von Unterschieden in der Nachtfalterfauna.
- (b) Before-After Control-Impact (BACI)-Monitoring: Erfassung der Populationen vor und nach der Errichtung einer PV-Anlage sowie auf einer vergleichbaren Kontrollfläche ohne Eingriff.

Erfassung der Nachtfalterfauna

Die Variante (b) ermöglicht eine Bewertung der Auswirkungen im Zeitverlauf. Voraussetzung hierfür ist, dass die Moor-PV-Anlage noch nicht errichtet wurde und die Wiedervernässung der (Referenz-)Flächen gleichzeitig erfolgen, um Veränderungen der Nachtfalterfauna über die Zeit zu dokumentieren.

Untersuchungsdesign

A: Erfassung unter Verwendung von Referenzflächen

1. Standortwahl/Zahl:
 - Auswahl von mindestens zwei Lichtfallenstandorten in den Bereichen mit Moor-PV-Anlage und als Referenzfläche zwei Lichtfallenstandorten ohne Moor-PV-Anlage (Untersuchungsflächen).
 - Die Referenzfläche muss ökologisch mit der Untersuchungsfläche der Moor-PV-Anlage vergleichbar sein (ähnliche Vegetation/Habitatzusammensetzung, Bodenbeschaffenheit, Mikroklima etc.).
2. Fallenaufstellung:
 - Verwendung von identischen aktinischen Lebendlichtfallen (UV-Leuchtmittel) auf allen Untersuchungsflächen, paralleler Betrieb der Fallen. Mindestens zwei Lichtfallen pro Untersuchungsfläche (eine pro Lichtfallenstandort).
 - Die Lage des Lichtfallenstandortes sollte zentral in der Anlage oder mind. in 100 m Entfernung zum Anlagenrand gewählt werden. Die Entfernung zu Anlagenstrukturen oder anderen Habitaten (Saumstrukturen) auf der Referenzfläche sollte ebenfalls mindestens 100 m betragen.
3. Datenerhebung:
 - Die Erfassung der Nachtfalterfauna erfolgt mindestens in einem Untersuchungsjahr (empfohlen wird die Erfassung über drei Untersuchungsjahre).
 - Die Fallen werden nachts (Verwendung Dämmerungsschalter) mindestens einmal pro Mondphase (vornehmlich in der Neumondphase oder weiteren Ereignissen geringer Lichtkonkurrenz), von Anfang April bis Ende Oktober betrieben. (ca. 8 Durchgänge)
 - Erfassung der Anzahl und der Artenzusammensetzung der mittels Lichtfalle gefangenen Nachtfalter am Folgetag des Lichtfangs (bis maximal 10:00 Uhr).
 - Erhebung von Umweltfaktoren (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Mondphase, Niederschlag, Wind- & Windrichtung).
 - Notieren von aufgetretenen Problemen bei den Lichtfallenerfassungen und Besonderheiten (z. B. Ausfall, Bewirtschaftung/Flächenpflege).
4. Datenanalyse:
 - Vergleich der gesammelten Daten zwischen der/den Moor-PV-Anlagenfläche/n und der/den Referenzfläche/n.
 - Untersuchung der Artenvielfalt und Häufigkeit der nachgewiesenen Nachtfalter.

B: Erfassung mittels Before-After Control-Impact (BACI)-Design (nur Nennung, der ergänzenden Punkte im Vergleich zu Variante (a))

1. Standortwahl und Baseline-Messung:
 - Auswahl einer Moor-PV-Anlage, die neu installiert oder erweitert wird und einer ähnlichen Fläche ohne Moor-PV-Anlage als Referenz (Untersuchungsflächen).
 - Durchführung von Basismessungen (Before-Phase) mindestens ein Jahr (empfohlen: drei Jahre) vor der Installation der Moor-PV-Anlage aller Untersuchungsflächen (Moor-PV Fläche, Referenzfläche).
2. Fallenaufstellung & Erhebung nach Installation der PV-Anlage (After-Phase):
 - Verwendung der aktinischen Lebendlichtfallen (identischer Bauart) und Verbleib an den in den Vorjahren festgelegten Standorten.
 - Durchführung der Erhebung mindestens ein Jahr (empfohlen: drei Jahre) nach der Installation der PV-Anlage (After-Phase)
3. Datenanalyse:
 - Darstellung der Differenzen zwischen den Before- und After-Daten für beide Untersuchungsflächen (Moor-PV-Anlage und Referenzfläche).
 - Vergleich der Veränderungen in der Nachtfalterpopulation an der PV-Anlage (Impact) mit den Veränderungen an der Referenzfläche (Control).

Erfassung der Nachtfalterfauna

Um die Entwicklung des Einflusses der Moor-PV-Anlage zu beobachten, sind Nacherfassungen in Abständen von jeweils fünf Jahren sinnvoll.

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Kescher mit Schmetterlingsnetz (Luftkescher)
- Probengefäße zur Aufbewahrung und näheren Determination (z. B. Polystyrolgläschen)
- Tötungsglas (Cyankalium, Ethylacetat), alternativ Alkohol (EtOH 70%)
- Zur Betäubung der gefangenen Tiere Ethylacetat, Zellstoff
- Bestimmungsliteratur (z. B. Steiner et al. 2014, Aarvik et al. 2017, Lepiforum.org)
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalisierung: Android-Tablet mit MapIt; Projekterstellung auf PC mit QGIS)

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Ausbringen der Lichtfallen am Tag vor Dämmerungsbeginn. (ca. 10 min pro Falle je nach Zugänglichkeit der Fläche; empfohlen wird das Innere der Lichtfallen mit Eierpappen auszulegen, um den Tieren die Möglichkeit zu geben, sich zu verstecken)
- Einholen der Fallen und Bestimmung der Nachtfalter am Fallenstandort bis spätestens 10 Uhr des Folgetags und Freilassen der bestimmten Tiere am Lichtfallenstandort (20 min pro Falle; empfohlen wird der Einsatz von Ethylacetat zum Betäuben der Tiere)
- Notieren von aufgetretenen Problemen bei den Lichtfallenerfassungen und Zeitpunkt der Bestimmung (Zeitaufwand variabel)

Arbeiten im Büro

- Nachbestimmung (Aufwand abhängig vom Anflug 0-20 min pro Falle, ggf. Genitalpräparation)

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Geringe Lichtkonkurrenz: starke Bewölkung oder Neumondphase bevorzugen, Mondauf-/untergang beachten
- Hohe nächtliche Temperaturen: Erfassungen, wenn möglich, in warmen, schwülen Nächten durchführen (prognostizierte Mindesttemperatur > 10 °C)
- Geringe Windstärke: maximal 4 Beaufort (kleine Äste bewegen sich, Stoff und Papier wirbelt hoch)
- Kein Regen oder Nebel: Erfassungen bei nassem Wetter vermeiden

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Anfang April bis Ende Oktober zur Erfassung des Großteils des Artenspektrums
- Mindestens 7–8 Erfassungen, mindestens eine pro Neumondphase (besser zwei)
- Abstand zwischen den Erfassungen: mind. 2, max. 5 Wochen

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

Punktgenaue Fallenverortung & -betrieb

- Der Bestimmungsbeginn ist zu vermerken
- Bestimmung der Imaginalstadien am Lichtfallenstandort
- (bestimmte Individuen werden am Lichtfallenstandort freilassen)
- Tiere, die außerhalb der Lichtfalle aufgenommen werden, sind separat zu erfassen
- Erfassung der Umweltparameter (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Mondphase, Niederschlag, Wind- & Windrichtung) mittels Datalogger/Wetterstation; hier sind Synergien zu abiotischen Erfassungen auf der Fläche zu suchen

Erfassung der Nachtfalterfauna

- Erfassung umliegender Habitatstrukturen / Besonderheiten (z. B. Bewirtschaftung, Veränderungen, Störungen)

Büro/Labor

- Nachbestimmung von im Feld nicht determinierter Individuen (u. a. Genitalpräparation)
- Ausweisung des Artenspektrums
- Dokumentation in Form von Text (Bericht) und Karten (u. a. Artenspektrum je Lichtfalle, Verortung in der Moor-PV-Anlage/Referenzfläche)

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Die Lichtfallen sollten zentral in der Moor-PV-Anlage (im Referenzhabitat) positioniert werden und leicht erhöht stehen sowie unterhalb der Modulreihen hindurchscheinen. (Reduzierter Schattenruf, höhere Lockwirkung). Der Abstand zum Habitat-/Anlagenrand sollte mindestens 100 m betragen.
- Ein Anhängen der Lichtfallen an Anlagenbestandteile (Strom!) oder das Verwenden von Erdnägeln (Kabel!) ist innerhalb der Moor-PV-Anlage aufgrund von Sicherheitsbeschränkungen mitunter nicht möglich. Daher ist auf Stative oder Lichtfallen zurückzugreifen, die auf dem Boden eigenständig stehen können.
- Es ist eine Ausnahmegenehmigung nach §§ 44, 45 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) für den Fang und die Entnahme von Einzelexemplaren (im Rahmen der Nachbestimmung oder Genitalpräparation) von der zuständigen Behörde erforderlich.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Ermittlung des Artenspektrums und der relativen Häufigkeiten:

- Die Methode ermöglicht die Identifikation der vorkommenden Nachtfalterarten sowie die Bestimmung ihrer relativen Häufigkeiten. Bei mehrjährigen Erhebungen kann zudem die Stetigkeit einzelner Arten analysiert werden, d. h. deren regelmäßiges Auftreten über verschiedene Zeiträume hinweg.
- Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Identifizierung und Diskussion moortypischer Schmetterlingsarten im Kontext der untersuchten Habitate

Beurteilung der Ergebnisse:

- Vergleich mit historischen Daten: Im Rahmen eines Before-After Control-Impact (BACI)-Monitorings werden Veränderungen in der Nachtfalterpopulation vor und nach der Errichtung der Photovoltaikanlage (PVA) bewertet.
- Vergleich mit Referenzflächen: Zudem erfolgt der Abgleich mit ökologisch ähnlichen, idealerweise angrenzenden Habitaten. Die Datenerhebung auf den Referenzflächen erfolgt parallel und zeitgleich, um vergleichbare Umweltbedingungen zum Fangzeitpunkt sicherzustellen.

Grenzen der Anwendbarkeit

- Es werden ausschließlich die Arten und Individuen erfasst, die in von der Lebendlichtfalle angelockt werden und in diese gelangen. Durch das Betäuben der Tiere mittels Ethylacetat oder Chloroform wird sichergestellt, dass die Tiere während der Bestimmung nicht fliehen.
- Keine systematische Erfassung der Präimaginalstadien (Eier, Raupen, Puppen), wodurch ein qualitativer Nachweis der Reproduktion einzelner Arten ausbleibt.

Anwendungsgebiete

- Offenland

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Koch, M. (1984): Wir bestimmen Schmetterlinge. Neumann-Neudamm, Melsungen. 792 S.

Erfassung der Nachtfalterfauna

- Steiner, A., Ratzel, U., Top-Jensen, M. & Fibiger, M. (2014): Die Nachtfalter Deutschlands. Ein Feldführer. BugBook Publishing (Oestermarie, Dänemark), 878 S.
- Aarvik, L., Bengtsson, B.Å., Elven, H., Ivinskis, P., Jürivete, U., Karsholt, O., Mutanen, M. & Savenkov, N. (2017): Nordic-Baltic Checklist of Lepidoptera. Norwegian Journal of Entomology 8, 236 S., <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/64154/Aarvik%2bet%2bal.2017.Nordic-Baltic%2bLepidoptera%2bchecklist.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Lepiforum e.V. [Hrsg.] (2008-2025): LepiWiki. <https://lepiforum.org/wiki/> (letzter Abruf: 20.12.2024)

Ggf. sonstiges Relevantes

- Der Fokus auf Makrolepidopteren ergibt sich aus ihrem höheren Untersuchungsstand sowie der umfangreicheren verfügbaren Fachliteratur, die eine fundierte Ansprache, Datenauswertung und Interpretation ermöglicht.

4.5.6 Käfer (Wasserkäfer, Laufkäfer)

Tab. 85: Steckbrief/factsheet „Erfassung von Wasserkäfern“

Erfassung von Wasserkäfern

Methodische Grundlagen

Erfassung nach Albrecht et al. (2014)

Untersuchungsdesign

- Hand- und Kescherfang im Bereich der Moor-PV-Anlage und auf der Referenzfläche
- Zeitgleiche Beprobung der Habitate in der Referenzfläche und der Fläche mit der Moor-PV-Anlage, Referenzfläche muss vergleichbare Habitatstrukturen (Größe, Vegetation, Mikroklima) aufweisen und sollte sich in räumlicher Nähe befinden, um Unterschiede in der Besiedlung durch natürliche Verbreitungsgebiete der Arten auszuschließen
- Kescherfang, Handaufsammlung/Aufschlännen im Ufer und Flachwasserbereich von Gräben
- Exposition von Reusen/ Schwimmfallen im Flachwasserbereich von Gräben/Moorseen, Auswertung des Beifanges aus Amphibienfallen
- Auswertung des Beifanges aus Lichtfallen (Schmetterlinge, vgl. Tab. 84) und Bodenfallen (Laufkäfer, vgl. Tab. 86)
- Bei Niedrigwasser ergänzende Begehung der Randzonen von Modulflächen zur Kontrolle auf Fehl-anflüge von Wasserkäfern

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Streif-, Wasserkescher, Klopfschirm, Exhaustor
- Lebendfallen: Kleinfischreusen bzw. Schwimmfallen mit Knicklichtern
- Kamera für Fotodokumentation
- Evtl. Handschuhe zum Schutz gegen Wundinfektionen
- Wathose, Gummistiefel
- GPS-Gerät und Markierungsstäbe zur Kennzeichnung/Vermarkung der Fallenstandorte

Zeitbedarf

- ca. 1 h je Teilbereich inkl. Kescherfang, Fallenfang ca. 0,5 h je Teilfläche
- Aussammeln der Fallen und Bestimmen: 1 h pro Fallenreihe

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

Erfassung von Wasserkäfern

- Begehrbarkeit der Flächen muss gewährleistet sein

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Einmalige Erfassung im Frühjahr/Frühsummer bzw. Spätsommer

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Dokumentation der Fallenstandorte mittels Feldprotokoll oder Tablet mit GPS-Verortung, Entnahme und Konservierung des Belegmaterials (Handfang bzw. Falleninhalte), Aufnahme der im Gelände bestimmbaren Arten (Gelbrandkäfer, Kolbenwasserkäfer u. a.)

Büro/Labor

- Mikroskopische Bestimmung der Arten- und Erfassung der Individuenzahlen je Fallen-, Handfangstandort

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Bestimmung ist bei diversen Arten im Gelände nicht möglich, die Tötung und Entnahme von Individuen ist daher notwendig
- Es ist daher ggf. eine Ausnahmegenehmigung nach §§ 44 f. BNatSchG für den Fang und die Entnahme von Einzelexemplaren (im Rahmen der Nachbestimmung oder Genitalpräparation) von der zuständigen Behörde erforderlich.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ermittlung der Arten- und Individuenverteilung der z. T. indikativen Wasserkäfer, Vorkommen und Häufigkeit geschützter und gefährdeter Arten
- Ökologische Charakterisierung des Arteninventars
- Beurteilung der Ergebnisse anhand der Unterschiede in Artenverteilung und Häufigkeit bzw. festgestellte Kollisionseffekte als Hinweis auf anlageninduzierte Störungen durch Moor-PV-Anlagen

Grenzen der Anwendbarkeit

- Aktionsradius der meist flugfähigen Arten grenzt flächenscharfe Aussagen ein
- Biozönotische Schwankungen sind in Abhängigkeit von Temperatur- und Niederschlagsregime des Jahres möglich, Signifikanzprüfungen von Einzelfaktoren sind mit geringen Datenmengen nicht möglich
- Wiederholungen der Untersuchungen zur Verifizierung sind notwendig

Anwendungsgebiete

- Bioindikation (Zustands- und Entwicklungsindikation der Anlagen- und Referenzflächen)
- Abschätzung des Einflusses der Moor-PV-Anlagen auf Wasserkäferzönosen

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K., T. Hör, F. W., Henning, G., Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311 S., albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).
- COLKAT (2025): Verzeichnis und Verbreitungsatlas der Käfer Deutschlands. [http:// www.colkat.de/de/fhl/](http://www.colkat.de/de/fhl/) (letzter Abruf: 02.01.2025).

Erfassung von Wasserkäfern

- Freude, H., Harde K. W. & Lohse G. A. (1976): Die Käfer Mitteleuropas. Band 2 Adephaga 1. Krefeld (Goecke & Evers), 302 S.
- Spitzenberg, D., Sondermann, W., Hendrich, L., Hess M. & Heckes, U. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der wasserbewohnenden Käfer (Coleoptera aquatica) Deutschlands. In: Gruttke, H. Balzer, S., Binot-Hafke, M., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Mathke-Hajek, G. & Ries, M.: Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). Münster (Landwirtschaftsverlag). Naturschutz und Biologische Vielfalt (Bundesamt für Naturschutz), 70 (4): 207 -246.

Ggf. sonstiges Relevantes

- Nach den Feldarbeiten in aquatischen Lebensräumen sollen zur Verhinderung von Sporangien (*Batrachochytrium*) alle Utensilien vollständig durchtrocknen

Tab. 86: Steckbrief/factsheet „Erfassung von Laufkäfern“

Erfassung von Laufkäfern

Methodische Grundlagen

Erfassung nach Albrecht et al. (2014)

Untersuchungsdesign

- Hand- und Kescherfang im Bereich der Moor-PV-Anlage und auf der Referenzfläche
- Zeitgleiche Beprobung der Habitate in der Referenzfläche und der Fläche mit der Moor-PV-Anlage, Referenzfläche muss vergleichbare Habitatstrukturen (Größe, Vegetation, Mikroklima) aufweisen und sollte sich in räumlicher Nähe befinden, um Unterschiede in der Besiedlung durch natürliche Verbreitungsgebiete der Arten auszuschließen
- Exposition von Bodenfallen nach Barber (1931) in repräsentativen Bereichen im Umfeld der Modulfläche und in der Vergleichsfläche (Fallenreihen á 3 Fallen, Abstand 10 m)
- Ergänzend Einrichtung analoger Fallenreihen unterhalb der Module (zentral, in Längsachse)
- Handaufsammlung/Aufschlännen im Uferbereich von Gräben
- Auswertung des Beifanges aus Schwarzlichtfallen

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Streifkescher, Klopfschirm, Exhaustor
- Fallengefäße mit Fangflüssigkeit (Renner-Lösung), bei Gefahr der Überstauung separate Schwimmkörper (gelochte/ gefärbte Styropor- bzw. Balsaholzplatten)
- Kamera für Fotodokumentation
- Evtl. Handschuhe zum Schutz gegen Wundinfektionen
- Wathose, Gummistiefel
- GPS-Gerät und Markierungsstäbe zur Kennzeichnung/ Vermarkung der Fallenstandorte

Zeitbedarf

- Ca. 1 h je Fallenreihe zur Fallenexposition/Fallenwechsel inkl. ergänzendem Handfang
- Aussammeln der Fallen und Bestimmen: 2,5 h pro Fallenreihe

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Außerhalb von Hochwasserperioden

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

Erfassung von Laufkäfern

- Drei Fangperioden á 14 Tage im Frühjahr/Frühsummer (Mai bis Juli); zwei analoge Fangperioden im Spätsommer/Herbst (September bis Anfang Oktober), ergänzender Handfang jeweils bei Fallenexposition und -wechsel

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Dokumentation der Fallenstandorte mittels Feldprotokoll oder Tablet mit GPS-Verortung, Entnahme und Konservierung des Belegmaterials (Handfang bzw. Falleninhalte), Aufnahme der im Gelände bestimmbaren Arten (insb. *Carabus spec.* etc.)

Büro/Labor

- Mikroskopische Bestimmung der Arten- und Erfassung der Individuenzahlen je Fallen-, Handfangstandort

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Bestimmung ist bei diversen Arten im Gelände nicht möglich, die Tötung und Entnahme von Individuen ist daher notwendig
- Es ist daher ggf. eine Ausnahmegenehmigung nach §§ 44 f. BNatSchG für den Fang und die Entnahme von Einzelexemplaren (im Rahmen der Nachbestimmung oder Genitalpräparation) von der zuständigen Behörde erforderlich.

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ermittlung der Arten- und Individuenverteilung der meist nicht flugfähigen und z. T. indikativen Laufkäfer (Zeigerarten), Vorkommen und Häufigkeit geschützter und gefährdeter Arten
- Berechnung der Aktivitätsdichten einzelner Arten als Maß der Nutzung unterschiedlicher Teillebensräume, Grundlage für ein biozönotisches Langzeitmonitoring
- Beurteilung der Ergebnisse anhand der Unterschiede in Artenverteilung, Häufigkeit und Aktivitätsdichte als Hinweis auf anlageninduzierte Störeffekte durch Moor-PV-Anlagen

Grenzen der Anwendbarkeit

- Aktionsradius der Arten grenzt flächenscharfe Aussagen ein
- biozönotische Schwankungen sind in Abhängigkeit von Temperatur- und Niederschlagsregime des Jahres möglich, Signifikanzprüfungen sind mit geringen Datenmengen nicht möglich
- Wiederholungen der Untersuchungen zur Verifizierung sind notwendig

Anwendungsgebiete

- Bioindikation (Zustands- und Entwicklungsindikation der Anlagen- und Referenzflächen)
- Abschätzung des Einflusses der Moor-PV-Anlagen auf Laufkäferzönosen

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K. T., Hör, F. W., Henning, G. & Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311 S., albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Barber H. S. (1931): Traps for cave-inhabiting insects. Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. Volume 46: 259–266, <https://dc.lib.unc.edu/cdm/ref/collection/jncas/id/1537> (letzter Abruf: 02.01.2025).
- COLKAT (2025): Verzeichnis und Verbreitungsatlas der Käfer Deutschlands. <http://www.colkat.de/de/fhl/> (letzter Abruf: 02.01.2025).

Erfassung von Laufkäfern

- Müller-Motzfeld, G. (Hrsg.) (2004): Bd. 2 Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer):- In: Freude, H., Harde, K. W., Lohse, G. A. & Klausnitzer, B.: Die Käfer Mitteleuropas. Spektrum-Verlag (Heidelberg/Berlin), 2. Aufl., 520 S.
- Schmidt, J., Trautner, J. & Müller-Motzfeld, G. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) Deutschlands. In: Gruttke, H. Balzer, S., Binot-Hafke, M., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Mathke-Hajek, G. & Ries, M.: Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). Münster (Landwirtschaftsverlag). Naturschutz und Biologische Vielfalt (Bundesamt für Naturschutz), 70 (4): 139-204.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.5.7 Landmollusken

Tab. 87: Steckbrief/factsheet „Erfassung von Landmollusken“

Erfassung von Landmollusken

Methodische Grundlagen

Erfassung nach Albrecht et al. (2014) und BfN & BLAK (2017b)

Untersuchungsdesign

- Datenrecherche (Literatur, Datenbanken, Gutachten, Gebietskenner, Spezialisten) zum Vorkommen potenzieller Lebensräume/Habitate und zu erwartenden Arten im Gebiet mit Geländebegehung (Flächendeckende Suche der potenziellen Lebensräume im Wirkraum mit punktuellen Handfängen bei geeigneter Witterung, 1 Begehung)
 - Eingrenzung des potenziellen Arteninventars und Festlegung der Beprobungsflächen
- Absuchen des Vegetationsbestands, der Bodenstreu, der obersten Bodenschicht und ggf. weiterer vorhandener geeigneter Substrate (z. B. Moospolster, eingewehte Laubstreu, Stängel von Röhrichtpflanzen, Totholz) im Bereich typischer Habitatflächen
- Abklopfen oberirdischer Pflanzenteile über einer weißen Schale (Klopfmethode)
- Bei Vorkommen von *V. moulinsiana*: Abschätzung der Individuendichte
- Zeitgleiche Beprobung der Habitate in der Referenzfläche und der Fläche mit der Moor-PV-Anlage, Referenzfläche muss vergleichbare Habitatstrukturen (Größe, Vegetation, Mikroklima) aufweisen und sollte sich in räumlicher Nähe befinden, um Unterschiede in der Besiedlung durch natürliche Verbreitungsgebiete der Arten auszuschließen
- Vergleichbare Anzahl an Probeflächen in Moor-PV-Fläche und Referenzfläche, in Moor-PV-Fläche gleiche Verteilung der Probeflächen in Bereichen mit Überschirmung und ohne

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Weiße Fotoschale als Auffangbehälter für Arten bei der Klopfmethode
- Probebehälter (Fotodosen, Schnappdeckelgläser) für nicht eindeutig im Gelände bestimmbar Arten, z. B. Vertigo-Arten (Determination im Labor)

Zeitbedarf

- Zeitbedarf Erfassung Arten besonderer Planungsrelevanz:
 - 3-8 h/ha, je nach Anzahl der zu betrachtenden Arten und der Strukturvielfalt Mindestaufwand bei kleinen Flächen: 0,5 h
- Zeitbedarf bei zusätzlicher Erfassung Landschnecken allgemeiner Planungsrelevanz:
 - Handaufsammlung auf ausgewählten Probeflächen

Erfassung von Landmollusken

- Zwei Begehungen à 45-90 min/Probefläche

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Nicht während Trockenperioden; bei genutzten Beständen: Begehung vor der ersten Mahd

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Erfassung im Spätsommer mit 2 Begehungen pro Probefläche, generell aber von März bis Anfang November durchführbar

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Verortung von Probestellen und Habitatflächen mittels GPS und Karteneinträgen
- Festhalten möglicher Begleitarten
- Festhalten von Verbreitungsgrenzen
- Bei Vorkommen von *V. moulinsiana* Individuenzählung pro Fläche

Büro/Labor

- Artbestimmung
- Erstellung von Karten mit Nachweisen
- Erstellung Artenlisten
- Festhalten der Ergebnisse inkl. Fotos in Berichtsform
- Für Anhang-II-Arten in FFH-Gebieten: Bestimmung des Erhaltungszustandes gem. BfN & BLAK (2017b)

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Änderungen des Mikroklimas z. B. durch Beschattung oder Änderungen des Wasserhaushaltes sind als Auswirkungen auf Landmollusken zu beachten

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- S. notwendiger Dokumentationsumfang „Büro/Labor“
- Vorkommen und Verteilung innerhalb der Untersuchungsflächen
- Beurteilung der Ergebnisse anhand potenzieller Veränderungen in der Besiedlung und Artenzusammensetzung (Veränderung im Bereich der Moor-PV-Anlagen)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Unzureichende Daten/Nachweise
- Bestandsschätzungen ggf. unzureichend und unterbewertet

Anwendungsgebiete

- Nutzung vorhandener Feuchtlebensräume (Riede und Röhrichte, Feuchtwiesen) durch Landmollusken
- Einfluss der Moor-PV-Anlagen auf Nutzung der Feuchtlebensräume durch die Landmollusken

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K., T. Hör, F. W., Henning, G., Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311

Erfassung von Landmollusken

S., albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).

- BfN & BLAK (2017b): Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten und Lebensraumtypen als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. Teil I: Arten nach Anhang II und IV der FFH-Richtlinie (mit Ausnahme der marinen Säugetiere). BfN-Skripten 480. Bundesamt für Naturschutz (BfN) und Bund-Länder-Arbeitskreis (BLAK) FFH-Monitoring und Berichtspflicht (Hrsg.). Bonn, Bad Godesberg: 375 S., <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript480.pdf> (letzter Abruf: 20.12.2024).

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.5.8 Vögel

Tab. 88: Steckbrief/factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“

Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste**Methodische Grundlagen**

Um die Auswirkungen einer Moor-PV-Anlage auf einer wiedervernässten Moorfläche ermitteln zu können, ist es im ersten Schritt wichtig, den Ausgangszustand der zu untersuchenden Fläche auf die Ausprägung eines im gleichen Maße wiedervernässten Moores festzulegen.

Der derzeitige Ausgangszustand vor der Renaturierung zum intakten Moor (meist intensiv genutztes entwässertes Grünland) mitsamt seines Arteninventars stellt keine Vergleichsbasis in Bezug auf die Auswirkungen der Moor-PV dar, sollte die Wiedervernässung und Errichtung der Anlagen unmittelbar hintereinander erfolgen. Es wird eingeschätzt, dass sich die Vogelarten der Moorflächen mitsamt der Vegetation innerhalb von drei Jahren ansiedeln können.

Auf diesem Grundsatz aufbauend, kann eine Liste der potenziell im Plangebiet vorkommenden Vogelarten (Brutvögel, Nahrungsgäste sowie Rastvögel) drei Jahre nach der geplanten Wiedervernässung (hypothetischer Zustand ohne Moor-PV) erstellt werden. Dies entspricht der Nullerfassung und einer Basis für die Bewertung der Auswirkungen einer Moor-PV-Anlage im zweiten Schritt (Monitoring).

Untersuchungsdesign**Brutvögel/Nahrungsgäste**

- Recherche der ansässigen Vogelarten und Nahrungsgästen (Brutvögel, welche innerhalb ihres Nahrungsraums das Gebiet nutzen) in den örtlich nächsten vergleichbaren Nieder-/Hochmooren unter Zuhilfenahme von:
 - Einschlägiger Literatur der Bundesländer oder kleinräumigerer Regionen (z. B. Atlas Brutvögel)
 - Listen zu vorkommenden Vogelarten im jeweiligen Bundesland (Quelle: Landesämter)
 - Datenbanken und Datensätze zu Kartierungen der nächsten vergleichbaren Moore (Ämter, DDA – ornitho.de, lokale oder landesweite ornithologische Verbände)
- Abgleich mit Standardliteratur zu Brut- und Nahrungshabitaten und ökologischen Ansprüchen der nach drei Jahren potenziell auf der wiedervernässten Fläche möglichen Brutvogelarten in Südbeck et al. (2005) und Bauer et al. (2005)
- Berücksichtigung der Berechnung der Wasserstandsanhebung (mit Digitalem Geländemodell) als visuelle Unterstützung
- Berücksichtigung der möglichen sich entwickelnden Flora und Biotope mit dem Modell „Potentielle natürliche Vegetation Deutschlands“ (BfN 2023)
- Paludikultur: Berücksichtigung der geplanten Kulturvegetation*
- Erstellung einer Liste mit potenziell im Gebiet ansässigen Brutvogelarten und Nahrungsgästen unter Annahme einer Wiedervernässung des Moores im geplanten Ausmaß (ohne Moor-PV)

Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste

Zug und Rastvögel

- Recherche der regelmäßig rastenden Vogelarten in den örtlich nächsten vergleichbaren Nieder-/Hochmooren unter Zuhilfenahme von:
 - Listen zu vorkommenden Vogelarten im jeweiligen Bundesland (Quelle: Landesämter)
 - Datenbanken und Datensätze zu Kartierungen der nächsten vergleichbaren Moore
 - Ämter
 - Deutscher Dachverband Avifaunisten (Wasservogelzählung, Rastende Gänse und Schwäne)
 - Lokale oder landesweite ornithologische Verbände
 - Waterbird Population Estimates (wetlands.org)
 - <https://migrationatlas.org/>
- Abgleich mit Standardliteratur zu Rasthabitaten in Südbeck et al. (2005) und Bauer et al. (2005 a, b)
- Berücksichtigung der Berechnung der Wasserstandsanhebung (mit Digitalem Geländemodell) als visuelle Unterstützung
- Berücksichtigung der möglichen sich entwickelnden Flora und Biotope mit dem Modell „Potenzielle natürliche Vegetation Deutschlands“ (BfN 2023)
- Paludikultur: Berücksichtigung der geplanten Kulturvegetation*
- Erstellung von jeweils einer Liste mit potenziell im Gebiet ansässigen Rastvogelarten unter Annahme einer Wiedervernässung des Moores im geplanten Ausmaß (ohne Moor-PV)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- PC
- Internet-Verbindung
- EDV-Programme, wie Microsoft Office oder Libre Office (Open Source)

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- 80 h

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Literatur muss vorhanden sein (Atlas i. d. R. in jedem Bundesland verfügbar)
- Datensätze müssen öffentlich abgefragt werden können
- Berechnungen zur Wasserstandsanhebung mit Digitalem Geländemodell (DGM) sollte vorhanden sein

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Einmalig

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Einmalige Gebietsbegehung des Gutachters mit Fotodokumentation

Büro/Labor

- Fotodokumentation der Planfläche und Umgebung
- Datendarstellung der „Bezugsmoorflächen“ (Datentabellen, Luftbilder, Fotos) als Vergleichsgrundlage
- Liste verwendeter Literatur und Quellen (Internetportale, gesonderte Mitteilungen etc.)
- Tabellarische Auflistung der potenziell vorkommenden Arten auf Basis des generellen Artvorkommens im jeweiligen Bundesland

Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Standardisierte, gut fundierte, lokale und kleinräumige Daten von Artvorkommen sind generell den großräumigen vorzuziehen (Erhöhung der Auflösung, wenn möglich: bundesweit < landesweit < regional < lokal)

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ziel der Auswertung ist die Abschätzung, welche Vogelarten die Fläche nach drei Jahren Entwicklungsdauer potenziell nutzen können, sollte der Wasserstand in dem Maße angehoben werden, wie für die PV-Anlage geplant.
- Nach Abschluss der Potenzialabschätzung erhält man das potenziell mögliche Arteninventar als Vergleichsbasis zu einem dreijährigen Monitoring der Fläche mit errichteten Moor-PV-Anlagen.

Grenzen der Anwendbarkeit

- Ist die vergleichbare Datenlage schlecht (Kartierungen und Zählzeiten vergleichbarer Moore im räumlichen Kontext), muss auf großräumigere Daten zurückgegriffen werden, was die Genauigkeit der Potenzialabschätzung senken kann.

Anwendungsgebiete

- Schaffung von Nullerfassungsdaten für einen hypothetisch existierenden Ausgangszustand (erfolgte Wiedervernässung) einer landwirtschaftlich genutzten entwässerten Moorfläche.

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Bauer, H.G., Bezzel, E. & Fiedler, W. (2005a): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Alles über Biologie, Gefährdung und Schutz. Nonpasseriformes - Nichtsperlingsvögel. Wiebelsheim: Aula-Verlag: 816 S.
- Bauer, H.G., Bezzel, E. & Fiedler, W. (2005b). Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Alles über Biologie, Gefährdung und Schutz. Passeriformes - Sperlingsvögel. Wiebelsheim: Aula-Verlag: 628 S.
- BfN (2023): Bundesamt für Naturschutz: Potentielle natürliche Vegetation Deutschlands (WMS), <https://gdk.gdi-de.org/geonetwork/srv/api/records/82271f8d-f2df-49c9-a479-7814a45d7e6b> (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Südbeck, P., Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, T., Schröder, K. & Sudfeldt, C. (Hrsg. 2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten und des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten, Radolfzell, 792 S.

Ggf. sonstiges Relevantes

- * bezieht sich auf eine Wiedervernässung der Moorfläche mit einer Nutzung als Paludikultur

Tab. 89: Steckbrief/factsheet „Bestandserfassung Brutvögel/Nahrungsgäste“

Bestandserfassung Brutvögel/Nahrungsgäste (dreijähriges Monitoring)

Methodische Grundlagen

- Voraussetzung für das dreijährige Monitoring der Vögel auf der Moor-PV-Fläche ist die Potenzialabschätzung (siehe Factsheet Tab. 88 „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“)
- Erfassung nach Südbeck et al. (2005)

Bestandserfassung Brutvögel/Nahrungsgäste (dreijähriges Monitoring)

Untersuchungsdesign

Brutvögel/Nahrungsgäste

- Untersuchungsumfang drei Jahre (drei aufeinanderfolgende Brutsaisons)
- Umfang Kartierungen auf Basis der Revierkartierung in Südbeck et al. (2005)
 - 6 Tagesbegehungen
 - 3 Nachtbegehungen
 - Einsatz von Klangattrappen sinnvoll (z. B. Wachtelkönig)
- jährliche Abfrage der Großvogelarten beim zuständigen Landesamt für die Ermittlung der in der Nähe brütenden relevanten Nahrungsgäste (z. B. Weißstorch)
- Methodenkonsistenz (keine grundlegenden Änderungen der Erfassungsmethodik innerhalb oder zwischen den Saisons)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Fernglas
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalkartierung: Android-Tablet mit QField; Projekterstellung auf PC mit QGIS)
- Kamera (Fotodokumentation, Nachbestimmung)
- PC
- Internet-Verbindung
- EDV-Programme, wie Microsoft Office oder Libre Office (Open Source)

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Drei Brutsaisons
- Je nach Größe des Untersuchungsgebietes 1-6 h / Termin

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Windstärke max. 3 Bft
- Kein oder nur wenig Niederschlag
- Gute Sicht, kein Nebel

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Erfassung frühestens im Monat März nach Fertigstellung der PV-Anlage für drei aufeinanderfolgende Brutsaisons
- **Paludikultur: Abstimmung der späteren Begehungstermine mit dem Landwirt, da die Mahd erst nach den Begehungen erfolgen darf**
- Basierend auf der Potenzialabschätzung (siehe Factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“) der zu erwartenden Arten
- Verteilung der Kartierungstermine (Beispiel):
 - Mitte April: 1. Tag- und 1. Nachtbegehung
 - Ende April: 2. Tagbegehung
 - Anfang Mai: 3. Tag- und 2. Nachtbegehung
 - Ende Mai: 4. Tagbegehung
 - Mitte Juni: 5. Tag- und 3. Nachtbegehung
 - Anfang Juli: 6. Tagbegehung
- Zeitfenster Tagbegehung: ab Sonnenaufgang + 5 h
- Zeitfenster Nachtbegehung: ab Sonnenuntergang + 3 h (je nach Zielarten variabel)

Bestandserfassung Brutvögel/Nahrungsgäste (dreijähriges Monitoring)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Aufnahme von Vogelarten im Untersuchungsgebiet mittels Sichtbeobachtung und Verhören
- Aufnahme potenzieller Besiedler der PV-Anlagen (z. B. Bachstelze)
- Punktgenaue Verortung in Karte (digital oder analog)
- Dokumentation der Witterung und Uhrzeit der Kartierung
- Fotodokumentation des Untersuchungsgebietes und der Vegetationsausprägung

Büro/Labor

- Datensicherung und -aufbereitung
- Dokumentation in Form von Text (Jahresbericht) und Karten (u. a. Darstellung von Reviermittelpunkten, Artenlisten)
- Letzter Bericht inklusive Ausführung der Entwicklung des Brutbestandes auf der Fläche über die drei Monitoring-Jahre

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Wenn möglich keine grundlegenden Änderungen der Methodik (Erfassungshäufigkeit und -methodik, Begehungsrouten, Wechsel Kartierer*Innen etc.)
- Jahreszeitliche Anpassungen der Erfassungstermine an die Witterungsbedingungen sind möglich
- **Paludikultur: Ernte (Mahd) vor Beendigung der Erfassung (zur Vermeidung wird eine enge Abstimmung mit dem Landwirt empfohlen)**

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ziel des Monitorings ist es, einen Vergleichswert zur Potenzialabschätzung zu schaffen (siehe Factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“).
- Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf die Auswirkung der Moor-PV-Anlage auf die Vögel der Fläche ziehen (potenzieller Brutbestand, da keine Nullerfassung).
- Berücksichtigung von klimatischen Besonderheiten der Saison (Trockenheit, Niederschlag, später Schneefall/Frost, etc.)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Signifikante Trends von klimatischen Umweltfaktoren (z. B. Temperatur, Niederschlag) innerhalb der 3 Jahre, können die Vergleichbarkeit der Potenzialabschätzung mit den Ergebnissen des Monitorings beeinträchtigen
 - Beispiel: 3 Jahre starke Trockenheit auf Niedermoorfläche mit Moor-PV, Wiesenpieper nicht angesiedelt, Grund entweder Trockenheit oder Vertikalstruktur der Moor-PV-Anlagen, keine eindeutigen Rückschlüsse möglich

Anwendungsgebiete

- Schaffung einer Vergleichsbasis in Verbindung mit der Potenzialanalyse (siehe Factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“) zur Abschätzung der Auswirkungen einer Moor-PV-Anlage auf die Vögel des Untersuchungsgebietes

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Südbeck, P., Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, T., Schröder, K. & Sudfeldt, C. (Hrsg. 2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten und des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten, Radolfzell, 792 S.

Bestandserfassung Brutvögel/Nahrungsgäste (dreijähriges Monitoring)

Ggf. sonstiges Relevantes

- Rot markierter Text bezieht sich auf eine Wiedervernässung der Moorfläche mit einer Nutzung als Paludikultur

Tab. 90: Steckbrief/factsheet „Bestandserfassung Rastvögel“

Bestandserfassung Rastvögel (dreijähriges Monitoring)

Methodische Grundlagen

- Voraussetzung für das dreijährige Monitoring der Vögel auf der Moor-PV-Fläche ist die Potenzialabschätzung (siehe Factsheet Tab. 88 „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“)
- Erfassung nach Albrecht et al. (2014)

Untersuchungsdesign

- Untersuchungsumfang drei Jahre (drei Rastsaisons)
- Aufnahme von Rastvögeln im Untersuchungsgebiet mittels Sichtbeobachtung und Verhören
- 18 Beobachtungstermine
- Je morgens oder abends
- PV-Strukturen auf Nutzung als Sitzwarte untersuchen
- Methodenkonsistenz (keine grundlegenden Änderungen der Erfassungsmethodik innerhalb oder zwischen den Saisons)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Fernglas
- Bei größeren Freiflächen: Spektiv
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalkartierung: Android-Tablet mit QField; Projekterstellung auf PC mit QGIS)
- Kamera (Fotodokumentation, Nachbestimmung)
- PC
- Internet-Verbindung
- EDV-Programme, wie Microsoft Office oder Libre Office (Open Source)

Zeitbedarf

Arbeiten im Feld

- Drei Rastsaisons
- Je nach Größe des Untersuchungsgebietes 1-6 h / Termin

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Mindestens wenig Niederschlag für einwandfreie Sicht
- Gute Sicht, kein Nebel

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Erfassung frühestens im Monat August nach Fertigstellung der PV-Anlage für drei aufeinanderfolgende Rastsaisons
- Paludikultur: Abstimmung der späteren Begehungstermine mit dem Landwirt, da die Mahd erst nach den Begehungen erfolgen darf

Bestandserfassung Rastvögel (dreijähriges Monitoring)

- Basierend auf der Potenzialabschätzung (siehe Factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel / Rastvögel / Nahrungsgäste“) der zu erwartenden Arten
- Zugeschnittene Verteilung der Kartierungstermine:
 - 1. Termin: Ende August
 - 2. Termin: Anfang September
 - 3. Termin: Mitte September
 - 4. Termin: Ende September
 - 5. Termin: Anfang Oktober
 - 6. Termin: Mitte Oktober
 - 7. Termin: Ende Oktober
 - 8. Termin: Anfang November
 - 9. Termin: Mitte November
 - 10. Termin: Anfang Dezember
 - 11. Termin: Ende Januar
 - 12. Termin: Anfang Februar
 - 13. Termin: Mitte Februar
 - 14. Termin: Ende Februar
 - 15. Termin: Anfang März
 - 16. Termin: Mitte März
 - 17. Termin: Ende März
 - 18. Termin: Anfang April
- Zeitfenster morgens: 1 h vor Sonnenaufgang + 2 h
- Zeitfenster abends: 2 h vor Sonnenuntergang + variabel (solange es das Licht zulässt)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Aufnahme von Vogelarten im Untersuchungsgebiet mittels Sichtbeobachtung und Verhören
- Aufnahme von auf, unter oder neben den PV-Anlagen rastenden Vögeln
- Punktgenaue Verortung in Karte (digital oder analog)
- Dokumentation der Witterung und Uhrzeit der Kartierung
- Fotodokumentation des Untersuchungsgebietes und der Vegetationsausprägung

Büro/Labor

- Datensicherung und -aufbereitung
- Dokumentation in Form von Text (Jahresbericht) und Karten (u. a. Darstellung von Beobachtungsdaten, Artenlisten)
- Letzter Bericht inklusive Ausführung Vergleich der Rastaufkommen auf der Fläche über die drei Monitoring-Jahre

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Wenn möglich keine grundlegenden Änderungen der Methodik (Erfassungshäufigkeit und -methodik, Begehungsrouten, Wechsel Kartierer*Innen, etc.)
- **Paludikultur: Ernte (Mahd) vor Beendigung der Erfassung (zur Vermeidung wird eine enge Abstimmung mit dem Landwirt empfohlen)**

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Ziel des Monitorings ist es, einen Vergleichswert zur Potenzialabschätzung zu schaffen (siehe Factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“).
- Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf die Auswirkung der Moor-PV-Anlage auf die Vögel der Fläche ziehen (potenzieller Rastbestand als Basis, da keine reelle Nullerfassung).
- Berücksichtigung von klimatischen Besonderheiten der Saison (Trockenheit, Niederschlag, später Schneefall/Frost, etc.)

Bestandserfassung Rastvögel (dreijähriges Monitoring)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Signifikante Trends von klimatischen Umweltfaktoren (z. B. Temperatur, Niederschlag) innerhalb der 3 Jahre, können die Vergleichbarkeit der Potenzialabschätzung mit den Ergebnissen des Monitorings beeinträchtigen
 - Beispiel: 3 Jahre starke Trockenheit auf Niedermoorfläche mit Moor-PV, wenige oder keine Enden im Untersuchungsgebiet, Grund entweder Trockenheit oder Vertikalstruktur der Moor-PV-Anlagen, keine eindeutigen Rückschlüsse möglich

Anwendungsgebiete

- Schaffung einer Vergleichsbasis in Verbindung mit der Potenzialanalyse (siehe Factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“) zur Abschätzung der Auswirkungen einer Moor-PV-Anlage auf die Vögel des Untersuchungsgebietes

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K., T. Hör, F. W., Henning, G., Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311 S., albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).

Ggf. sonstiges Relevantes

- **Rot markierter Text bezieht sich auf eine Wiedervernässung der Moorfläche mit einer Nutzung als Paludikultur**

4.5.9 Fledermäuse

Tab. 91: Steckbrief/factsheet „Erfassung der Fledermäuse“

Erfassung der Fledermäuse

Methodische Grundlagen

Die Zielstellung der Untersuchung ist es, den Einfluss von auf Moorböden etablierten Photovoltaikanlagen auf die Fledermäuse abzuschätzen. Die methodischen Grundlagen folgen weitestgehend den Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeiträgen - Erfassung nach Albrecht et al. (2014). Die Artenzusammensetzung und das Verhalten der Tiere innerhalb ausgewiesener Flächen sollen hierfür in den Kontext paralleler Untersuchungen vergleichbarer Referenzflächen erfasst und bewertet werden.

Untersuchungsdesign

Stationäre Erfassung mit Horchboxen

- Positionierung der Horchboxen innerhalb der Moor-PV-Anlagen möglichst mittig (Abstand zum Rand, um keine bis wenig Rufe aus unbeeinflussten Bereichen zu bekommen; Reichweite der Horchbox entscheidend) im Bereich der Trassen (potenzielle Leitstrukturen); je nach Größe der PV-Anlage Verwendung von mehreren Horchboxen
- Auf passender Referenzfläche in der Nähe mit vergleichbarer Habitatausstattung werden analog zum PV-Standort Horchboxen aufgestellt.

Erfassung der Fledermäuse

- Repräsentative Anzahl der Erfassungsgeräte nach fachgutachterlicher Festlegung und Größe der Flächen (Orientierung 1 Erfassungsgerät je 10 ha in strukturarmen Untersuchungsflächen, 2 Erfassungsgeräte in strukturreichen)
- Eine Erfassungsphase à 3 Tage je Monat im Zeitraum Mai bis August
- Beginn der Erfassung 15 min. vor Sonnenuntergang, Aufzeichnungsende 15 min. nach Sonnenaufgang

Transektkartierung zur Erfassung von Jagd- und Leitstrukturen

- Transektuntersuchung mit Fledermausdetektor und ggf. Nachtsicht- bzw. Wärmebildgerät
- Auswahl der Transekte nach fachgutachterlicher Festlegung unter Berücksichtigung aller potenziell relevanten Strukturen sowie Referenzflächen (Orientierung 1 x 100 m Transekt je 10 ha in strukturarmen Untersuchungsflächen, 2 x 100 m Transekt in strukturreichen)
- 1 Erfassung je Monat im Zeitraum Mai – August
- Kartiergeschwindigkeit: 1 km/h
- Dauer der Erfassung: 1. Nachthälfte mit Wechsel der Nachtperioden der einzelnen Transekte/Transektabschnitte pro Transektdurchgang

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Echtzeit-Ultraschallerfassungsgeräte
- Stativ/Stab zur Mikrofon-/Gerätebefestigung
- Nachtsichtgerät/Wärmebildkamera
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalkartierung: Android-Tablet mit QField; Projekterstellung auf PC mit QGIS)

Zeitbedarf

Stationäre Erfassung mit Horchboxen

- Auf- und Abbau: 30 – 60 min/Horchbox und Aufnahmephase

Transektkartierung zur Erfassung von Jagd- und Leitstrukturen

- 1 h je km Transektlänge

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Windstärke < 6,5 m/s
- Temperatur > 10 °C
- Kein Niederschlag unmittelbar vor oder während der Untersuchung (Transektterfassung)
- Prognostiziert stabile Wetterphase während der stationären Erfassung mittels Horchboxen

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

Stationäre Erfassung mit Horchboxen

- 1 Erfassungsphase à 3 Tage je Monat von Mai bis August

Transektkartierung zur Erfassung von Jagd- und Leitstrukturen

- Mindestuntersuchung: 1 Begehung je Monat von Mai bis August

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

Transektkartierung zur Erfassung von Jagd- und Leitstrukturen

- Lokalisierung von Jagd- und Leitstrukturen
- Erfassung arttypischer Flug- und Verhaltensmuster zur Ergänzung der akustischen Artansprache

Erfassung der Fledermäuse

Büro/Labor

- Bestimmung der aufgezeichneten Fledermausrufe auch unter Verwendung automatisierter Analysesoftware in Verbindung mit manueller Plausibilitätskontrolle, u. a. entsprechend den Hinweisen in Marckmann & Pfeiffer (2020, 2022)
- Ausweisung des Arten- bzw. Rufgruppenspektrums
- Auswertung und Darstellung der nächtlichen Aktivität
- Normierung der aufgezeichneten Rufsequenzen auf Zeiteinheiten mit Rufaktivität (Runkel et al. 2018)
- Dokumentation in Form von Text (Bericht) und Karten (u. a. Horchboxstandorte und Artenspektrum je Horchbox, Kontakte im Transektbereich)

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Um eine hohe Bestimmungssicherheit zu gewährleisten, dürfen ausschließlich Ultraschallerecorder verwendet werden, die eine Aufzeichnung in Echtzeit ermöglichen
- Einsatz von modernen Nachtsicht-/Wärmebildgeräten sinnvoll

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- Arten- und Rufgruppenspektrum
- Ermittlung der Aktivitätsdichte und der Aktivitätsmuster
- Informationen zu Raumnutzungsverhalten
- Beurteilung der Ergebnisse anhand potenzieller Veränderungen in Aktivitätsdichte und Aktivitätsmuster (Veränderung des Verhaltens im Bereich der PV-Anlagen)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Einschränkungen in der sicheren Artansprache aufgrund von Frequenzüberschneidungen der Rufe, ggf. nur Ausweisung von Rufgruppen möglich (s. a. Marckmann & Pfeiffer 2020, 2022)
- Leise rufende Arten können insbesondere im Rahmen der stationären Erfassung unterrepräsentiert sein

Anwendungsgebiete

- Ermittlung des Artenspektrums/Raumnutzungsverhaltens von Fledermäusen in Moorflächen ohne PV-Anlagen
- Ermittlung des Einfluss von Moor-PV-Anlagen auf Artenspektrum/Raumnutzungsverhalten von Fledermäusen
- Verifizierung kritischer Fragestellungen (Trinkversuche/Kollision an Solarmodulen)

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K., T. Hör, F. W., Henning, G., Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311 S., [albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf](#) (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Marckmann, U. & Pfeiffer, B. (2020): Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen. Teil 1 - Gattung *Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, *Pipistrellus* (nyctaloide und pipistrelloide Arten), Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und Hufeisennasen Bayerns. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) Augsburg: 87 S.,

Erfassung der Fledermäuse

[\(https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000005?SID=196671353&ACTIONxSESSx-SHOWPIC\(BILDxKEY:%27Ifu_nat_00378%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000005?SID=196671353&ACTIONxSESSx-SHOWPIC(BILDxKEY:%27Ifu_nat_00378%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27)) (letzter Abruf: 06.01.2025).

- Marckmann, U. & Pfeiffer, B. (2022): Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen. Teil 2 - Gattung Myotis. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) Augsburg: 46 S., [\(https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=279749439&ACTIONxSESSx-SHOWPIC\(BILDxKEY:%27Ifu_nat_00427%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=279749439&ACTIONxSESSx-SHOWPIC(BILDxKEY:%27Ifu_nat_00427%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27)) (letzter Abruf: 06.01.2025).
- Runkel, V., Gerding, G. & Marckmann, U. (2018): Handbuch: Praxis der akustischen Fledermauserfassung. Tredition GmbH. Hamburg: 260 S.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.5.10 Amphibien

Tab. 92: Steckbrief/factsheet „Erfassung von Amphibien“

Erfassung von Amphibien

Methodische Grundlagen

Erfassung nach Albrecht et al. (2014) und Schlüpmann & Kupfer (2009)

Untersuchungsdesign

- Sichtbeobachtung, Verhören, Kescher- und Reusenfang von adulten und subadulten Exemplaren, Laichschnüren und Larven an Laichgewässern und deren Umfeld
- Nachtbegehung mit Ableuchten der Gewässerbereiche
- Zusätzlich Überprüfung von Verstecken (insb. Steine, Altholz, Vegetationsstrukturen)
- Ggf. Ausbringen und Kontrolle von künstlichen Verstecken (z. B. Schalbretter 1 m x 0,5 m) zum Nachweis von Kreuzkröte und Wechselkröte
- Einsatz von Wasserfallen (Reusen) zum Nachweis von Molchen
- Zeitgleiche Beprobung der Habitate in der Referenzfläche und der Fläche mit der Moor-PV-Anlage, Referenzfläche muss vergleichbare Habitatstrukturen (Größe, Vegetation, Wasserflächen) aufweisen und sollte sich in räumlicher Nähe befinden, um Unterschiede in der Besiedlung durch natürliche Verbreitungsgebiete der Amphibien auszuschließen

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Kopf- oder Taschenlampe
- Amphibienkescher
- Reusenfallen
- Ggf. Fangbehälter zur vorübergehenden Aufbewahrung der Tiere
- Kamera für Fotodokumentation
- Evtl. Handschuhe gegen aktive Verbreitung des Chytridpilzes
- Wathose, Gummistiefel
- Klangattrappen (mp3-Player o. Ä.) zur Animierung der Rufäußerungen
- Ggf. Hydrophon zur Erfassung der Knoblauchkröte
- Mobilgerät (Tablet/Handy) oder Papierkarte zur Erfassung der Beobachtungen (Beispiel für Digitalisierung: Android-Tablet mit QField; Projekterstellung auf PC mit QGIS)

Erfassung von Amphibien

Zeitbedarf

- 2 h je Gewässer und Begehung für Verhören, Sichtbeobachtung und Handfang
- Je 2 h für 50 Schalbretter (Ausbringen und Einsammeln)
- Reusenfallen:
 - Ausbringen: 1 h je 15 Fallen
- Kontrolle der Fallen und Bestimmen: 2 h pro 15 Fallen (abhängig von Besatz der Fallen)

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Erfassung in warmen Nächten ($> 10^{\circ}\text{C}$), nach Regennächten günstig (höhere Rufaktivität)

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- 4 Begehungen innerhalb der Laichzeit von Februar bis Juli
- Eine zusätzliche Nachtbegehung, um gesamtes Arteninventar zu erfassen (Sonnenuntergang bis ca. Mitternacht)
- In Mittelgebirgslage Verschiebung des Zeitfensters um 1-2 Monate nach hinten (je nach Witterung und geografischer Lage)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Dokumentation der Laichgewässer und der Nachweise mittels Feldprotokoll oder Tablet mit GPS-Verortung
- Anzahl der Rufe, Laichballen, -schnüre, Aufnahme der Habitatparameter
- Verortung der künstlichen Verstecke (kV) mittels GPS
- Erfassung von Nachweisen je kV (Arten, Anzahl)
- Reusenfallen: Art und Individuenzahl pro Gewässer

Büro/Labor

- Erstellung von Karten mit Nachweisen und Abgrenzung von Fortpflanzungshabitaten
- Erstellung Artenlisten
- Festhalten der Ergebnisse inkl. Fotos in Berichtsform
- Abschätzung der Bestandsgrößen
- Für Anhang-II-Arten in FFH-Gebieten: Bestimmung des Erhaltungszustandes gem. BfN (2017b)
- Ableitung potenzieller Wanderbeziehungen und voraussichtlicher Landlebensräume im Umfeld der Laichgewässer

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- Art- und geschlechtsspezifische Unterschiede sind zu beachten (Verhalten der einzelnen Arten divergiert stark), von daher sind Rückschlüsse auf ein geringeres Vorkommen von Arten nicht immer korrekt

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

- S. notwendiger Dokumentationsumfang „Büro/Labor“
- Variation im Nutzungsverhalten verschiedener Gewässerbereiche (Ausweisung von Hotspots und weniger intensiv genutzter Bereiche)
- Beurteilung der Ergebnisse anhand potenzieller Veränderungen im Reproduktionsverhalten (Veränderung des Verhaltens im Bereich der Moor-PV-Anlagen)

Grenzen der Anwendbarkeit

- Bei größeren/unübersichtlichen Gewässern sichere Ermittlung der Individuenzahl im Rahmen der Sichtbeobachtung nur eingeschränkt möglich

Erfassung von Amphibien

- Unzureichende Daten/Nachweise
- Bestandschätzungen ggf. unzureichend und unterbewertet
- Direkter Nachweis von Wanderwegen nicht möglich

Anwendungsgebiete

- Nutzung vorhandener Gewässer bzw. der Randstrukturen durch Amphibienarten
- Einfluss der Moor-PV-Anlagen auf Nutzung der Gewässerbereiche durch die Amphibien

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Albrecht, K., T. Hör, F. W., Henning, G., Töpfer-Hofmann & Grünfelder, C. (2014): Leistungsbeschreibungen für faunistische Untersuchungen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fachbeiträgen und Artenschutzbeitrag. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.0332/2011/LRB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht 2014: 311 S., albrecht-et-al-2013-leistungsbeschreibungen-fur-faunistische-untersuchungen.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).
- BfN & BLAK (2017b): Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten und Lebensraumtypen als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. Teil I: Arten nach Anhang II und IV der FFH-Richtlinie (mit Ausnahme der marinen Säugetiere). BfN-Skripten 480. Bundesamt für Naturschutz (BfN) und Bund-Länder-Arbeitskreis (BLAK) FFH-Monitoring und Berichtspflicht (Hrsg.). Bonn, Bad Godesberg: 375 S., <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript480.pdf> (letzter Abruf: 20.12.2024).
- Schlüpmann, M. & Kupfer, A. (2009): Methoden der Amphibienerfassung – eine Übersicht. In: Hachtel, M., Schlüpmann, M., Thiesmeier, B. & Weddelling, K. (Hrsg.): Methoden der Feldherpetologie. Supplement der Zeitschrift für Feldherpetologie 15. Bielefeld: 7-84, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4038.1524>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- Nach den Feldarbeiten in aquatischen Lebensräumen sollen zur Verhinderung von Sporangien (*Batrachochytrium*) alle Utensilien vollständig durchtrocknen
- Zur Verhinderung der Ausbreitung austrocknungsresistenter Ranavirus-Virionen wird empfohlen die Ausrüstungsgegenstände mit 70 %-igem Ethanol zu reinigen

4.6 Ermittlung der Auswirkungen auf das Landschaftsbild

4.6.1 Erläuterung

Zwei Aspekte sind entscheidend für das Ausmaß der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes: die Bedeutung des jeweiligen Landschaftsbildes und die Stärke der negativen Auswirkungen einer Moor-PV-Anlage als Form einer Freiflächen-PV-Anlage (KNE 2020).

Um die Bedeutung des Landschaftsbildes zu ermitteln, müssen die Art und Intensität der Erholungsnutzung der Moorlandschaft, mögliche Vorbelastungen sowie die räumliche Nähe zu anderen Schutzgebieten oder besonderen kulturhistorischen Arealen klar bestimmt werden. Von Bedeutung ist dabei, ob Erholungsaktivitäten direkt im Moor selbst oder auf Wanderwegen, die mitten durch oder um das Moor führen, stattfinden. Der Grad der Vorbelastung fließt zudem in die Bewertung der Intensität der negativen Auswirkungen ein.

Die Intensität der Beeinträchtigungen wird von verschiedenen Einflussfaktoren bestimmt, wie beispielsweise dem Flächenbedarf, der Einzäunung, sichtbaren Anlagenelementen, möglichen Spiegelungen oder Reflexionen sowie der Wirkung im Vergleich zur Horizontlinie (vgl. Mehl et

al. 2024). Hinzu kommt die Empfindlichkeit der Landschaft, die ihrerseits von der Möglichkeit einer Wiederherstellung, bestehenden Vorbelastungen und der Sichtbarkeit abhängt. In der Untersuchung werden diese Faktoren räumlich und inhaltlich differenziert bewertet, indem der durch die Moor-PV-Anlage betroffene Sichtbereich präzise beschrieben und der jeweilige Grad der technischen Überprägung im Zusammenspiel mit den vorhandenen Landschaftselementen bzw. -einheiten festgelegt wird (Schmidt et al. 2018a)

Um die relevanten Faktoren angemessen bewerten zu können, wird im Folgenden ein Untersuchungskonzept sowohl für bereits bestehende und zukünftig zu errichtende Moor-PV-Anlagen entwickelt und erläutert; dies baut auf vergleichbaren Darstellungen zu Floating-PV-Anlagen bei Mehl et al. (2024) auf. Die einzelnen Untersuchungsschritte werden dabei nach den üblichen Parametern „Eigenart“, „Vielfältigkeit und Erholungseignung“ sowie „Schönheit und Akzeptanz“ gegliedert. Die Darstellung erfolgt, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln praktiziert, in einheitlicher Form mithilfe von Steckbriefen („Factsheets“).

Durch die im Weiteren beschriebenen Untersuchungen wird die Auswirkung einer Moor-PV-Anlage auf die Landschaftsqualität (d. h. die Intensität ihres Einflusses) mit der aktuell bestehenden Landschaftsqualität (d. h. der Bedeutung des Landschaftsbildes) verglichen. Hierfür ist es zunächst erforderlich, den Ist-Zustand der Landschaftsqualität präzise zu definieren. Anschließend werden die Auswirkungen in strukturierter und umfassender Form analysiert, um mögliche Beeinträchtigungen transparent darzustellen.

Für neu zu errichtende Anlagen muss eine Projektion der künftigen Landschaftsbildveränderungen erfolgen. Um die Auswirkungen zu untersuchen, können z. B. zweckmäßigerweise Landschaftsfotografien mit 3D-Visualisierungen der geplanten Moor-PV-Anlagen kombiniert werden (Schmidt et al. 2018b). Bei einer solchen Vorgehensweise lässt sich die Auswirkung auf das Landschaftsbild in ähnlicher Weise wie bei bestehenden Anlagen bewerten. Die Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkungen auf die landschaftliche Schönheit können zudem auch zur Beurteilung anderer, zukünftiger Anlagen genutzt und auf Basis einer Systematisierung (Typisierung) ggf. universeller räumlich übertragen werden.

4.6.2 Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung

Um die Intensität von möglichen Auswirkungen auf die Eigenart und Vielfalt der Landschaft sowie auf deren Erholungseignung zu bewerten, empfiehlt sich der Einsatz einer GIS-gestützten Sichttraumanalyse. Dadurch lassen sich potenzielle visuelle Störungen bestmöglich erfassen (Tab. 93). Auf diesem Weg können sowohl die landschaftliche Überprägung durch die Moor-PV-Anlage als auch bestehende Vorbelastungen im jeweiligen Sichtbereich qualitativ ermittelt werden. Im Hinblick auf die Erholungseignung ist eine qualitative Untersuchung der Beeinträchtigung von Erholungsmöglichkeiten erforderlich. Insbesondere Erholungsgebiete (z. B. solche mit öffentlichem Zugang), Moorgebiete in Naturschutzgebieten oder in historisch bedeutenden Kulturlandschaften sollten als mögliche FPV-Standorte ausgeschlossen werden (s. auch Kapitel 2).

Im Gegensatz dazu werden bei der Bewertung von Moor-Photovoltaik-Anlagen verschiedene günstige Rahmenbedingungen berücksichtigt, etwa die unmittelbare Anbindung an Gewerbe- und Industriegebiete, die Kombination mit anderen technischen Anlagen oder Bauwerken, die eine geringere Sichtbarkeit begünstigen, sowie bereits stark vorbelastete Flächen mit deutlich reduzierter Landschaftsbildqualität (Regionale Planungsgemeinschaft Prignitz-Oberhavel 2021)

Tab. 93: Steckbrief/factsheet „Landschaftsbild: Erfassung von Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung“, leicht geändert nach Mehl et al. (2024)

Erfassung Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung

Methodische Grundlagen

Vorortbesichtigung und Sichtraumanalyse mit einer qualitativen Bewertung der Kriterien für den Ausgangszustand sowie für den Zustand nach der Errichtung der Moor-PV-Anlage anhand von Wertstufen nach Schmidt et al. (2018a) und Roth et al. (2021)

Untersuchungsdesign

Vorortbesichtigung und Datenerhebung

- Mindestens 3 Landschaftsfotos pro Nahzone mit insgesamt 4 Nahzonen in unterschiedlichen Entfernungen (max. 1.100 m)
- Koordinaten der Standorte der Landschaftsfotos erfassen
- Bewertung der Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung mit Hilfe von digitalen Geländemodellen und Landnutzungskarten (Sichtraumanalyse)

Benötigte Arbeitsmaterialien

- Kamera
- EDV-Technik
- Apparat für die Erhebung der Koordinaten (Beispiel für Digitalkartierung: Android-Tablet mit QField; Projekterstellung auf PC mit QGIS)
- Geodaten (mindestens: Digitales Geländemodell, Tiefenlinien, Luftbilder, Landnutzungsdaten (z. B. ATKIS Basis DLM, Corine Landcover, BNTK), optional: Geologische Karte, Abgrenzung Wasserkörper, historische Karten, Kartierung vom Uferverbau, Topographische Karte)

Zeitbedarf

- Kampagne für die Vorortbesichtigung und Landschaftsfotos um das Moor in unterschiedlichen Entfernungen (mehrere Tage)
- Auswertung der Sichträume anhand von Geodaten (2 Monate)

Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen

- Bei den Fotoaufnahmen sollte möglichst ein sonniger Tag ausgesucht werden, damit eventuelle Störreize durch Blendwirkungen erfasst werden können.
- Fotoaufnahmen von unterschiedlichen Blickwinkeln ermöglichen die Erfassung der Auswirkung in Abhängigkeit von Faktoren wie Relief, Bebauungen oder Vegetation.
- Falls sich in der Nähe des Standorts Aussichtspunkte oder historisch und kulturell bedeutsame Sehenswürdigkeiten befinden, sind möglicherweise weitere Sichtraumanalysen erforderlich, um festzustellen, ob Auswirkungen in der Nähe dieser Elemente zu erwarten sind.

Erfassungszeitraum und -häufigkeit

- Einmalige Erfassung im Frühling oder Herbst (geringere Winkel der Sonneneinstrahlung)

Notwendiger Dokumentationsumfang

Gelände

- Fotoaufnahmen
- Koordinaten der Standorte bei der Fotoaufnahmen
- Aufnahme der blickstörenden Elemente im Bild (z. B. Bebauungen, Art und Höhe der Vegetation)

Erfassung Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung

Büro

- Datensicherung und -aufbereitung
- Dokumentation in Form von Text (Bericht) und Karten
- Sichtraumanalyse

Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten

- -

Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Die Fotos, die an den Standorten der aktuellen Moor-PV-Anlage aufgenommen wurden, unterstützen die Durchführung der Sichtraumanalyse. Die Sichtraumanalyse liefert eine Differenzierung der Reichweite der visuellen Wirkungen von Freiflächen-PV-Anlagen sowie der Auswirkungen auf die Eigenart und Vielfalt. Mittels Landnutzungskarten und der Vorortbesichtigung bzw. der Landschaftsfotos können Aussagen über die eventuelle Beeinträchtigung der Erholungseignung qualitativ getroffen werden.

Grenzen der Anwendbarkeit

- -

Anwendungsgebiete

- Bestimmung der Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung im Rahmen des Landschaftsbildes

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Roth, M., Hildebrandt, S., Roser, F., Schwarz-von Raumer, H. G., Borsdorff, M., Peters, W., Weingarten, E., Thylmann, M. & Bruns, E. (2021). Entwicklung eines Bewertungsmodells zum Landschaftsbild beim Stromnetzausbau: BfN-Skripten 597: 352 S.
- Schmidt, C., von Gagern, M., Lachor, M., Haghe, G., Schuster, L., Hoppenstedt, A., Kühne, O., Rossmeyer, A., Weber, F., Bruns, D., Münderlein, D. & Bernstein, F. (2018a): Landschaftsbild & Energiewende, Band 2: Handlungsempfehlungen. Ergebnisse des gleichnamigen Forschungsvorhabens FKZ 3515 82 3400 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. https://www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente/02_Abschlussberichte_anderer_Form/Landschaftsbild-Energiewende-Bd-2-Handlungsempfehlungen-2018.pdf (letzter Abruf: 29.03.2022).
- Mehl, D., Mehl, C., Kühl, A.-R., Johnson, D. & Bunzel, K. (2024): Schwimmende PV-Anlagen: Auswirkungen auf Arten, Lebensräume und Landschaftsbild (und Ansätze zur Vermeidung). Teilvorhaben 1: Erstellung eines Untersuchungskonzeptes für die naturschutzfachlichen Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen in Stillgewässern. BfN-Schriften 685: 166 S., <https://doi.org/10.19217/skr685>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.6.3 Schönheit und Akzeptanz

Zur Ermittlung des subjektiven Schönheitsempfindens und somit auch zur Akzeptanz von Freiflächen-PV-Anlagen innerhalb der Bevölkerung, wird empfohlen bundesweite Umfragen bei der Bevölkerung durchzuführen. Anhand von Landschaftsfotos der FPV kann hierbei die Bevölkerung ihre Meinungen zur Schönheit (mit unterschiedlichen Begriffen und auf einheitlichen Skalen) und generellen Akzeptanz gegenüber FPV äußern (Roth & Fischer 2020).

Obwohl in anderen Ländern, wie z. B. in den Niederlanden, Studien zur Akzeptanz von FPV

durchgeführt wurden (Bax et al. 2022), gibt es bisher offenkundig keine derartigen Studien in der deutschen Bevölkerung. Von daher werden zunächst grundsätzliche Untersuchungen zur allgemeinen Wahrnehmung von Freiflächen-PV-Anlagen benötigt. Tab. 94 beschreibt die methodischen Komponenten der Untersuchung der Parameter Schönheit und Akzeptanz für die Bewertung der Auswirkungen auf das Landschaftsbild.

Tab. 94: Steckbrief/factsheet „Landschaftsbild: Erfassung von Schönheit und Akzeptanz“, leicht geändert nach Mehl et al. (2024)

Erfassung Schönheit und Akzeptanz	
Methodische Grundlagen	Umfrage-basierte Bewertung der Schönheit und Akzeptanz mit einer qualitativen Bewertung der Kriterien für den Ausgangszustand sowie für den Zustand nach der Errichtung einer Moor-PV-Anlage anhand von Wertstufen nach Roth (2006) und Roth et al. (2022)
Untersuchungsdesign	Datenerhebung • Online-Umfrage mit einer bundesweiten repräsentativen Stichprobe • Design des Fragebogens anhand von Landschaftsfotos aus der Untersuchung in 4.6.2 • Statistische Ermittlung der Bewertung von Schönheit und genereller Akzeptanz für FPV Benötigte Arbeitsmaterialien • Landschaftsfotos aus der Untersuchung entsprechend Abschnitt 4.6.2 EDV-Technik • Panel-Anbieter für eine bundesweite Stichprobe • Umfrage-Anbieter (z. B. SoSci Survey) • Auswertungssoftware für die Datenverarbeitung Zeitbedarf • Design des Fragebogens (1-2 Monate) • Durchführung der Umfrage (3 Monate) • Datenauswertung und -aufbereitung (2 Monate) Ggf. notwendige Erfassungsbedingungen • Möglichst große Stichprobe, um bundesweit repräsentativ zu befragen Erfassungszeitraum und -häufigkeit • Einmalige Durchführung der Umfrage Notwendiger Dokumentationsumfang Büro • Datensicherung und -aufbereitung • Statistische Auswertung der Daten • Dokumentation in Form von Text (Bericht) Ggf. zu berücksichtigende Besonderheiten • - Auswertungsmethodik/Erkenntnisgewinn

Erfassung Schönheit und Akzeptanz

Durch repräsentative Stichproben lässt sich durch entsprechende Umfragen das relativ subjektive Kriterium „Schönheit“ besser ermitteln. Anhand dieser Erkenntnisse wird eine empirische Datenbasis verschafft, um die Beeinträchtigung der Schönheit des Landschaftsbildes zu erfassen. Darüber hinaus können verschiedene Fragen und Arten von Fragen gestellt werden, um die generelle Akzeptanz für FPV zu bestimmen.

Grenzen der Anwendbarkeit

- Bewertung einer Momentaufnahme (d. h. als Bild)

Anwendungsgebiete

- Bestimmung der Kriterien Schönheit und Akzeptanz im Rahmen einer Landschaftsbildbewertung

Normen, Fachkonventionen, Fachliteratur (Methodik)

Fachliteratur (Methodik)

- Roth, M. (2006). Validating the use of Internet survey techniques in visual landscape assessment—An empirical study from Germany. *Landscape and Urban Planning*, 78 (3): 179-192.
- Roth, M., Hildebrandt, S., Roser, F., Schwarz-von Raumer, H. G., Borsdorff, M., Peters, W., Weingarten, E., Thylmann, M. & Bruns, E. (2021). Entwicklung eines Bewertungsmodells zum Landschaftsbild beim Stromnetzausbau: BfN-Skripten 597: 352 S.
- Mehl, D., Mehl, C., Kühl, A.-R., Johnson, D. & Bunzel, K. (2024): Schwimmende PV-Anlagen: Auswirkungen auf Arten, Lebensräume und Landschaftsbild (und Ansätze zur Vermeidung). Teilvorhaben 1: Erstellung eines Untersuchungskonzeptes für die naturschutzfachlichen Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen in Stillgewässern. BfN-Schriften 685: 166 S., <https://doi.org/10.19217/skr685>.

Ggf. sonstiges Relevantes

- -

4.7 Vorschlag einer Methodik zur zusammenfassenden Bewertung der moorökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen

4.7.1 Zielstellung

Das Forschungsvorhaben zielt darauf ab, zentrale Grundlagen zu erarbeiten, um die umwelt-relevanten Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen wissenschaftlich fundiert bewerten zu können. Darüber hinaus soll eine Methodik entwickelt werden, um die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungsfelder zusammenzuführen. Diese Methodik sollte darauf ausgelegt sein, die Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen auf Arten, Lebensräume und das Landschaftsbild vergleichend und in gewisser Weise „normiert“ bzw. standardisiert zu bewerten. Sie ist inhaltlich zunächst auf das Forschungsvorhaben beschränkt und ersetzt nicht die gesetzlich vorgeschriebenen, insbesondere naturschutzfachlichen Bewertungsverfahren im Rahmen von Genehmigungsverfahren.

Bei der Auswertung und der anschließenden Interpretation der Forschungsergebnisse ist zu beachten, dass sie trotz aller Systematisierung stets gewisse Unsicherheiten in sich tragen, die insbesondere bei der Übertragbarkeit und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse zu beachten sind (vgl. hierzu auch Abschnitt 4.2). Maßgebliche Gründe liegen insbesondere

- in der Anfälligkeit der Untersuchungen und ihrer Ergebnisse in Bezug auf die hohe jährliche

und unterjährliche meteorologische bzw. hydrologische Variabilität und

- in der nach wie vor gegebenen Individualität der jeweiligen Untersuchungsobjekte (Moorfläche und Moor-PV-Anlage) und der gleichfalls heterogenen sonstigen Rand- und Rahmenbedingungen.

4.7.2 Methodik

Anhand der differenzierten Untersuchungsparameter (abiotisch, biotisch, Landschaftsbild) sollen praxisrelevante Schlussfolgerungen für typische Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge abgeleitet werden. Dafür ist es notwendig, die Forschungsergebnisse anhand von Kriterien wie Eindeutigkeit (Kausalität, Objektivität), Belastbarkeit/Reliabilität (Reproduzierbarkeit, Signifikanz) und Plausibilität/Validität zu bewerten und entsprechend einzuordnen. Basis muss ein hierfür zweckmäßiges Typensystem sein, das geeignet ist, die Ergebnisse auf andere Fallkonstellationen (Moore, Moor-PV-Anlagen) übertragbar zu gestalten.

Hinsichtlich der zusammenfassenden Methodik wird nachfolgend dem Vorschlag von Mehl et al. (2024) im Hinblick auf die umwelterheblichen Wirkungen von Floating-PV-Anlagen auf künstlichen oder erheblich veränderten Seen gefolgt, da die grundsätzliche Fragestellung vergleichbar ist.

Um Praxisrelevanz zu erreichen und gerade auch die erwartbaren Unsicherheiten wissenschaftlicher Aussagen beherrschbar zu machen, wird empfohlen auf geeignete Methoden der Umweltverträglichkeitsprüfung (im Sinne des UVPG) zurückzugreifen. Ein bewährter Ansatz in diesem Kontext ist die „ökologische Risikoanalyse“ (vgl. UVPVwV), die als übergreifender methodischer Rahmen zur Bewertung der umwelt- und insbesondere naturschutzfachlichen Auswirkungen auch von Moor-PV-Anlagen empfohlen wird.

Das Grundprinzip der ökologischen Risikoanalyse beruht auf der Kombination der beiden Beurteilungsfaktoren (1) Empfindlichkeit und (2) Intensität der Beeinträchtigung oder Belastung. Durch diese Verknüpfung lässt sich im Ergebnis das Risiko (bzw. der Risikograd) für potenziell negative Veränderungen aus umweltfachlicher Perspektive abschätzen. Matrizenförmige Darstellungen, sogenannte „Risikomatrizen“, haben sich dabei als besonders anschaulich und praxisnah erwiesen.

Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt, wie bereits mehrfach betont, auf dem Umgang mit Unsicherheiten bei der Analyse und Prognose möglicher Auswirkungen. Von zentraler Bedeutung ist dabei eine fundierte und sachgerechte Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten, die von der Empfindlichkeit und der Belastungsintensität abhängen. In diesem Zusammenhang bietet der Vorschlag der EFSA (2018, Tab. 95) eine hilfreiche Grundlage, vor allem im Hinblick auf die statistische Einordnung und die Definition von Wertebereichen.

Tab. 95: Vorschlag für eine Wahrscheinlichkeitsskala für die wissenschaftliche Unsicherheitsanalyse, ergänzt und leicht verändert nach EFSA (2018), aus Mehl et al. (2024)

Wahrscheinlichkeit	Begriffe (probability term) nach EFSA (2018)	Wahrscheinlichkeitsbereich, leicht geändert nach EFSA (2018)
Fast sicher	Almost certain	99...100 %
Extrem wahrscheinlich	Extremely likely	95...< 99 %
Sehr wahrscheinlich	Very likely	90...< 95 %
Wahrscheinlich	Likely	66...< 90 %
Sowohl wahrscheinlich als auch unwahrscheinlich	As likely as not	33...< 66 %
Unwahrscheinlich	Unlikely	10...< 33 %
Sehr unwahrscheinlich	Very unlikely	5...< 10 %
Extrem unwahrscheinlich	Extremely unlikely	1...< 5 %
Fast unmöglich	Almost impossible	0...< 1 %

Für die Anwendung einer ökologischen Risikoanalyse werden von Mehl et al. (2024) in Erweiterung von UVP-Gesellschaft (2023) folgende Abstufungen bzw. Klassifizierungen vorgeschlagen:

- Empfindlichkeit: sensibel und nicht ersetzbar, sensibel und schwer ersetzbar, sensibel und bedingt ersetzbar, elastisch, resistent, nicht abschätzbar
- Beeinträchtigungs- bzw. Belastungsintensität: zerstörend, schädigend, gefährdend, belastend/ausgleichbar, belästigend, vermeidbar, verträglich/unerheblich, nicht bewertbar
- Eintrittswahrscheinlichkeit: sicher, sehr wahrscheinlich, wahrscheinlich, möglich, unwahrscheinlich, unmöglich, unwägbare
- Ökologisches Risiko: sehr hoch (Zerstörung), hoch (Schaden), deutlich (Gefahr/gefahrengleiches Risiko), gering (Gefahrenverdacht, Risikomöglichkeit), sehr gering (Restrisiko), nicht gegeben, Forschungsbedarf

Es ist dabei erforderlich, alle Bewertungen im Rahmen der Risikoanalyse auf naturwissenschaftlich fundierter Grundlage vorzunehmen, eine Anforderung, die sich nicht nur aus generellem umweltfachlichem Anspruch ableitet, sondern auch aus rechtlicher Sicht angezeigt ist. Dies zeigt z. B. die stetige Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs zur Zulässigkeit eines Projektes oder Plans in der Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung (z. B. EuGH, Urt. v. 11.04.2013 – C-258/11, Rn. 29–41; Urt. v. 17.08.2018 – C-441/17, Rn. 110–121, Urt. v. 14.01.2016 – C-399/14, Rn. 43 f., 48 f.; Urt. v. 15.05.2014 – C-521/12, Rn. 20 f.; Urt. v. 11.09.2012 – C-43/10, Rn. 111 ff.; Urt. v. 7.9.2004 – C-127/02, Rn. 47–49; aus Mehl et al. 2025b). Der Europäische Gerichtshof verlangt hier eine Zulässigkeitsprüfung anhand objektiver Umstände und den besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen, so dass sich jegliche potenzielle Beeinträchtigungen der festgelegten Natura 2000-Erhaltungsziele mit Gewissheit ausschließen lassen.

Im Rahmen einer ökologischen Risikoanalyse sollten etwaige Vor- oder Zusatzbelastungen (bestehende Belastungen) vorab in ihren Auswirkungen beurteilt und entsprechend sachgerecht berücksichtigt werden. Weitergehende naturschutzfachliche Interpretationen, z. B. im Hinblick auf die Schutzwürdigkeit bzw. Schutzkategorien nach Naturschutzrecht (VSchRL, FFH-RL, BArtSchV), Vorkommen und Gefährdungsgrade (Rote Listen) usw. sollten demgegenüber konsequent erst sekundär bzw. nachrangig erfolgen; im Vordergrund sollten stets ökologische Wirkungszusammenhänge und deren kausal orientierte Beurteilung stehen.

Bei der zusammenfassenden Bewertung mittels ökologischer Risikoanalyse empfiehlt es sich ferner, strukturell-systematisch einen konzeptionellen Ansatz im Sinne von Prozesshierarchien bzw. -ebenen zu verfolgen, um praktikabel Ursache-Wirkungs-Kausalketten aufzudecken. Einen solchen, ganzheitlichen und konzeptionellen Ansatz zur Analyse der Auswirkungen von PV-Anlagen kann man aus Sicht von Armstrong et al. (2020) über hierarchische Entscheidungswege bzw. -bäume realisieren. Hier sollte die in Abschnitt 3.5 vorgenommene Systematisierung wesentlicher Auswirkungskategorien als orientierende Grundlage dienen können. Da Armstrong et al. (2020) in ihren Wirkungshierarchien Fuzzy-Ansätze bzw. Fuzzy-Logic (Unschärfen, „Wahrheitsgrade“) berücksichtigen, steht das auch im Hinblick auf die oben diskutierten Eintrittswahrscheinlichkeiten methodisch in einer Linie.

Als Letztes wären noch das generelle Bezugssystem zu diskutieren, d. h. die Frage der Referenz bzw. der Orientierung in der Abstufung gradueller Veränderungen infolge anthropogener Beeinflussung/Störung. Dies ist Grundlage zur Abstufung der „Beeinträchtigungs- bzw. Belastungsintensität“, aber auch in gewissem Umfang zur Einstufung der „Empfindlichkeit“ (s. o.). Generell sollte sich dies an der Referenz „naturnahes, ökologisch funktionsfähiges, aber wiedervernässtes Moor“ (ohne Moor-PV-Anlage) ausrichten (vgl. Abschnitt 3.5.1). Jedoch setzt das voraus, dass nach einer Maßnahmenumsetzung (Wiedervernässung und ggf. erforderliche „Begleitmaßnahmen“) eine grundlegende „Entwicklungsreife“ der Moorflächen gegeben ist, was gemeinhin erst nach ca. 30 Jahren gegeben ist (z. B. Johnson et al. 2025, vgl. auch BKomV). Andererseits lassen sich ursprüngliche (d. h. natürliche) Moorlandschaften aber im Regelfall nicht mehr wiederherstellen (Kreyling et al. 2021, Succow & Jeschke 2024).

Wenn Forschung auf einen grundlegenden Vergleich der ökologischen Verhältnisse von wiedervernässtem Moor ohne PV-Anlage und einem solchen mit PV-Anlage ausgerichtet ist, wird eine zeitnahe Forschung natürlich mit einer 30-jährigen Entwicklungszeit kollidieren. Insofern wird man eher schauen müssen, den direkten Vergleich der unterschiedlichen Prozesse, Strukturen und ihrer zeitlichen Entwicklung und Dynamik zwischen Kontrollfläche (Entwicklung zur Naturnähe nach Wiedervernässung) und Wirkungsfläche (Wiedervernässung, aber mit den Wirkungen der PV-Anlage) anzustellen. Zudem können insbesondere unterschiedliche technische Lösungen und auch Gestaltungslösungen untereinander in dieser Hinsicht verglichen werden. Ergänzt werden muss all dies dann mit einem Vergleich zu vergleichbaren Erkenntnissen in naturnahen Mooren (nicht entwässert oder ggf. vor längerer Zeit wiedervernässt). Dafür kommen sowohl in Frage eine parallele Mituntersuchung (es steigt aber der Aufwand) oder die Einbeziehung entsprechender Daten bzw. Erkenntnisse Dritter (Fachliteratur).

Letztlich muss im Sinne der ökologischen Risikoanalyse skaliert werden, was eine Teilaufgabe der Folgeforschung wäre. Wie eine fundierte, ökologisch orientierte Abstufung aussehen kann, zeigt z. B. Anhang V WRRL bezüglich ökologischen Zustandes der europäischen Gewässer (5-stufige Skala von sehr gutem ökologischem bis zu schlechtem Zustand); die nationale rechtliche Entsprechung findet sich in § 5 sowie den Anhängen 3 und 4 OGewV.

Interessant ist in dieser Hinsicht auch das deskriptive (konzeptionelle) Modell für die Interpretation von Veränderungen in Ökosystemen auf der Basis eines Gradienten der biologischen Bedingungen (the „Biological Condition Gradient“, vgl. Davies & Jackson 2006), das in den USA von einer großen Zahl von Experten der Einrichtungen, Behörden und Hochschulen der Bundesstaaten sowie von Bundesbehörden und -einrichtungen (z. B. EPA, USGS) vor einigen Jahren ausgearbeitet wurde. Kern des Modells ist eine Abstufung in sechs Schritten (aus Mehl et al. 2024):

Stufe 1: Natürlicher bzw. nativer Zustand: die ursprüngliche strukturelle, funktionale und taxonomische Integrität ist gewahrt; die Ökosystemfunktion bewegt sich im Bereich natürlicher Variabilität

Stufe 2: Minimale (geringfügige) Veränderungen in der Struktur der Lebensgemeinschaft und minimale Veränderungen in der Ökosystemfunktion: Nahezu alle einheimischen Arten weisen nur geringfügige Veränderungen in der Biomasse oder der Abundanz auf; die Ökosystemfunktionen bewegen sich voll im Bereich der natürlichen Variabilität

Stufe 3: Offenkundige Veränderungen in der Struktur der Lebensgemeinschaft und minimale Veränderungen in der Ökosystemfunktion: Sichtbare Veränderungen in der Struktur durch den Verlust von einigen seltenen einheimischen Taxa; Verschiebungen in der relativen Häufigkeit von Taxa, aber empfindliche, ubiquitäre Arten sind häufig und in hoher Abundanz vertreten; die Ökosystem-Funktionen sind vollständig durch redundante Prozesse des Systems aufrechterhalten

Stufe 4: Moderate Veränderungen in der Struktur der Lebensgemeinschaft mit minimalen Änderungen in der Ökosystemfunktion: Moderate Veränderungen in der Struktur durch Austausch einiger empfindlicher ubiquitärer Arten durch tolerante Arten; die Populationen der toleranten Arten sind stabil; insgesamt ausgewogene Verteilung der zu erwartenden größeren Gruppen; die Ökosystem-Funktionen sind weitgehend durch redundante Prozesse des Systems aufrechterhalten

Stufe 5: Wesentliche Änderungen in der Struktur der Lebensgemeinschaft und moderate Veränderungen in der Ökosystemfunktion: Sensitive Taxa sind deutlich vermindert; auffällig unsymmetrische Verteilung der wichtigsten erwarteten Gruppen; der Zustand von Organismen zeigt Anzeichen von physiologischem Stress; die Ökosystemfunktion zeigt reduzierte Komplexität und Redundanz an; erhöhter Aufbau oder Export von ungenutzten Nährstoffen.

Stufe 6: Schwere Veränderungen in der Struktur der Lebensgemeinschaft und gravierender Verlust der Ökosystemfunktion: Extreme Veränderungen in der Struktur; massenhafte Veränderungen in der Artenzusammensetzung; extreme Veränderungen von normalen (Populations-) Dichten und Verteilungen; der physiologische Zustand der Organismen ist schlecht, die Ökosystemfunktionen sind stark verändert

4.8 Bundesweit bereits vorhandene oder geplante Moor-PV-Anlagen

Hier erfolgte eine Recherche im Hinblick auf öffentlich zugängliche Quellen bzw. nach Rückäußerung von Investoren/Betreibern von Moor-PV-Anlagen (E-Mail oder mündlich) (Tab. 96). Einige Anlagen auf Moorböden sind bereits vor der EEG-Novellierung errichtet worden. Hierzu zählen die Anlagen in Georgsdorf (1), Unterweser (2), Lottorf (3), Donaumoos (4 & 5). Bei den Anlagen in Königsdorf (6) und Varel (7) ist von einer Förderung der Anlagen nach EEG auszugehen; diese befinden sich zum aktuellen Stand nicht als „Besondere Solaranlage Moorböden“

(Katalogwert 3057) im Marktstammdatenregister (Tab. 96, Abb. 17: Vorhandene PV-Anlagen auf Moorböden, grüne Punkte). Der Zeitpunkt des Baus der Pilotanlage in Elsfleth (8) ist nicht bekannt, sodass hier keine Einordnung möglich ist. Auch diese Anlage ist aktuell nicht im Marktstammdatenregister Moorböden (Katalogwert 3057) vermerkt.

Für die Anlage Moor-PV Katziener Moor (9) besteht ein Planungsdatum der Feststellung (2026). Alle weiteren geplanten Anlagen befinden sich in ihrer jeweiligen Planungsphase mit unklarem Fertigstellungsdatum, sodass die weitere Darstellung sortiert nach Bundesland erfolgt (SH, MV, ST, NDS; Geplante MoorPV-Anlagen, orangene Punkte, Abb. 17). Als Besonderheit soll hier noch auf den Konzeptcharakter der geplanten Anlagen im Bovenmoor (20) und Ahlenmoor (21) hingewiesen werden. Diese werden von Interessensgemeinschaften verfolgt, sodass dort nicht von einer konkreten Planung eines Anlagenbauers/-betreibers gesprochen werden kann. Zudem sollte auf das Projekt „MoorPower: Nachhaltige und innovative Photovoltaik-Lösungen für wiedervernässte Moore: Akzeptanz und Sozio-Ökonomie von Moor-PV“ der Universität Greifswald verwiesen werden. Im Rahmen der Aufständigung der Photovoltaikanlage in Spoitgendorf entlang der A19 ist geplant, an drei Standorten innerhalb der Anlage mit unterschiedlichen Nässegraden MoorPV-Pilotanlagen (22) zu integrieren und zu monitorieren.

Sofern die Moortypen (Tab. 96) nicht durch die recherchierten Informationen oder durch die Angaben von Seiten der Projektbeteiligten identifizierbar waren, wurde eine Einordnung anhand der aktualisierten Kulisse organischer Böden in Deutschland des Thüneninstituts (Wittenberg et al. 2023) und dem niedersächsischen Informationsportal MoorIS (Hauck-Bramsiepe et al. 2022) vorgenommen.

4.9 Potenzielle Flächen bzw. Standorte für wissenschaftliche Untersuchungen an Moor-PV-Anlagen

Tab. 96 und Abb. 17 zeigen, dass der Umsetzungsstand von Moor-PV-Anlagen in Deutschland noch sehr gering ist; verdeutlichen aber, dass sich Einiges in Planung befindet.

Zur Frage potenzieller Standorte für wissenschaftliche Untersuchungen an Moor-PV-Anlagen lassen sich von daher noch keine sinnvollen Aussagen treffen (Stand Juli 2025), da die weiteren Entwicklungen abgewartet werden müssen. Zu empfehlen ist eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit Investoren/Betreibern, um eine Integration von Forschungsfragestellungen bereits bei der Konzeption/Planung zu erreichen.

Tab. 96: Bundesweit vorhandene oder geplante Moor-PV-Anlagen entsprechend Recherche, Stand: Januar 2025 (n. b. = nicht behandelt/nicht bekannt)

Nr.	Standort	Bundesland	Inbetriebnahme	Spitzenleistung (kWp oder MWp) bzw. Jahresertrag (kWh oder MWh)	Moortyp	Anmerkungen	Quelle
1	PV-Anlage Georgsdorf	NDS	2011	25 MWp	Hochmoor	JUWI GmbH; aktive Entwässerung, 60 ha	https://www.juwi.de/aktuelles/blog/artikel/georgsdorf-artenvielfalt-im-pv-park (letzter Abruf: 25.07.2025)
2	Solarpumpen Brake (Unterweser)	NDS	2017	n. b.	Niedermoor	Wagner Solar; zur Wasserstandsregulierung auf Moorflächen, 9-10 Module pro Pumpe Forschungsprojekt	https://www.wagner-solar.com/de/strom/referenzen-solarstrom/wasserstandsregulierung-moorflaechen (letzter Aburf: 15.12.2024)
3	Lottorf	SH	2021 und 2023	17,1 MWp	Niedermoor	Wattmanufactur; Anlage statisch eingebunden im mineralischen Untergrund, Drainagen aufgehoben, nicht aktiv wiedervernässt, errichtet vor Inkrafttreten EEG 2023, horizontal geführt Anlage (einachsig), bifaziale Module, extensive Grünlandbewirtschaftung (Feuchtwiese), zusätzlich durchgeführte naturschutzfachliche Maßnahmen für künstliche Habitate	https://wattmanufactur.de/moor-pv.html (letzter Abruf: 25.07.2025)
4	Schornhof (Donau-moos)	BY	Ab 2021	120 MWp + 70 MWp	Niedermoor	Anumar; Fläche soll wiedervernässt werden. Aktuell tritt häufig Staunässe durch (baubedingte) Bodenverdichtung auf.	LfU (2023)
5	Brunnen IV (Donau-moos)	BY	2023	82 MWp	Niedermoor	Anumar; Wiedervernässung geplant (?)	https://www.wochenblatt-dlv.de/regionen/oberbayern/moos-klimasuen-der-vernaessung-gemeinsam-landwirtschaft-574415 (letzter Aburf: 15.12.2024)

Nr.	Standort	Bundesland	Inbetriebnahme	Spitzenleistung (kWp oder MWp) bzw. Jahresertrag (kWh oder MWh)	Moortyp	Anmerkungen	Quelle
6	Gut Mooseurach (bei Königsdorf)	BY	Geplante Errichtung 3./4. Quartal 2024	20,0 MWp	Niedermoor	Zusammenschluss für Betrieb und Finanzierung der Anlage: Gut Mooseurach der Familie Bosch, die Gemeinde Königsdorf, die 17er-Oberlandenergie GmbH und die Energie Südbayern GmbH (ESB) Solea AG (Plattling) übernimmt Bau der Anlage; 20 ha; Anstau der Moorflächen nach Fertigstellung des PV-Parks geplant; Anlage 800 m entfernt von nächstem Wohnort; Materielle Beteiligung der Bürger*innen vorgesehen	U-Plan (2024)
7	PV-FFA Tangermoorweg (Varel)	NDS	2024/2025	37,5 MWp	Hoch- & Niedermoor	WI Energy (Bau: EMT GmbH)	https://www.erneuerbareenergien.de/technologie/solar/photovoltaikanlage-entsteht-im-moorgebiet-vare (letzter Aburf: 15.12.2024)
8	Moor-PV-Pilotanlage Elsfleth	NDS	n. b.	n. b.	Hochmoor	SUNfarming Projekt GmbH; <1 ha, keine aktive Wiedervernässung	https://sunfarming.de/blog/photovoltaik-auf-moorstandorten-sunfarming-stellt-pilotanlage-vor (letzter Abruf: 25.07.2025)
9	Solarpark Katziener Moor	NDS	Bis 2026	28 MWp	Niedermoor	getproject; 19,6 ha, geplante Wiedervernässung (wenn möglich)	https://www.getproject.de/photovoltaik/projekte?view-project=8 (letzter Abruf: 25.07.2025)
10	Solarpark in Burg (Dithmarschen)	SH	n. b.	n. b.	Niedermoor/Hochmoor	Aream Advisory GmbH; Planungsraum 120 ha	https://www.bund-dithmarschen.de/service/meldungen/detail/news/diskussion-ueber-solarpark-in-burg-naturschutzbedenken-und-buergerbeteiligung-im-fokus/ (letzter Abruf: 25.07.2025)

Nr.	Standort	Bundesland	Inbetriebnahme	Spitzenleistung (kWp oder MWp) bzw. Jahresertrag (kWh oder MWh)	Moortyp	Anmerkungen	Quelle
11	Scheppern	SH	n. b.	n. b.	n. b.	SUNfarming Projekt GmbH; 107,7 ha in B-Planung	Sunfarming 2024
12	Moor-Solarpark Werder	MV	n. b.	n. b.	n. b.	BEE Development GmbH; Mecklenburg-Vorpommern, Landkreis Mecklenburgische Seenplatte, Amt Treptower Tollensewinkel, Gemeinde/Gemarkung Werder	https://www.nordkurier.de/regional/neubrandenburg/solarpark-koennte-an-schreiadler-scheitern-3465145 (letzter Abruf: 25.07.2025)
13	Brunn (Kleiner Landgraben)	MV	n. b.	n. b.	Niedermoor, Durchströmungsmoor	EnviTec, ET Solar Brunn GmbH, ISE Faunhofer Institut, Projektpartner: UNI Greifswald; Sondierungsfläche 400 ha	https://www.nordkurier.de/regional/neubrandenburg/das-soll-der-mega-solarpark-im-moor-bei-neubrandenburg-bringen-2534977 (letzter Abruf: 25.07.2025)
14	Gut Borken (Kruksdorf)	MV	n. b.	n. b.	Niedermoor	GME Clean power AG (Unterhaching); Sondierung	https://www.pasewalk.de/wp-content/uploads/2023/08/Planzeichnung.pdf (letzter Abruf: 25.07.2025)
15	Moor-Solarpark Krackow	MV	n. b.	n. b.	Niedermoor	BEE Development GmbH; Mecklenburg-Vorpommern, Landkreis Vorpommern-Greifswald, Amt Löcknitz-Penkun, Gemeinde/Gemarkung Krackow	https://www.amt-loecknitz-penkun.de/pdf/oeffentlichkeitsbeteiligung/Krackow/06_05_Entwurf_PV_Layoutplanung.pdf (letzter Abruf: 25.07.2025)
16	Solarpark Ban-netzer Moor (Banetzte)	NDS	n. b.	n. b.	Niedermoor/Hochmoor	MMR Solar; 64 ha	https://www.cz.de/lokales/celle-lk/64-hektar-solarpark-bei-bannetze-geplant-E3422C54EFA4BAF4EC6BA3AAAA.html (letzter Abruf: 25.07.2025)
17	Moor-Solarpark	NDS	n. b.	n. b.	Hochmoor	Wattmanufactur; 38 ha	https://www.rasteder-rundschau.de/2024/08/13/solarpark-im-

Nr.	Standort	Bundesland	Inbetriebnahme	Spitzenleistung (kWp oder MWp) bzw. Jahresertrag (kWh oder MWh)	Moortyp	Anmerkungen	Quelle
	Ipenwege (Rastede)						ipwegermoor-rastede-als-leuchtturm/ (letzter Abruf: 25.07.2025)
18	Wesermarsch	NDS	n. b.	n. b.	n. b.	SUNfarming Projekt GmbH; 48,5 ha in B-Planung	Sunfarming 2024
19	Schwinge	NDS	n. b.	n. b.	Hochmoor	SUNfarming Projekt GmbH; 30,4 ha in B-Planung	Sunfarming 2024
20	Bovenmoor	NDS	n. b.	n. b.	Niedermoor	IG Bovenmoor (Bürgerinitiative/Konzept); 330 ha (Teilfläche)	https://sonnenallee.sma.de/klimawandel/dreimal-regenerativ/ (letzter Abruf: 25.07.2025)
21	Ahlenmoor	NDS	n. b.	n. b.	Hochmoor	IG Neue Energien Ahlen-Falkenberg Süd GbR (Bürgerinitiative/Konzept); 255 ha (Teilfläche)	https://sonnenallee.sma.de/klimawandel/dreimal-regenerativ/ (letzter Abruf: 25.07.2025)
22	MoorPower	MV	2025/2026	n. b.	Niedermoor (Flussstallmoor)	3 Moor-PV-Pilotanlagen des Projekts MoorPower der Universität Greifswald innerhalb einer größeren FreiflächenPV-Anlage (Photovoltaikanlage Sportgendorf, mea Energieagentur M-V GmbH (Bauherr))	https://rsf.uni-greifswald.de/lehstuehle/wiwi/avwl/lehstuhl-beckmann/forschung/moorpower/ (letzter Abruf: 25.07.2025)



Abb. 17: Kartographische Darstellung der bundesweit vorhandenen oder geplanten Moor-PV-Anlagen entsprechend Tab. 96, Stand: Januar 2025

5 Umsetzungsmöglichkeiten der naturverträglichen Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen auf rechtlicher und planerischer Ebene

5.1 Überblick

Dieses Kapitel erläutert die aktuelle Rechtslage für die Wiedervernässung von Mooren und die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf wiedervernässten Moorflächen (Moor-PV). Weiterhin werden rechtspolitische Möglichkeiten der Förderung, Steuerung und Regelung von Moor-PV dargestellt und die rechtlichen Vollzugsinstrumente, insbesondere bei Nichtbefolgung rechtlicher Voraussetzungen und Auflagen sowie im Hinblick auf Monitoringmaßnahmen, erläutert.

Das Kapitel beginnt in Abschnitt 5.2 mit einer Einführung in die zunehmenden Herausforderungen durch Nutzungskonkurrenzen, welche sowohl für die Wiedervernässung trockengelegter Moorstandorte als auch für den Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik eine bedeutende Rolle spielen. Es wird dargestellt, dass die Mehrfachnutzung von Flächen allgemein, und konkret die Mehrfachnutzung von Moorstandorten für die Wiedervernässung, ggf. in Verbindung mit Paludikultur, und die Errichtung von Moor-PV-Anlagen, Chancen bietet, aber auch einer Steuerung bedarf, um die gegenseitige Beeinträchtigung der Nutzungsziele zu minimieren.

In Abschnitt 5.3 wird die aktuelle Rechtslage in Bezug auf die Wiedervernässung von Flächen einerseits und die Errichtung von Moor-PV andererseits analysiert. Es handelt sich hierbei rechtlich um getrennte Verfahren, die unterschiedlichen verfahrens- und materiell-rechtlichen Anforderungen unterliegen. Da die Vorhaben der Wiedervernässung und Errichtung von PV-Anlagen indes nicht isoliert nebeneinanderstehen, sondern Wechselwirkungen entfalten, stellt sich in der Praxis die Herausforderung, die Verfahren sinnvoll zu koordinieren.

In Abschnitt 5.4 werden rechtspolitische Möglichkeiten der Förderung, Steuerung und Regelung von Moor-PV erläutert. Dabei enthält bereits derzeit das Unionsrecht diverse Vorgaben zur erleichterten Umsetzung von Vorhaben zum Ausbau der erneuerbaren Energien, die noch nicht vollständig in deutsches Recht umgesetzt sind. Die Folgen der in nächster Zeit zu erwartenden Umsetzung werden prognostiziert und darüber hinausgehende gesetzliche Regelungsmöglichkeiten und planerische Steuerungsmöglichkeiten diskutiert. Schließlich werden Möglichkeiten der vertraglichen Steuerung von Moor-PV entwickelt und vorgeschlagen.

Abschnitt 5.5 befasst sich mit den Vollzugsinstrumenten im Bundes- und Landesrecht: Es wird die Nichtbefolgung von Vollzugsmaßnahmen thematisiert und Vorschläge zur Beseitigung unterbreitet wie auch Monitoringmaßnahmen analysiert.

5.2 Nutzungskonkurrenz und Mehrgewinne durch Mehrfachnutzung von Flächen

5.2.1 Herausforderung Flächenbedarf und Nutzungskonkurrenzen

Der Bedarf an Flächenressourcen für Klimaschutz, Ernährungssicherung und den Erhalt der biologischen Vielfalt führt bereits heute und wird in Zukunft verstärkt zu Nutzungskonkurrenzen untereinander führen. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) bezeichnet diese Herausforderung in seinem Hauptgutachten von 2020 „Landwende im Anthropozän“ als das „Trilemma der Landnutzung“ (WBGU 2020: 22). Der WBGU weist darauf hin, dass derartige Nutzungskonkurrenzen durch eine Fokussierung auf monofunktionale Flächennutzungen verstärkt werden. Ein nachhaltiger Umgang mit

Land fordere aber Multifunktionalität und die Nutzung von Synergien. Daher empfiehlt der WGBU eine kluge Integration von Schutz und multiplen Nutzungen in ein und derselben Landschaft (WGBU 2020: 2). Durch die gezielte Erarbeitung von Mehrgewinnstrategien kann nicht nur die Nutzungskonkurrenz entschärft werden, sondern es können Verbesserungen bei der Erreichung der jeweiligen Schutzziele erreicht werden (WGBU 2020: 2-3).

Flächenverfügbarkeit und verstärkte Nutzungskonkurrenz stellen sowohl für die angestrebte großflächige Moorwiedervernässung als auch für das Erreichen der ambitionierten europäischen und deutschen Ausbauziele für erneuerbare Energien eine große Herausforderung dar. Um die europäischen und deutschen Klimaschutzziele zu erreichen, die Vorgaben aus der EU-Wiederherstellungsverordnung und die Ziele der deutschen Moorschutzstrategie umzusetzen ist eine großflächige Renaturierung und vor allem Wiedervernässung trockengelegter Moorstandorte erforderlich. Der WGBU nennt in seinem Hauptgutachten von 2020 konkret die Wiedervernässung und Renaturierung von Mooren als ein Beispiel einer Mehrgewinnstrategie, da durch derartige Maßnahmen einerseits nachhaltige CO₂-Senken geschaffen werden und gleichzeitig ein hohes Potenzial besteht, sehr spezielle biologische Lebensgemeinschaften zu erhalten (WGBU 2020: 4, 76-77). Weiterhin nennt das Gutachten die Landwirtschaft auf Moorböden (Paludikultur) als Beispiel der nachhaltigen Mehrfachnutzung (WGBU 2020: 160). In seinem Hauptgutachten von 2024 „Wasser in einer aufgeheizten Welt“ (WGBU 2024) hebt der WGBU zudem die Moorwiedervernässung als einen wesentlichen Baustein für ein klimaresilientes Wassermanagement im Bereich Ökosysteme hervor (WGBU 2024: 159). Auch insoweit betont der WGBU die möglichen Mehrgewinne, da wiedervernässte Moore multiple Ökosystemleistungen erbringen können: sie tragen zur Abmilderung von Hochwasser- und Starkregenereignissen und zur Stabilisierung des Grundwasserspiegels bei, speichern CO₂, unterstützen durch das Verlangsamen von Verdunstungsprozessen die regionale und globale Klimaregulation und bieten Habitate für eine Vielzahl seltener und auf den Moorlebensraum hochspezialisierter Tier- und Pflanzenarten (WGBU 2024: 159 f.).

Für die großflächige Renaturierung und Wiedervernässung von Mooren, zu der Deutschland vor allem auch aufgrund der EU-Wiederherstellungsverordnung verpflichtet ist, bedarf es indes einer Mobilisierung von in privatem Eigentum befindlichen Flächen (Schlacke & Sauthoff 2025: 15). Die freiwillige Durchführung der Wiedervernässung und damit einhergehende Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung oder Umstellung auf den Anbau von Paludikultur ist indes regelmäßig wirtschaftlich (noch) nicht lohnend (siehe Abschnitt 6). Derzeit bestehen auch nur sehr begrenzte finanzielle Anreize. Rechtliche Instrumente zur Beschaffung der erforderlichen Flächen durch gesetzlich verankerte Entschädigungen, Enteignung und andere Verfahren bestehen zwar grundsätzlich (Schlacke & Sauthoff 2024a: 37-110; Schlacke & Sauthoff 2024b). Ob und in welchem Umfang diese Möglichkeiten genutzt werden sollen, ist aber letztendlich eine politische Entscheidung.

Eine andere Möglichkeit, das Erreichen der Wiedervernässungsziele zu fördern, besteht in der Schaffung wirtschaftlich attraktiver Nutzungsmöglichkeiten für wiedervernässte Moorflächen. Neben finanziellen Förderprogrammen, Vertragsnaturschutz und Ökokonten kommt hierfür vor allem die Möglichkeit einer Mehrfachnutzung der wiedervernässten Flächen für die Errichtung von PV-Anlagen in Betracht. Eine derartige Mehrfachnutzung trägt dazu bei, die Flächenkonkurrenz, die sich unweigerlich durch den beschleunigten Ausbau von Freiflächen-PV-Anlagen in den kommenden Jahren verstärken wird, zu entschärfen. In diesem Sinne haben sich auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), das BMUV und das BMEL in einem gemeinsamen Pressepapier zum Ausbau der Photovoltaik zur Reduktion von

Flächenkonkurrenzen und einem nachhaltigen Ausgleich mit Naturschutzbelangen bekannt. Der Schlüssel dafür liegt nach Ansicht der Ministerien in der Mehrfachnutzung von Flächen (BMWK, BMUV & BMEL 2023: 1).

Ob durch die Nutzung von wiedervernässten Moorflächen für die Errichtung von PV-Anlagen, ggf. auch in Kombination mit Paludikultur, tatsächlich naturschutzfachliche Synergieeffekte erzielt werden können oder ob vielmehr die Mehrfachnutzung zu einer Beeinträchtigung der jeweiligen einzelnen Nutzungsziele führt, ist derzeit noch wenig erforscht. Eine gezielte Regelung und Steuerung von Moor-PV – der Begriff wird hier, wie in Abschnitt 1.2 definiert, im Sinne des EEG 2023 als Freiflächen-PV-Anlagen, im Zuge deren Errichtung die Wiedervernäsung trockengelegter Moorflächen erfolgt, verstanden – sollte daher dazu beitragen, Nutzungs- und Schutzkonflikte, etwa zwischen Natur-, Landschafts- und Biodiversitätsschutz, der Erreichung von wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftungszielen der WRRL, und der wirtschaftlichen Nutzung mit Freiflächen-PV-Anlagen, soweit wie möglich zu vermeiden.

5.2.2 Unionsrechtliche Anknüpfungspunkte für die Regelung der Mehrfachnutzung von Flächen

Im Bereich der erneuerbaren Energien verpflichtet die sog. RED III die Mitgliedstaaten dazu, bis zum 21.5.2025 eine koordinierte Erfassung der verfügbaren Flächen durchzuführen, um das Potenzial zu ermitteln, das für die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie und die damit zusammenhängende Infrastruktur benötigt wird, um mindestens den nationalen Beitrag zum Gesamtziel der Union für erneuerbare Energie für 2030 zu erreichen (Art. 15b Abs. 1 RED III). Dabei begünstigen die Mitgliedstaaten die Mehrfachnutzung von Gebieten, wobei Projekte im Bereich erneuerbare Energie mit den bereits bestehenden Nutzungen dieser Gebiete vereinbar sein müssen (Art. 15b Abs. 3 RED III). Während der deutsche Text der Richtlinie nicht eindeutig klarstellt, ob eine Pflicht der Mitgliedstaaten besteht, eine Mehrfachnutzung zu begünstigen, oder dies lediglich erstrebenswert ist, deutet der englische Text („shall favor multiple uses“) auf eine derartige Pflicht hin. Es werden indes keine konkreten Vorgaben dazu gemacht, durch welche Instrumente dies umzusetzen ist.

Die Richtlinie war bis zum 21.5.2025 in nationales Recht umzusetzen. Bereits die Ampel-Regierung hatte am 24.6.2024 einen entsprechenden Gesetzesentwurf im Kabinett beschlossen (Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413, im Folgenden: Kabinettsentwurf vom 21.8.2024). Dieser sah auch eine Ergänzung des § 7 Abs. 1 S. 2 Raumordnungsgesetzes (ROG) dahingehend vor, dass eine Gebietsausweisung für Mehrfachnutzung ausdrücklich zulässig ist (Kabinettsentwurf vom 21.8.2024, 25). Zudem sah der von der letzten Bundesregierung am 24.9.2024 beschlossene Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der integrierten Stadtentwicklung (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der integrierten Stadtentwicklung, im Folgenden: Referentenentwurf vom 3.9.2024) vor, die Mehrfachnutzung von Flächen ausdrücklich als in der Bauleitplanung zu berücksichtigenden sonstigen öffentlichen Belang in § 1c Abs. 5 Nr. 2 BauGB aufzunehmen. Durch das Ende der Ampel-Koalition und anschließende Neuwahlen wurden diese Gesetzesentwürfe indes nicht mehr im Bundestag beschlossen.

Der Gesetzgeber hat nunmehr das „Gesetz zur Umsetzung von Vorgaben der Richtlinie (EU) 2023/2413 für Zulassungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz und dem Wasserhaushaltsgesetz sowie für Planverfahren nach dem Baugesetzbuch und dem Raumordnungsgesetz, zur Änderung des Bundeswasserstraßengesetzes und zur Änderung des

Windenergieflächenbedarfsgesetzes“ (BGBl. 2025 I Nr. 189 vom 14.8.2025, nachfolgend: „Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025“) beschlossen, das am 15.8.2025 in Kraft getreten ist. Es enthält überwiegend Änderungen in Bezug auf Windenergievorhaben sowie das Wasserhaushaltsgesetz, betrifft Freiflächen-Photovoltaikanlagen nur in Randbereichen (dazu noch näher unter Abschnitt 5.4.3.2.). Indes ändert das Gesetz unter anderem § 7 Abs. 1 S. 2 ROG. Danach „kann festgelegt werden, dass bestimmte Flächen des Planungsraums einschließlich Gebietsausweisungen nach Absatz 3 für mehrere miteinander vereinbare Nutzungen und Funktionen vorgesehen werden (Mehrfachnutzung) (...)“. Hiermit ist nunmehr ausdrücklich eine Ausweisung von Flächen für mehrere miteinander vereinbare Nutzungen und Funktionen zulässig (Mehrfachnutzung). § 7 Abs. 1 S. 2 ROG greift auf ein Leitbild zurück, das bereits in Art. 15b Abs. 3 RED III verankert ist, ohne allerdings den EU-rechtlichen Hintergrund offen zu legen: „Die Mitgliedstaaten begünstigen die Mehrfachnutzung der in Absatz 1 genannten Gebiete. Projekte im Bereich erneuerbare Energie müssen mit den bereits bestehenden Nutzungen dieser Gebiete vereinbar sein.“ Wenngleich nach der Gesetzesbegründung zu § 7 Abs. 1 S. 2 ROG n.F. der dort formulierten Legaldefinition des Begriffs „Mehrfachnutzung“ lediglich eine klarstellende Funktion zukommt, so kann sie dazu dienen, Planerinnen und Planern vor dem Hintergrund zunehmender Nutzungskonkurrenzen den Anstoß dafür zu geben, eine multifunktionale Nutzung des Raums stärker in den Blick zu nehmen (BT-Drs. 21/797, 59). Eine entsprechende Verankerung im BauGB ist bisher nicht erfolgt.

Über die rein fakultative Möglichkeit der Ausweisung von Flächen für eine Mehrfachnutzung hinaus kommt auch eine gesetzliche Verankerung einer entsprechenden Verpflichtung, wonach die Möglichkeit einer Ausweisung von Flächen für Mehrfachnutzungen zwingend zu prüfen ist, in Betracht. Eine solche rein prozedurale Prüfverpflichtung wäre unseres Erachtens ein sinnvoller Schritt, um das Leitbild der Mehrfachnutzung stärker als derzeit in Planungsprozessen zu verankern. Ein derartiges Verfahrenselement – vergleichbar der strategischen Umweltprüfung (SUP) oder UVP – kann sowohl auf Ebene der überörtlichen Raumordnung, etwa durch Regionalplanung, als auch der örtlichen Raumplanung, insbesondere durch Flächennutzungsplanung, – idealerweise auf beiden Ebenen – verankert werden (siehe dazu auch die Handlungsempfehlungen in Abschnitt 7.2.1).

5.2.3 Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen

In diesem Abschnitt wurde eine Einführung in die zunehmenden Herausforderungen durch den Bedarf an Flächenressourcen für Klimaschutz, Ernährungssicherung und den Erhalt der biologischen Vielfalt und die daraus resultierenden Nutzungskonkurrenzen gegeben. Ein verstärkter Fokus auf der Mehrfachnutzung von Flächen bietet Chancen, Nutzungskonkurrenzen zu entschärfen und idealerweise sogar Verbesserungen durch die Nutzung von Synergien zu erreichen. Eine solche Mehrfachnutzung bedarf aber auch einer Steuerung, um Nutzungs- und Schutzkonflikte, etwa zwischen Natur-, Landschafts- und Biodiversitätsschutz, der Erreichung von wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftungszielen der WRRL, und der wirtschaftlichen Nutzung mit Freiflächen-PV-Anlagen, soweit wie möglich zu vermeiden.

Durch die Änderung des § 7 Abs. 1 S. 2 ROG wurde bereits die Möglichkeit der Ausweisung von Flächen für die Mehrfachnutzung explizit in der Raumordnung verankert. Darüber hinaus sollte unseres Erachtens eine entsprechende prozedurale Verpflichtung zur Prüfung, ob eine Mehrfachnutzung von Flächen möglich ist, sowohl im ROG als auch im BauGB verankert werden.

5.3 Aktuelle Rechtslage

5.3.1 Überblick

Dieser Teil gibt einen Überblick über die aktuell geltende Rechtslage in Bezug auf die Wiedervernässung trockengelegter Moorstandorte und die Errichtung von PV-Anlagen. Wiedervernässung und Errichtung von PV-Anlagen erfordern getrennte Zulassungen und folglich auch getrennte Verwaltungsverfahren. Für die Vorhaben sind jeweils Zulassungen erforderlich, die unterschiedlichen materiellen Anforderungen unterliegen.

Nachfolgend werden die rechtlichen Anforderungen zunächst unterschieden nach Moorwiedervernässung (Abschnitt 5.3.2) und Errichtung von PV-Anlagen (Abschnitt 5.3.3) dargestellt. Dabei wird primär auf das Bundesrecht eingegangen. Das Landesrecht kann unter Umständen abweichende Regelungen enthalten. Hierauf wird teilweise beispielhaft hingewiesen, wobei eine umfassende Darstellung aller landesrechtlichen Vorgaben in allen moorreichen Bundesländern (Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Bayern und Baden-Württemberg) hier nicht erfolgen kann.

Wenn die Moorwiedervernässung und die Errichtung von PV-Anlagen in Verbindung miteinander und in engem zeitlichem Zusammenhang beantragt und durchgeführt werden, ggf. auch noch in Kombination mit Paludikultur, stellt sich zudem die Frage, inwieweit in dem Genehmigungsverfahren für die Wiedervernässung die Errichtung von PV-Anlagen mitberücksichtigt werden kann oder gar muss und umgekehrt. Unter Umständen werden beide Vorhaben auch nicht in Verbindung miteinander beantragt und durchgeführt, sondern es findet zunächst eine Wiedervernässung statt, während die Errichtung von PV-Anlagen erst zu einem späteren Zeitpunkt beabsichtigt ist. Der umgekehrte Fall ist ebenfalls denkbar, sofern die bereits errichteten PV-Anlagen nicht die Möglichkeit der Wiedervernässung praktisch ausschließen. Auf diese Wechselwirkungen und die sich daraus ergebenden Herausforderungen wird in Abschnitt 5.3.4 eingegangen.

5.3.2 Rechtliche Anforderungen an die Wiedervernässung

5.3.2.1 Wasserrecht

Es existiert kein wasserrechtlicher Begriff der Wiedervernässung. Vielmehr setzt sich eine Wiedervernässungsmaßnahme typischerweise aus mehreren Einzelmaßnahmen zusammen (Schlacke & Sauthoff 2024a: 112-116). Welche verfahrens- und materiellrechtlichen Anforderungen erfüllt werden müssen, hängt von der Identifizierung der jeweiligen Einzelmaßnahme(n) (siehe Abschnitt 3.2.2) ab (Schlacke & Sauthoff 2025: 15). Regelmäßig wird für die Wiedervernässung entweder ein oberirdisches Gewässer hergestellt, geändert oder benutzt oder zumindest Grundwasser benutzt, so dass der Anwendungsbereich des WHG eröffnet ist (Schlacke & Sauthoff 2025: 17).

Wasserrechtliche Zulassungstatbestände und verfahrensrechtliche Konsequenzen

Die für eine Wiedervernässung erforderlichen Maßnahmen (siehe Abschnitt 3.2.2) stellen in den meisten Fällen eine Benutzung eines Gewässers i.S.v. § 9 WHG dar. Benutzungen sind unter anderem das Entnehmen und Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG), das Aufstauen und Absenken von oberirdischen Gewässern (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 WHG) sowie das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser (§ 9 Abs. 1 Nr. 5 WHG). Zudem gelten als Benutzung etwa das Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierfür bestimmt oder geeignet sind (§ 9 Abs.

2 Nr. 1 WHG) sowie Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen (§ 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG). Derartige Benutzungen bedürfen einer behördlichen Gestattung in Form der wasserrechtlichen Erlaubnis oder Bewilligung nach § 8 Abs. 1 WHG.

Sofern ein Gewässerausbau, d.h. die Herstellung, Beseitigung oder wesentliche Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer (§ 67 Abs. 2 S. 1 WHG) erfolgt, ist gem. § 68 WHG eine Planfeststellung oder Plangenehmigung erforderlich (dazu auch BfN 2025a: 14 f.). Die Planfeststellung bzw. Plangenehmigung bietet den Vorteil der Konzentrationswirkung, da diese andere behördliche Entscheidungen (z. B. eine notwendige Baugenehmigung) einschließen (§ 75 Abs. 1 S. 1 VwVfG).

Allerdings umfasst die Planfeststellung nur das konkrete Vorhaben bzw. die im Sinne des § 78 Abs. 1 VwVfG zusammentreffenden Vorhaben. Welche Maßnahmen genau ein Vorhaben in diesem Sinne darstellen, bestimmt zwar grundsätzlich der Vorhabenträger durch seinen Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsantrag. Allerdings sind dabei Grenzen zu beachten. Ein Gesamtvorhaben liegt nur dann vor, wenn die Einzelmaßnahmen in einem solchen Zusammenhang miteinander stehen, dass die verfolgten konkreten Ziele wenigstens teilweise vereitelt würden, wenn auf die anderen Maßnahmen verzichtet würde (BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 34; OVG Berlin-Bbg, Urt. v. 17.10.2023, OVG 9 B 5/15, juris, Rn. 131, bestätigt durch BVerwG, Beschl. v. 29.1.2025, 10 B 6/24, juris, Rn. 6). Demgegenüber genügt es nicht, wenn zwar ein gemeinsames Oberziel oder Konzept besteht, aber jede einzelne Maßnahme auch für sich betrachtet sinnhaft durchgeführt werden kann (OVG Berlin-Bbg, Urt. v. 17.10.2023, OVG 9 B 5/15, juris, Rn. 131, bestätigt durch BVerwG, Beschl. v. 29.1.2025, 10 B 6/24, juris, Rn. 6).

Auch wenn nach dem Vorgesagten kein Gesamtvorhaben besteht, können mehrere Einzelmaßnahmen in einem Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahren verknüpft werden, wenn eine Maßnahme als „führend“ und die anderen Maßnahmen als notwendige Folgemaßnahmen an einer anderen Anlage im Sinne des § 70 Abs. 1 S. 1 HS 2 WHG i.V.m. § 75 Abs. 1 S. 1 VwVfG anzusehen sind. Das gilt sowohl wenn die notwendige Folgemaßnahme selbst planfeststellungsbedürftig ist, als auch, wenn diese für sich genommen nicht planfeststellungsbedürftig ist (OVG Berlin-Bbg, Urt. v. 17.10.2023, OVG 9 B 5/15, juris, Rn. 131 f.). Notwendige Folgemaßnahmen in diesem Sinne sind indes nur Maßnahmen, die gerade erforderlich sind, um Probleme zu bewältigen, die durch das „führende“ Vorhaben ausgelöst werden. Nicht darunter fallen Maßnahmen, die nur bei Gelegenheit des „führenden“ Vorhabens verwirklicht werden sollen, weil dies aus wirtschaftlichen oder sonstigen Gründen zweckmäßig ist (BVerwG, Urt. v. 15.12.2006, 7 C 1/06, NVwZ 2007, 700, Rn. 43; OVG Berlin-Bbg, Urt. v. 17.10.2023, OVG 9 B 5/15, juris, Rn. 132). Zudem können Maßnahmen, die ein eigenes Planungskonzept für den Ausgleich komplexer, divergierender Interessen erfordern, nicht als Folgemaßnahmen mitgenehmigt werden (BVerwG, Urt. v. 19.2.2015, 7 C 11/12, NVwZ 2015, 1070, Rn. 31; OVG Berlin-Bbg, Urt. v. 17.10.2023, OVG 9 B 5/15, juris, Rn. 131).

Nach dem Vorgesagten sind für eine Wiedervernässung praktisch häufig unterschiedliche Maßnahmen erforderlich, die nicht in einem einheitlichen Planfeststellungsverfahren zusammengefasst werden können. In diesen Fällen müssen unter Umständen mehrere parallele Planfeststellungs- und Gestattungsverfahren durchgeführt und informell koordiniert werden (Schlacke & Sauthoff 2025: 17-18). Insoweit könnte eine Erleichterung durch Einführung eines gesetzlichen Vorhabenbegriffs der Wiedervernässung geschaffen werden.

Unter Umständen können Wiedervernässungsmaßnahmen eine nach § 9 Abs. 3 S. 2 WHG erlaubnisfreie Gewässerunterhaltung darstellen. Unter die in § 39 Abs. 1 S. 2 WHG aufgelisteten Unterhaltungsmaßnahmen fallen etwa die Erhaltung des Gewässerbettes (Nr. 1), die Erhaltung der Ufer (Nr. 2), die Erhaltung und Förderung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Gewässers (Nr. 4) sowie die Erhaltung des Gewässers in einem Zustand, der hinsichtlich der Abführung oder Rückhaltung von Wasser erforderlich ist (Nr. 5) (Schlacke & Sauthoff 2025: 17; Schlacke & Sauthoff 2024a: 124-126). Die Abgrenzung zwischen Unterhaltungsmaßnahmen und der Benutzung bzw. dem Ausbau eines Gewässers kann indes im Einzelfall problematisch sein (Schlacke & Sauthoff 2025: 17). Auch insoweit wäre eine Erleichterung durch eine gesetzliche Definition möglich (dazu unten, Abschnitt 5.4.5.1).

Materiellrechtliche Anforderungen

Wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung

Die wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung sind nach § 12 Abs. 1 WHG zu versagen, wenn schädliche, auch durch Nebenbestimmungen nicht vermeidbare oder nicht ausgleichbare Gewässeränderungen zu erwarten sind oder andere Anforderungen nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften – z. B. Baurecht, Naturschutzrecht, Denkmalschutzrecht – nicht erfüllt werden. Daneben sind die Verbote nach § 32 Abs. 1, § 45 Abs. 1 und § 48 Abs. 1 WHG zu beachten. Im Übrigen steht die Erteilung der Erlaubnis oder Bewilligung im pflichtgemäßen Ermessen (Bewirtschaftungsermessen) der zuständigen Behörden (§ 12 Abs. 2 WHG). Dabei ist auch die Beeinträchtigung von Rechten Dritter zu berücksichtigen und abzuwägen (näher dazu Schlacke & Sauthoff 2024a: 137 f. und 141-144).

Gewässerausbau

Handelt es sich bei einer Wiedervernässung um einen Gewässerausbau, so hat dieser gem. § 67 Abs. 1 WHG so zu erfolgen, dass natürliche Rückhalteflächen erhalten bleiben, das natürliche Abflussverhalten nicht wesentlich verändert wird, naturraumtypische Lebensgemeinschaften bewahrt und sonstige nachteilige Veränderungen des Zustands des Gewässers vermieden oder, soweit dies nicht möglich ist, ausgeglichen werden. Eine Planfeststellung setzt neben der Planrechtfertigung voraus, dass eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit, insbesondere eine erhebliche und dauerhafte, nicht ausgleichbare Erhöhung der Hochwasserrisiken oder eine Zerstörung natürlicher Rückhalteflächen, vor allem in Auwäldern, nicht zu erwarten ist und andere Anforderungen nach dem WHG oder sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften erfüllt werden (§ 68 Abs. 3 WHG). Dabei sind auch Rechte Dritter zu beachten, und ggf. Inhalts- und Nebenbestimmungen sowie Entscheidungen über enteignende Vorwirkungen und vorzeitige Besitzeinweisungen zu treffen (näher dazu Schlacke & Sauthoff 2024a: 161 f. und 164 f.).

Maßstäbe der Abwägung und des Bewirtschaftungsermessens

Bei der Auslegung der vorgenannten Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Abwägung bei Planfeststellung und -genehmigung sowie darüber hinaus bei der Ausübung des Bewirtschaftungsermessens durch die zuständigen Wasserbehörden, sind die allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung i. S. d. § 6 WHG zu beachten. In Bezug auf Wiedervernässungsmaßnahmen sind insbesondere die Erhaltung und Verbesserung der Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts (Abs. 1 S. 1 Nr. 1), die Vermeidung der Beeinträchtigung von Landökosystemen und Feuchtgebieten (Nr. 2), die Bewirtschaftung zum Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit Interessen Einzelner (Nr. 3) und die Erhaltung

der öffentlichen Wasserversorgung (Nr. 4) von hoher Relevanz. Hinzu kommen das Verschlechterungsverbot und das Verbesserungsgebot gem. §§ 27, 44 und 47 WHG. Diese Ge- und Verbote gehen auf die Bewirtschaftungsziele des Art. 4 WRRL zurück.

§ 6 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 WHG benennt zudem ausdrücklich das Ziel, möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen. Indes wird dieses Ziel bisher überwiegend dahingehend ausgelegt, dass es sich nur auf unmittelbare Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer bezieht und nicht auf den Beitrag von Maßnahmen an Gewässern zum allgemeinen Klimaschutz (etwa VGH München, Beschl. v. 19.9.2022, 8 CS 22.1552, juris Rn. 50; eine andere Interpretation erscheint indes durchaus möglich, siehe Schlacke & Sauthoff 2024a: 123 f.). Um letzteres als explizites Ziel der Gewässerbewirtschaftung zu normieren, wäre eine explizite Aufnahme des natürlichen Klimaschutzes, zu dem auch Moorwiedervernässungsmaßnahmen gehören, in den Katalog des § 6 Abs. 1 WHG empfehlenswert.

Auch für erlaubnisfreie Unterhaltungsmaßnahmen gilt, dass diese sich an den Bewirtschaftungszielen (Verschlechterungsverbot und Verbesserungsgebot) nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 WHG ausrichten müssen und die Erreichung dieser Ziele nicht gefährden dürfen. Unterhaltungsmaßnahmen müssen zudem den Anforderungen entsprechen, die in einem Maßnahmenprogramm nach § 82 WHG an die Gewässerunterhaltung gestellt sind (Schlacke & Sauthoff 2025: 17).

Wasserschutzgebiete

Besondere Anforderungen und Verbote können in Wasserschutzgebieten nach § 52 Abs. 1 S. 1 WHG in Verbindung mit der jeweiligen Schutzgebietsverordnung bestehen. Das gilt auch bei Maßnahmen außerhalb von Wasserschutzgebieten, wenn diese den mit der Festsetzung des Wasserschutzgebiets verfolgten Zweck gefährden würden (§ 52 Abs. 3 WHG). Ob diese einer Wiedervernässungsmaßnahme entgegenstehen, ist im Einzelfall zu klären. Eine Befreiung kann erteilt werden, wenn der Schutzzweck nicht gefährdet wird oder überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dies erfordern (§ 52 Abs. 1 S. 2 WHG).

5.3.2.2 Raumordnungsrecht

Einführung

Das Raumordnungsrecht, das im Bundes-Raumordnungsgesetz (ROG) sowie in den Landesplanungsgesetzen geregelt ist, hat den Zweck, raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen zu ordnen und zu regeln. Dafür haben die jeweils zuständigen Behörden Raumordnungspläne (Landesentwicklungspläne, Regionalpläne, sowie teilweise sachliche Raumordnungspläne) aufzustellen (§ 1 Abs. 1 S. 1 ROG). Öffentliche Stellen haben bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen und bei Planfeststellungen sowie Genehmigungen mit der Rechtswirkung der Planfeststellung betreffend solche raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen die Ziele der Raumordnung zu beachten sowie die Grundsätze und sonstige Erfordernisse der Raumordnung in Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen zu berücksichtigen (§ 4 Abs. 1 S. 1 ROG). Weiterhin regelt das Bauplanungsrecht, dass Kommunen die Ziele der Raumordnung zu beachten haben (§ 1 Abs. 4 BauGB, § 35 Abs. 3 S. 2 BauGB, dazu im Detail Runkel in Spannowsky, Runkel & Goppel 2018: § 4 ROG Rn. 126-136 und 160-186). Grundsätze und sonstige Erfordernisse der Raumordnung sind als allgemeine öffentliche Belange in der Abwägung nach § 1 Abs. 6 und 7 BauGB zu berücksichtigen (Runkel & Edenharther in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 1 BauGB Rn. 73).

Das Raumordnungsrecht ist auf Planungen und Maßnahmen anwendbar, die raumbedeutsam sind. Dies sind gem. § 3 Abs. 1 Nr. 6 ROG Planungen einschließlich der Raumordnungspläne, Vorhaben und sonstige Maßnahmen, durch die Raum in Anspruch genommen oder die räumliche Entwicklung oder Funktion eines Gebietes beeinflusst wird, einschließlich des Einsatzes der hierfür vorgesehenen öffentlichen Finanzmittel. Es kommt also für eine Raumbedeutsamkeit etwa von Wiedervernässungsvorhaben zum einen darauf an, ob die Planungen oder Maßnahmen großflächig Raum beanspruchen, und zum anderen, ob sie raumbeeinflussende Auswirkungen haben, etwa auf die Umwelt, die Bevölkerungsstruktur, die Einkommensverteilung oder die Versorgungsstruktur sowie ausgeübte oder geplante Nutzungen (Durner in Kment 2019: § 4 ROG Rn. 17). Die Bauleitplanung ist dagegen immer an Ziele der Raumordnung anzupassen (§ 1 Abs. 4 BauGB), unabhängig davon, ob ein raumbedeutsames Vorhaben verwirklicht werden soll (BVerwG, Urt. v. 30.1.2003, 4 CN 14.01, juris, Rn. 17; Kümper in Kment 2019: § 3 ROG Rn. 109).

Für bestimmte raumbedeutende Planungen und Maßnahmen ist gem. § 15 ROG i.V.m. § 1 der Raumordnungsverordnung (ROV) eine spezielle Raumverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Dabei prüft die landesrechtlich zuständige Raumordnungsbehörde in einem besonderen Verfahren die Raumverträglichkeit unter überörtlichen Gesichtspunkten (§ 15 Abs. 1, S. 1 und 2 ROG). Das Ergebnis der Raumverträglichkeitsprüfung stellt nach Auffassung des BVerwG eine gutachterliche Äußerung dar (BVerwG, Beschl. v. 30.8.1995, 4 B 86/95, NVwZ-RR 1996, 67; BVerwG Beschl. v. 4.6.2008, ZfBR 2008, 592). Das ROG selbst enthält keine umfassende Regelung dazu, ob andere öffentliche oder private Akteure an die raumordnerische Beurteilung gebunden sind. Gem. § 3 Abs. 1 Nr. 4 ROG ist das Ergebnis der Raumverträglichkeitsprüfung ein sonstiges Erfordernis der Raumordnung und als solches von öffentlichen Stellen nach Maßgabe des § 4 Abs. 1 ROG zu berücksichtigen. Im Übrigen hängt die Bindungswirkung von den Regelungen des jeweils anwendbaren Planungs- oder Fachrechts ab. So haben Kommunen etwa in der Bauleitplanung die sonstigen Erfordernisse der Raumordnung in der Abwägung nach § 1 Abs. 6 und 7 BauGB zu berücksichtigen (BVerwG, Beschl. v. 30.8.1995, 4 B 86/95, NVwZ-RR 1996, 67; Runkel & Edenharter in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 1 BauGB Rn. 73).

Sofern keine Raumverträglichkeitsprüfung erforderlich ist, prüfen die jeweils zuständigen Behörden die Vereinbarkeit von Planungen und Maßnahmen mit den Vorgaben der Raumordnung nach den Vorgaben des jeweiligen Planungs- oder Fachrechts, ggf. unter Einbezug der zuständigen Raumordnungsbehörde.

Ziele der Raumordnung sind gem. § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG verbindliche Vorgaben in Form von räumlich und sachlich bestimmten oder bestimmbaren, vom Träger der Raumordnung abschließend abgewogenen textlichen oder zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums. Sie sind verbindlich zu beachten. Widerspricht eine Planung oder ein Vorhaben den Zielen der Raumordnung, ist diese(s) unzulässig, es sei denn, es wird eine Zielabweichung gem. § 6 Abs. 2 ROG erteilt. Diese soll durch die zuständige Raumordnungsbehörde erteilt werden, wenn die Abweichung unter raumordnerischen Gesichtspunkten vertretbar ist und die Grundzüge der Planung nicht berührt werden (§ 6 Abs. 2 S. 1 ROG).

Grundsätze der Raumordnung sind gem. § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG Aussagen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums als Vorgaben für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen. Sonstige Erfordernisse der Raumordnung sind gem. § 3 Abs. 1 Nr. 4 ROG in Aufstellung befindliche Ziele der Raumordnung, Ergebnisse förmlicher landesplanerischer

Verfahren wie der Raumverträglichkeitsprüfung und landesplanerische Stellungnahmen. Grundsätze und Erfordernisse der Raumordnung unterliegen nicht der strengen Beachtungspflicht, sondern sind im Rahmen von Abwägungsentscheidungen zu berücksichtigen, können also unter Umständen durch gegenläufige Belange überwunden werden (§ 4 Abs. 1 S. 1 ROG).

Durch die Raumordnung kann grundsätzlich eine Positivsteuerung oder eine Negativsteuerung stattfinden. Positivsteuerung bedeutet, dass bestimmte Vorhaben entweder in speziell für sie ausgewiesenen Gebieten (Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten) oder grundsätzlich Priorität vor anderen Vorhaben und Belangen genießen. Negativsteuerung bedeutet, dass gewisse Gebiete entweder von bestimmten Vorhaben oder von raumbedeutsamen Vorhaben insgesamt freigehalten werden sollen oder dort Vorhaben nur unter erschwerten Bedingungen zulässig sind.

Berücksichtigungspflicht im wasserrechtlichen Verfahren für Moorwiedervernässung

Gem. § 15 ROG i.V.m. § 1 S. 1 Nr. 7 ROV ist bei der Herstellung, Beseitigung und wesentlichen Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer, die einer Planfeststellung nach § 68 Abs. 1 WHG bedürfen, eine Raumverträglichkeitsprüfung durchzuführen. D. h., wird ein Moorwiedervernässungsvorhaben als planfeststellungs- oder -genehmigungsbedürftig eingeordnet, dann ist eine Raumverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Im Übrigen haben bei wasserrechtlichen Planfeststellungen und Plangenehmigungen (letzte haben die Rechtswirkung der Planfeststellung (§ 74 Abs. 6 S. 2 VwVfG; vgl. Durner in Kment 2019: § 4 ROG Rn. 45)) die Genehmigungsbehörden gem. § 4 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 ROG die Ziele der Raumordnung zu beachten sowie die Grundsätze und sonstige Erfordernisse der Raumordnung in Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen zu berücksichtigen (Durner in Kment 2019: § 4 ROG Rn. 41; Goppel in Spannowsky, Runkel & Goppel 2018: § 4 ROG Rn. 48 f). Dies setzt voraus, dass das geplante Vorhaben raumbedeutsam ist. Für die Raumbedeutsamkeit von Wiedervernässungsvorhaben besteht kein allgemein anerkannter Schwellenwert. Die abstrakte Festlegung eines solchen wäre auch kaum möglich, da es für die Raumbeeinflussung auf die Gegebenheiten des jeweiligen Planungsraums (Runkel in Spannowsky, Runkel & Goppel 2018: § 3 ROG Rn. 103), insbesondere die Auswirkungen auf andere raumbedeutsame Nutzungen, ankommt. Zudem ist zu beachten, dass die Wiedervernässung als solche kein einheitliches und abgrenzbares Vorhaben darstellt, sondern vielmehr durch verschiedene Maßnahmen erreicht wird. Insoweit ist ein Abstellen auf die Größe der wiedervernässten Fläche denkbar. Bei Freiflächen-PV-Anlagen wird bei einer Anlagengröße von ca. 1 bis 10 ha zwischen 1 und 10 ha eine Raumbedeutsamkeit für möglich gehalten; oberhalb von 10 ha wird davon ausgegangen, dass eine Raumbedeutsamkeit regelmäßig gegeben ist (siehe unten Abschnitt 5.3.3.4.). Es sollte geprüft werden, ob für Wiedervernässungsvorhaben eine ähnliche Abstufung, mit einer Vermutung der Raumbedeutsamkeit ab einer Fläche von 10 ha, angenommen werden kann (Schlacke & Sauthoff 2024a: 191).

Die Bindungswirkung an Ziele der Raumordnung und Berücksichtigungspflicht der Grundsätze und sonstigen Erfordernisse der Raumordnung im wasserrechtlichen Erlaubnis- oder Genehmigungsverfahren ist in § 12 WHG nicht eindeutig geregelt und dogmatisch umstritten (Durner in Kment 2019: § 4 ROG Rn. 136-138). Teilweise wird bereits in die Voraussetzung des § 12 Nr. 1 WHG, wonach Erlaubnis und Bewilligung zu versagen sind, wenn schädliche Gewässer-Veränderungen zu erwarten sind, hineininterpretiert, dass auch Maßnahmen, die Zielen der Raumordnung widersprechen, schädliche Gewässer-Veränderungen darstellen (Durner in Kment 2019: § 4 ROG Rn. 136 f.). Teilweise werden Ziele und sonstige Erfordernisse der

Raumordnung als andere Anforderungen nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften im Sinne des § 12 Nr. 1 WHG behandelt (BayVGh, Beschl. v. 19.3.2008, 22 ZB 06.2431, BeckRS 2008, 27727, Rn. 11; Schendel & Scheier in BeckOK Umweltrecht 2025: § 12 WHG Rn. 9; Knopp & Müller in Sieder, Zeitler, Dahme & Knopp 2024: § 12 WHG Rn. 40) oder es wird vertreten, dass diese im Rahmen der Ermessensausübung zu berücksichtigen sind (Durner in Kment 2019: § 4 ROG Rn. 138. Die dogmatische Einordnung wirkt sich im Ergebnis indes nicht auf die Bindungswirkung bzw. Berücksichtigungspflicht aus.

Mögliche der Wiedervernässung entgegenstehende Ziele und sonstige Erfordernisse der Raumordnung

Ziele und Grundsätze der Raumordnung, die der Wiedervernässung von Mooren entgegenstehen können, können sich sowohl aus dem Landesentwicklungsprogramm als auch aus Regionalplänen ergeben.

Vorrang-/Vorbehaltsgebiet

Bedeutend sind unter anderem Ausweisungen von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für anderweitige Nutzungen. Gem. § 7 Abs. 3 S. 1 und 2 ROG können in Raumordnungsplänen Gebiete bezeichnet werden, die

1. für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen nicht vereinbar sind (Vorranggebiete),
2. die bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen vorbehalten bleiben sollen, denen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen besonderes Gewicht beizumessen ist (Vorbehaltsgebiete).

Wird durch die Festlegung von Vorranggebieten der jeweiligen Nutzung oder Funktion substantiell Raum verschafft, kann festgelegt werden, dass diese Nutzung oder Funktion an anderer Stelle im Planungsraum ausgeschlossen ist (Vorranggebiete mit Ausschlusswirkung) (§ 7 Abs. 3 S. 3 ROG).

In Vorranggebieten ist eine anderweitige raumbedeutsame Nutzung, die mit der vorrangigen Nutzung nicht vereinbar ist, unzulässig. Demgegenüber ist in Vorbehaltsgebieten der ausgewiesenen Nutzung lediglich besonderes Gewicht beizumessen, was indes nicht heißt, dass sich die vorbehaltene Nutzung stets gegenüber anderen Nutzungen durchsetzt. Vielmehr stellen Vorbehaltsgebiete nur Grundsätze der Raumordnung dar und begründen somit nur eine Berücksichtigungspflicht, aber keine strenge Bindungswirkung (BVerwG, Urt. v. 13.3.2003, 4 C 4/02, NVwZ 2003, 738 (742); Grotefels & Wiemann 2025: 44).

Einer Moorziedervernässung entgegenstehen können vor allem Vorranggebiete für Windenergie. Die Moorziedervernässung dürfte regelmäßig mit der Errichtung von Windenergieanlagen nicht vereinbar sein, da letztere durch die Wiedervernässung erschwert oder unmöglich gemacht werden kann. Bei Vorbehaltsgebieten für Windenergie ist eine Abwägung der gegenläufigen Belange erforderlich. Dabei kann etwa relevant sein, ob bereits Planungen für die Errichtung von Windenergieanlagen an der Stelle bestehen oder sich der Standort besonders dafür eignet.

In einigen Raumordnungsplänen sind Vorranggebiete und/oder Vorbehaltsgebiete für Landwirtschaft ausgewiesen (so etwa Ziff. 4.5(3) und (4) LEP M-V) (Landesverordnung über das

Landesraumentwicklungsprogramm (LEP-LVO M-V) v. 27.5.2016, GVBl. M-V 2016, 322). In einem Vorranggebiet dürfte die Moorwiedervernässung grundsätzlich unzulässig sein, sofern sie die Fläche der landwirtschaftlichen Nutzung entzieht. Fraglich ist indes, ob eine Moorwiedervernässung ausnahmsweise in einem solchen Vorbehalts- oder Vorranggebiet zulässig ist, wenn sie in Verbindung mit dem Anbau von Paludikulturen erfolgt, so dass die landwirtschaftliche Bewirtschaftung weiterhin gegeben ist (zur parallelen Frage der Zulässigkeit von Agri-PV-Anlagen in Vorbehalts-/Vorranggebieten für die Landwirtschaft Burtin 2021: 1582-1586). Hier kommt es zunächst darauf an, ob der jeweilige Raumordnungsplan konkrete Anforderungen an die landwirtschaftliche Nutzung stellt. Ist dies nicht der Fall, wird wohl im jeweiligen Fall konkret betrachtet werden müssen, ob die geplante Paludikultur noch eine substantielle landwirtschaftliche Nutzung darstellt oder lediglich als untergeordnete Nebennutzung anzusehen ist. Konkrete Leitlinien oder Entscheidungen zu der Frage gibt es soweit ersichtlich bisher nicht.

Weiterhin können Vorranggebiete für Naturschutz und Landschaftspflege (siehe etwa Z 6.1(6) LEP M-V), Vorranggebiete Biotopverbund (siehe etwa Z 3.1.2(03) Niedersächsisches LROP (Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen in der Fassung vom 26.9.2017, Nds. GVBl. Nr. 20/2017, 378)), Vorranggebiete Natura 2000 (siehe etwa Z 3.1.3(02) S. 2 Niedersächsisches LROP), Vorranggebiete Wald (siehe etwa Z 3.2.1(04) S. 1 Niedersächsisches LROP), Vorranggebiete Hochwasserschutz (siehe etwa Z 6.2(1) LEP M-V), Vorranggebiete Trinkwassergewinnung (siehe etwa Z 3.2.4(09) S. 2 und 3 Niedersächsisches LROP) oder Standorte und Trassen für Infrastrukturprojekte der Wiedervernässung entgegenstehen.

Einige Landesplanungsgesetze enthalten zudem das Instrument der Ausschlussgebiete, in denen bestimmte raumbedeutsame Nutzungen ausgeschlossen sind (z. B. Art. 14 Abs. 2 S. 1 Nr. 3 Bayerisches LPlG). Der reine Ausschluss von Moorwiedervernässungsmaßnahmen in bestimmten Gebieten ist aus naturschutzfachlichen Gesichtspunkten denkbar. Praktisch relevanter dürften Ausschlussgebiete indes für die Errichtung von PV-Anlagen sein (Günnewig et al. 2022: 113 f.), wobei Moor-PV dann eingeschlossen oder ausgenommen sein kann (dazu unten, Abschnitt 5.3.3.4).

Allgemeine textliche Ziele und Grundsätze

Neben solchen gebietsbezogenen Ausweisungen (Vorbehalts-/Vorranggebiete) können auch allgemein geltende textliche Ziele oder Grundsätze der Wiedervernässung entgegenstehen. Das Niedersächsische LROP enthält z. B. ein allgemein gehaltenes Ziel, wonach für den Naturhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt und das Landschaftsbild wertvolle Gebiete, Landschaftsbestandteile und Lebensräume zu erhalten und zu entwickeln sind (Z 3.2.1(01)). Raumordnungspläne legen zudem des Öfteren fest, dass land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen für andere Nutzungen in Anspruch genommen werden dürfen. So enthält etwa Ziff. 5.4.1 LEP Bayern (Landesentwicklungsprogramm Bayern vom 22.8.2013, GVBl. 550, BayRS 230-1-5-W) den Grundsatz, dass land- und forstwirtschaftlich genutzte Gebiete in ihrer Flächensubstanz erhalten werden und insbesondere für die Landwirtschaft besonders geeignete Flächen nur in dem unbedingt notwendigen Umfang für andere Nutzungen in Anspruch genommen werden sollen. Wälder, insbesondere große zusammenhängende Waldgebiete, Bannwälder und landeskulturell oder hinsichtlich ihrer Funktionen besonders bedeutsame Wälder sollen vor Zerschneidungen und Flächenverlusten bewahrt werden (Ziff. 5.4.2 LEP Bayern). Ziff. 4.5(2) LEP M-V enthält sogar als Ziel die Vorgabe, dass die landwirtschaftliche Nutzung von Flächen ab der Wertzahl 50 nicht in andere Nutzungen umgewandelt werden darf. Raumordnungspläne enthalten zudem regelmäßig Ziele und

Grundsätze, wonach die Verschlechterung des Zustands, des mengenmäßigen Zustands oder das dauerhafte Absenken des Grundwassers zu vermeiden sind (siehe etwa Z 3.2.4(03) und (05) Niedersächsisches LROP; Ziff. 6.1.2(2) LEP M-V).

Wie bereits ausgeführt, sind Ziele der Raumordnung verbindlich und können nicht im Rahmen der Abwägung überwunden werden. Grundsätze der Raumordnung unterliegen demgegenüber der Abwägung. In Bezug auf vorstehende Ziele und Grundsätze ist stets eine Prüfung im Einzelfall erforderlich, ob diese einer Wiedervernässung entgegenstehen.

Eine weitergehende – positive oder negative – Steuerung kann auf Ebene der Raumordnung dadurch erfolgen, dass in Raumordnungsplänen Maßnahmen der Wiedervernässung als mit den Schutzziele bestimmter Gebiete vereinbar oder nicht vereinbar erklärt werden. Auch Ausnahmen von bestimmten textlichen Zielen oder Grundsätzen oder Klarstellungen, dass Wiedervernässungsmaßnahmen nicht mit diesen Zielen und Grundsätzen in Konflikt stehen, sind denkbar (dazu im Einzelnen unten, Abschnitt 5.4.5.2).

Steuerung der Wiedervernässung durch Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten

Aus dem ROG kann grundsätzlich abgeleitet werden, dass Moorerhalt und Moorschutz Aufgabe der Raumordnung sind. So regelt § 2 Abs. 2 S. 1 Nr. 6, S. 10 und 11 ROG, dass zu den Grundsätzen der Raumordnung unter anderem gehört, „[d]en räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes [...] Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen. Dabei sind die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen.“ Zum Erhalt und der Entwicklung der natürlichen Senken zählen unter anderem die Wiedervernässung und Renaturierung von Mooren. Gem. § 13 Abs. 5 S. 1 Nr. 2 lit. e) ROG sollen die Raumordnungspläne der Länder Festlegungen zur Raumstruktur enthalten, insbesondere zu der anzustrebenden Freiraumstruktur; hierzu können gehören „Freiräume zur Gewährleistung eines natürlichen Klimaschutzes, insbesondere für Moorerhalt und Moorschutz“.

Einige Raumordnungspläne enthalten Grundsätze, die zur Unterstützung einer Förderung der Moorwiedervernässung herangezogen werden können. So besagt etwa Ziff. 1.3.1 LEP Bayern, dass die Klimafunktionen der natürlichen Ressourcen, insbesondere des Bodens und dessen Humusschichten, der Moore, Auen und Wälder sowie der natürlichen und naturnahen Vegetation, als speichernde, regulierende und puffernde Medien im Landschaftshaushalt erhalten und gestärkt werden sollen. Ziff. 3.1.1(06) Niedersächsisches LROP besagt, dass Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten in ihrer Funktion als natürliche Speicher für klimarelevante Stoffe erhalten werden und Moore dahingehend entwickelt werden sollen, dass sie ihre natürliche Funktion als Kohlenstoffspeicher wahrnehmen können sowie nach Möglichkeit ihren weiteren natürlichen Funktionen im Naturhaushalt, wie Artenschutz, gerecht werden.

Eine weitergehende, auch räumliche Steuerung der Wiedervernässung ist insbesondere durch die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten möglich.

In Niedersachsen weist das LROP bereits Vorranggebiete für die Torferhaltung aus, in denen die vorhandenen Torfkörper in ihrer Funktion als Kohlenstoffspeicher zu erhalten sind (Z 3.1.1(07)). Allerdings regelt das LROP gleichzeitig, dass der guten fachlichen Praxis entsprechende landwirtschaftliche und erwerbsgärtnerische Nutzung sowie eine der ordnungsgemäßen Forstwirtschaft entsprechende Nutzung von entwässerten Moorböden, die die

Torfzehrung nicht wesentlich beschleunigt, dem raumordnerischen Vorrang Torferhaltung nicht entgegensteht.

Auf der Grundlage von § 7 Abs. 3 S. 1 und 2 ROG ist auch die Ausweisung von Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten für die Wiedervernässung oder Renaturierung trockengelegter Moorstandorte möglich. Insbesondere bietet sich die Ausweisung eines Vorranggebietes an, da dort eine anderweitige raumbedeutsame Nutzung, die mit der Wiedervernässung oder Renaturierung nicht vereinbar ist (etwa die Errichtung von PV-Anlagen ohne damit einhergehender Wiedervernässung) unzulässig ist. Demgegenüber stellen Vorbehaltsgebiete nur Grundsätze der Raumordnung dar und begründen somit nur eine Berücksichtigungspflicht, aber keine strenge Bindungswirkung (Grotefels & Wiemann 2025: 44). In einem Vorbehaltsgebiet kommt dem Interesse an der Wiedervernässung oder Renaturierung zwar besonderes Gewicht zu, dieses unterliegt aber dennoch der Abwägung und vermag sich daher nicht zwangsläufig gegenüber anderen Interessen durchzusetzen, welche ggf. mit dem Moorschutz in Konflikt stehen. Gerade bei Vorhaben zur Errichtung von PV-Anlagen (ohne Wiedervernässung), die kraft der gesetzlichen Regelung in § 2 Abs. 2 EEG im überragenden öffentlichen Interesse stehen (siehe dazu unten Abschnitt 5.3.3.2), ist nicht eindeutig, dass eine solche Abwägung zugunsten der Moorwiedervernässung ausgehen würde.

Bei der Ausweisung eines derartigen Gebietes sind die öffentlichen und privaten Belange gegeneinander und untereinander abzuwägen (§ 7 Abs. 2 S. 1 ROG). Dabei können insbesondere die Interessen von Eigentümern trockengelegter Moorflächen an einer anderweitigen Nutzung dieser Flächen maßgeblich sein und müssen gegen das öffentliche Interesse an der Wiedervernässung oder Renaturierung abgewogen werden.

Raumordnerische Steuerung der Mehrfachnutzung von Flächen

Das Raumordnungsrecht bietet sich als das für eine Regelung und Förderung der Mehrfachnutzung geeignete Planungsrecht besonders an, da ihm die Aufgabe der überörtlichen, überfachlichen und gesamträumlichen Steuerung von Nutzungen obliegt. Zwar sind die gebietsbezogenen Instrumente des Raumordnungsrechts, insbesondere Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete, darauf ausgelegt, dass sich eine bestimmte Nutzung gegen andere durchsetzt oder jedenfalls mit einem besonderen Gewicht versehen ist. Das schloss aber schon nach der bisherigen Regelung die Festlegung mehrerer miteinander kompatibler Nutzungen, wie z. B. Moorwiedervernässung in Verbindung mit Moor-PV, nicht aus (Schlacke & Plate 2024: 328). So regelt etwa das niedersächsische LROP (in der 2022 geänderten Fassung) die Zulässigkeit von Agri-PV-Anlagen in Vorbehaltsgebieten für die Landwirtschaft (Ziff. 4.2.1.03., S. 5 und 6). Das LEP Bayern enthält den Grundsatz, dass bei der Inanspruchnahme von Flächen Mehrfachnutzungen, die eine nachhaltige und sparsame Flächennutzung ermöglichen, verfolgt werden sollen (Ziff. 1.1.3).

Nunmehr ist durch das Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025 in § 7 ROG ausdrücklich die Möglichkeit einer Mehrfachnutzung von Flächen aufgenommen worden. Allerdings muss sich in der Planungspraxis das Leitbild einer derartigen multifunktionalen Flächennutzung noch stärker durchsetzen. Neben der konkreten Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Moor-PV kommt auch eine offener gehaltene Festlegung von Gebieten für „natürlichen Klimaschutz“ in Betracht. Letztere würde verschiedene flexiblere Nutzungsmöglichkeiten, etwa durch Wiedervernässung in Verbindung mit Paludikultur oder Moor-PV, ggf. auch eine Kombination verschiedener Nutzungsmöglichkeiten auf einer größeren Fläche, ermöglichen.

Ein Beispiel für eine raumordnerische Steuerung von Moor-PV bietet der Entwurf der Fortschreibung des Niedersächsischen LROP von März 2025 (abrufbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/raumordnung_landesplanung/landes_raumordnungsprogramm/fortschreibung-des-landes-raumordnungsprogramms-223501.html (letzter Abruf: 28.4.2025)). Dieser enthält eine Zielfestlegung, wonach in Vorranggebieten zur Torferhaltung die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen nur zulässig ist, wenn die Möglichkeit einer Wiedervernässung der betroffenen Fläche im Sinne der Anforderungen der Bundesnetzagentur zu besonderen Solaranlagen gem. § 85c Abs. 3 EEG nicht erschwert oder verhindert wird (Z 3.1.1(08) S. 1 LROP-E 2025). Zudem enthält der Entwurf einen neuen Grundsatz, wonach außerhalb von Vorranggebieten die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf Moorböden die Möglichkeit einer Wiedervernässung der betroffenen Fläche im Sinne der Anforderungen der Bundesnetzagentur zu besonderen Solaranlagen gem. § 85c Abs. 3 EEG nicht erschweren oder verhindern soll und in engem zeitlichem Zusammenhang zur Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf Moorböden eine Wiedervernässung der betroffenen Fläche erfolgen soll (Ziff. 3.1.1(08) S. 2 und 3 LROP-E 2025).

5.3.2.3 UVP-Pflichtigkeit

Wiedervernässungsmaßnahmen unterliegen einer UVP-Pflicht oder der Pflicht zur Vorprüfung im Einzelfall oder standortbezogenen Vorprüfung im Einzelfall, wenn sie in Anlage 1 zum UVPG aufgeführt sind. In Betracht kommen dabei insbesondere die Nrn. 13.5 (Wasserwirtschaftliches Projekt in der Landwirtschaft), 13.6 (Bau eines Stauwerkes oder einer sonstigen Anlage zur Zurückhaltung oder dauerhaften Speicherung von Wasser) sowie 13.7 (Umleitung von Wasser von einem Flusseinzugsgebiet in ein anderes), sofern die dort jeweils genannten Schwellenwerte überschritten sind. Zudem unterliegen gem. Nr. 13.18.1 sonstige der Art nach nicht von den Nummern 13.1 bis 13.17 erfasste Ausbaumaßnahmen im Sinne des WHG der Pflicht zur allgemeinen Vorprüfung im Einzelfall; der naturnahe Ausbau von Bächen, Gräben, Rückhaltebecken und Teichen, kleinräumige naturnahe Umgestaltungen, wie die Beseitigung von Bach- und Grabenverrohrungen, Verlegung von Straßenseitengräben in der bebauten Ortslage und ihre kleinräumige Verrohrung, Umsetzung von Kiesbänken in Gewässern unterliegen gem. Nr. 13.18.2 der Pflicht zur standortbezogenen Vorprüfung im Einzelfall. Schließlich können Wiedervernässungsmaßnahmen auch den Nrn. 17.1 und 17.2 unterfallen, wenn sie mit einer Erstaufforstung oder Rodung von Wald einhergehen.

Erlaubnis und Bewilligung können für ein Vorhaben, das einer UVP unterliegt, nur in einem Verfahren erteilt werden, das den Anforderungen des UVPG entspricht (§ 11 Abs. 1 WHG). Das bedeutet unter anderem, dass eine Darstellung und Bewertung der Umweltauswirkungen nach §§ 5 bis 14 UVPG zu erfolgen hat und eine Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen ist (Schendel & Scheier in BeckOK Umweltrecht 2025: § 11 WHG Rn. 1).

Dadurch, dass Wiedervernässungsvorhaben sich aus verschiedenen, teilweise UVP-pflichtigen und teilweise nicht UVP-pflichtigen Maßnahmen zusammensetzen, kann es dazu kommen, dass nebeneinander mehrere UVP durchgeführt werden müssen. Auch können im Einzelfall Schwierigkeiten bei der Bestimmung auftreten, ob eine bestimmte Maßnahme unter einen der UVP-pflichtigen Tatbestände fällt. Insoweit könnte die Aufnahme einer neuen Ziffer in die Anlage des UVPG, wonach Wiedervernässungsvorhaben ab einem bestimmten Schwellenwert einer Pflicht zur Vorprüfung unterliegen, eine Vereinfachung schaffen. Indes stellt sich die Schwierigkeit, dass Mitgliedstaaten unionsrechtlich gem. Art. 2 Abs. 1 der UVP-Richtlinie (Richtlinie 2011/92/EU v. 13.12.2011, ABl. L 26 v. 28.1.2012, 1) verpflichtet sind, Projekte, bei denen unter anderem aufgrund ihrer Art, ihrer Größe oder ihres Standortes mit erheblichen

Auswirkungen auf die Umwelt zu rechnen ist, einer UVP-Pflicht zu unterwerfen. Dabei müssen die im Anhang I der UVP-Richtlinie gelisteten Vorhaben zwingend einer UVP-Pflicht unterzogen werden. Bei den in Anhang II der Richtlinie gelisteten Vorhaben bestimmen die Mitgliedstaaten anhand einer Einzelfalluntersuchung oder anhand von Schwellenwerten oder Kriterien, ob diese Vorhaben geeignet sind, erhebliche Umweltauswirkungen zu haben und daher einer UVP-Pflicht zu unterziehen sind. Sofern daher in der Anlage zum UVPG ein Vorhaben der Wiedervernässung definiert würde, dass (erst) ab einem bestimmten Schwellenwert einer Vorprüfungs- oder UVP-Pflicht unterliegt, müsste gesichert feststehen, dass unterhalb dieses Schwellenwertes nicht mit erheblichen Umweltauswirkungen zu rechnen ist. Dies dürfte vermutlich nicht durch abstrakte Schwellenwerte, ohne Betrachtung der im Einzelfall geplanten Maßnahmen, möglich sein.

5.3.2.4 Naturschutzrecht

Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung

Gem. § 14 Abs. 1 BNatSchG sind Eingriffe in Natur und Landschaft im Sinne dieses Gesetzes Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können. Vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind zu unterlassen (§ 15 Abs. 1 S. 1 BNatSchG). Unvermeidbare Beeinträchtigungen sind durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen (Ausgleichsmaßnahmen) oder zu ersetzen (Ersatzmaßnahmen) (§ 15 Abs. 2 S. 1 BNatSchG). Ist dies nicht möglich, hat eine Abwägung stattzufinden. Überwiegen dabei die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege, darf der Eingriff nicht zugelassen oder durchgeführt werden (§ 15 Abs. 5 BNatSchG). Überwiegen die für den Eingriff sprechenden Belange, ist der Eingriff durch Ersatzzahlung zu kompensieren (§ 15 Abs. 6 BNatSchG).

Ob eine Wiedervernässungsmaßnahme einen Eingriff in Natur und Landschaft darstellt, ist im Einzelfall zu prüfen und zu entscheiden. Wird der Grundwasserspiegel durch Änderung des Entwässerungsregimes angehoben, so dürfte dies regelmäßig eine erhebliche Veränderung des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels darstellen. Eine Veränderung der Gestalt einer Grundfläche liegt etwa vor, wenn durch Abgrabungen oder Aufschüttungen die eigentliche Erdoberfläche oder wenn prägende Bestandteile der Oberflächenstruktur, wie etwa Pflanzenbestände, beeinträchtigt werden (Gellermann in Landmann & Rohmer 2025: § 14 BNatSchG Rn. 6; Kahl & Gärditz 2023: § 10 Rn. 49; Prall in Schlacke 2024a: § 14 Rn. 29; Schlacke & Sauthoff 2024a: 172 f.; Schrader in BeckOK Umweltrecht 2025: § 14 BNatSchG Rn. 10). Sofern dies zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes führt, ist ein Eingriff gegeben. Das Landesrecht enthält teilweise Konkretisierungen, wann ein Eingriff in Natur und Landschaft vorliegt (z. B. § 12 Abs. 1 NatSchAG M-V).

Nicht als Eingriff in Natur und Landschaft anzusehen ist gem. § 14 Abs. 2 BNatSchG die land- und forstwirtschaftliche Nutzung, soweit dabei die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden. Darunter kann grundsätzlich auch die landwirtschaftliche Nutzung in Form der Paludikultur fallen. Allerdings ist von der Ausnahme des § 14 Abs. 2 BNatSchG nur die unmittelbare Urproduktion, nicht aber indirekte oder vorbereitende Maßnahmen wie die Vernässung der Fläche erfasst (Schäfer & Lechtape 2020: 152). Zudem regelt etwa § 12 Abs. 1 Nr. 16 NatSchAG M-V, dass die Änderung der Nutzungsart von Dauergrünland

auf Niedermoorstandorten ein Eingriff im Sinne des § 14 Abs. 1 BNatSchG ist, so dass als Ausnahme von der sonstigen Privilegierung der Landwirtschaft eine Nutzungsänderung von Dauergrünland in Paludikultur einen Eingriff darstellt.

Nach der Rechtsprechung des BVerwG kann eine Kompensation ausnahmsweise unterbleiben, wenn sich die Maßnahme in der naturschutzfachlichen Gesamtbilanz als eine wesentliche Verbesserung des bestehenden Zustandes darstellt. Die an sich erforderliche Kompensation geht in die ökologische Gesamtbilanz regelmäßig ein (BVerwG, Beschl. v. 28.1.2009 – 7 B 45/08, juris, Rn. 20; Kerkmann & Schröter in Schlacke 2024a: § 15 Rn. 12a). Diese Rechtsprechung betrifft zwar die Aufwertung einer Fläche durch eine Maßnahme, die ihrerseits eine Kompensationsmaßnahme für einen anderweitigen Eingriff in Natur und Landschaft darstellte. Sie dürfte sich aber auf Wiedervernässungsmaßnahmen übertragen lassen (OVG Hamburg, Urt. v. 16.6.2016, 1 Bf 258/12, BeckRS 2016, 51035, Rn. 214; Schäfer & Lechtape 2020: 154; BfN 2025a: 21-23).

Wird für das Wiedervernässungsvorhaben eine Bauleitplanung durchgeführt, richtet sich der Ausgleich von Eingriffen nach den Vorgaben des BauGB (§ 18 Abs. 1 BNatSchG). Gem. § 1a Abs. 3 S. 1 BauGB sind die Vermeidung und der Ausgleich voraussichtlich erheblicher Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes sowie der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts in der Abwägung nach § 1 Abs. 7 BauGB zu berücksichtigen. Der Ausgleich erfolgt durch geeignete Darstellungen und Festsetzungen nach den §§ 5 und 9 BauGB als Flächen oder Maßnahmen zum Ausgleich, er kann auch an anderer Stelle als dem Ort des Eingriffs oder durch vertragliche Maßnahmen erfolgen (§ 1a Abs. 3 S. 2-4 BauGB).

Von der Wiedervernässung und ggf. Nutzungsänderung der Fläche hin zu Paludikultur getrennt zu betrachten ist die Frage, ob durch die Bewirtschaftung von Paludikulturflächen (z. B. Mahd) ein Eingriff in Natur und Landschaft stattfindet. Dies dürfte im Regelfall zu verneinen sein, da Paludikultur als Form der Landwirtschaft durch § 14 Abs. 2 BNatSchG privilegiert ist, es sei denn, die Grundsätze der guten fachlichen Praxis werden nicht beachtet (Schäfer & Lechtape 2020: 154 f.).

Beeinträchtigung von nationalen Schutzgebieten

Gem. § 22 BNatSchG können Teile von Natur und Landschaft zu besonderen Schutzgebieten erklärt werden. Darunter fallen:

- Naturschutzgebiete (§ 23 BNatSchG),
- Nationalparks, nationale Naturmonumente (§ 24 BNatSchG),
- Biosphärenreservate (§ 25 BNatSchG),
- Landschaftsschutzgebiete (§ 26 BNatSchG),
- Naturparks (§ 27 BNatSchG),
- Naturdenkmäler (§ 28 BNatSchG),
- geschützte Landschaftsbestandteile (§ 29 BNatSchG).

Handlungen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung dieser Gebiete oder ihrer Bestandteile oder zu einer nachhaltigen Störung führen können, sind verboten, wobei die konkreten Verbote je nach geschütztem Gebiet abweichen (§ 23 Abs. 2 S. 1, § 24 Abs. 3 S. 1, Abs. 4 S. 2, § 25 Abs. 3 S. 1, § 26 Abs. 2, § 28 Abs. 2, § 29 Abs. 2 S. 1 BNatSchG; Hendrichske in Schlacke 2024a § 22 Rn. 18). Ob eine Wiedervernässung dem Schutzzweck des Gebietes

zuwiderläuft, muss jeweils im Einzelfall anhand der Schutzzerklärung beurteilt werden. Teilweise enthält das BNatSchG auch konkrete für Wiedervernässungsvorhaben relevante Verbote, wie etwa § 23 Abs. 3 BNatSchG, wonach in Naturschutzgebieten die Errichtung von Anlagen zur Durchführung von Gewässerbenutzungen im Sinne des § 9 Abs. 2 Nr. 3 und 4 WHG verboten ist.

Beeinträchtigt eine Wiedervernässungsmaßnahme das Schutzgebiet, so kommt lediglich eine Befreiung nach § 67 Abs. 1 S. 1 BNatSchG in Betracht. Diese kann erteilt werden, wenn die Wiedervernässung aus Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer und wirtschaftlicher Art, notwendig ist. Derzeit ist gesetzlich nicht ausdrücklich verankert, dass die Moorwiedervernässung im öffentlichen Interesse liegt. Allerdings fällt der Klimaschutz unter die öffentlichen Belange, wie sich § 13 Abs. 1 S. 1 KSG entnehmen lässt. Danach haben die Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck des KSG und die zu seiner Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen. Sofern die Moorwiedervernässung dem Klimaschutz dient, ist damit das öffentliche Interesse zu bejahen. Allerdings kommt dem Klimaschutz nicht per se ein Vorrang gegenüber anderen Belangen zu (Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 31d).

Um das öffentliche Interesse an der Moorwiedervernässung noch stärker hervorzuheben, kommt eine explizite Aufnahme des Moorschutzes, der Moorerhaltung und Moorrenaturierung als Schutzgut in das BNatSchG in Betracht. Auch könnte die Moorwiedervernässung als im gewichtigen öffentlichen Interesse liegend definiert und somit die Ermessensausübung zugunsten der Erteilung einer Ausnahme gelenkt werden. Alternativ ist die Einführung einer Privilegierung nach dem Vorbild des § 26 Abs. 3 BNatSchG denkbar, wonach eine Moorwiedervernässung innerhalb bestimmter Gebiete (etwa raumordnungsrechtlich oder bauplanungsrechtlich festgelegte Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete) oder allgemein unter bestimmten Voraussetzungen nicht verboten ist, selbst wenn sie der Schutzgebietsausweisung widerspricht (siehe zu vorstehenden Vorschlägen auch unten, Abschnitt 5.4.5.3).

Beeinträchtigung von Biotopen

Nach § 30 Abs. 2 BNatSchG sind Handlungen verboten, die zu einer Zerstörung oder einer sonstigen erheblichen Beeinträchtigung von Biotopen führen können. § 30 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 BNatSchG listet als gesetzlich geschützte Biotope unter anderem Moore. Voraussetzung dafür, dass auch ein trockengelegter Moorstandort unter den Biotopbegriff fällt, ist, dass er einen „Lebensraum einer Lebensgemeinschaft wild lebender Tiere und Pflanzen“ darstellt (§ 7 Abs. 2 Nr. 4 BNatSchG). In der Gesetzesbegründung ist eine Anlage mit Definitionen und Erläuterungen der in § 30 Abs. 1 genannten Biotope enthalten (BT-Drs. 14/6378, 66). Darin werden Moore definiert als „[vo]m Regen- oder Mineralbodenwasser abhängige Lebensgemeinschaften auf Torfböden in natürlichem oder naturnahem Zustand einschließlich bestimmter Degenerations- und Regenerationsstadien. Überwiegend waldfreie Formationen aus moortypischer Vegetation.“ Es kommt daher darauf an, ob „ein abgrenzbarer Lebensraum auf Torfböden durch eine Lebensgemeinschaft von bestimmten wild lebenden Pflanzen, die an diesen Standort angepasst und somit für ihn charakteristisch sind, geprägt oder zumindest mitgeprägt wird und sich der Lebensraum aus diesem botanischen Blickwinkel betrachtet deshalb in einem natürlichen oder naturnahen Zustand befindet.“ (OVG Lüneburg, Beschl. v. 11.5.2020 - 4 LA 163/18, NordÖR 2020, 428, LS 2). Erst wenn ein trockengelegter Moorstandort derart degradiert ist, dass „die an diese Bodenart angepasste und von Regen- oder Mineralbodenwasser abhängige Lebensgemeinschaft wild lebender Tiere und Pflanzen abstirbt oder derart zurückgedrängt wird, dass sie den Lebensraum nicht mehr mitprägt“, erfüllt der Standort nicht

mehr die Kriterien eines Biotops (OVG Lüneburg, Beschl. v. 11.5.2020 - 4 LA 163/18, NordÖR 2020, 428 (431)).

Landesrechtliche Regelungen können aber ggf. von diesen Begrifflichkeiten abweichen. So regelt etwa § 20 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 NatSchAG M-V einschränkend, dass nur naturnahe Moore und Sümpfe, Sölle, Röhrichtbestände und Riede, seggen- und binsenreiche Nasswiesen von den Verboten des § 30 Abs. 2 BNatSchG erfasst sind (in Anlage 2 zum NatSchAG M-V werden naturnahe Moore weiter definiert.).

Wird durch die Wiedervernässung ein Verbotstatbestand erfüllt, kann dieser gem. § 30 Abs. 3 BNatSchG ausnahmsweise zugelassen werden, wenn die Beeinträchtigungen ausgeglichen werden können. Andernfalls kommt eine Befreiung gem. § 67 Abs. 1 BNatSchG in Betracht. Hierzu kann auf die vorstehenden Ausführungen zu Befreiungen von den Verbotstatbeständen in nationalen Schutzgebieten verwiesen werden.

Beeinträchtigung von FFH-Gebieten

Alle Veränderungen und Störungen, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung von FFH-Gebieten in ihren für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteilen führen können, sind unzulässig (§ 33 Abs. 1 S. 1 BNatSchG). Sofern Projekte einzeln oder im Zusammenwirken mit anderen Projekten oder Plänen geeignet sind, ein FFH-Gebiet erheblich zu beeinträchtigen, ist vor ihrer Zulassung eine FFH-Verträglichkeitsprüfung durchzuführen (§ 34 Abs. 1 S. 1 BNatSchG). Eine Beeinträchtigung kommt nicht nur in Betracht, wenn das Vorhaben selbst innerhalb eines FFH-Gebietes liegt, sondern auch, wenn erhebliche Beeinträchtigungen angrenzender FFH-Gebiete z. B. durch Beeinflussung des Wasserhaushaltes, Überschwemmungsrisiko oder Ähnliches drohen.

Ist ein Vorhaben mit den Erhaltungszielen eines FFH-Gebiets unvereinbar, ist es grundsätzlich unzulässig. Zu beachten ist, dass die Beeinträchtigung eines Erhaltungsziels nicht im Sinne einer Saldierung dadurch ausgeglichen werden kann, dass ein anderer Lebensraumtyp, der ebenfalls als Erhaltungsziel geschützt ist, gefördert wird (BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 74). Wird etwa durch die Wiedervernässung ein Lebensraumtyp, der den Erhaltungszielen des Gebietes unterfällt, zerstört, kann dem nicht im Sinne einer Gesamtbetrachtung entgegengehalten werden, dass ein anderer Lebensraumtyp geschaffen wird. Eine solche Betrachtung der ökologischen Gesamtbilanz ist allenfalls im Rahmen einer Ausnahmeerteilung (dazu sogleich) möglich.

Ausnahmsweise darf ein Vorhaben nach § 34 Abs. 3 BNatSchG zugelassen werden, wenn es aus zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art, notwendig ist und zumutbare Alternativen, den verfolgten Zweck an anderer Stelle, ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen zu erreichen, nicht gegeben sind. Zusätzlich enthält § 34 Abs. 4 BNatSchG die Einschränkung, dass, wenn von dem Projekt im Gebiet vorkommende prioritäre natürliche Lebensraumtypen oder prioritäre Arten betroffen werden können, als zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses nur solche im Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen, der öffentlichen Sicherheit, einschließlich der Verteidigung und des Schutzes der Zivilbevölkerung, oder den maßgeblich günstigen Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt geltend gemacht werden können. Sonstige Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses können nur berücksichtigt werden, wenn zuvor eine Stellungnahme der Kommission eingeholt wird. Soll ein Projekt nach Abs. 3, auch in Verbindung mit Abs. 4, zugelassen oder durchgeführt werden, sind die zur Sicherung

des Zusammenhangs des Netzes „Natura 2000“ notwendigen Maßnahmen (sog. Kohärenzsicherungsmaßnahmen) vorzusehen (§ 34 Abs. 5 BNatSchG).

Der mit der Wiedervernässung verfolgte Klimaschutz sowie die Renaturierung stehen grundsätzlich im öffentlichen Interesse. Ob sie aber zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses darstellen, ist jeweils im Einzelfall zu prüfen. Um insoweit die Erteilung einer Befreiung zu erleichtern, ist die Aufnahme einer gesetzlichen Regelung, wonach die Moorwiedervernässung als im gewichtigen öffentlichen Interesse liegend definiert wird, empfehlenswert (siehe dazu unten, Abschnitt 5.4.5.3).

Artenschutzrecht

Das besondere Artenschutzrecht (§§ 44–47 BNatSchG) enthält Verbotstatbestände für besonders geschützte (vgl. § 7 Abs. 2 Nr. 13 BNatSchG) und streng geschützte Arten (vgl. § 7 Abs. 2 Nr. 14 BNatSchG). So ist es nach § 44 Abs. 1 BNatSchG verboten, wild lebenden Tieren der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören (Nr. 1), streng geschützte Arten während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwintungs- und Wanderungszeiten erheblich zu stören (Nr. 2), ihre Fortpflanzungs- oder Ruhestätten zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören (Nr. 3) oder wild lebende Pflanzen der besonders geschützten Arten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, sie oder ihre Standorte zu beschädigen oder zu zerstören (Nr. 4).

Dabei enthält § 44 Abs. 5 BNatSchG gewisse Einschränkungen der Verbotstatbestände bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen durch Eingriffe in Natur und Landschaft im Rahmen der Verwirklichung von behördlich genehmigten oder sonst zugelassenen Maßnahmen oder bei Vorhaben im Gebiet von Bebauungsplänen oder dem unbeplanten Innenbereich nach § 34 BauGB. So liegt ein Verstoß gegen das Tötungs- und Verletzungsverbot nicht vor, wenn sich das Tötungs- und Verletzungsrisiko für Exemplare der betroffenen Arten nicht signifikant erhöht und die Beeinträchtigung bei Anwendung der gebotenen, fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen nicht vermieden werden kann (§ 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 1 BNatSchG). Ein Verstoß gegen das Verbot, Fortpflanzungs- oder Ruhestätten zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören liegt nicht vor, wenn die ökologische Funktion der von dem Eingriff oder Vorhaben betroffenen Fortpflanzungs- und Ruhestätten im räumlichen Zusammenhang weiterhin erfüllt wird (§ 44 Abs. 5 S. 2 Nr. 3 BNatSchG). Soweit erforderlich, können auch vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (sog. CEF-Maßnahmen) festgelegt werden (§ 44 Abs. 5 S. 3 BNatSchG). Für Standorte wild lebender Pflanzen gilt die Privilegierung entsprechend (§ 44 Abs. 5 S. 4 BNatSchG). Eine noch weitergehende Privilegierung gilt in Bezug auf Arten, die weder europäisch geschützte noch in einer Rechtsverordnung nach § 54 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG aufgeführte Arten sind (§ 44 Abs. 5 S. 5 BNatSchG). Bei diesen liegt bei Handlungen zur Durchführung eines Eingriffs oder Vorhabens kein Verstoß gegen die artenschutzrechtlichen Verbote vor.

Durch die Wiedervernässung von Mooren kann es ggf. zur Verwirklichung von Verbotstatbeständen kommen, etwa durch Tötung von Individuen, Zerstörung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten wild lebender Tiere oder Zerstörung wild lebender Pflanzen der besonders geschützten Arten (konkrete Beispiele der Verwirklichung artenschutzrechtlicher Verbotstatbestände bei Moorwiedervernässungsvorhaben finden sich bei BfN 2025a: 27-31). Ist dies der Fall, ist das Vorhaben grundsätzlich unzulässig; es kommt allerdings eine Ausnahmeerteilung in Betracht. Diese setzt nach § 45 Abs. 7 S. 1 Nr. 4 und 5, S. 2 BNatSchG voraus, dass entweder

maßgeblich günstige Auswirkungen auf die Umwelt oder zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art, für das Vorhaben sprechen (zu diesen Voraussetzungen im Rahmen von Wiedervernässungsvorhaben siehe BfN 2025a: 32 f.), zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und sich der Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht verschlechtert. Dabei kommt es nicht allein auf die örtliche Population im Planungsgebiet an, sondern grundsätzlich auf die Population, als deren Teil der lokale Bestand erscheint, in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. Es ist zu beurteilen, ob die Population dort als lebensfähiges Element erhalten bleibt (BVerwG, Urt. v. 16.3.2006, 4 A 1075/04, NVwZ-Beil. 2006, 1, Rn. 572; BVerwG, Urt. v. 12.3.2008, 9 A 3/06, BeckRS 2008, 38060, Rn. 249; BVerwG, Beschl. v. 17.4.2010, 9 B 5/10, NVwZ 2010, 1221, Rn. 10; Gellermann in Landmann & Rohmer 2025: § 45 BNatSchG Rn. 30; Gläß in BeckOK Umweltrecht 2025: § 45 BNatSchG Rn. 58; Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 45 Rn. 45). Es ist auch möglich, dies durch Ersatzmaßnahmen und die Schaffung von Ausgleichshabitaten (sog. FCS-Maßnahmen) sicherzustellen (BVerwG, Urt. v. 16.3.2006, 4 A 1075/04, NVwZ-Beil. 2006, 1, Rn. 573; Gellermann in Landmann & Rohmer 2025: § 45 BNatSchG Rn. 32; Gläß in BeckOK Umweltrecht 2025: § 45 BNatSchG Rn. 58a).

Bisher ist nicht eindeutig geklärt, ob die Regelung zur Ausnahmeerteilung in § 45 Abs. 7 S. 1 Nr. 5, S. 2 BNatSchG mit der EU-Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 2009/147/EG vom 30.11.2009, ABl. 2010 L 20, 7 v. 5.6.2019) vereinbar ist, da diese, anders als die FFH-Richtlinie, nicht die Möglichkeit einer Ausnahmeerteilung aus Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses vorsieht (dazu etwa Frenz 2022: 453, Gläß in BeckOK Umweltrecht 2025: § 45 BNatSchG Rn. 49 ff., Schlacke in Schlacke 2024a: § 45 Rn. 32 ff.). Vielmehr erlaubt die Vogelschutzrichtlinie nur eine Ausnahmeerteilung (unter anderem) im Interesse der Gesundheit und der öffentlichen Sicherheit (Art. 9 Abs. 1 lit a) Vogelschutzrichtlinie). Ob das Interesse an der Moorrenaturierung und dem mit der Wiedervernässung bezweckten Klimaschutz als öffentliches Sicherheitsinteresse zu qualifizieren ist, wäre im Einzelfall zu begründen.

Um insoweit die Erteilung einer Ausnahme zu erleichtern, kommt die Aufnahme einer gesetzlichen Regelung, wonach die Moorwiedervernässung im gewichtigen öffentlichen Interesse liegt, in Betracht (siehe auch unten, Abschnitt 5.5.3). Eine darüberhinausgehende Definition der Moorwiedervernässung als auch im Interesse der öffentlichen Sicherheit liegend ist dagegen kritisch zu sehen. Dieser Ausnahmegrund wird seitens des EuGH eng ausgelegt (siehe etwa EuGH, Urt. v. 29.6.2019, C-411/17, ECLI:EU:C:2019:622, Rn. 158: „... kann nur die Notwendigkeit der Abwendung einer tatsächlichen und schwerwiegenden Gefahr, dass die Stromversorgung des betreffenden Mitgliedstaats unterbrochen wird, unter Umständen wie denen des Ausgangsverfahrens einen Grund der öffentlichen Sicherheit darstellen ...“; vgl. auch Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 45 Rn. 30; Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 45 BNatSchG Rn. 26). Ob allein der – im Einzelfall sehr unterschiedlich ausfallende – Beitrag der Moorwiedervernässung zum Erreichen der Klimaziele ausreicht, um eine derartige Ausnahme zu begründen, erscheint zweifelhaft.

Wenn auch eine Ausnahmeerteilung nicht möglich ist, kommt eine Befreiung von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen gem. § 44 Abs. 2 S. 1 BNatSchG in Betracht, welche voraussetzt, dass die Durchführung der Vorschriften im Einzelfall zu einer unzumutbaren Belastung führen würde. In der Literatur wird indes die zutreffende Auffassung vertreten, dass eine Befreiung nicht in Betracht kommt, wenn europäisch geschützte Arten betroffen sind, da die Vorschrift insoweit nicht mit Unionsrecht in Einklang steht (Gellermann in Landmann &

Rohmer 2024: § 76 BNatSchG Rn. 18; Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 8; in der Rechtsprechung ist dies bisher nicht entschieden).

Weitere landesrechtliche Regelungen

Das jeweilige Landesrecht kann weitergehende Vorschriften enthalten, die der Wiedervernässung und/oder der Bewirtschaftung mit Paludikultur entgegenstehen. Nach Art. 3 Abs. 4 S. 1 Nr. 1 BayNatSchG ist es etwa verboten, Dauergrünland in eine andere landwirtschaftliche Nutzung umzuwandeln. Dauergrünland im Sinne dieses Gesetzes sind alle auf natürliche Weise entstandenen Grünlandflächen sowie angelegte und dauerhaft als Wiese, Mähweide oder Weide genutzte Grünlandflächen und deren Brachen (Art. 3 Abs. 4 S. 2 BayNatSchG). Von dem Verbot sind auf Antrag Ausnahmen zuzulassen, wenn die Beeinträchtigungen ausgeglichen werden (Art. 3 Abs. 5 S. 1 BayNatSchG).

Behördliche Zuständigkeiten

Grundsätzlich wird über die Zulässigkeit von Eingriffen in Natur und Landschaft in dem jeweiligen Zulassungsverfahren, also wasserrechtlichen Planfeststellungs-, Bewilligungs- oder Erlaubnisverfahren, Baugenehmigungsverfahren oder sonstigen Verfahren, im Benehmen mit der zuständigen Naturschutzbehörde mitentschieden (sog. „Huckepackverfahren“) (§ 17 Abs. 1 BNatSchG). Nur wenn es für den Eingriff keiner behördlichen Zulassung oder Anzeige nach anderen Rechtsvorschriften bedarf, ist eine gesondert zu beantragende Genehmigung der zuständigen Naturschutzbehörde erforderlich (§ 17 Abs. 3 S. 1 BNatSchG).

Das jeweilige Landesrecht kann indes Abweichendes festlegen. So bestimmt etwa § 12 Abs. 6 NatSchAG M-V, dass Eingriffe in Natur und Landschaft immer einer gesonderten Genehmigung in Form der Naturschutzgenehmigung nach den Bestimmungen der §§ 40 bis 42 NatSchAG M-V bedürfen.

5.3.2.5 Baurecht

Bei einzelnen für die Wiedervernässung erforderlichen Maßnahmen, wie etwa dem Bau oder Rückbau von Stauanlagen, der Verlegung oder dem Rückbau von Rohren oder Leitungen, aber auch bei Aufschüttungen und Abgrabungen, kann es sich um eine der jeweiligen Landesbauordnung unterfallende Errichtung, Beseitigung oder wesentliche Änderung einer baulichen Anlage handeln. Ob hierfür eine Baugenehmigung erforderlich oder die Maßnahme genehmigungs- oder verfahrensfrei ist, richtet sich nach dem jeweiligen Landesbaurecht.

Sofern es sich bei dem Vorhaben um eines im Sinne von § 29 Abs. 1 BauGB handelt, das städtebauliche Relevanz hat, ist das Bauplanungsrecht zu beachten. Typischerweise sind wiederzuvernässende Flächen im bauplanungsrechtlichen Außenbereich gelegen, d.h. es existiert kein Bebauungsplan für die Fläche und es handelt sich auch nicht um unbeplanten Innenbereich gem. § 34 BauGB. Im Außenbereich sind die in § 35 Abs. 1 BauGB genannten Vorhaben privilegiert zulässig. Bei Wiedervernässungsvorhaben handelt es sich indes nicht um privilegierte Vorhaben, sodass diese gem. § 35 Abs. 2 BauGB nur zulässig sind, wenn öffentliche Belange nicht berührt sind. Das heißt, es findet keine Abwägung zwischen den für das Vorhaben sprechenden Interessen und den öffentlichen Belangen statt, sondern letztere überwiegen im Konfliktfall stets. Als besonders relevante öffentliche Belange im Kontext der Wiedervernässung kommen die entgegenstehenden Darstellungen des Flächennutzungsplans (§ 35 Abs. 3 Nr. 1 BauGB), entgegenstehende Darstellungen eines Landschaftsplans oder sonstigen Plans, insbesondere des Wasser-, Abfall- oder Immissionsschutzrechts (§ 35 Abs. 3 Nr. 2), das Hervorrufen schädlicher Umwelteinwirkungen (§ 35 Abs. 3 Nr. 3 BauGB) und die Beeinträchtigung

von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur oder die Gefährdung der Wasserwirtschaft und des Hochwasserschutzes (§ 35 Abs. 3 Nr. 6 BauGB) in Betracht (Schlacke & Sauthoff 2025: 20).

Sofern öffentliche Belange durch das Wiedervernässungsvorhaben berührt werden, kommt ggf. die Änderung des entgegenstehenden Plans (z. B. des Flächennutzungsplans) in Betracht. Auch ist die Aufstellung eines Bebauungsplans für das Wiedervernässungsvorhaben möglich. Letzteres bietet den Vorteil, dass es der Kommune Steuerungsmöglichkeiten eröffnet. Allerdings muss ein Bebauungsplan aus städtebaulichen Gründen erforderlich sein (§ 9 Abs. 1 i. V. m. § 1 Abs. 3 BauGB). Auch wenn Bauleitpläne gem. § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB zum Umwelt- und Klimaschutz beitragen sollen, gestattet dies nicht eine Bauleitplanung allein als Instrument des Umweltschutzes losgelöst von einem städtebaulichen Sachzusammenhang (OVG Lüneburg, Urt. v. 2.10.2024, 1 KN 34/23, ZUR 2025, 167 (169); Runkel & Edenharter in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 1 BauGB Rn. 105). Lediglich abstrakt-generelle Interessen, wie etwa die Erhaltung und Wiederherstellung von Moorflächen im Gemeindegebiet, reichen daher nicht aus (Schlacke & Sauthoff 2025: 21). Denkbar ist aber ein städtebauliches Interesse an der Koordinierung von Nutzungskonflikten, etwa zwischen der Moorwiedervernässung und land- oder forstwirtschaftlichen Interessen oder mit Interessen der Ressourcenwirtschaft, z. B. Torfabbau (Schlacke & Sauthoff 2025: 21).

Anders sieht es dann aus, wenn die Wiedervernässung im Zusammenhang mit der Errichtung von PV-Anlagen geplant ist und für letzteres Vorhaben, wie zumeist der Fall (dazu unten Abschnitt 5.3.3.3), ohnehin die Aufstellung eines Bebauungsplans erforderlich ist. Erfolgt eine Bauleitplanung aus städtebaulichen Gründen, sollen die Gemeinden gem. § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB in diesem Rahmen zum Umwelt- und Klimaschutz beitragen. Dies beschränkt sich nicht nur auf das örtliche Klima, sondern schließt den globalen Klimaschutz ein (Runkel & Edenharter in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 1 BauGB Rn. 107b). In einer solchen Situation können Gemeinden im Bebauungsplan oder in einem zugehörigen städtebaulichen Vertrag (§ 11 BauGB) auch die Verpflichtung zur Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen und deren konkrete Ausgestaltung regeln. Die städtebauliche Erforderlichkeit ist dann aufgrund der Verbindung der Wiedervernässung mit der Errichtung der PV-Anlagen gegeben. Allerdings ergibt sich aus § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB kein Vorrang des Umwelt- und Klimaschutzes gegenüber anderen Belangen (Runkel & Edenharter in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 1 BauGB Rn. 105; Shirvani 2025: 448). Gemeinden sind nicht verpflichtet, in ihren Planungen strengere Umwelt- und Klimaschutzanforderungen festzusetzen als die Anforderungen des jeweiligen Fachrechts verlangen (OVG Lüneburg, Urt. v. 2.10.2024, 1 KN 34/23, ZUR 2025, 167 (170)).

Praktisch bietet die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans gem. § 12 BauGB mehrere Vorteile gegenüber einem Angebotsbebauungsplan. Erstens ist die Gemeinde nicht auf den Festsetzungskatalog nach § 9 BauGB beschränkt (§ 12 Abs. 3 S. 2 BauGB). Im Vorhaben- und Erschließungsplan sowie im Durchführungsvertrag können die Details der Umsetzung oft sehr viel genauer geregelt werden, als dies im Rahmen eines Angebotsbebauungsplans möglich ist. Zweitens verpflichtet sich der Vorhabenträger im Durchführungsvertrag zur Umsetzung des Vorhabens innerhalb einer bestimmten Frist (§ 12 Abs. 1 S. 1 BauGB), während ein Angebotsbebauungsplan nur die Möglichkeit einer Verwirklichung eröffnet, aber keine entsprechende Pflicht begründet. Drittens bedarf ein Wechsel des Vorhabenträgers der Zustimmung der Gemeinde (§ 12 Abs. 5 S. 1 BauGB).

5.3.2.6 Denkmalschutzrecht

Eine denkmalschutzrechtliche Anzeige oder Genehmigung ist ggf. nach dem jeweiligen Landesrecht erforderlich (z. B. Art. 6 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 und S. 2, Art. 7 Abs. 1 S. 1, Abs. 4 S. 1 BayDSchG; § 7 Abs. 1 S. 1 DSchG M-V), wenn durch die Maßnahme ein Denkmal beeinträchtigt werden kann oder die Maßnahme in der Nähe eines Denkmals stattfindet. Relevant können hier etwa historische Funde im Torf sein.

5.3.3 Rechtliche Anforderungen an die Errichtung von PV-Anlagen

Im Folgenden werden die rechtlichen Anforderungen an die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf entwässerten Moorflächen im Zusammenhang mit deren Wiedervernässung (Moor-PV) dargelegt. In vielerlei Hinsicht unterscheiden sich die rechtlichen Anforderungen nicht von denjenigen, die für die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen allgemein gelten. Wo dies der Fall ist, werden nachfolgend die allgemein für Freiflächen-PV-Anlagen geltenden Anforderungen dargestellt. Wo sich Besonderheiten für Moor-PV ergeben, werden diese gesondert dargestellt. Mit dem Begriff „Moor-PV“ ist damit stets die Errichtung von PV-Anlagen im Zusammenhang mit einer Wiedervernässung gemeint.

5.3.3.1 Förderinstrumente des EEG

Nach den geltenden Vorgaben des EEG ist eine Förderung von PV-Anlagen auf Moorböden nur unter der Voraussetzung möglich, dass diese entwässert und landwirtschaftlich genutzt worden sind und die Fläche im Zusammenhang mit der Errichtung der PV-Anlage wiedervernässt wird (§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e) EEG. Gleichzeitig sieht das EEG eine erhöhte Förderung bzw. die Durchführung gesonderter Ausschreibungsverfahren mit potenziell höheren Zuschlagswerten für Moor-PV vor, um die auf solchen Standorten entstehenden Mehrkosten auszugleichen (§§ 48 Abs. 1b, 37b Abs. 2 EEG).

§ 3 Nr. 34a EEG definiert „Moorboden“ als Boden, der die Voraussetzungen des § 11 Abs. 2 der GAPKondV erfüllt und der Erstellung der Gebietskulisse nach § 11 Abs. 3 der GAPKondV zugrunde gelegt werden kann (siehe Abschnitt 2.1.3).

Gem. § 85c EEG bestimmt die BNetzA durch Festlegung nach § 29 des EnWG die Anforderungen, die an die besonderen Solaranlagen zu stellen sind. Mit Festlegung 4.08.01/1#4 hat die BNetzA zum 1.7.2023 erstmals die Anforderungen für Solaranlagen auf Moorböden festgelegt (nachfolgend „Festlegung“) (abrufbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Solar1/BesondereSolaranlagen/Festlegung.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Abruf: 14.5.2025)). Ziff. 3 lit. b) der Festlegung bestimmt, dass die entwässerten Moorböden zum jeweiligen Gebotstermin landwirtschaftlich genutzt worden sein müssen. Für besondere Solaranlagen nach § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 lit. e) EEG, d.h. solche, die nicht Gegenstand einer Ausschreibung sind, müssen die entwässerten Moorböden vierundzwanzig Monate vor der jeweiligen Inbetriebnahme landwirtschaftlich (als Ackerland, Dauergrünland und Dauerweideland oder mit Dauerkulturen) genutzt worden sein. Eine Wiedervernässung liegt vor, wenn Mindestwasserstände von 10 cm unter Flur im Winter und 30 cm unter Flur im Sommer (anzustrebende Mindestwasserstände) erreicht werden (Ziff. 3 lit. c) der Festlegung). Grundsätzlich sollen diese Wasserstände nach fünf Jahren erreicht sein, ansonsten muss die fortlaufende Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen von der zuständigen Behörde, einem Ingenieurbüro oder Umweltgutachter bestätigt werden (Ziff. 3 lit. n) der Festlegung). Die Module müssen

sich über dem Moorboden befinden, während sich die weiteren technischen Einrichtungen auch außerhalb befinden können (Ziff. 3 lit. e) der Festlegung).

Die Festlegung trifft weiterhin Vorgaben für den Zeitablauf und die technischen Anforderungen an die Ausführung. Die Errichtung der PV-Anlage darf vor dem Beginn der baulichen Maßnahmen der Wiedervernässung erfolgen (Ziff. 3 lit. f) der Festlegung). Die Inbetriebnahme darf indes erst nach dem Beginn der baulichen Maßnahmen der Wiedervernässung erfolgen; die baulichen Maßnahmen sind so durchzuführen, dass die Wiedervernässung unverzüglich nach Inbetriebnahme eingeleitet werden kann (Ziff. 3 lit. g) der Festlegung). Errichtung und Betrieb müssen dem Stand der Technik zum Zeitpunkt des Gebotstermins entsprechen. Eine Vegetationsentwicklung muss möglich sein, Landschaftspflegemaßnahmen dürfen nicht behindert werden. Ein Eintrag von mineralischem Material, Schwermetallen und anderen das Moor schädigenden Substanzen muss vermieden werden. Die PV-Anlagen müssen bodenschonend und rückstandslos zurückgebaut werden können (Ziff. 3 lit. h) der Festlegung). Eine standortangepasste, nasse landwirtschaftliche Nutzung der wiedervernässten Böden ist zulässig (Ziff. 3 lit. j) der Festlegung).

Die durch das EEG getroffene Förderstruktur schließt indes nicht aus, dass auf einem trockengelegten Moorstandort PV-Anlagen ohne Wiedervernässung errichtet werden, für die keine EEG-Förderung in Anspruch genommen wird. Da mittlerweile die Direktvermarktung auch ohne EEG-Förderung durchaus wirtschaftlich attraktiv sein kann, entfaltet das EEG eine immer geringer werdende Steuerungskraft. Durch die Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorböden kann indes ein dauerhaftes Hindernis oder zumindest eine Erschwerung für die spätere Wiedervernässung geschaffen werden. Es ist daher zu empfehlen, ein grundsätzliches Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten ohne Wiedervernässung gesetzlich zu verankern (siehe dazu unten, Abschnitt 5.4.2.1).

5.3.3.2 Besondere Bedeutung des Ausbaus erneuerbarer Energien gem. § 2 EEG

§ 2 S. 1 EEG trifft die allgemeine und rechtlich verbindliche Aussage, dass die Errichtung und der Betrieb von EEG-Anlagen sowie den dazugehörigen Nebenanlagen im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit dienen. § 2 S. 2 EEG regelt, dass, bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden sollen.

Zugleich etabliert § 4 EEG Soll-Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien. Unter anderem werden Ziele für die Steigerung der installierten Leistung von Solaranlagen für bestimmte Zieljahre aufgestellt (§ 4 S. 1 Nr. 3 EEG). Dabei soll ein Zubau von Solaranlagen auf, an oder in einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand mindestens im Umfang des Zubaus von Freiflächenanlagen und Solaranlagen auf, an oder in einer baulichen Anlage, die weder Gebäude noch Lärmschutzwand ist, angestrebt werden (§ 4 S. 2 EEG).

Diese den EEG-Anlagen beigemessene besondere Bedeutung kann sich bei diversen der nachfolgend dargestellten rechtlichen Prüfungen auswirken. Sobald bei der Zulassung von PV-Anlagen unbestimmte Rechtsbegriffe auszulegen sind, Ermessens- oder Abwägungsspielräume bestehen, haben die entscheidungsbefugten öffentlichen Stellen das besondere Gewicht, dass der Errichtung von PV-Anlagen gem. § 2 S. 1 und 2 EEG zukommt, zu berücksichtigen (aus der mittlerweile recht umfangreichen Literatur zu § 2 EEG siehe etwa Lingemann 2023; Birkhölzer 2023; Sailer & Militz 2024; Benrath 2024; Pernice-Warnke 2024; Götze & Koukakis 2025 (zu Freiflächen-PV-Anlagen); Rietzler 2025 (zum Denkmalschutzrecht bei Windenergieanlagen);

Koehl 2025 (zum Denkmalschutzrecht); Lammers 2025 (zu Windenergieanlagen)). Dies kann sich indes unter Umständen negativ auf die Freihaltung bestimmter Flächen von PV-Anlagen oder auf die Förderung der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten nur unter der Voraussetzung der zeitnahen Wiedervernässung auswirken, da es die Möglichkeit öffentlicher Stellen, die Errichtung von PV-Anlagen nicht zu genehmigen bzw. zu untersagen, oder diese nur unter Auflagen zu genehmigen, einschränkt.

Nicht anwendbar ist § 2 S. 2 EEG, soweit kein behördlicher Gestaltungsspielraum der entscheidenden öffentlichen Stelle besteht. Das erhöhte Gewicht, das dem Ausbau erneuerbarer Energien zukommt, kann keine entgegenstehenden materiellrechtlichen Vorgaben überwinden.

5.3.3.3 Baurechtliche Anforderungen

Bauplanungsrecht

Die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen kommt entweder im Bereich eines (ggf. vorhabenbezogenen) Bebauungsplans in Betracht und richtet sich dann nach § 30 BauGB, oder sie erfolgt im unbeplanten Außenbereich. Im Außenbereich beurteilt sich ihre Zulässigkeit nach § 35 BauGB. Eine Errichtung im unbeplanten Innenbereich nach § 34 BauGB dürfte faktisch nicht relevant sein.

PV-Anlage als privilegiertes Vorhaben im Außenbereich

Im planungsrechtlichen Außenbereich sind bestimmte, in § 35 Abs. 1 BauGB aufgelistete Vorhaben, privilegiert zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und die ausreichende Erschließung gesichert ist.

Einschlägige Privilegierungstatbestände

Gem. § 35 Abs. 1 Nr. 8 b) BauGB sind Vorhaben, die der Nutzung solarer Strahlungsenergie dienen, auf einer Fläche längs von Autobahnen oder Schienenwegen des übergeordneten Netzes im Sinne des § 2b des AEG mit mindestens zwei Hauptgleisen und in einer Entfernung zu diesen von bis zu 200 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn, im Außenbereich privilegiert zulässig. Nicht relevant für Moor-PV ist dagegen der Privilegierungstatbestand des § 35 Abs. 1 Nr. 9 BauGB, da dieser sich nur auf besondere Solaranlagen im Sinne des § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 lit. a, b oder c EEG bezieht, also nicht auf Moor-PV Anlagen, die unter § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 lit. e EEG fallen.

Unter Umständen kommt auch eine Privilegierung aufgrund des § 35 Abs. 1 Nr. 1 BauGB in Betracht, wenn die PV-Anlage einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dient und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt. Eine Anlage kann als dem Betrieb dienend angesehen werden, wenn der erzeugte Strom zum überwiegenden Teil dem Eigenverbrauch durch den Betrieb dient und ein räumlicher Zusammenhang zu diesem besteht (BVerwG, Beschl. v. 4.11.2008, 4 B 44.08, ZfBR 2009, 149 (150); Vollprecht & Kather 2021: 269 f.; siehe auch BVerwG, Urt. v. 16.6.1994, 4 C 20/93, NVwZ 1995, 64 (64): eine eigene Nutzung von einem Fünftel des erzeugten Stroms reicht nicht aus). Allerdings ist zu beachten, dass der baurechtliche Begriff des landwirtschaftlichen Betriebs gem. § 201 BauGB sehr eng ist. Landwirtschaft ist danach „insbesondere der Ackerbau, die Wiesen- und Weidewirtschaft einschließlich Tierhaltung, soweit das Futter überwiegend auf den zum landwirtschaftlichen Betrieb gehörenden, landwirtschaftlich genutzten Flächen erzeugt werden kann, die gartenbauliche Erzeugung, der Erwerbsobstbau, der Weinbau, die berufsmäßige Imkerei und die berufsmäßige Binnenfischerei.“ Nicht erfasst ist dagegen die Tierhaltung, wenn das Futter nicht

überwiegend selbst erzeugt wird. Aus diesem Grund, und wegen der erforderlichen räumlichen Nähe der PV-Anlage zum Betrieb, wird dieser Privilegierungsstatbestand in der Praxis eher selten einschlägig sein.

Die im Jahr 2023 neu eingefügte Privilegierungsvorschrift für Agri-PV-Anlagen in § 35 Abs. 1 Nr. 9 BauGB gilt demgegenüber ausdrücklich nicht für Moor-PV.

Daneben stellt sich die Frage, ob Moor-PV-Anlagen jenseits des 200 m-Korridors als gem. § 35 Abs. 1 Nr. 3 BauGB privilegiert zulässige Anlagen angesehen werden können. Darunter fallen Vorhaben, die der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität dienen. Allerdings hat das BVerwG die Vorschrift so interpretiert, dass eine Privilegierung nur bei einer besonderen Ortsgebundenheit des Vorhabens greift (BVerwG, Urt. v. 16.6.1994, 4 C 20/93, NVwZ 1995, 64 (65)). Das BVerwG führt zur Ortsgebundenheit aus: „Hierfür genügt nicht, daß sich der Standort aus Gründen der Rentabilität anbietet oder gar aufdrängt. Erforderlich ist vielmehr, daß der Betrieb auf die geographische oder die geologische Eigenart der Stelle angewiesen ist, weil er an einem anderen Ort seinen Zweck verfehlen würde (...)“ (BVerwG, Urt. v. 16.6.1994, 4 C 20/93, NVwZ 1995, 64 (65)). Daher wird die Anwendbarkeit des § 35 Abs. 1 Nr. 3 BauGB auf normale Freiflächen-PV-Anlagen abgelehnt, da diese auch an beliebigen anderen Standorten errichtet werden können (VGH München Beschl. v. 17.12.2015, 1 ZB 14.2604, BeckRS 2016, 40028, Rn. 6; OVG Magdeburg Beschl. v. 24.5.2019, 2 L 53/17, BeckRS 2019, 13047, Rn. 16; Söfker & Kment in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 35 BauGB Rn. 318). Das dürfte wohl auch für Moor-PV gelten. Es ist zwar grundsätzlich denkbar, Moor-PV-Anlagen als ortsgebunden in vorgenanntem Sinne anzusehen, da sie auf einen bestimmten geologischen Standort angewiesen sind. Das würde indes voraussetzen, dass Moor-PV-Anlagen als ein anderes bauplanungsrechtliches Vorhaben anzusehen sind als andere Freiflächen-PV-Anlagen und damit der Standort nicht beliebig austauschbar ist. Aus bauplanungsrechtlicher Sicht erscheint dies schwer begründbar. Allein die Tatsache, dass das EEG erhöhte Vergütungen für besondere PV-Anlagen, zu denen Moor-PV gehört, vorsieht, ist für die bauplanungsrechtliche Beurteilung irrelevant.

Schließlich stellen Freiflächen-PV-Anlagen keine nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB privilegierten Anlagen dar, die wegen besonderer Anforderungen an die Umgebung oder wegen ihrer besonderen Zweckbestimmung nur im Außenbereich ausgeführt werden sollen. Das BVerwG legt diesen Tatbestand einschränkend dahingehend aus, dass er nur für singuläre Vorhaben gilt und nicht für solche, die in einer größeren Zahl zu erwarten sind (BVerwG, Urt. v. 16.6.1994, 4 C 20/93, NVwZ 1995, 64 (67)).

Im Ergebnis dürften PV-Anlagen jenseits des 200 m-Korridors nur in begrenzten Einzelfällen als privilegierte Anlagen gelten. Jedenfalls besteht insoweit Rechtsunsicherheit, was zu einer uneinheitlichen Entscheidungspraxis führen kann. Zur Vereinfachung der Umsetzung von Moor-PV wäre insoweit eine Aufnahme derartiger Vorhaben in den Katalog der privilegiert zulässigen Vorhaben gem. § 35 Abs. 1 BauGB erwägenswert (dazu auch unten, Abschnitt 5.4.4.1).

Kein Entgegenstehen öffentlicher Belange

Voraussetzung für eine privilegierte Zulässigkeit des Vorhabens im Außenbereich ist, dass öffentliche Belange nicht entgegenstehen und die Erschließung gesichert ist (§ 35 Abs. 1 BauGB). Zu den relevanten öffentlichen Belangen gehören insbesondere, aber nicht abschließend (Söfker & Kment in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 35 BauGB Rn. 518), diejenigen, die in § 35 Abs. 3 BauGB ausdrücklich genannt sind, z. B. die Darstellungen des

Flächennutzungsplans, die Darstellungen eines Landschaftsplans oder sonstigen Plans, die Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen, Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege, des Bodenschutzes, des Denkmalschutzes, die Nichtbeeinträchtigung der natürlichen Eigenart der Landschaft und ihres Erholungswertes sowie der Schutz des Orts- und Landschaftsbildes vor Verunstaltungen. Zudem fallen unter die öffentlichen Belange auch Grundsätze und sonstige Erfordernisse der Raumordnung.

Privilegierte Vorhaben sind nur dann unzulässig, wenn ihnen öffentliche Belange entgegenstehen, nicht aber dann, wenn öffentliche Belange bloß beeinträchtigt sind (letzteres ist bei nicht privilegierten Vorhaben nach § 35 Abs. 2 BauGB der Fall, siehe sogleich). Vielmehr bedarf es einer Abwägung zwischen den für das Vorhaben sprechenden Gesichtspunkten – wobei unter anderem zu berücksichtigen ist, dass der Gesetzgeber mit der bauplanungsrechtlichen Privilegierung im Außenbereich Vorhaben dieser Art grundsätzlich Raum verschaffen wollte – und den beeinträchtigten öffentlichen Belangen (Söfker & Kment in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 35 BauGB Rn. 520). Tendenziell ist es so, dass, je mehr ein Vorhaben auf einen bestimmten Standort angewiesen ist, sich die Privilegierung umso stärker gegenüber konfligierenden öffentlichen Belangen durchzusetzen vermag (Söfker & Kment in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 35 BauGB Rn. 521). Das ist gerade bei Moor-PV relevant, da derartige Vorhaben zwingend auf einen bestimmten Moorstandort angewiesen sind. Zudem ist § 2 S. 2 EEG zu berücksichtigen, welcher in der Abwägung zugunsten der Zulassung von PV-Anlagen spricht (so ausdrücklich die Gesetzesbegründung zu § 2 EEG, BT-Drs. 20/1630, S. 159).

Darstellungen eines Flächennutzungsplans stehen einem privilegierten Vorhaben nach der Rechtsprechung nur dann entgegen, wenn die Darstellungen hinreichend konkrete standortbezogene Aussagen enthalten (BVerwG Urt. v. 4.5.1988, 4 C 22/87, NJW 1989, 242 (243); BVerwG, Urt. v. 18.8.2005, 4 C 13/04, NVwZ 2006, 87 (90)). Eine bloße Darstellung von Flächen für die Landwirtschaft in einem Flächennutzungsplan bedeutet keine solche qualifizierte Standortzuweisung (BVerwG Urt. v. 4.5.1988, 4 C 22/87, NJW 1989, 242 (243); BVerwG, Urt. v. 6.10.1989, 4 C 28/86, NVwZ 1991, 161 (161)). Als qualifizierte Standortzuweisung kommen indes z. B. Sukzessionsflächen, Vorrangflächen für Kompensationsmaßnahmen oder Grünflächen in Betracht (Brückner & Hermsdorf 2022: 438 m. w. N).

Fraglich ist, ob das öffentliche Interesse an der Moorbiedervernässung im Rahmen des § 35 Abs. 1 BauGB, insbesondere unter dem Aspekt des § 35 Abs. 3 Nr. 5 BauGB (Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege), zu berücksichtigen ist und Behörden dadurch ein Spielraum verschafft wird, die Genehmigung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten nur unter der Bedingung der zeitnah erfolgenden Wiedervernässung, oder zumindest mit einer Auflage, dass die Errichtung der PV-Anlagen die Möglichkeit der Wiedervernässung nicht erschwert, zu genehmigen. Es sei noch einmal hervorgehoben, dass sich diese Frage nur in den wenigen Fällen stellt, in denen die Errichtung von PV-Anlagen im Außenbereich privilegiert ist, also insbesondere innerhalb des 200 m-Korridors längs von Autobahnen oder Schienenwegen. Dagegen spricht, dass es sich nicht um die Beeinträchtigung des gegenwärtigen Zustands der Natur handelt, sondern um die Verhinderung oder Erschwerung der Möglichkeit, diesen Zustand zukünftig zu verbessern. Ob eine derartige Sicherung zukünftiger Handlungsmöglichkeiten im Rahmen des § 35 Abs. 3 Nr. 5 BauGB überhaupt geschützt ist, erscheint zweifelhaft. Jedenfalls ist in der Abwägung dem Interesse an einer zukünftigen Wiedervernässung die Privilegierung des Vorhabens im Außenbereich und das besondere Gewicht, das dem Ausbau erneuerbarer Energien gem. § 2 S. 2 EEG zukommt, gegenüberzustellen. Die Abwägung

dürfte zumindest dann, wenn noch keine konkreten Pläne für die Wiedervernässung bestehen und nicht absehbar ist, ob diese überhaupt irgendwann stattfindet, wohl eher zugunsten der Zulassung des Vorhabens ausschlagen. Rechtsprechung existiert zu dieser Frage indes, soweit ersichtlich, bisher keine.

Denkbar ist indes, dass im Einzelfall der Errichtung einer PV-Anlage (ohne Wiedervernässung) gewichtige Belange des Naturschutzes, etwa in Form der Verwirklichung artenschutzrechtlicher Verbotstatbestände oder einer Beeinträchtigung von Biotopen oder Schutzgebieten, entgegenstehen, so dass die Genehmigung eigentlich abzulehnen wäre. In diesem Fall könnte eine Aufwertung der Fläche durch Wiedervernässung ggf. dazu führen, dass entweder artenschutzrechtliche Verbotstatbestände oder Beeinträchtigungen von Biotopen und Schutzgebieten vermindert werden, oder dass jedenfalls in der ökologischen Gesamtbilanz das öffentliche Interesse an der Umsetzung von Moor-PV einschließlich Wiedervernässung die entgegenstehenden Belange überwiegt. Über diesen „Umweg“ könnten dann entscheidende Behörden ggf. die Errichtung von PV-Anlagen unter die Bedingung der Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen stellen. Auch hierzu besteht indes bisher keine Rechtsprechung und die Beurteilung wird auch stets von der konkreten Situation im Einzelfall abhängen.

Während nach dem Vorgesagten die Frage, ob öffentliche Belange dem Vorhaben entgegenstehen, eine Abwägung erfordert, sind bei raumbedeutsamen Vorhaben Ziele der Raumordnung streng zu beachten. Diesen darf das Vorhaben nicht widersprechen (§ 35 Abs. 3 S. 2. BauGB); sie sind keine Belange, die abgewogen werden (externe Planungsleitsätze). Zu Zielen der Raumordnung, die der Errichtung von PV-Anlagen unter Umständen widersprechen können, siehe unten (Abschnitt 5.3.3.4). Für privilegierte PV-Anlagen gilt indes nicht die Regelung zur Konzentrationsflächenplanung gem. § 35 Abs. 3 S. 3 BauGB. Danach stehen öffentliche Belange einem Vorhaben in der Regel auch dann entgegen, soweit hierfür durch Darstellungen im Flächennutzungsplan oder als Ziele der Raumordnung eine Ausweisung an anderer Stelle erfolgt ist. Dies ist aber auf privilegierte PV-Anlagen nicht anwendbar, da diese ausdrücklich von der Regelung des § 35 Abs. 3 S. 3 BauGB ausgenommen sind.

Weitere Zulässigkeitsvoraussetzung für eine nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 b) BauGB privilegierte PV-Anlage ist, dass der Vorhabenträger eine Verpflichtungserklärung abgibt, das Vorhaben nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung zurückzubauen und Bodenversiegelungen zu beseitigen (§ 35 Abs. 5 S. 2 BauGB). Dies soll durch Baulast oder in anderer Weise gesichert werden (§ 35 Abs. 5 S. 3 BauGB).

PV-Anlage als nicht privilegiertes Vorhaben im Außenbereich

Befindet sich ein Vorhaben nicht im 200-m-Bereich von Autobahnen oder Schienenwegen, handelt es sich um ein nicht privilegiertes Vorhaben, dessen Zulässigkeit sich nach § 35 Abs. 2 BauGB richtet. Solche Vorhaben können im Einzelfall zugelassen werden, wenn ihre Ausführung oder Benutzung öffentliche Belange nicht beeinträchtigt und die Erschließung gesichert ist. Der Unterschied zu privilegierten Vorhaben besteht darin, dass öffentliche Belange nicht beeinträchtigt werden dürfen, was schon dann der Fall ist, wenn das Vorhaben die öffentlichen Belange negativ berührt (Götze & Koukakis 2025: 20). Der Maßstab des § 35 Abs. 2 BauGB ist also ein strengerer als der des § 35 Abs. 1 BauGB, wonach öffentliche Belange nicht entgegenstehen dürfen. Im Rahmen des § 35 Abs. 2 BauGB besteht kein Abwägungsspielraum zwischen den öffentlichen und den für das Vorhaben sprechenden Belangen, sondern die öffentlichen Belange setzen sich immer durch (Söfker & Kment in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 35 BauGB Rn. 556).

Inwieweit hier die besondere Bedeutung der erneuerbaren Energien gem. § 2 EEG eine Rolle spielt, ist gerichtlich bisher nicht eindeutig geklärt. Die Rechtslage ist deshalb weniger eindeutig als bei § 35 Abs. 1 BauGB, weil § 35 Abs. 2 BauGB gerade keine Abwägung der für und gegen die Zulassung des Vorhabens sprechenden Interessen vorsieht, in deren Rahmen § 2 Abs. 2 EEG Berücksichtigung finden könnte. Indes verlangt das BVerwG eine sog. „nachvollziehende Abwägung“ (BVerwG, Beschl. v. 26.6.2014, 4 B 47/13, juris, Rn. 7). Dabei handelt es sich nicht um eine planerische, sondern um eine rechtsanwendende, gerichtlich uneingeschränkt überprüfbare Abwägung, in deren Rahmen die entscheidende Behörde darzulegen hat, ob im konkreten Einzelfall durch das Vorhaben öffentliche Belange beeinträchtigt werden (BVerwG, Beschl. v. 26.6.2014, 4 B 47/13, juris, Rn. 7; OVG NRW, Urt. v. 16.5.2023, 7 D 423/21.AK, juris, Rn. 54; Götze & Koukakis 2025: 21). Dies beinhaltet eine auf den Einzelfall ausgerichtete Gewichtsbestimmung der gegenläufigen Belange (BVerwG, Beschl. v. 26.6.2014, 4 B 47/13, juris, Rn. 7; Götze & Koukakis 2025: 21).

Nach der Auffassung einiger Oberverwaltungsgerichte und Teilen der Literatur ist im Rahmen dieser nachvollziehenden Abwägung auch die gesetzliche Wertung des § 2 EEG zugunsten des Ausbaus von erneuerbaren Energien zu berücksichtigen (OVG NRW, Urt. v. 16.5.2023, 7 D 423/21.AK, juris, Rn. 57-61; OVG NRW, Urt. v. 31.10.2023, 7 D 187/22.AK, juris, Rn. 158; OVG Sachsen, Urt. v. 21.3.2024, 1 C 2/24, juris, Rn. 99; OVG NRW, Beschl. v. 26.9.2024, 22 B 727/24.AK, juris, Rn. 52; OVG Berlin-Bbg, Beschl. v. 2.4.2025, 7 S 3/24, juris, Rn. 23; Götze & Koukakis 2025: 22 f.; Lammers 2025: 232; dagegen die Frage ausdrücklich offenlassend OVG NRW, Beschl. v. 20.12.2024, 8 B906/24.AK, juris, Rn. 49). Hierfür wird vor allem angeführt, dass der Gesetzgeber ausweislich der Gesetzesbegründung zu § 2 EEG (BT-Drs. 20/1630, 159: „Besonders im planungsrechtlichen Außenbereich, wenn keine Ausschlussplanung erfolgt ist, muss dem Vorrang der erneuerbaren Energien bei der Schutzgüterabwägungen Rechnung getragen werden. Öffentliche Interessen können in diesem Fall den erneuerbaren Energien als wesentlicher Teil des Klimaschutzgebotes nur dann entgegenstehen, wenn sie mit einem dem Art. 20a GG vergleichbaren verfassungsrechtlichen Rang gesetzlich verankert bzw. gesetzlich geschützt sind oder einen gleichwertigen Rang besitzen. Im planungsrechtlichen Außenbereich mit Ausschlussplanung ist regelmäßig bereits eine Abwägung zugunsten der erneuerbaren Energien erfolgt.“) davon ausgehe, dass das vorrangige Interesse am Ausbau der erneuerbaren Energien insbesondere bei der Schutzgüterabwägung im Außenbereich – der Gesetzgeber unterscheidet hier nicht zwischen privilegierten und nicht privilegierten Vorhaben – anzuwenden sei (OVG NRW, Urt. v. 16.5.2023, 7 D 423/21.AK, juris, Rn. 62; OVG NRW, Urt. v. 31.10.2023, 7 D 187/22.AK, juris, Rn. 159; OVG Sachsen, Urt. v. 21.3.2024, 1 C 2/24, juris, Rn. 99). Dagegen gehen andere Stimmen in der Literatur davon aus, dass nichtprivilegierte Vorhaben zum Ausbau erneuerbarer Energien regelmäßig unzulässig seien, da öffentliche Belange praktisch immer beeinträchtigt sein dürften (Meurers in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 249 BauGB Rn. 89; Söfker in BeckOK BauGB 2024: § 249 BauGB Rn. 6; Baars 2023: 1858; Pernice-Warnke 2024: 667; skeptisch auch Schlacke, Wentzien & Römling 2022: 1579).

Auch wenn man von einer grundsätzlichen Anwendbarkeit des § 2 EEG im Rahmen des § 35 Abs. 2 BauGB ausgeht, ist bisher nicht geklärt, wie § 2 EEG methodisch in die Prüfung des § 35 Abs. 2 BauGB zu integrieren ist. So scheint etwa das OVG NRW davon auszugehen, dass bei nicht privilegierten Vorhaben nur in Sonderkonstellationen keine Beeinträchtigung öffentlicher Belange vorliegt (OVG NRW, Urt. v. 16.5.2023, 7 D 423/21.AK, juris, Rn. 63, allerdings zu Windenergieanlagen außerhalb von ausgewiesenen Windenergiegebieten). Dagegen gehen

andere OVGs davon aus, dass nichtprivilegierte Vorhaben zum Ausbau erneuerbarer Energien nicht regelhaft und erst recht nicht ausnahmslos unzulässig seien (OVG NRW, Beschl. v. 20.12.2024, 8 B906/24.AK, juris, Rn. 49; OVG Berlin-Bbg, Beschl. v. 2.4.2025, 7 S 3/24, juris, Rn. 23). Das OVG Sachsen greift schon bei der tatbestandlichen Auslegung der in § 35 Abs. 3 S. 1 BauGB aufgeführten öffentlichen Belange auf die Wertung des § 2 EEG zurück und kommt so zu dem Ergebnis, dass eine Windenergieanlage zwar das Orts- und Landschaftsbild beeinträchtigt, aber keine Verunstaltung darstelle (OVG Sachsen, Urt. v. 21.3.2024, 1 C 2/24, juris, Rn. 103). In der Literatur wird die Auffassung vertreten, dass § 2 EEG die grundsätzliche „Voreinstellung“ des § 35 Abs. 2 BauGB, wonach nicht privilegierte Vorhaben im Außenbereich im Regelfall unzulässig seien, aufhebe und es danach jeweils zu einer „echten“ Abwägung der gegenläufigen Interessen im Einzelfall komme (Götze & Koukakis 2025: 23 f.).

Im Ergebnis besteht daher derzeit Rechtsunsicherheit, ob nicht privilegierte PV-Anlagen im Außenbereich auch dann zugelassen werden können, wenn öffentliche Belange dadurch beeinträchtigt werden, und welches jeweilige Gewicht den gegenläufigen Belangen zuzuweisen ist. Vor diesem Hintergrund ist eine gesetzgeberische Klarstellung des Anwendungsbereichs des § 2 EEG empfehlenswert.

Öffentliche Belange, die durch PV-Anlagen regelmäßig beeinträchtigt werden, sind z. B. das Landschaftsbild bzw. die natürliche Eigenart der Landschaft (§ 35 Abs. 3 S. 1 Nr. 5 BauGB) und/oder eine Darstellung im Flächennutzungsplan als Fläche für die Landwirtschaft (§ 35 Abs. 3 S. 1 Nr. 1 BauGB) (siehe etwa die Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr zur bauplanungsrechtliche Zulässigkeit von Freiflächen-PV-Anlagen vom 12.2.2025, 8, abrufbar unter <https://www.energieatlas.bayern.de/sites/default/files/hinweise-bauplanungsrechtliche-zulaessigkeit.pdf> (letzter Abruf: 22.5.2025)).

Entgegen dem Wortlaut des § 35 Abs. 2 BauGB („können im Einzelfall zugelassen werden“) stehen dann, wenn im konkreten Fall keine öffentlichen Belange beeinträchtigt werden, jedenfalls keine bauplanungsrechtlichen Vorschriften dem bauordnungsrechtlichen Rechtsanspruch (ein solcher ist in den jeweiligen Landesbauordnungen geregelt, z. B. § 70 Abs. 1 S. 1 Nds. BauO; § 72 Abs. 1 LBauO M-V; Art. 68 Abs. 1 S. 1 BayBO) auf Genehmigung des Vorhabens entgegen (BVerwG, Urt. v. 29.4.1964, I C 30/62, NJW 1964, 1973 (1974 f.); Söfker & Kment in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 35 BauGB Rn. 556; Götze & Koukakis 2025: 20). Dies dürfte tatsächlich aber eher selten der Fall sein.

Vorhaben im Bereich eines Bebauungsplans

Sofern ein Vorhaben im Außenbereich nach § 35 Abs. 1 oder Abs. 2 BauGB nicht zulässig ist, bedarf es der Aufstellung eines Bebauungsplans, damit das Vorhaben durchgeführt werden kann. In diesem Sinne kommt Gemeinden bei der Standortsteuerung und auch in Bezug auf die konzeptionelle Steuerung von PV-Anlagen eine wesentliche Bedeutung zu. Da auf die Aufstellung eines Bebauungsplans kein Rechtsanspruch besteht, obliegt der Gemeinde allein die Entscheidung. Sie hat damit quasi eine Veto-Position inne.

Die Gemeinde kann insoweit die Aufstellung eines Bebauungsplans auf trockengelegten Moorstandorten dazu nutzen, die Errichtung von PV-Anlagen auf diesen Flächen von der Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen abhängig zu machen. Wie bereits oben (Abschnitt 5.3.2.5) angesprochen, sollen die Gemeinden gem. § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB im Rahmen der Bauleitplanung zum Umwelt- und Klimaschutz beitragen. Allerdings ergibt sich aus § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB kein grundsätzlicher Vorrang des Umwelt- und Klimaschutzes gegenüber anderen Belangen (Runkel & Edenharter in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: §

1 BauGB Rn. 105; Shirvani 2025: 448). Gemeinden sind nicht verpflichtet, in ihren Planungen strengere Umwelt- und Klimaschutzanforderungen festzusetzen als die Anforderungen des jeweiligen Fachrechts verlangen (OVG Lüneburg, Urt. v. 2.10.2024, 1 KN 34/23, ZUR 2025, 167 (170)).

In Betracht kommt für PV-Anlagen vor allem die Ausweisung eines Sondergebiets für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien nach § 11 Abs. 2 S. 2 BauNVO. Diese kann mit einer Ausweisung von Flächen zur Gewährleistung eines natürlichen Klimaschutzes nach § 9 Abs. 1 Nr. 15a BauGB verbunden werden. Grundsätzlich bietet sich auch die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans nach § 12 BauGB an. Wie bereits oben (Abschnitt 5.3.2.5 ausgeführt, bietet die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans mehrere Vorteile gegenüber einem Angebotsbebauungsplan. Vor allem ist die Gemeinde nicht auf den Festsetzungskatalog nach § 9 BauGB beschränkt (§ 12 Abs. 3 S. 2 BauGB) und kann im Bebauungsplan oder im zugehörigen Durchführungsvertrag bestimmte Details der Ausführung besser vorgeben. Die Pflicht zur Wiedervernässung und die konzeptionellen Details werden typischerweise durch Festsetzungen im Bebauungsplan (vgl. § 9 Abs. 15a BauGB) in Verbindung mit einem städtebaulichen Vertrag nach § 11 BauGB oder bei einem vorhabenbezogenen Bebauungsplan im Vorhaben- und Erschließungsplan nach § 12 BauGB geregelt.

Soll auf der Fläche weiterhin Landwirtschaft in Form von Paludikultur betrieben werden, kommt die doppelte Festsetzung als Sondergebiet für Solarenergie und als landwirtschaftliche Fläche nach § 9 Abs. 1 Nr. 18 BauGB in Betracht. Eine derartige überlagernde Festsetzung ist zulässig, wenn die Nutzungen sich nicht gegenseitig widersprechen (BVerwG, Beschl. v. 2.4.2008, 4 BN 6.08, ZfBR 2008, 592; Vollprecht & Kather 2021: 270). Auch im Rahmen eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans kann die Nutzung der Fläche zum Anbau von Paludikultur festgesetzt werden.

Eventuell ist vor Aufstellung eines Bebauungsplans eine Änderung des Flächennutzungsplans erforderlich. Hier sieht § 5 Abs. 2 Nr. 2 lit. b) BauGB die Darstellung der Ausstattung des Gemeindegebiets mit Anlagen, Einrichtungen und sonstigen Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, unter anderem Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien, vor. Zudem können nach § 5 Abs. 2 Nr. 5 lit. a BauGB Flächen zur Gewährleistung eines natürlichen Klimaschutzes dargestellt werden.

Bei der Bauleitplanung sind die öffentlichen und privaten Belange gegeneinander und untereinander gerecht abzuwägen (§ 1 Abs. 7 BauGB). Zu beachten ist § 1a Abs. 2 S. 2 BauGB, wonach landwirtschaftliche oder als Wald genutzte Flächen nur im notwendigen Umfang umgenutzt werden sollen. Das gilt insbesondere bei landwirtschaftlichen Böden überdurchschnittlicher Bonität. Auf der anderen Seite ist die besondere Bedeutung der EE-Anlagen gem. § 2 EEG auch in der Bauleitplanung zu berücksichtigen und kann dabei helfen, entgegenstehende Belange zu überwinden (siehe etwa die Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr zur bauplanungsrechtliche Zulässigkeit von Freiflächen-PV-Anlagen vom 12.2.2025, 13, abrufbar unter <https://www.energieatlas.bayern.de/sites/default/files/hinweise-bauplanungsrechtliche-zulaessigkeit.pdf> (letzter Abruf: 22.5.2025)).

Bauplanungsrechtliche Relevanz von Floating-PV-Anlagen

Floating-PV-Anlagen sind Vorhaben im Sinne des § 29 Abs. 1 BauGB, da sie bodenrechtliche Relevanz insbesondere im Hinblick auf Belange des Umweltschutzes haben (Brückner & Hermsdorf 2022: 443 f.). Daher gelten die bisherigen Ausführungen zum Bauplanungsrecht auch für Floating-PV-Anlagen.

Bauordnungsrechtliche Anforderungen an PV-Anlagen

PV-Anlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des Bauordnungsrechts, für deren Errichtung oder Änderung grundsätzlich eine Baugenehmigung erforderlich ist. Allerdings sehen viele Landesbauordnungen die Verfahrensfreiheit oder Genehmigungsfreiheit unter bestimmten Voraussetzungen vor.

Zum Beispiel regelt § 62 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, Abs. 2 LBauO M-V, dass sonstige bauliche Anlagen, die keine Gebäude sind, genehmigungsfrei gestellt werden, wenn sie im Geltungsbereich eines Bebauungsplans liegen, den Festsetzungen nicht widersprechen oder die erforderlichen Befreiungen und Ausnahmen nach § 31 BauGB erteilt worden sind, die Erschließung gesichert ist und die Gemeinde nicht innerhalb einer Frist von einem Monat nach Eingang der Bauantragsunterlagen erklärt, dass das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren durchgeführt werden soll. Eine ähnliche Regelung zur Genehmigungsfreistellung enthält Art. 58 BayBO.

Art. 57 Abs. 1 Nr. 3 lit. a) bb) BayBO regelt zudem die Verfahrensfreiheit von Solarenergieanlagen, die gem. § 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB privilegiert zulässig sind, sowie im Übrigen gebäudeunabhängig mit einer Höhe bis zu 3 m und einer Gesamtlänge bis zu 9 m. Die Verfahrensfreiheit befreit aber nicht davon, die materiellen öffentlich-rechtlichen Rechtsvorschriften zu beachten (Art. 55 Abs. 2 BayBO). Dazu gehört vor allem, dass bei privilegierten Anlagen im Außenbereich öffentliche Belange nicht entgegenstehen dürfen. Dies hat der Bauherr in eigener Verantwortung zu klären und ggf. notwendige Genehmigungen dritter Stellen einzuholen. Die Verfahrensfreiheit stellt daher nicht immer tatsächlich eine Erleichterung für den Bauherrn dar.

Auch Floating-PV-Anlagen stellen bauliche Anlagen im Sinne des jeweiligen Landesbauordnungsrechts dar, da sie mit dem Boden verankert werden müssen und ortsfest genutzt werden (Brückner & Hermsdorf 2022: 443; zur Abgrenzung, ob eine Anlage ortsfest genutzt wird oder nicht, kommt es nach OVG Berlin-Bbg., Beschl. v. 10.7.2018, OVG 2 S 13/18, juris, Rn. 5, darauf an, „ob die schwimmfähige Anlage unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls ihrer „Funktion“ (...) nach an die Stelle eines üblicherweise mit dem Boden ortsfest verbundenen Vorhabens, etwa eines Wochenendhauses oder einer Wohnung, treten soll (...).“). Sofern für die Errichtung von Floating-PV-Anlagen eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich ist (dazu Abschnitt 5.3.3.1), ist diese typischerweise nach dem jeweiligen Landesrecht in der Baugenehmigung enthalten (z. B. Art. 20 Abs. 5 S. 1 BayWG; § 87 Abs. 1 S. 4 BbgWG). Die materiell-rechtlichen wasserrechtlichen Anforderungen sind dann im Baugenehmigungsverfahren zu prüfen.

Errichtung von PV-Anlagen in Anbauverbots- und Anbaubeschränkungszonen

Werden PV-Anlagen in Anbauverbots- und Anbaubeschränkungszonen von Bundesautobahnen, Bundes-, Staats- und Kreisstraßen errichtet und betrieben, bedarf dies unter Umständen der Zustimmung der jeweiligen Straßenbaubehörde.

Längs der Bundesfernstraßen dürfen Hochbauten jeder Art in einer Entfernung bis zu 40 m bei Bundesautobahnen und bis zu 20 m bei Bundesstraßen außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten, jeweils gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, nicht errichtet werden (§ 9 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 FStrG). Baugenehmigungen oder nach anderen Vorschriften notwendige Genehmigungen bedürfen der Zustimmung der obersten Landesstraßenbaubehörde bzw. des Fernstraßen-Bundesamtes, wenn bauliche Anlagen längs der Bundesautobahnen in einer Entfernung bis zu 100 m

und längs der Bundesstraßen außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten bis zu 40 m, gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, errichtet, erheblich geändert oder anders genutzt werden sollen (§ 9 Abs. 2 S. 1 Nr. 1 FStrG). Das gilt entsprechend für bauliche Anlagen, die nach Landesrecht anzeigepflichtig sind (§ 9 Abs. 2 S. 2 FStrG). Jedoch nimmt nunmehr § 9 Abs. 2 lit. c FStrG PV-Anlagen von den vorgenannten Anforderungen aus. Stattdessen ist die oberste Landesstraßenbaubehörde bzw. das Fernstraßen-Bundesamt im Genehmigungsverfahren zu beteiligen, wenn eine PV-Anlage längs einer Bundesautobahn in einer Entfernung bis zu 100 m oder längs einer Bundesstraße außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten bis zu 40 m errichtet oder erheblich geändert werden soll. Bedarf eine PV-Anlage keiner Genehmigung, hat der Vorhabenträger das Vorhaben vor Baubeginn bei der jeweils zuständigen Straßenbaubehörde anzuzeigen.

Etwaige Zustimmungsvorbehalte für Anbauten an Staats- und Kreisstraßen richten sich nach dem Landesrecht. So dürfen etwa in Bayern bauliche Anlagen außerhalb der zur Erschließung der anliegenden Grundstücke bestimmten Teile der Ortsdurchfahrten an Staatsstraßen in einer Entfernung bis zu 20 m und an Kreisstraßen in einer Entfernung bis zu 15 m nicht errichtet werden (Art. 23 Abs. 1 S. 1 BayStrWG). Ausnahmen können zugelassen werden; dies geschieht im Baugenehmigungsverfahren durch die untere Bauaufsichtsbehörde im Einvernehmen mit der Straßenbaubehörde oder, wenn kein Baugenehmigungsverfahren durchgeführt wird, in einem eigenen Verfahren durch die Straßenbaubehörde (Art. 23 Abs. 2 BayStrWG). Zudem dürfen baurechtliche oder nach anderen Vorschriften erforderliche Genehmigungen nur im Einvernehmen mit der Straßenbaubehörde erteilt werden, wenn bauliche Anlagen längs von Staatsstraßen in einer Entfernung bis zu 40 m und von Kreisstraßen in einer Entfernung bis zu 30 m errichtet werden (Art. 24 Abs. 1 S. 1 BayStrWG). Ist eine baurechtliche oder anderweitige Genehmigung nicht erforderlich, so entscheidet die Straßenbaubehörde in einem eigenen Verfahren (Art. 24 Abs. 3 S. 2 BayStrWG).

5.3.3.4 Raumordnungsrechtliche Anforderungen

Relevanz des Raumordnungsrechts in der Bauleitplanung und in Genehmigungsverfahren für Freiflächen-PV-Anlagen

Zu den Zielen und Instrumenten des Raumordnungsrechts sowie deren Relevanz bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen und in der Bauleitplanung kann zunächst auf die allgemeinen Ausführungen oben (Abschnitt 5.3.2.2) verwiesen werden.

Die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen unterliegt nicht dem Erfordernis einer Raumverträglichkeitsprüfung gem. § 15 ROG i.V.m. § 1 ROV. Allerdings kann das Landesrecht abweichende Regelungen enthalten. So enthält etwa Art. 24 Abs. 1 BayLPlG die sehr allgemein gehaltene Regelung, dass Vorhaben von erheblicher überörtlicher Raumbedeutsamkeit einem Raumordnungsverfahren unterliegen. Hierunter können ggf. großflächige (ab 30 ha) oder aus sonstigen Gründen besonders raumbedeutsame Freiflächen-PV-Anlagen fallen (siehe Energieatlas der Bayerischen Staatsregierung, abrufbar unter https://www.energieatlas.bayern.de/thema_sonne/photovoltaik/themenplattform-photovoltaik/regionalplanung).

Unabhängig davon sind in Bauleitplanverfahren gem. § 1 Abs. 4 BauGB die Ziele der Raumordnung zu beachten. Aufgrund der absoluten Formulierung dieser Regelung gilt das Beachtungsgebot unabhängig davon, ob das geplante Vorhaben raumbedeutsam ist (BVerwG, Urt. v. 30.1.2003, 4 CN 14.01, juris, Rn. 17; Kümper in Kment 2019: § 3 ROG Rn. 109). Grundsätze und sonstige Erfordernisse der Raumordnung sind als allgemeine öffentliche Belange in der

Abwägung nach § 1 Abs. 6 und 7 BauGB zu berücksichtigen (Runkel & Edenharter in Ernst, Zinkahn, Bielenberg & Krautzberger 2024: § 1 BauGB Rn. 73).

Im Baugenehmigungsverfahren für PV-Anlagen ist das Raumordnungsrecht dann zu beachten, wenn die Planung oder Maßnahme raumordnerische Relevanz hat. Hierfür bestehen keine bundeseinheitlichen Schwellenwerte oder sonstige Kriterien, da die Raumbedeutsamkeit von den konkreten Verhältnissen des jeweiligen Planungsraums abhängt. Vielmehr erfolgt die Beurteilung in den Bundesländern und zum Teil je nach Behörde unterschiedlich. Es wird dabei bei durchschnittlichen Anlagengrößen zwischen 1 und 10 ha eine Raumbedeutsamkeit für möglich gehalten, was aber stets mit einer Einzelfallprüfung anhand der konkreten örtlichen Gegebenheiten einhergeht (Günnewig et al. 2022: 99). Oberhalb von 10 ha wird eine Raumbedeutsamkeit regelmäßig gegeben sein (Günnewig et al. 2022: 99).

Bei Bauvorhaben im Außenbereich darf das Vorhaben den Zielen der Raumordnung nicht widersprechen (§ 35 Abs. 3 S. 2 BauGB). Ziele der Raumordnung sind danach verbindlich zu beachten (siehe oben, Abschnitt 5.3.3.3). In Bezug auf die Grundsätze und sonstigen Erfordernisse der Raumordnung kommt es darauf an, ob es sich um ein im Außenbereich privilegiertes oder nicht privilegiertes Vorhaben handelt. Ein nicht privilegiertes Vorhaben ist nur zulässig, wenn öffentliche Belange nicht beeinträchtigt sind. Unter die öffentlichen Belange fallen auch die Grundsätze und sonstigen Erfordernisse der Raumordnung (Runkel in Spannowsky, Runkel & Goppel 2018: § 4 ROG Rn. 183). Ein privilegiertes Vorhaben ist zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen (siehe oben, Abschnitt 5.3.3.3). Bei mit dem Vorhaben konfligierenden Grundsätzen und sonstigen Erfordernissen der Raumordnung ist daher eine Abwägungsentscheidung erforderlich, bei der die Tatsache, dass es sich um ein privilegiertes Vorhaben handelt, zwar für dessen Zulässigkeit in die Waagschale geworfen werden, aber allein nicht ausreichen kann, um sich gegen die Erfordernisse der Raumordnung durchzusetzen (Runkel in Spannowsky, Runkel & Goppel 2018: § 4 ROG Rn. 185). Indes spricht auch § 2 S. 2 EEG für eine Zulassung von Vorhaben zur Erzeugung erneuerbarer Energien.

Einige Raumordnungspläne enthalten Ziele und Grundsätze, die in der Abwägung zugunsten der Zulässigkeit von Freiflächen-PV-Anlagen und insbesondere Moor-PV herangezogen werden können. So enthält etwa Ziff. 1.3.1 LEP Bayern den Grundsatz, dass den Anforderungen des Klimaschutzes insbesondere durch die verstärkte Erschließung und Nutzung erneuerbarer Energien Rechnung getragen werden soll. In Ziff. 6.2.1 ist zudem das Ziel verankert, erneuerbare Energien dezentral in allen Teilräumen verstärkt zu erschließen und zu nutzen. Weiterhin enthält Ziff. 1.1.3 den Grundsatz, dass bei der Inanspruchnahme von Flächen Mehrfachnutzungen, die eine nachhaltige und sparsame Flächennutzung ermöglichen, verfolgt werden sollen. Dies kann für die Zulassung von PV-Anlagen auf wiedervernässten Moorstandorten sprechen.

Mögliche der Umsetzung von Freiflächen-PV-Anlagen entgegenstehende Ziele und sonstige Erfordernisse der Raumordnung

Der Genehmigung von Freiflächen-PV-Anlagen können vor allem die oben (Abschnitt 5.3.2.2) bereits beschriebenen Ziele und sonstige Erfordernisse der Raumordnung entgegenstehen. Insoweit ist im Einzelfall zu prüfen, ob die Errichtung von PV-Anlagen mit diesen Zielen vereinbar ist oder sich, bei Grundsätzen und sonstigen Erfordernissen der Raumordnung, in der Abwägung gegen diese durchsetzen kann. In letzterem Fall verleiht § 2 Abs. 2 EEG dem Interesse an der Zulassung von PV-Anlagen besonderes Gewicht.

Ein absoluter Ausschluss von Freiflächen-PV-Anlagen kommt durch die Festlegung von Ausschlussgebieten in Betracht, wo das jeweilige Landesplanungsgesetz dies vorsieht (z. B. Art. 14 Abs. 2 S. 1 Nr. 3 Bayerisches LPIG). In Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten für andere Nutzungen ist stets zu prüfen, ob die Errichtung von PV-Anlagen mit den jeweilig dort vorrangig zu verwirklichenden Nutzungen in Konflikt steht. Dies ist insbesondere in Vorranggebieten für Windenergie relevant. Hier kommt die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen grundsätzlich an Stellen in Betracht, die sich nicht für die Errichtung einer Windenergieanlage eignen und an denen die PV-Anlage technisch nicht störend ist (Schlacke 2024b: 33). Dabei können sogar Synergieeffekte entstehen, etwa durch die gemeinsame Nutzung von Infrastruktur (Schlacke & Plate 2024: 328). Der LEP NRW (LEP NRW, GV. NRW. 2024 Nr. 11 vom 30.4.2024, 230, abrufbar unter <https://landesplanung.nrw.de/landesentwicklungsplan>) sieht z. B. eine derartige Mehrfachnutzung in Vorranggebieten für Windenergie ausdrücklich vor (Ziff. 10.2-17 LEP NRW und zugehörige Erläuterung). Indes stellt sich die Situation bei Moor-PV aufgrund der damit in Zusammenhang durchzuführenden Wiedervernässung komplizierter dar; letztere dürfte wohl häufig mit der Errichtung von Windenergieanlagen in Konflikt stehen. Letztendlich müsste dies indes im Einzelfall geprüft werden.

In Vorranggebieten für die Landwirtschaft stellt sich die bereits im Zusammenhang mit der Wiedervernässung angesprochene Frage, ob eine Errichtung von Moor-PV in Verbindung mit dem Anbau von Paludikulturen unter den PV-Anlagen als landwirtschaftliche Nutzung anzusehen und daher in einem Vorranggebiet für die Landwirtschaft zulässig ist (zur parallelen Frage der Zulässigkeit von Agri-PV-Anlagen in Vorbehalts-/Vorranggebieten für die Landwirtschaft Burtin 2021: 1585 f.). Während hierzu soweit ersichtlich noch keine Leitfäden oder Entscheidungen existieren, sollte sinnvollerweise darauf abgestellt werden, ob die Landwirtschaft noch eine substantielle oder lediglich eine untergeordnete Nebennutzung darstellt. Ob hilfsweise auf die Definition der Agri-PV-Anlagen in der DIN SPEC 91434 von 2021 zurückgegriffen werden kann, müsste unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Paludikultur agrarfachlich beurteilt werden.

Viele Raumordnungsprogramme enthalten zudem allgemeine Grundsätze, wonach die Innenentwicklung Vorrang vor der Außenentwicklung haben soll (siehe etwa Niedersächsisches LROP, Ziff. 2.1(06) S. 1). Solche allgemeinen Grundsätze werden im Regelfall gegenüber der in § 2 S. 2 EEG festgelegten überragenden öffentlichen Bedeutung des Ausbaus von PV-Anlagen zurückzutreten haben. Der Entwurf einer Fortschreibung des Niedersächsischen LROP enthält zudem eine Vorrangregelung für Windenergieanlagen in der Form eines Grundsatzes, wonach der Ausbau von Freiflächen-PV den beschleunigten Ausbau der Windenergie nicht behindern soll (Ziff. 4.2.1(01) S. 5 LROP-E 2025, abrufbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/raumordnung_landesplanung/landes_raumordnungsprogramm/fortschreibung-des-landes-raumordnungsprogramms-223501.html (letzter Abruf: 28.4.2025)).

Einige Ziele oder sonstige Erfordernisse der Raumordnung, welche zum Ziel haben, die Moorwiedervernässung zu fördern, können unter Umständen mit der Errichtung von Moor-PV in Konflikt stehen. So besagt der oben bereits angesprochene Grundsatz in Ziff. 3.1.1(06) S. 2 Niedersächsisches LROP, dass Moore dahingehend entwickelt werden sollen, dass sie ihre natürliche Funktion als Kohlenstoffspeicher wahrnehmen können sowie nach Möglichkeit ihren weiteren natürlichen Funktionen im Naturhaushalt, wie Artenschutz, gerecht werden. Sofern im Einzelfall Belange des Artenschutzes durch die Errichtung von PV-Anlagen negativ beeinträchtigt werden, hat eine Abwägung stattzufinden, bei der indes dem öffentlichen Interesse an der Errichtung von PV-Anlagen gem. § 2 S. 2 EEG ein hohes Gewicht zukommt.

In Mecklenburg-Vorpommern dürfen zudem gem. Z 5.3(9) LEP landwirtschaftlich genutzte Flächen nur in einem Streifen von 110 m beiderseits von Autobahnen, Bundesstraßen und Schienenwegen für Freiflächen-PV-Anlagen in Anspruch genommen werden. Das hat zur Folge, dass in Mecklenburg-Vorpommern selbst für nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 lit. b) BauGB privilegiert zulässige Freiflächen-PV-Anlagen stets ein Zielabweichungsverfahren durchzuführen ist, wenn diese in einer Entfernung von mehr als 110m von der Autobahn oder dem Schienenweg liegen. Dabei erfordern indes „Projekte, in denen die auf Gewinn orientierte landwirtschaftliche Nutzung (weiterhin) vorrangig und dauerhaft ausgeübt wird und auf der Fläche eine nachrangige, zusätzliche Freiflächenphotovoltaiknutzung erfolgt (Agri-PV)“ keine Zielabweichung (Matrix ZAV Freiflächen Photovoltaik, abrufbar unter: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/Raumordnung/Zielabweichungsverfahren/> (letzter Abruf: 13.5.2025)). Ob dies auch für die Errichtung von Moor-PV in Verbindung mit dem Anbau von Paludikulturen gilt, ist allerdings zweifelhaft, da insoweit die landwirtschaftliche Nutzung nicht gegenüber der Freiflächenphotovoltaiknutzung dominiert. Das Ziel gem. Z 5.3(9) LEP M-V stellt demnach derzeit ein wesentliches Hindernis für die Errichtung von Moor-PV-Anlagen dar.

Möglichkeit der raumordnungsrechtlichen Steuerung von Freiflächen-PV-Anlagen

§ 2 Abs. 2 ROG, welcher (nicht abschließende) Grundsätze der Raumordnung benennt, erwähnt EE-Anlagen gleich zweimal. Gem. Nr. 4 S. 5 ist „[d]en räumlichen Erfordernissen für eine kostengünstige, sichere und umweltverträgliche Energieversorgung einschließlich des Ausbaus von Energienetzen [...] Rechnung zu tragen.“ Nr. 6 S. 11 nennt weiterhin die Schaffung der „räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien“.

Diese Grundsätze können durch unterschiedliche Regelungsinstrumente in Landesentwicklungs- und/oder Regionalplänen umgesetzt werden.

Auf Bundesebene besteht derzeit kein flächenmäßiges Ziel für die Ausweisung von Gebieten für Freiflächen-PV. Anders sieht dies bei der Windenergie aus, für die im Koalitionsvertrag der Regierung aus SPD, Grünen und FDP ein Ausbauziel von 2 Prozent der Landesfläche vereinbart wurde (vgl. Teßmer in BeckOK Klimarecht 2024: § 1 WindBG Rn. 1). Dieses Ziel wurde in § 3 Abs. 1 WindBG auf die Länder verteilt und diese verpflichtet, bestimmte Flächenbeitragswerte auszuweisen. In einigen Bundesländern bestehen indes Flächenziele auch für Freiflächen-PV. So enthält § 21 KlimaG BW den Grundsatz der Raumordnung, dass bis spätestens 30.9.2025 in den Regionalplänen Gebiete in einer Größenordnung von mindestens 0,2 Prozent der jeweiligen Regionsfläche für Freiflächen-PV festgelegt werden sollen. § 3 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 lit. a) Niedersächsisches KlimaG regelt, dass bis 2033 auf mindestens 0,5 Prozent der Landesfläche Strom durch Freiflächen-PV-Anlagen erzeugt werden soll, wobei hier nicht ausdrücklich die Träger der Raumordnung in die Pflicht genommen werden. Jedoch enthält § 3a S. 1 Nr. 1 Nds-KlimaG den ausdrücklichen Grundsatz der Raumordnung, dass die Planung von Freiflächen-PV auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen insbesondere auf kohlenstoffreichen Böden, für die die Möglichkeit der Wiedervernässung besteht, erfolgen soll.

Wie bereits oben (Abschnitt 5.3.4.1) dargelegt, können gem. § 7 Abs. 3 S. 1 und 2 ROG in Raumordnungsplänen Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für bestimmte Nutzungen ausgewiesen werden. Dies gilt auch für Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für Freiflächen-PV oder ist sogar speziell für Moor-PV denkbar. Der durch Gesetz vom 12.8.2025 geänderte § 7 ROG stellt nunmehr ausdrücklich klar, dass auch eine Gebietsfestlegung für Mehrfachnutzung – etwa in Form der Moorwiedervernässung in Verbindung mit PV-Anlagen, oder allgemeiner für natürlichen Klimaschutz – zulässig ist. Durch eine solche Festlegung würden anderweitige

raumbedeutsame Nutzungen, die mit der bezeichneten Nutzung nicht vereinbar sind, in Vorranggebieten ausgeschlossen und in Vorbehaltsgebieten wegen des besonderen Gewichts der bezeichneten Nutzung jedenfalls erschwert umsetzbar. Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für Freiflächen-PV haben keine Ausschlusswirkung für die Zulässigkeit von Freiflächen-PV im übrigen Planungsraum (§ 7 Abs. 3 S. 7 ROG).

Zudem ist es möglich, in Raumordnungsplänen die Mehrfachnutzung von Flächen in der Weise zu regeln, dass Freiflächen-PV-Anlagen – oder speziell Moor-PV – in Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten für bestimmte andere Nutzungen explizit zuzulassen sind. Dies erspart die Prüfung im Einzelfall, ob PV-Anlagen mit den im Gebiet vorrangig zulässigen Nutzungen verträglich sind. Denkbar sind daneben textliche Festsetzungen, wonach die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen oder speziell Moor-PV bestimmten Zielen der Raumordnung nicht widerspricht.

Umgekehrt ist es möglich, durch Festsetzungen in Raumordnungsplänen Freiflächen-PV-Anlagen in bestimmten Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten für anderweitige Nutzungen auszuschließen. Das ist etwa in Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten für Naturschutz und Landschaftspflege denkbar. Zu beachten ist jedoch, dass solche Ausschlüsse nicht allein naturschutzfachlich begründet werden dürfen, sondern vielmehr raumordnerischen Schutzzwecken dienen müssen (OVG Lüneburg, Urt. v. 12.4.2021, 12 KN 159.18, ZNER 2021, 301 (Rn. 116); Marschall 2025: 286; Schwarzer-Geraedts & Paintner 2023: 260).

Der Entwurf einer Fortschreibung des Niedersächsischen LROP sieht nunmehr als Grundsatz vor, dass die Planung von Freiflächen-PV-Anlagen insbesondere auf bestimmten Flächen erfolgen soll, unter die unter anderem kohlenstoffreiche Böden, für die die Möglichkeit der Wiedervernässung besteht, fallen (Ziff. 4.2.1(03) S. 3 Nr. 1 LROP-E 2025, abrufbar unter https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/raumordnung_landesplanung/landes_raumordnungsprogramm/fortschreibung-des-landes-raumordnungsprogramms-223501.html (letzter Abruf 28.4.2025)). Allerdings ist die positive Steuerungswirkung eines solchen Grundsatzes beschränkt, da auf dessen Grundlage weder die Errichtung von Moor-PV privilegiert noch andere Nutzungen auf trockengelegten Moorflächen verhindert werden können. Allenfalls wird die Auswirkung eines derartigen Grundsatzes eine negative in dem Sinne sein, als dass für die Planung von PV-Anlagen außerhalb der genannten priorisierten Flächen ein höherer Begründungsaufwand erforderlich ist.

5.3.3.5 Wasserrechtliche Anforderungen

Gebietsbezogene Beschränkungen

In bestimmten wasserrechtlichen Gebieten kann die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen ausgeschlossen oder beschränkt sein. Besondere Anforderungen und Verbote können z. B. in Wasserschutzgebieten nach § 52 Abs. 1 S. 1 WHG in Verbindung mit der jeweiligen Schutzgebietsverordnung bestehen. Das gilt auch bei Maßnahmen außerhalb von Wasserschutzgebieten, wenn diese den mit der Festsetzung des Wasserschutzgebiets verfolgten Zweck gefährden würden (§ 52 Abs. 3 WHG). In Hochwasserrisikogebieten nach § 73 WHG kann der Risikomanagementplan die Errichtung baulicher Anlagen einschränken. In Überschwemmungsgebieten nach § 76 WHG ist die Ausweisung neuer Baugebiete im Außenbereich in Bauleitplänen untersagt (§ 78 Abs. 1 S. 1 WHG), wobei unter den Voraussetzungen des § 78 Abs. 2 WHG ausnahmsweise neue Baugebiete zugelassen werden können. Die Errichtung baulicher Anlagen im Außenbereich nach § 35 BauGB ist ebenfalls untersagt (§ 78 Abs. 4 S. 1 WHG), wobei im Einzelfall Ausnahmen zugelassen werden können (§ 78 Abs. 5 WHG).

Wasserrechtliche Anforderungen auf Genehmigungsebene

Wasserrechtliche Vorschriften können relevant werden, wenn ein Eintrag von Schadstoffen in oberirdische Gewässer oder das Grundwasser möglich ist. Auch eine Verschattung, das flächige Abhalten verbunden mit dem punktuellen Einleiten von Niederschlagswasser und die damit einhergehenden kleinklimatischen Veränderungen können unter Umständen (positive oder negative) Auswirkungen auf wasserrechtliche Belange haben. Derartige Auswirkungen sind im jeweiligen Genehmigungsverfahren zu prüfen.

Gem. § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG gelten Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen, als Benutzungen eines Gewässers und unterliegen daher der Erlaubnis- bzw. Bewilligungspflicht nach § 12 WHG.

Sofern eine wasserrechtliche Benutzung durch die Errichtung und den Betrieb der PV-Anlage nicht vorliegt, sind wasserrechtliche Belange im Baugenehmigungsverfahren zu prüfen, sofern durch die Errichtung der PV-Anlagen eine Beeinflussung oberirdischer Gewässer oder des Grundwassers möglich ist. Relevant sind hier vor allem die Bewirtschaftungsziele der §§ 27, 44 und 47 WHG. So sind etwa gem. § 27 Abs. 1 WHG oberirdische Gewässer so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden. Gem. § 47 Abs. 1 Nr. 1 und 2 WHG ist das Grundwasser so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und seines chemischen Zustands vermieden wird und alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen aufgrund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden. Zudem darf durch die Errichtung und den Betrieb der PV-Anlagen die Erreichung der in Maßnahmenprogrammen nach § 82 WHG festgelegten Maßnahmen und Ziele nicht behindert oder erschwert werden (BVerwG, Urt. v. 9.2.2017, 7 A 2.15, juris Rn. 586; Urt. v. 2.11.2017, 7 C 25.15, juris Rn. 61). Sofern erforderlich, können Nebenbestimmungen in die Baugenehmigung aufgenommen werden, um die Einhaltung vorstehender Vorgaben sicherzustellen.

Ausnahmen von den Bewirtschaftungszielen sind unter den strengen Voraussetzungen des § 31 Abs. 2 WHG möglich. Unter anderem müssen die Gründe für die Veränderung von übergeordnetem öffentlichem Interesse sein. Hierbei entfaltet wiederum der § 2 S. 2 EEG zugunsten der Zulassung von EE-Anlagen ein besonderes Gewicht (Attendorn 2022: 1591). Das Interesse am Ausbau der erneuerbaren Energien überwiegt aber nicht in jedem Fall, also nicht absolut, sondern nur relativ, das Interesse an der Einhaltung der in Maßnahmenprogrammen festgelegten Ziele und Maßnahmen, da deren Einhaltung ebenfalls ein hohes Gewicht zukommt (VG Würzburg, Urt. v. 8.11.2022, W 4 K 22.1262, BeckRS 2022, 39456, Rn. 81). Schließlich ist § 36 Abs. 1 S. 1 WHG zu beachten, wonach Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern so zu errichten, zu betreiben, zu unterhalten und stillzulegen sind, dass keine schädlichen Gewässerveränderungen zu erwarten sind und die Gewässerunterhaltung nicht mehr erschwert wird, als es den Umständen nach unvermeidbar ist. Die Landeswassergesetze sehen für die Errichtung derartiger Anlagen teilweise Genehmigungserfordernisse (z. B. Art. 20 Abs. 1 S. 1 BayWG; § 87 Abs. 1 S. 1 BbgWG) oder Anzeigepflichten (z. B. § 82 Abs. 1 LWaG M-V) vor. Die Genehmigungspflicht erstreckt sich in manchen Bundesländern auch auf Anlagen bis zu 10 m von der Böschungsoberkante des Gewässers (z. B. § 87 Abs. 1 S. 3 BbgWG), in Bayern bei Gewässern erster oder zweiter Ordnung sogar bis 60 m von der Uferlinie und darüber hinaus, wenn die Unterhaltung oder der Ausbau der Gewässer beeinträchtigt werden können (Art. 20 Abs. 1 S. 2 BayWG).

Floating-PV-Anlagen

Die Errichtung und der Betrieb von Floating-PV-Anlagen auf Oberflächengewässern bedarf nach den jeweiligen Landeswassergesetzen einer wasserrechtlichen Genehmigung (z. B. Art. 20 Abs. 1 S. 1 BayWG; § 87 Abs. 1 S. 1 BbgWG) oder ist anzeigepflichtig (z. B. § 82 Abs. 1 LWaG M-V). § 36 Abs. 3 WHG enthält bedeutende Einschränkungen für solche Anlagen. Danach darf eine Solaranlage nicht errichtet oder betrieben werden

1. in und über einem oberirdischen Gewässer, das kein künstliches oder erheblich verändertes Gewässer ist, und
2. in und über einem künstlichen oder erheblich veränderten Gewässer, wenn ausgehend von der Linie des Mittelwasserstandes
 - die Anlage mehr als 15 Prozent der Gewässerfläche bedeckt oder
 - der Abstand zum Ufer weniger als 40 Meter beträgt.

5.3.3.6 UVP-Pflichtigkeit

Allgemeines

Die Errichtung von PV-Anlagen ist als solche nicht UVP-pflichtig. Sie kann aber ein Städtebauprojekt für sonstige bauliche Anlagen gem. Ziff. 18.7 der Anlage 1 zum UVPG darstellen und damit der UVP-Pflicht unterfallen, wenn hierfür im bisherigen Außenbereich ein Bebauungsplan aufgestellt wird mit einer zulässigen Grundfläche im Sinne von § 19 Abs. 2 BauNVO oder einer festgesetzten Größe der Grundfläche von 100.000 m² oder mehr. Bei einer zulässigen Grundfläche oder festgesetzten Größe der Grundfläche von 20.000 m² oder mehr ist eine allgemeine Vorprüfung im Einzelfall durchzuführen.

Dabei wird gem. § 50 Abs. 1 und 2 UVPG die UVP einschließlich der Vorprüfung im Bebauungsplanverfahren in Form der Umweltprüfung nach BauGB durchgeführt. Wird die UVP in einem Aufstellungsverfahren für einen Bebauungsplan und in einem nachfolgenden Zulassungsverfahren durchgeführt, soll die UVP im nachfolgenden Zulassungsverfahren auf zusätzliche oder andere erhebliche Umweltauswirkungen des Vorhabens beschränkt werden (§ 50 Abs. 3 UVPG). Sofern bereits alle Aspekte durch die Umweltprüfung nach BauGB abgedeckt wurden, kann die UVP auf Vorhabenebene entfallen.

Absehen von UVP bei vorheriger Durchführung einer SUP

Gem. dem im Jahr 2023 neu eingefügten § 14b UVPG ist bei Städtebauprojekten für Anlagen zur Nutzung solarer Strahlungsenergie im bisherigen Außenbereich von der Durchführung einer UVP abzusehen, wenn die Anlage in einem Gebiet liegt, für das in einem Plan Anlagen zur Nutzung solarer Strahlungsenergie vorgesehen sind, und wenn bei Aufstellung dieses Plans eine SUP durchgeführt wurde. Eine SUP ist gem. § 35 Abs. 1 Nr. 1 i.V.m. Anlage 5 Nr. 1.5 und 1.8 zum UVPG unter anderem durchzuführen bei Raumordnungsplanungen nach § 13 ROG und bei Bauleitplanungen nach §§ 6 und 10 BauGB (bei letzteren in Form der Umweltprüfung nach BauGB, siehe § 50 Abs. 2 UVPG). Daher kann von der UVP abgesehen werden, wenn entweder in einem Bebauungsplan oder Flächennutzungsplan Anlagen zur Nutzung solarer Strahlungsenergie vorgesehen sind oder in einem Raumordnungsplan Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für Photovoltaik ausgewiesen sind, es sei denn, der Plan wurde bereits vor Inkrafttreten der SUP-Richtlinie (Richtlinie 2001/42/EG v. 27.6.2001, ABl. L 197 v. 21.7.2001, 30–37) und damit ohne Durchführung einer SUP aufgestellt.

5.3.3.7 Naturschutzrechtliche Anforderungen

Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung

Die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen geht regelmäßig mit einem Eingriff sowohl in die Natur als auch das Landschaftsbild einher. Hierfür gelten zunächst einmal die oben gemachten Ausführungen zur Wiedervernässung (Abschnitt 5.3.2.4) entsprechend. Nicht eindeutig geklärt ist bisher, ob Eingriffe durch die Errichtung der PV-Anlagen im Sinne einer ökologischen Gesamtbetrachtung als ausgeglichen angesehen werden können, wenn die Fläche durch die Wiedervernässung insgesamt eine ökologische Aufwertung erfährt. Dies erscheint nach der o. g. Rechtsprechung (BVerwG, Beschl. v. 28.1.2009, 7 B 45/08, juris, Rn. 20; OVG Hamburg, Urte. v. 16.6.2016, 1 Bf 258/12, BeckRS 2016, 51035, Rn. 214) durchaus denkbar.

Sofern für die Errichtung von PV-Anlagen ein Bebauungsplan aufgestellt wird, sind die §§ 14 bis 17 BNatSchG über Eingriffe in Natur und Landschaft bei der späteren Genehmigung des Vorhabens nicht anwendbar (§ 18 Abs. 2 S. 1 BNatSchG). Vielmehr erfolgt die Berücksichtigung naturschutzrechtlicher Belange auf der Ebene der Bauleitplanung gemäß den Vorgaben des BauGB; dort wird auch über Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen entschieden (§ 18 Abs. 1 BNatSchG). Soweit Vorhaben im bauplanungsrechtlichen Außenbereich errichtet werden, gelten indes die Eingriffsregelungen der §§ 14 bis 17 BNatSchG (§ 18 Abs. 2 S. 2 BNatSchG).

Beeinträchtigung von nationalen Schutzgebieten

Zu den nationalen Schutzgebieten und dort geltenden Verboten kann grundsätzlich auf die obigen Ausführungen zur Wiedervernässung Bezug genommen werden (Abschnitt 5.3.2.4). Während Moorwiedervernässungsmaßnahmen unter Umständen mit den jeweiligen Schutzzwecken des Gebietes vereinbar sein können, werden Freiflächen-PV-Anlagen typischerweise mit den Schutzzwecken unvereinbar sein.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass bei einer Unvereinbarkeit mit den Schutzzwecken eine Befreiung nach § 67 Abs. 1 BNatSchG möglich ist. Dabei ist auf der einen Seite die Privilegierung der EEG-Anlagen nach § 2 EEG zu berücksichtigen (siehe oben, Abschnitt 3.3.2). Danach kommt dem Ausbau der erneuerbaren Energien zwar kein absoluter Vorrang vor den Zwecken der Schutzgebietsausweisung vor, er ist aber als vorrangiger Belang in die Abwägung einzustellen (VGH BW, Urte. v. 12.10.2022, 10 S 2903/21, BeckRS 2022, 39407, Rn. 44; Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 31a) und soll nur in Ausnahmefällen gegenüber dem Interesse am Erhalt der Schutzgebiete zurücktreten (so die Gesetzesbegründung zu § 2 EEG (BT-Drs. 20/1630, 159); siehe auch OVG Münster, Beschl. v. 11.8.2022, 22 A 1492/20, BeckRS 2022, 20706, Rn. 30; OVG Münster, Urte. v. 29.11.2022, 22 A 1184/18, Rn. 447, ZNER 2023, 53 (81); Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 31a). Andererseits setzt eine Befreiung nach § 67 Abs. 1 BNatSchG voraus, dass es sich erstens um einen atypischen Sonderfall handelt (vgl. BVerwG, Urte. v. 26.3.1998, 4 A 7/97, juris, Rn. 26; BVerwG, Beschl. v. 27.1.2022, 9 VR 1/22, juris, Rn. 35; VGH BW, Urte. v. 12.10.2022, 10 S 2903/21, juris, Rn. 44; Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 27a) und zweitens das Schutzgebiet durch die Befreiung nicht funktionslos wird, also das Schutzgebiet in seiner Substanz unberührt bleibt und der Schutzzweck auch weiterhin erreicht werden kann (BVerwG, Urte. v. 26.3.1998, 4 A 7/97, juris, Rn. 26; BayVGH, Urte. v. 14.1.2003, 1 N 01.2072, juris, Rn. 39; Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 29). Für die Atypik kommt es darauf an, dass der Normgeber bei der Unterschutzstellung des Gebietes den zur Entscheidung stehenden Sonderfall nicht berücksichtigt hat (Sauthoff in Schlacke 2024a: § 67 Rn. 27a; Gellermann in Landmann & Rohmer 2025: § 67 BNatSchG Rn. 10). So hat der VGH BW etwa

die Atypik bei der Zulassung von Windenergieanlagen mit der Begründung bejaht, dass in der Schutzgebietsausweisung die Dringlichkeit von Klimaschutzmaßnahmen noch nicht berücksichtigt worden war und zudem das Vorhaben im Randbereich des Schutzgebietes lag (VGH BW, Urt. v. 12.10.2022, 10 S 2903/21, juris, Rn. 44; so auch VG Halle, Beschl. v. 10.1.2025, 4 B 169/24, juris, Rn. 149 in Bezug auf PV-Anlagen). Für den Erhalt der Funktion des Gebietes spricht es ebenfalls, wenn die Maßnahme nur einen kleinen Bereich des Schutzgebietes betrifft (VGH BW, Urt. v. 12.10.2022, 10 S 2903/21, juris, Rn. 45).

Zur Steuerung von PV-Anlagen in Schutzgebieten kommt eine gezielte Anpassung der Schutzgebietsverordnung in Betracht, wodurch PV-Anlagen in dem betroffenen Gebiet vollständig ausgeschlossen werden. Dieser Ausschluss muss allerdings naturschutzfachlich begründbar sein. Eine Steuerung kommt im Übrigen durch die gezielte Ausweisung geeigneter Standorte innerhalb der Schutzgebiete, an denen die Errichtung von PV-Anlagen, ggf. auch nur unter der Voraussetzung der gleichzeitigen Moorwiedervernässung, zulässig ist (siehe die Hinweise des Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz zum Umgang mit natur- und artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen bei der Errichtung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen, Stand Dezember 2023, 4).

Beeinträchtigung von Biotopen

Hierzu kann zunächst auf die Ausführungen zur Wiedervernässung Bezug genommen werden (Abschnitt 5.3.2). Eine Beeinträchtigung von Biotopen kommt etwa durch Verschattungswirkung, das Abhalten von flächigem Niederschlag und die punktweise Einleitung des Niederschlagswassers, aber auch durch eine optische Störwirkung der PV-Anlagen auf Tiere, die Kollisionsgefahr bei Anflug und das Risiko einer Havarie in Betracht. Andererseits ist aber auch eine positive Wirkung der PV-Anlagen auf das Biotop etwa durch Verschattung, Schutz vor starkem Niederschlag und Wind sowie Beeinflussung des Mikroklimas möglich (siehe Abschnitt 3.5).

Im Fall einer Beeinträchtigung kommt eine Befreiung nach § 67 Abs. 1 BNatSchG in Betracht. Insoweit kann auf die vorstehenden Ausführungen zu nationalen Schutzgebieten verwiesen werden.

Beeinträchtigung von FFH-Gebieten

Auch hierzu kann zunächst grundsätzlich auf das oben (Abschnitt 5.3.2.4) Ausgeführte verwiesen werden.

Bei einer zu befürchtenden erheblichen Beeinträchtigung eines FFH-Gebietes kommt eine abweichende Zulassung nach § 34 Abs. 3 oder 4 BNatSchG in Betracht. Das besondere Gewicht, das der Errichtung von EE-Anlagen nach § 2 Abs. 2 EEG zugemessen wird (siehe oben, Abschnitt 5.3.2.4), gilt auch insoweit (OVG Koblenz, Urt. v. 08.2.2024, 1 C 10470/22.OVG, ZNER 2024, 159 (166)). Dennoch ist immer eine Abwägung im Einzelfall erforderlich, die den Schutzzweck des Gebietes und den Grad der Beeinträchtigung berücksichtigen muss.

Zudem ist zu beachten, dass eine Ausnahme nur erteilt werden darf, wenn zumutbare Alternativen nicht gegeben sind. Während dieser Anforderung bei der Moorwiedervernässung aufgrund deren Ortsgebundenheit wenig Relevanz zukommen dürfte, ist dies bei der Errichtung von PV-Anlagen anders. Freiflächen-PV-Anlagen sind nicht auf wiedervernässte Moorstandorte angewiesen, sondern können grundsätzlich genauso an anderen Orten verwirklicht werden. Allerdings sind nur solche Alternativen in Betracht zu ziehen, die die Identität des Vorhabens wahren und nicht auf ein anderes Projekt hinauslaufen (OVG Sachsen-Anhalt, Beschl. v.

3.1.2017, 2 M 118/16, juris, Rn. 25; VG Halle, Beschl. v. 10.1.2025, 4 B 169/24, juris, Rn. 162; Möckel in Schlacke 2024a: § 34 Rn. 165). Insoweit stellt sich die Frage, ob die Errichtung einer regulären Freiflächen-PV-Anlage als ein anderes Vorhaben anzusehen ist als die Errichtung einer Moor-PV-Anlage. Dafür spricht jedenfalls die unterschiedliche Höhe der EEG-Förderung für Moor-PV und normale Freiflächen-PV-Anlagen. Rechtsprechung besteht zu dieser Frage, soweit ersichtlich, indes bisher nicht. Darüber hinaus ist unklar, ob der Vorhabenträger etwa darauf verwiesen werden kann, dass im Umkreis andere Flächen vorhanden sind, die für die Verwirklichung von PV-Anlagen geeignet sind, auch wenn diese nicht in seinem Eigentum stehen oder die Eigentümer kein Interesse an der Verpachtung haben. Das VG Halle hat, allerdings zu einer Befreiung nach § 67 Abs. 1 BNatSchG in einem Landschaftsschutzgebiet, entschieden, dass Flächen aus der Alternativenprüfung ausgeschieden werden können, auf die keine Zugriffsmöglichkeiten bestehen (VG Halle, Beschl. v. 10.1.2025, 4 B 169/24, juris, Rn. 163). Zudem sind limitierende Faktoren wie die Nähe zu einem Netzanschlusspunkt zu berücksichtigen; insoweit darf ein Alternativstandort nicht zu erheblichen Mehrkosten führen. Es besteht indes noch sehr wenig Rechtsprechung, die konkretisiert, welche Anforderungen an die Alternativenprüfung speziell in Bezug auf Freiflächen-PV-Anlagen zu stellen sind.

Wird für die Errichtung der PV-Anlage ein Bebauungsplan aufgestellt, so gelten die Verbotsstatbestände des § 34 BNatSchG nicht (§ 34 Abs. 8 BNatSchG). Stattdessen sind die Auswirkungen auf das FFH-Gebiet im Bauleitplanverfahren nach den Vorgaben des BauGB zu berücksichtigen. In der Literatur wird diese Ausnahme indes europarechtskonform einschränkend so ausgelegt, dass auf der Ebene der Bauleitplanung umfassend alle denkbaren Beeinträchtigungen von FFH-Gebieten durch das geplante Vorhaben geprüft worden sein müssen, es sich also nur um eine Verschiebung der Prüfung, nicht aber eine materielle Abweichung von den Prüfungsanforderungen handelt (vgl. Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 34 BNatSchG Rn. 60 f.).

Artenschutzrechtliche Anforderungen

Auch durch die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen können artenschutzrechtliche Verbotsstatbestände verwirklicht werden. Denkbar sind beispielsweise negative Auswirkungen durch Verschattung und das flächige Abhalten von Niederschlag, verbunden mit dessen punktueller Ableitung. Weiterhin können PV-Anlagen ein Hindernis beim Anflug darstellen und eine optische Störwirkung auf Tiere ausüben. Auch besteht das Risiko einer Havarie. Andererseits können PV-Anlagen jedoch auch positive Auswirkungen auf geschützte Arten durch Verschattung und Schutz vor Wind und Starkregen haben. Insoweit ist eine weitere naturschutzfachliche Untersuchung möglicher Auswirkungen erforderlich (siehe zu Vorstehendem Abschnitt 3.5).

Sofern artenschutzrechtliche Verbotstatbestände verwirklicht werden oder dies nicht ausgeschlossen werden kann, ist die Erteilung einer Ausnahme gem. § 45 Abs. 7 S. 1 Nr. 5, S. 2 BNatSchG möglich. Das Vorliegen von zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses an der Errichtung von EE-Anlagen kann auf § 2 Abs. 2 EEG gestützt werden, wobei dennoch immer eine Abwägung im Einzelfall erforderlich ist (vgl. Frenz 2022: 453). Weitere Voraussetzung ist, dass zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und sich der Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht verschlechtert. Zu den zumutbaren Alternativen kann auf obenstehende Ausführung in Bezug auf FFH-Gebiete verwiesen werden.

Wie oben (Abschnitt 5.3.2.4) erläutert, ist bisher nicht eindeutig geklärt, ob die Regelung zur Ausnahmeerteilung in § 45 Abs. 7 S. 1 Nr. 5, S. 2 BNatSchG mit der EU-Vogelschutzrichtlinie vereinbar ist, oder ob eine Ausnahmeerteilung vielmehr ein öffentliches Sicherheitsinteresse

voraussetzt (Art. 9 Abs. 1 lit a) Vogelschutzrichtlinie). Insoweit bestimmt nunmehr die RED III in Art. 16f, dass die Mitgliedstaaten bis zum 21.2.2024 sicherzustellen haben, dass bis zum Erreichen der Klimaneutralität davon ausgegangen wird, dass der Bau und Betrieb von EE-Anlagen im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit dienen. Dies hatte der Bundesgesetzgeber in § 2 Abs. 1 EEG bereits vor Ablauf der Umsetzungsfrist integriert (Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor v. 20.7.2022, BGBl. 2022 Teil I 1237, Art. 1), so dass eine Ausnahmeerteilung für EE-Anlagen und damit ebenfalls für Freiflächen-PV-Anlagen auch bei Betroffenheit europäisch geschützter Vogelarten grundsätzlich möglich ist. Dennoch ist jeweils eine Abwägung der gegenläufigen Interessen im Einzelfall erforderlich, bei welcher der Errichtung der EE-Anlage das entsprechende überragende Gewicht beizumessen ist.

Die Verbotstatbestände des § 44 knüpfen an den tatsächlichen Eingriff und nicht an die Planung oder Vorbereitung solcher Eingriffe an. Sofern für die Errichtung der PV-Anlage ein Bebauungsplan aufgestellt wird, gelten die Verbote daher auf Ebene der Planaufstellung noch nicht direkt (vgl. Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 44 BNatSchG Rn. 61). Allerdings muss ein Bebauungsplan nach § 1 Abs. 3 BauGB städtebaulich erforderlich sein. Die Erforderlichkeit ist zu verneinen und der Bebauungsplan infolgedessen unwirksam, wenn er aufgrund entgegenstehender Rechtsnormen nicht umgesetzt werden kann (Vgl. Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 44 BNatSchG Rn. 61; Gläß in BeckOK Umweltrecht 2025: § 44 BNatSchG Rn. 67; Reidt 2010: 10; Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 44 Rn. 54). Daher besteht eine indirekte Verpflichtung, bereits bei der Aufstellung des Bebauungsplans vorausschauend zu ermitteln, ob durch dessen Umsetzung artenschutzrechtliche Verbotstatbestände erfüllt werden, und falls dies gegeben ist, ob eine Ausnahme erteilt werden kann (sog. Planung in die Ausnahmeerteilung) (vgl. Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 44 BNatSchG Rn. 62; Gläß in BeckOK Umweltrecht 2025: § 44 BNatSchG Rn. 67; Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 44 Rn. 54). Es ist nicht erforderlich, dass die Ausnahme bereits im Rahmen des Bauleitplanverfahrens erteilt wird, solange deren Erteilung im nachfolgenden Genehmigungsverfahren hinreichend sicher absehbar ist (vgl. Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 44 BNatSchG Rn. 64; Gläß in BeckOK Umweltrecht 2025: § 44 BNatSchG Rn. 68). Im Übrigen ist der Artenschutz als Belang des Umweltschutzes gem. § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB in der bauleitplanerischen Abwägung zu berücksichtigen.

Bei der anschließenden Umsetzung eines Vorhabens im Geltungsbereich eines Bebauungsplans greift die oben (Abschnitt 5.3.2.4) dargestellte Privilegierung von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen gem. § 44 Abs. 5 BNatSchG; das gilt unabhängig davon, ob für das Vorhaben noch eine Baugenehmigung erforderlich ist, oder ob es genehmigungs- oder verfahrensfrei gestellt ist. Gleiches gilt für Vorhaben im unbeplanten Innenbereich nach § 34 BauGB, was indes für Moor-PV nicht relevant sein dürfte. Weiterhin gilt die Privilegierung nach § 44 Abs. 5 i.V.m. § 17 Abs. 1 BNatSchG für Eingriffe, die nach anderen Rechtsvorschriften einer behördlichen Zulassung oder einer Anzeige an eine Behörde bedürfen, und somit auch für baugenehmigungs- oder anzeigespflichtige PV-Anlagen im Außenbereich.

Behördliche Zuständigkeiten

Zu den behördlichen Zuständigkeiten kann auf das oben zur Wiedervernässung gesagte (Abschnitt 5.3.2.4) verwiesen werden. Die Einhaltung naturschutzrechtlicher Anforderungen und ggf. die Anordnung von Vermeidungs-, Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen erfolgt durch die Baugenehmigungsbehörde (sog. „Huckepackverfahren“) (siehe etwa Seibert 2022: 2).

5.3.3.8 Bodenschutzrechtliche Anforderungen

Die Errichtung von PV-Anlagen kann sich grundsätzlich negativ auf den Boden durch Verdichtung, Erosion und Schadstoffeintrag auswirken (siehe Abschnitte 3.5.4 und 3.5.5). Auch die Verlegung von Leitungen im Boden sowie die in Verbindung mit der Errichtung und dem Betrieb erfolgende Befahrung der Flächen ist zu berücksichtigen. Bei wiedervernässten Moorstandorten können diese Auswirkungen besonders bedeutend sein, da diese eine hohe Verdichtungsempfindlichkeit und ein erhöhtes Risiko des Schadstoffeintrags in Wasser und Boden aufweisen. Es sollten daher bei der Planung und Umsetzung der Maßnahmen möglichst bodenschonende Materialien genutzt und eine bodenschonende Ausführung gewählt werden. Die DIN 19639 – Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben – beschreibt insoweit Mindestansätze. Zu weiteren Möglichkeiten, die negativen Auswirkungen auf den Boden durch PV-Anlagen zu mindern, siehe Abschnitte 3.5.4 und 3.5.5 sowie die Empfehlungen in Abschnitt 3.8.2.

In der Bauleitplanung ist das Schutzgut Boden gem. § 1 Abs. 6 Nr. 7a) BauGB in der Abwägung zu berücksichtigen. § 1a Abs. 2 S. 1 BauGB enthält zudem den Grundsatz, dass mit Grund und Boden sparsam und schonend umgegangen werden soll und Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen sind. Hier können durch Festsetzungen im Bebauungsplan sowie Regelungen im städtebaulichen Vertrag ggf. Anforderungen an die bodenschonende Umsetzung formuliert werden.

Gem. § 4 Abs. 5 S. 1 BBodSchV kann bei Vorhaben, bei denen auf einer Fläche von mehr als 3.000 m² Materialien auf oder in die durchwurzelbare Bodenschicht auf- oder eingebracht werden, Bodenmaterial aus dem Ober- oder Unterboden ausgehoben oder abgeschoben wird oder der Ober- und Unterboden dauerhaft oder vorübergehend vollständig oder teilweise verdichtet wird, die für die Zulassung des Vorhabens zuständige Behörde im Benehmen mit der für den Bodenschutz zuständigen Behörde die Beauftragung einer bodenkundlichen Baubegleitung nach DIN 19639 im Einzelfall verlangen.

5.3.3.9 Waldrechtliche Anforderungen

Die Landeswaldgesetze beinhalten regelmäßig Regelungen zum durch bauliche Anlagen einzuhaltenden Waldabstand (z. B. § 24 LWaldG SH; § 20 LWaldG M-V). Dieser ist auch bei PV-Anlagen einzuhalten.

5.3.3.10 Denkmalschutzrechtliche Anforderungen

Die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen kann mit Belangen des Denkmal- oder Bodendenkmalschutzes konfliktieren. Besonders in der Nähe von UNESCO-Weltkulturerbestätten sind die optischen Auswirkungen von PV-Anlagen zu prüfen.

Wer Baudenkmäler verändert oder beseitigt oder in der Nähe von Baudenkmalen Anlagen errichtet, verändert oder beseitigt und dies sich auf Bestand oder Erscheinungsbild eines Baudenkmals auswirken kann, bedarf der Erlaubnis gemäß dem jeweiligen Landesdenkmalschutzrecht (z. B. Art. 6 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 und S. 2 BayDSchG; § 7 Abs. 1 S. 1 DSchG M-V). Gleiches gilt, wenn Erdarbeiten im Bereich von Bodendenkmälern vorgenommen oder in der Nähe von Bodendenkmälern, die ganz oder zum Teil über der Erdoberfläche erkennbar sind, Anlagen errichtet, verändert oder beseitigt werden sollen, wenn sich dies auf Bestand oder Erscheinungsbild eines dieser Bodendenkmäler auswirken kann (z. B. Art. 7 Abs. 1 S. 1, Abs. 4 S. 1 BayDSchG). Die materiellen Anforderungen für die Erteilung der Erlaubnis regelt das jeweilige Landesdenkmalschutzgesetz (z. B. Art. 6 Abs. 2 S. 2 BayDSchG; § 7 Abs. 3 und 4 DSchG M-V).

Im Rahmen der Interessenabwägung ist auch hier das öffentliche Interesse am Ausbau erneuerbarer Energien gem. § 2 EEG zu berücksichtigen (siehe dazu oben, Abschnitt 5.3.2.6; OVG NRW, Urt. v. 27.11.2024, 10 A 2281/23, NVwZ 2025, 687 (Rnrrn. 27-31); OVG Greifswald, Urt. v. 7.2.2023, 5 K 171/22 OVG, ZUR 2023, 368 (369 f.); Rietzler 2025: 83 f.).

Das Denkmalschutzrecht wird nach den jeweiligen landesrechtlichen Regelungen im Baugenehmigungsverfahren mitgeprüft (z. B. Art. 6 Abs. 3 S. 1, Art. 7 Abs. 2 S. 3, Abs. 4 S. 2 BayDSchG). Wenn keine Baugenehmigung erforderlich ist, muss aber ggf. eine eigenständige Genehmigung der unteren Denkmalschutzbehörde eingeholt werden.

Bei der Aufstellung von Bauleitplänen sind gem. § 1 Abs. 6 Nr. 5 BauGB die Belange des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege zu berücksichtigen. Gemeinden sollten nach Möglichkeit schon im Rahmen der Bauleitplanung klären, ob der Umsetzung von PV-Anlagen an ausgewiesenen Standorten Belange des Denkmalschutzes entgegenstehen. Liegt einem Bebauungsplan eine abschließende Abwägung zugrunde, die denkmalschutzrechtliche Belange des Umgebungsschutzes zurückstellt, kann anschließend die Genehmigung nicht mehr aus Gründen des denkmalrechtlichen Umgebungsschutzes versagt werden (OVG Berlin-Bbg, Urt. v. 3.7.2014, OVG 11 B 5.13, BeckRS 2014, 54026).

5.3.4 Wechselwirkungen zwischen Wiedervernässung und Moor-PV

Wie im vorangegangenen Abschnitt ausgeführt, sind für die Moorwiedervernässung und die Errichtung von PV-Anlagen jeweils gesonderte Zulassungen erforderlich, die in getrennten Verfahren erteilt werden und unterschiedlichen materiellen Anforderungen unterliegen. Wenn beide Vorhaben in Verbindung miteinander und in engem zeitlichem Zusammenhang beantragt und durchgeführt werden, stellt sich jedoch die Frage, inwieweit in dem Genehmigungsverfahren für die Wiedervernässung die Errichtung von PV-Anlagen mitberücksichtigt werden muss und umgekehrt.

5.3.4.1 Raumordnungsrecht

Bei der Beurteilung der raumordnerischen Verträglichkeit eines Vorhabens stellt sich die Frage, ob auf das Gesamtvorhaben der Moorwiedervernässung einschließlich Errichtung von PV-Anlagen abzustellen ist, oder ob jedes der Vorhaben getrennt zu betrachten ist. Eine getrennte Betrachtung erscheint praktisch nicht sinnvoll, da sie nicht nur zusätzlichen Aufwand und Kosten verursachen würde, sondern letztendlich auch ein hypothetisches Vorhaben bewerten würde, das so nicht umgesetzt wird. Aufgrund der verfahrensrechtlichen Trennung der Wiedervernässung und der Zulassung der PV-Anlagen ist insoweit eine informelle Abstimmung zwischen den zuständigen Behörden erforderlich.

Zudem kann bei der Prüfung der Vereinbarkeit des Vorhabens mit Zielen und sonstigen Erfordernissen der Raumordnung die gemeinsame Betrachtung geboten sein. Praktisch relevant ist dies etwa, wenn Raumordnungspläne die Errichtung von PV-Anlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausschließen, wie dies etwa in Mecklenburg-Vorpommern jenseits von 110 m beiderseits von Autobahnen, Bundesstraßen und Schienenwegen der Fall ist. Dann stellt sich die Frage, ob ein wiedervernässstes Moor noch eine landwirtschaftlich genutzte Fläche darstellt und damit ein Zielkonflikt vorliegt. Diese Beurteilung kann evtl. auch davon abhängen, ob die wiedervernässste Fläche für Paludikultur genutzt wird (siehe oben, Abschnitt 5.3.3.4). Weiterhin schließen Raumordnungspläne teilweise die Errichtung von PV-Anlagen auf Flächen aus, die eine hohe Bodenpunktzahl aufweisen. Durch eine vollständige Wiedervernässung, die den Anforderungen der BNetzA entspricht, verringert sich aufgrund der

Abnahme der Ertragsfähigkeit regelmäßig die Bodenpunktzahl, so dass im Anschluss an eine Wiedervernässung die Errichtung von PV-Anlagen zulässig ist. In Einzelfällen bei nur moderater Wasserstandsanhhebung sehr trockener Moore kann es umgekehrt zu einer Erhöhung der Bodenpunktzahl kommen, was dann ebenfalls bei der Zulassung von PV-Anlagen zu berücksichtigen wäre.

Obwohl es sinnvoll erscheint und in der Praxis oftmals beabsichtigt sein wird, insoweit eine gemeinsame Betrachtung der Vorhaben vorzunehmen, existieren hierfür keine rechtlichen Grundlagen. Insbesondere besteht für Vorhabenträger kein Hebel, im Zulassungsverfahren eine derartige, das gesamte Projekt (Moorwiedervernässung und PV-Anlage) fokussierende und ggf. günstige Betrachtung und Prüfung zu erreichen, wenn die zuständigen Behörden auf einer formellen Trennung bestehen.

5.3.4.2 Gegenstand der UVP

Sofern entweder Einzelmaßnahmen, die für die Wiedervernässung erforderlich sind, und/oder die Errichtung der PV-Anlagen UVP-pflichtig ist oder eine Vorprüfungspflicht besteht, stellen sich mehrere Fragen:

- Ist Gegenstand der UVP das Gesamtvorhaben (Wiedervernässung und PV-Anlage) oder nur das jeweils UVP-pflichtige Einzelvorhaben?
- Sind die Auswirkungen des Gesamtvorhabens oder nur des jeweils UVP-pflichtigen Einzelvorhabens auf die Umwelt zu beurteilen?
- Müssen, soweit mehrere Maßnahmen einer UVP-Pflicht unterliegen, mehrere gesonderte UVPen durchgeführt werden?

Gem. § 6 UVPG besteht die UVP-Pflicht bei Neubauvorhaben für solche Neubauvorhaben, die in der Anlage 1 gekennzeichnet sind. Entsprechendes regelt § 7 UVPG für die Vorprüfung. Neubauvorhaben in diesem Sinne sind gem. § 2 Abs. 4 Nr. 1 UVPG nach Maßgabe der Anlage UVPG 1 die Errichtung und der Betrieb einer technischen Anlage, der Bau einer sonstigen Anlage und die Durchführung einer sonstigen in Natur und Landschaft eingreifenden Maßnahme. Jedoch trifft das UVPG keine Aussage dazu, ob und unter welchen Voraussetzungen mehrere einzelne Maßnahmen ein Vorhaben bilden.

Nach der Rechtsprechung des BVerwG ist der Vorhabensbegriff des UVPG grundsätzlich derselbe wie der fachplanerische Vorhabensbegriff (BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 33; BVerwG, Beschl. v. 29.1.2025, 10 B 6/24, juris, Rn. 9). Grundsätzlich bestimmt der Vorhabenträger, was der Gegenstand des Vorhabens ist. Allerdings unterliegt er dabei Grenzen insoweit, als dass die Aussagekraft der Abwägung weder durch übermäßige Aufsplitterung in Teilplanungen noch umgekehrt durch Zusammenfassung mehrerer Planungen beeinträchtigt werden darf. Insoweit führt das BVerwG aus:

„Verfolgt der Vorhabenträger mit mehreren Maßnahmen verschiedene Planungsziele und können diese Maßnahmen unabhängig voneinander verwirklicht werden, ohne dass die Erreichung der Ziele einer Maßnahme durch den Verzicht auf die anderen Maßnahmen auch nur teilweise vereitelt würde, so handelt es sich auch um mehrere Vorhaben. Der Vorhabenträger darf dann nicht mehrere Vorhaben als ein Vorhaben bezeichnen und damit verhindern, dass über die Zulässigkeit jedes der Vorhaben von der Planfeststellungsbehörde im Rahmen einer gesonderten fachplanerischen Abwägung der für und gegen das einzelne Vorhaben sprechenden Belange entschieden wird.“ (BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 34;

siehe auch BVerwG, Beschl. v. 29.1.2025, 10 B 6/24, juris, Rn. 6 in Bezug auf mehrere Wiedervernässungsmaßnahmen).

Bilden danach die Maßnahmen getrennte Vorhaben, muss der Vorhabenträger für jedes – sofern es eine UVP-pflichtige Maßnahme darstellt – eine gesonderte UVP durchführen und dessen Umweltauswirkungen getrennt ermitteln, darstellen und bewerten (BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 37).

Überträgt man diese Rechtsprechung auf die Moorwiedervernässung und die Errichtung von PV-Anlagen, ist davon auszugehen, dass es sich um getrennte Vorhaben handelt. Diese können nach derzeitiger Rechtslage auch unabhängig voneinander, also nur die Wiedervernässung oder nur die Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegtem Moorstandort, verwirklicht werden. Allein dass etwa aus wirtschaftlichen Gründen eine Wiedervernässung nur durchgeführt wird, wenn die Fläche anschließend für die Errichtung von PV-Anlagen genutzt werden kann, ist insoweit nicht maßgeblich.

Daraus folgt, dass eine UVP für das jeweilige Vorhaben – Wiedervernässung bzw. Errichtung von PV-Anlagen – gesondert durchgeführt werden muss, soweit das jeweilige Vorhaben einer UVP-Pflicht bzw. Vorprüfungspflicht unterliegt. Dabei müssen die Umweltauswirkungen des jeweiligen Einzelvorhabens ermittelt, dargestellt und bewertet werden.

Diese gesonderte Betrachtung schließt nicht aus, dass positive Auswirkungen eines der Vorhaben auf Natur und Landschaft dem jeweils anderen Vorhaben als Ausgleichs- oder Kompensationsmaßnahmen zugerechnet werden. Ob dies zulässig ist, beurteilt sich nicht nach dem UVPG sondern nach dem naturschutzrechtlichen Fachrecht, wie sogleich ausgeführt wird. Für die Einhaltung der Vorgaben des UVPG ist lediglich maßgeblich, dass die Auswirkungen getrennt ermittelt, dargestellt und bewertet werden.

5.3.4.3 Naturschutzrecht

In Bezug auf die Prüfung von Auswirkungen der Wiedervernässung und der Errichtung von PV-Anlagen auf Natur und Landschaft und die Verwirklichung etwaiger Verbotstatbestände ist entsprechend den vorstehenden Ausführungen (Abschnitt 5.3.4.2) davon auszugehen, dass es sich um getrennte Vorhaben handelt. Das BVerwG geht, ohne hierzu Näheres auszuführen, davon aus, dass wenn mehrere Vorhaben im fachplanerischen Sinne vorliegen, dies auch für den Projektbegriff des § 34 BNatSchG gilt (siehe BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 109). Insoweit stellen sich im Zusammenhang mit der Durchführung mehrerer miteinander in Verbindung stehender Vorhaben auf derselben Fläche folgende Fragen:

- Werden die Auswirkungen der Wiedervernässung und der Errichtung der PV-Anlagen kumulativ oder getrennt betrachtet? Dies kann einerseits relevant werden, wenn sich die Auswirkungen wechselseitig verstärken und daher ggf. über die Relevanzschwelle kommen. Andererseits ist indes auch vorstellbar, dass negative Auswirkungen der Errichtung der PV-Anlagen durch die Wiedervernässung gemindert oder ausgeglichen werden oder umgekehrt.
- Welcher tatsächliche Zustand – trockengelegter oder wiedervernässter Standort – ist bei der rechtlichen Prüfung der Auswirkungen als Ausgangszustand heranzuziehen?
- Dürfen, sofern für das Vorhaben eine Abweichung, Ausnahme oder Befreiung von naturschutzrechtlichen Verbotstatbeständen erforderlich ist, in der Abwägung das öffentliche Interesse an der Moorwiedervernässung und an der Errichtung von PV-Anlagen gemeinsam betrachtet werden?

Zu diesen Problemstellungen lassen sich zwar ein paar allgemeine Aussagen treffen (siehe nachfolgend). Oft hängt die rechtliche Beurteilung aber von den konkret zu erwartenden Auswirkungen des Vorhabens ab. Insoweit besteht in tatsächlicher, fachlicher und rechtlicher Hinsicht ein Bedarf an einer übergreifenden Gesamtprüfung der Auswirkungen eines Moor-PV-Projekts. Weiterhin besteht (wohl) ein Bedarf an der Erarbeitung von Leitfäden und Verwaltungsanweisungen, welche die Erkenntnisse zu tatsächlich Wechselwirkungen von Wiedervernässung und Moor-PV zugrunde legen.

Betrachtung kumulierter Auswirkungen mehrerer Vorhaben

Die Verbotsnormen des BNatSchG enthalten überwiegend keine ausdrückliche Aussage dazu, ob die Auswirkungen mehrerer Vorhaben jeweils gesondert zu prüfen sind oder ob, und unter welchen Voraussetzungen, eine kumulative Betrachtung zu erfolgen hat oder erfolgen darf.

Eine vollständig getrennte Prüfung erscheint indes nicht sinnvoll, da ansonsten auf einen hypothetischen Zustand abgestellt würde, dessen Verwirklichung so nicht geplant ist. Insoweit ist eine Koordinierung zwischen den verschiedenen Behörden und Zulassungsverfahren erforderlich. Bislang ist eine solche Koordinierung lediglich informeller Natur. Um auszuschließen, dass möglicherweise Behörden sich dieser Koordination verweigern, sollte eine Pflicht hierzu gesetzlich verankert werden.

Eine Ausnahme bildet insoweit § 34 Abs. 1 S. 1 BNatSchG, der ausdrücklich regelt, dass Projekte einer Verträglichkeitsprüfung mit den Erhaltungszielen eines FFH-Gebiets zu unterziehen sind, wenn sie einzeln oder im Zusammenwirken mit anderen Projekten oder Plänen geeignet sind, das Gebiet erheblich zu beeinträchtigen. In die Betrachtung einzubeziehen sind nicht nur bereits verwirklichte, sondern auch noch nicht realisierte Vorhaben, wenn deren Auswirkungen bereits konkret genug abgeschätzt werden können (vgl. Kockler in BeckOK Umweltrecht 2025: § 34 BNatSchG, Rn. 4; Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 34 BNatSchG Rn. 13). Letzteres ist grundsätzlich aber erst dann der Fall, wenn die erforderlichen Zulassungsentscheidungen erteilt sind (BVerwG, Urt. v. 3.11.2020, 9 A 12/19, BeckRS 2020, 47446, Rn. 413 und 423). Befinden sich die Wiedervernässung und die PV-Anlagen gleichzeitig im Zulassungsverfahren, ist demnach auch hier eine informelle Koordination zwischen den Behörden erforderlich.

Ob negative Auswirkungen der Wiedervernässung und positive Auswirkungen der Errichtung von PV-Anlagen – oder umgekehrt – im Sinne einer ökologischen Gesamtbilanz gegeneinander aufgerechnet werden können, ist abhängig von dem jeweiligen Eingriff bzw. der Verwirklichung von Verbotstatbeständen zu beurteilen. Bei der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (§ 15 BNatSchG) ist dies grundsätzlich denkbar (siehe oben, Abschnitt 5.3.2.4). Anders stellt sich die Situation bei einer Beeinträchtigung von Schutzzwecken eines Schutzgebiets dar. Hier kann die Beeinträchtigung eines Erhaltungsziels nicht im Sinne einer Saldierung dadurch ausgeglichen werden, dass ein anderer Lebensraumtyp, der ebenfalls als Erhaltungsziel geschützt ist, gefördert wird (BVerwG, Urt. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 74).

Insoweit ist eine informelle Koordinierung zwischen den für die Zulassung der Wiedervernässung und der PV-Anlagen zuständigen Behörden erforderlich. Dabei ist einerseits sicherzustellen, dass Eingriffe in den vor der Wiedervernässung bestehenden Zustand nicht als doppelt kompensationspflichtig behandelt werden. Andererseits muss bei einer Ermittlung der ökologischen Gesamtbilanz aber auch die geplante Errichtung der PV-Anlagen einbezogen werden. Andernfalls würde sich die ökologische Gesamtbilanz auf einen hypothetischen Zustand beziehen, dessen Verwirklichung so nicht vorgesehen ist.

Maßgebliche tatsächliche Ausgangslage für die Beurteilung von Eingriffen oder Verbotstatbeständen

Bei der Beurteilung, welche Auswirkungen ein Vorhaben hat und ob ein Eingriff in Natur und Landschaft oder eine Verwirklichung von Verbotstatbeständen gegeben ist, ist auf den tatsächlichen und nicht auf einen hypothetischen Zustand abzustellen. Es kommt also z. B. für das Vorliegen eines Eingriffs in das Natur- und Landschaftsbild gem. § 15 Abs. 1 S. 1 BNatSchG oder in ein geschütztes Biotop gem. § 30 Abs. 2 BNatSchG darauf an, ob die Natur im Zeitpunkt des Eingriffs tatsächlich so bestanden hat. Nicht berücksichtigt wird, wie sich der Zustand hypothetisch entwickelt hätte, wenn z. B. eine Wiedervernässung ohne Errichtung von PV-Anlagen erfolgen würde. Ebenso sind artenschutzrechtliche Verbotstatbestände gem. § 44 Abs. 1 und 2 BNatSchG nur dann verwirklicht, wenn tatsächlich geschützte Arten oder Fortpflanzungs- und Ruhestätten beeinträchtigt werden, nicht jedoch, wenn nur verhindert wird, dass diese sich möglicherweise in der Zukunft (z. B. bei einer Wiedervernässung ohne Errichtung von PV-Anlagen) auf einer Fläche ansiedeln.

In diesem Zusammenhang kann die zeitliche Ausführung des Vorhabens wichtig sein. Wird etwa die Wiedervernässung mit zeitlichem Vorlauf vor der Errichtung der PV-Anlagen durchgeführt, ist es möglich, dass neue Biotope entstehen oder sich geschützte Arten ansiedeln, die nunmehr durch die Errichtung der PV-Anlagen beeinträchtigt werden. Es kann daher erforderlich sein, in den Zulassungsbescheiden jeweils Auflagen zur zeitlichen Verwirklichung beider Vorhaben aufzunehmen. Auch insoweit ist eine Koordination der für die verschiedenen Zulassungsverfahren zuständigen Behörden notwendig.

Beurteilung des öffentlichen Interesses im Rahmen von Ausnahme-, Abweichungs- oder Befreiungsentscheidungen

Das BVerwG hat im Kontext einer Abweichung von dem Verbot der Beeinträchtigung eines FFH-Gebiets ausgeführt, dass bei mehreren Vorhaben die Auswirkungen jedes einzelnen Vorhabens gesondert zu beurteilen und zu gewichten sind und diese in der Abwägung dem öffentlichen Interesse an der Verwirklichung des Einzelvorhabens gegenüberzustellen sind. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass ein Vorhaben von besonders hohem öffentlichen Interesse ein anderes Vorhaben von nur geringem öffentlichen Interesse „mitzöge“ (BVerwG, Urte. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 109). In Bezug auf Moor-PV bedeutet dies, dass eine Abweichung für die Errichtung von PV-Anlagen, die ein FFH-Gebiet beeinträchtigen, nicht mit der Begründung erteilt werden kann, dadurch würde mittelbar die Moorziedervernässung ermöglicht.

Diese Aussage dürfte jedenfalls auch auf die Erteilung von Ausnahmen von artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen (VGH BW, Urte. v. 20.11.2018, 5 S 2138/16, juris, Rn. 193) und darüber hinaus wohl auch auf die Erteilung von Ausnahmen oder Befreiungen von anderen naturschutzrechtlichen Verbotstatbeständen übertragbar sein.

Zusätzlich zu der isolierten Betrachtung der Einzelvorhaben ist laut BVerwG jedenfalls bei der Beeinträchtigung eines FFH-Gebiets eine Gesamtbetrachtung der Vorhaben erforderlich. Das folgt daraus, dass gem. § 34 Abs. 1 S. 1 BNatSchG die Auswirkungen des Vorhabens einzeln und im Zusammenwirken mit anderen Projekten oder Plänen zu beurteilen sind. Im Gegenzug muss bei einer Abweichung im Rahmen der Abwägung dann auch berücksichtigt werden, wenn den Vorhaben in der Zusammenschau ein größeres Gewicht zukommt als bei isolierter Betrachtung (BVerwG, Urte. v. 11.8.2016, 7 A 1/15, ZUR 2016, 665, Rn. 109). Indes ersetzt die

Gesamtbetrachtung nicht die isolierte Betrachtung, sondern es müssen vielmehr beide Voraussetzungen erfüllt sein.

Die Aussagen zur Gesamtbetrachtung dürften indes nur für eine Beeinträchtigung von FFH-Gebieten relevant sein und sich nicht auf andere Verbotstatbestände übertragen lassen.

5.3.4.4 Wasserrechtliche Anforderungen

Ähnliche wie die vorstehend diskutierten Fragen können sich auch im Wasserrecht stellen, wenn etwa sowohl durch die Wiedervernässung als auch durch die Errichtung von PV-Anlagen Gewässerveränderungen zu erwarten sind. Eine isolierte Betrachtung der Vorhaben erscheint dabei nicht sinnvoll, da diese auf einen hypothetischen Zustand abstellen würde.

Das WHG sieht grundsätzlich nicht vor, dass die Auswirkungen mehrerer Vorhaben gemeinsam betrachtet werden. Allerdings bietet § 12 Abs. 2 WHG, welcher die Erteilung einer Erlaubnis oder Bewilligung in das Bewirtschaftungsermessen der zuständigen Behörde stellt, insoweit einen Spielraum, der es der Behörde etwa ermöglichen würde, die Erteilung einer Erlaubnis oder Bewilligung für die Wiedervernässung zu versagen, wenn der Vorhabenträger nur bereit ist, diese in Verbindung mit der Errichtung von PV-Anlagen durchzuführen, und letzteres indes voraussichtlich zu schädlichen Gewässerveränderungen führen würde.

5.3.4.5 Relevanz des § 2 EEG im Gestattungsverfahren für die Wiedervernässung

Wie oben (Abschnitt 5.3.3.2) dargelegt, begründet § 2 EEG gesetzlich das überragende öffentliche Interesse an der Errichtung von PV-Anlagen. Die Norm hat eine große praktische Relevanz bei Abwägungsentscheidungen, nicht zuletzt bei Entscheidungen über die Erteilung von Ausnahmen und Befreiungen von naturschutzrechtlichen, aber auch wasser-, bau- und denkmalrechtlichen Vorgaben.

Eine ähnliche Regelung, die ein besonderes öffentliches Interesse an der Wiedervernässung von Mooren gesetzlich statuiert, existiert bisher nicht. Es stellt sich daher die Frage, ob § 2 EEG im Verfahren zur Gestattung der Wiedervernässung indirekt relevant werden kann. Diese Frage kann in zwei Fallkonstellationen auftreten.

Zum einen kann aufgrund gesetzlicher oder raumordnerischer Vorgaben die Errichtung von PV-Anlagen nur unter der Bedingung zulässig sein, dass eine zeitnahe Wiedervernässung erfolgt. Die Versagung der Gestattung der Wiedervernässung hätte dann mittelbar die Unzulässigkeit der Errichtung von PV-Anlagen zur Folge. Hier stellt sich die Problematik, ob der § 2 EEG auf das Verfahren zur Gestattung der Wiedervernässung durchschlägt und auch dort eine ermessenslenkende Wirkung entfaltet. Eine derartige Ausweitung des Anwendungsbereichs des § 2 EEG erscheint zu weitgehend. Die Rechtsprechung wurde mit dieser Frage, soweit ersichtlich, noch nicht befasst, auch im Schrifttum findet sich dazu bislang nichts.

Zum anderen kann es zu der Situation kommen, dass die Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten aufgrund der ermessenslenkenden Wirkung des § 2 EEG gestattet wird, die Wiedervernässung indes aufgrund entgegenstehender naturschutz-, wasser- oder denkmalschutzrechtlicher Vorgaben nicht genehmigt wird. In diesem Fall stellt sich die Frage, ob eine Errichtung von PV-Anlagen ohne Wiedervernässung tatsächlich aus fachlicher Sicht die bevorzugte Lösung ist, oder ob nicht doch auch die Wiedervernässung gestattet werden soll. Auch insoweit kann sich § 2 EEG indirekt auf die Entscheidung über die Zulassung der Wiedervernässung auswirken. Es ist indes unklar, ob und in welcher Form im Gestattungsverfahren für die Wiedervernässung berücksichtigt werden kann, dass ein Standort ohnehin für die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen umgenutzt wird.

In diesem Zusammenhang besteht weiterer Forschungsbedarf aufgrund tatsächlicher Sachverhalte dazu, wie mit diesen Wechselwirkungen praktisch am besten umzugehen ist. Schon jetzt spricht einiges dafür, dass es hier einer nicht nur formellen, sondern materiell-rechtlichen Koordination beider Projekte und somit gesetzlicher Regelungen bedarf, um den Anwendungsbereich des § 2 EEG zu präzisieren und ggf. auszuweiten.

5.3.5 Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen

In diesem Abschnitt wurde die aktuelle Rechtslage in Bezug auf die Wiedervernässung von Flächen einerseits (Abschnitt 5.3.2) und die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen andererseits (Abschnitt 5.3.3) analysiert. Dabei handelt es sich rechtlich um getrennte Verfahren, die unterschiedlichen verfahrens- und materiell-rechtlichen Anforderungen unterliegen. Da die Vorhaben der Wiedervernässung und der Errichtung von PV-Anlagen indes nicht isoliert nebeneinander stehen, sondern Wechselwirkungen entfalten, wurden in Abschnitt 3.4 Herausforderungen der sinnvollen Verfahrenskoordination dargestellt.

Abschnitt 5.3.2 befasst sich mit den rechtlichen Anforderungen an die Wiedervernässung. Hervorzuheben ist hierbei, dass bisher kein wasserrechtlicher Vorhabenbegriff der Wiedervernässung existiert und daher häufig Abgrenzungsschwierigkeiten zwischen planfeststellungs-, bewilligungs- und erlaubnispflichtigen sowie erlaubnisfreien Maßnahmen bestehen. Unter Umständen sind auch für einzelne Wiedervernässungsmaßnahmen mehrere separate Verfahren erforderlich (siehe Abschnitt 5.3.2.1). Die Schaffung eines gesetzlich definierten Vorhabenbegriffs in Verbindung mit einem Schwellenwert für die Planfeststellungsbedürftigkeit einer Wiedervernässung im Rahmen des Wasserrechts würde insoweit Rechtssicherheit schaffen und die behördliche Beurteilung vereinfachen.

Auch im Raumordnungsrecht existiert derzeit kein anerkannter Schwellenwert, ab dem von einer Raumbedeutsamkeit von Wiedervernässungsvorhaben ausgegangen wird. Es wird empfohlen, zu prüfen, ob ein solcher – etwa anhand der Größe der wiederzuvernässenden Fläche – definiert werden kann. Eine raumordnerische Steuerung der Wiedervernässung kommt durch Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten in Betracht. Positiv können solche Gebiete speziell für die Wiedervernässung ausgewiesen werden oder Wiedervernässungsvorhaben in bestimmten Gebieten als zulässig erklärt werden. Negativ können Wiedervernässungsvorhaben in bestimmten Gebieten unzulässig sein, etwa in Vorranggebieten für Windenergie oder für die Landwirtschaft (siehe Abschnitt 5.3.2.2).

Weiterhin wurden die mögliche UVP-Pflichtigkeit von Wiedervernässungsvorhaben (Abschnitt 5.3.2.3), die einschlägigen naturschutzrechtlichen Vorgaben (Abschnitt 5.3.2.4), Vorgaben und Gestaltungsmöglichkeiten im Baurecht (Abschnitt 5.3.2.5) und denkmalschutzrechtliche Einschränkungen (Abschnitt 5.3.2.6) dargestellt und diskutiert.

Abschnitt 5.3.3 befasst sich mit den rechtlichen Anforderungen an die Errichtung von PV-Anlagen auf wiedervernässten Moorböden. Zunächst wurde das Förderregime des EEG in Bezug auf Moor-PV dargestellt (Abschnitt 5.3.3.1). Eine Förderung von PV-Anlagen auf Moorböden ist nur unter der Voraussetzung möglich, dass diese entwässert und landwirtschaftlich genutzt worden sind und die Fläche im Zusammenhang mit der Errichtung der PV-Anlage wiedervernässt wird (§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e) EEG). Gleichzeitig sieht das EEG eine erhöhte Förderung bzw. die Durchführung gesonderter Ausschreibungsverfahren mit potenziell höheren Zuschlagswerten für Moor-PV vor, um die auf solchen Standorten entstehenden Mehrkosten auszugleichen (§§ 48 Abs. 1b, 37b Abs. 2 EEG). Dies schließt indes nicht aus, dass auf einem trockengelegten Moorstandort PV-Anlagen ohne Wiedervernässung errichtet werden, für die

keine EEG-Förderung in Anspruch genommen wird. Es ist daher zu empfehlen, ein grundsätzliches Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten ohne Wiedervernässung gesetzlich zu verankern (siehe dazu unten, Abschnitt 5.4.2.1).

Übergeordnete Bedeutung für diverse der nachfolgend dargestellten Prüfungspunkte hat die Regelung des § 2 S. 1 EEG, wonach die Errichtung und der Betrieb von EEG-Anlagen sowie den dazugehörigen Nebenanlagen im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit dienen. § 2 S. 2 EEG regelt, dass, bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden sollen. Dieser Gewichtungsvorrang zugunsten von EEG-Anlagen wird sich bei rechtlichen Prüfungen auswirken, bei denen unbestimmte Rechtsbegriffe auszulegen sind, Ermessens- oder Abwägungsspielräume bestehen (siehe Abschnitt 5.3.3.2).

Anschließend wurden die rechtlichen Anforderungen an PV-Anlagen im Bauplanungs- und Bauordnungsrecht dargestellt (Abschnitt 5.3.3.3). Der Schwerpunkt lag dabei auf der Erläuterung der Voraussetzungen, unter denen PV-Anlagen als privilegierte oder nicht-privilegierte Anlagen im baurechtlichen Außenbereich zulässig sind. Weiterhin wurden die Anforderungen des Raumordnungsrechts (Abschnitt 5.3.3.4), Wasserrechts (Abschnitt 5.3.3.5), UVP-Rechts (Abschnitt 5.3.3.6), Naturschutzrechts (Abschnitt 5.3.3.7), Bodenschutzrechts (Abschnitt 5.3.3.8), Waldrechts (Abschnitt 5.3.3.9) und Denkmalschutzrechts (Abschnitt 5.3.3.10) dargestellt.

In Abschnitt 5.3.4 wurde aufgezeigt, dass trotz der rechtlich getrennten verfahrens- und materiellrechtlichen Anforderungen an die Wiedervernässung und die Errichtung von PV-Anlagen praktische Wechselwirkungen nicht ignoriert werden dürfen. Die insoweit bestehenden Herausforderungen dadurch, dass es keine einheitlichen Zuständigkeiten und keine Pflicht zur Koordinierung der Verfahren gibt, wurden diskutiert. Daraus folgende rechtspolitische Vorschläge werden nachfolgend in Abschnitt 5.4.2 und 5.4.3 erarbeitet.

5.4 Rechtspolitische Möglichkeiten der Förderung, Steuerung und Regelung von Moor-PV

5.4.1 Überblick

Dieser Teil gibt einen Überblick über rechtspolitische Möglichkeiten der Förderung, Steuerung und Regelung von Moor-PV. In Abschnitt 5.4.2 werden zunächst spezifisch in Bezug auf Moor-PV, also die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf wiedervernässten Moorböden, Möglichkeiten und Herausforderungen in Bezug auf die Steuerung und Regelung diskutiert. Diese reichen von einem Verbot der Errichtung von Freiflächen-PV auf trockengelegten Moorstandorten, wenn nicht im zeitlichen Zusammenhang eine Wiedervernässung stattfindet, über Möglichkeiten der gebietsbezogenen und konzeptionellen Steuerung bis hin zur Schaffung einer einheitlichen zuständigen Stelle für Moor-PV.

Im Anschluss werden in Abschnitt 5.4.3 rechtspolitische Möglichkeiten und insoweit bereits bestehende unionsrechtliche Vorgaben für die Erleichterung der Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen erläutert. Es werden die Vorgaben aus der RED III, die bereits durch das Gesetz vom 12.8.2025 erfolgte Umsetzung (die allerdings PV-Anlagen nur am Rande betrifft) sowie die in der vergangenen Legislaturperiode entworfenen Umsetzungsvorschläge, welche auch PV-Anlagen betrafen, dargestellt. In Abschnitt 5.4.4 werden darüberhinausgehende rechtspolitische Möglichkeiten der Erleichterung des Ausbaus von Freiflächen-PV-Anlagen und in

Abschnitt 5.4.5 Möglichkeiten der Erleichterung der Moorwiedervernässung diskutiert. In Abschnitt 5.4.6 werden vertragliche Möglichkeiten der Steuerung von Moor-PV erläutert.

5.4.2 Rechtliche Möglichkeiten der Steuerung und Regelung von Moor-PV

5.4.2.1 Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorflächen

Um durch die Errichtung von PV-Anlagen nicht die Möglichkeit der Wiedervernässung oder Renaturierung von Mooren zu erschweren, kommt zunächst ein Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten ohne die in zeitlichem Zusammenhang erfolgende Wiedervernässung in Betracht. Ein solches allgemeines Verbot könnte gesetzlich auf Bundes- oder Landesebene erlassen werden, etwa im BNatSchG, in den Landesnaturschutzgesetzen oder den Landesklimaschutzgesetzen. Die Gesetzgebungskompetenz sowohl des Bundes als auch der Länder kann insoweit auf Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG (Luftreinhaltung, wozu auch die Reduktion von Treibhausgasen gehört, vgl. etwa Köck & Kohlrausch 2021: 611) oder Nr. 29 (Naturschutz und Landschaftspflege) gestützt werden. Beide Rechtsbereiche unterliegen der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz, so dass die Länder Gesetze erlassen können, solange und soweit der Bund die Materie nicht abschließend geregelt hat. Im Bereich Naturschutz und Landschaftspflege können die Länder gem. Art. 72 Abs. 3 S. 1 Nr. 2 GG auch von Bundesrecht abweichende Regelungen treffen. Aufgrund des Rahmencharakters des KSG (Bund) ist eine Verankerung in diesem Gesetz nicht zu empfehlen.

Im Kabinettsentwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der RED III der Ampel-Regierung (Kabinettsentwurf vom 21.8.2024) war die Aufnahme einer Neuregelung in das Windenergieflächenbedarfsgesetz, das nach dem Entwurf zukünftig auch Genehmigungserleichterungen für Anlagen zur Erzeugung oder Speicherung von Strom oder Wärme aus erneuerbaren Energien in bestimmten Gebieten regeln sollte, vorgesehen, wonach die Errichtung von PV-Anlage auf entwässerten Moorböden nur zulässig ist, wenn diese Moorböden ab Beginn der Errichtung der Solarenergieanlage dauerhaft wiedervernässt werden (§ 6c WindBG-E 2024). Auch wenn ein solches Verbot nur einen beschränkten räumlichen Anwendungsbereich – innerhalb von Beschleunigungsgebieten für Solarenergie – hat, würde es zumindest einen Teilbereich der relevanten Flächen erfassen. Aufgrund der vorgezogenen Neuwahlen wurde der Gesetzesentwurf indes nicht mehr im Parlament beschlossen. Nach Auskunft seitens des BMUKN/BfN ist in der laufenden Legislaturperiode der Erlass eines entsprechenden Gesetzes, welches die Möglichkeit einer Ausweisung von Beschleunigungsgebieten für PV-Anlagen schaffen würde, nicht vorgesehen.

Eine weitere Möglichkeit des Verbots oder der Steuerung von PV-Anlagen ohne eine im Zusammenhang mit der Errichtung stattfindende Wiedervernässung bietet die Raumordnung, etwa nach dem Vorbild des Entwurfs für die Fortschreibung des Niedersächsischen LROP von März 2025 (https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/raumordnung_landesplanung/landes_raumordnungsprogramm/fortschreibung-des-landes-raumordnungsprogramms-223501.html (letzter Abruf: 28.4.2025)). Dieses enthält zum einen als Ziel, dass in Vorranggebieten „Torferhaltung“ die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen nur zulässig ist, wenn die Möglichkeit einer Wiedervernässung der betroffenen Fläche nicht erschwert oder verhindert wird (Z 3.1.1(08) S. 1 LROP-E 2025), sowie zum anderen einen Grundsatz, wonach auf Moorböden die Errichtung von PV-Freiflächen-Anlagen die Möglichkeit einer Wiedervernässung nicht erschweren oder verhindern soll und in engem zeitlichem Zusammenhang zur Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf Moorböden eine Wiedervernässung der

betroffenen Fläche erfolgen soll (Ziff. 3.1.1(08) S. 2 und 3 LROP-E 2025). Allerdings ist es möglich, mittels eines Zielabweichungsverfahrens (vgl. § 6 ROG) hiervon eine Ausnahme zuzulassen.

Als Alternative zu einem vollständigen Verbot wäre zumindest die Möglichkeit zu erwägen, die Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorböden ohne zeitnahe Wiedervernässung von der Regelung des § 2 EEG auszunehmen. Dadurch würden solche PV-Anlagen nicht schon per Gesetz als im überragenden öffentlichen Interesse liegend angesehen. Vielmehr würde den Genehmigungsbehörden eine offenere Abwägung ermöglicht, bei der diese auch das öffentliche Interesse an einer Wiedervernässung einstellen könnten. Eine solche Bereichsausnahme vom Abwendungsbereich des § 2 EEG wäre unionsrechtlich zulässig, da Art. 16f S. 2 RED III eine Beschränkung der Anwendung dieses Artikels auf bestimmte Arten von Technologien oder Projekten in hinreichend begründeten Einzelfällen vorsieht.

Im Blick zu behalten sind indes auch die Auswirkungen rechtlicher Verbote der Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten ohne in zeitlichem Zusammenhang erfolgende Wiedervernässung auf Subventionsmöglichkeiten für Wiedervernässungsmaßnahmen. Förderprogramme enthalten regelmäßig Ausschlusskriterien, wonach Maßnahmen, zu deren Durchführung eine rechtliche Verpflichtung besteht, nicht förderfähig sind. Daher kann eine rechtliche Vorgabe zur Wiedervernässung in Zusammenhang mit der Errichtung von PV-Anlagen ggf. die (unbeabsichtigte) Folge haben, dass derartige Vorhaben nicht förderfähig sind. Es sollte geprüft werden, ob solch eine Folge durch die Formulierung der rechtlichen Vorgaben und/oder der Förderbedingungen vermieden werden kann.

Auf Ebene der Bauleitplanung ist eine Steuerungsmöglichkeit vor allem dadurch gewährleistet, dass in den meisten Fällen die Errichtung von PV-Anlagen der vorherigen Aufstellung eines Bebauungsplans bedarf. Dieser steht im Ermessen der Gemeinde. Dabei kann die Gemeinde die Aufstellung eines Bebauungsplans etwa davon abhängig machen, dass die Fläche in zeitlichem Zusammenhang mit der Errichtung der PV-Anlagen wiedervernässt wird, und dies durch Festsetzungen im Bebauungsplan sowie Abschluss eines städtebaulichen Vertrags sicherstellen. Dafür bietet sich insbesondere das Instrument des vorhabenbezogenen Bebauungsplans gem. § 12 BauGB an.

Es ist jedoch nicht immer gewährleistet, dass die Gemeinde ihr Planungsermessen in einem bestimmten (etwa naturschutzbezogenen) Sinne ausübt. Auch verfügen Gemeinden nicht unbedingt über das notwendige Fachwissen. Insoweit ist vor allem die Verfügbarkeit von Informationen wichtig. Zur Steuerung von gemeindlichen Entscheidungen sind zudem Vorgaben durch die Raumordnung oder gesetzliche Vorgaben erforderlich.

Auf Baugenehmigungsebene bestehen dagegen nur sehr begrenzte Möglichkeiten durchzusetzen, dass die Errichtung von PV-Anlagen nur in Verbindung mit einer Wiedervernässung erfolgt. Sofern ein Anspruch auf Genehmigung besteht – etwa wenn die PV-Anlage im Außenbereich privilegiert ist oder den Festsetzungen eines Bebauungsplans entspricht – darf diese nur mit Nebenbestimmungen versehen werden, die durch Rechtsvorschrift zugelassen sind oder die sicherstellen sollen, dass die gesetzlichen Voraussetzungen der Genehmigung erfüllt werden (§ 35 Abs. 1 VwVfG, entsprechend geregelt in den Verwaltungsverfahrensgesetzen der Länder). Dies ist indes zumeist nur dann der Fall, wenn das Erfordernis der Wiedervernässung auf gesetzlicher Ebene, in Raumordnungsplänen, Schutzgebietsfestlegungen (dazu noch sogleich, Abschnitt 4.2.2) oder im Bebauungsplan verankert ist. Ansonsten wird man wohl lediglich im Einzelfall dort, wo die Baugenehmigung von einer Ermessens- oder

Abwägungsentscheidung abhängt – etwa weil im Außenbereich öffentliche Belange betroffen sind oder eine Befreiung von einer Schutzgebietsverordnung erforderlich ist – argumentieren können, dass das Interesse an der Errichtung der PV-Anlagen nur dann entgegenstehende Belange überwiegt, wenn diese in Verbindung mit einer Wiedervernässung erfolgt. Da indes der § 2 S. 2 EEG dem Interesse an der Errichtung von PV-Anlagen ein besonderes Gewicht verleiht, ist fraglich, ob ein derartiges Abwägungsergebnis tatsächlich vertretbar wäre; es kommt insoweit aber auf den Einzelfall an.

5.4.2.2 Gebietsbezogene Steuerung von Moor-PV

Die Instrumente für eine gebietsbezogene Steuerung von Moor-PV sind auf Ebene der Raumordnung und Bauleitplanung grundsätzlich vorhanden. Im Naturschutzrecht kommt eine gebietsbezogene Steuerung vor allem durch gesetzliche Regelungen in Betracht, durch die in bestimmten Gebieten Moor-PV grundsätzlich oder unter bestimmten Bedingungen zugelassen oder ausgeschlossen wird.

Raumordnung

Wie oben aufgeführt, kann eine Positivsteuerung auf Ebene der Raumordnung insbesondere durch Vorranggebiete, in abgeschwächter Form auch durch Vorbehaltsgebiete erfolgen. In diesem Zusammenhang können Gebiete vorab nach naturschutzfachlichen und anderen Kriterien in geeignet und ungeeignet eingestuft werden. Allerdings hat die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Photovoltaik keine Ausschlusswirkung (§ 7 Abs. 3 S. 3 bis 5 ROG finden auf Photovoltaik keine Anwendung, siehe § 7 Abs. 3 S. 7 ROG), so dass Moor-PV und andere Arten von Photovoltaik auch außerhalb dieser Gebiete zulässig sind, wenn sie den Zielen und sonstigen Erfordernissen der Raumordnung nicht widersprechen.

Eine negative Steuerung kann durch die Festsetzung von Vorranggebieten für andere Nutzungen, mit denen Moor-PV unvereinbar ist, erfolgen. Dabei kann schon im Raumordnungsplan durch textliche Festlegungen geregelt werden, dass Moor-PV mit den Zielen des jeweiligen Gebiets vereinbar oder nicht vereinbar ist. Alternativ kann diese Bewertung dem Einzelfall überlassen werden. Bei der Festsetzung von Vorbehaltsgebieten für andere Nutzungen als PV ist zu berücksichtigen, dass Vorhaben hier einer Abwägung unterliegen, bei welcher nach derzeitiger Rechtslage die Errichtung von EE-Anlagen gem. § 2 EEG mit überragendem Gewicht einzustellen ist. Ein rechtssicherer Ausschluss von PV in bestimmten Gebieten kann daher nur über eine Ausweisung als Vorranggebiet in Verbindung mit einer Festlegung, dass Moor-PV oder PV-Anlagen im Allgemeinen mit den Gebietszielen nicht verträglich sind, erfolgen.

Bauleitplanung

Auf Ebene der Bauleitplanung ist eine Steuerungsmöglichkeit vor allem dadurch gewährleistet, dass in den meisten Fällen die Errichtung von PV-Anlagen der vorherigen Aufstellung eines Bebauungsplans bedarf. Dieser steht im Ermessen der Gemeinde. Neben der räumlichen Situierung kann die Gemeinde im Bebauungsplan auch Vorgaben zur konkreten Ausgestaltung und Umsetzung treffen, um etwa die negativen Auswirkungen auf Natur, Landschaft und geschützte Arten zu vermindern. Dafür bietet sich insbesondere das Instrument des vorhabenbezogenen Bebauungsplans gem. § 12 BauGB an. Wie bereits oben (Abschnitt 5.3.3.3) dargelegt, bietet dieser mehrere Vorteile gegenüber einem Angebotsbebauungsplan. Erstens ist die Gemeinde nicht auf den Festsetzungskatalog nach § 9 BauGB beschränkt (§ 12 Abs. 3 S. 2 BauGB). Im Vorhaben- und Erschließungsplan sowie im Durchführungsvertrag können die Details der Umsetzung oft sehr viel genauer geregelt werden, als dies im Rahmen eines

Angebotsbebauungsplans möglich ist. Zweitens verpflichtet sich der Vorhabenträger im Durchführungsvertrag zur Umsetzung des Vorhabens innerhalb einer bestimmten Frist (§ 12 Abs. 1 S. 1 BauGB), während ein Angebotsbebauungsplan nur die Möglichkeit einer Verwirklichung eröffnet, aber keine entsprechende Pflicht begründet. Drittens bedarf ein Wechsel des Vorhabenträgers der Zustimmung der Gemeinde (§ 12 Abs. 5 S. 1 BauGB).

Es ist jedoch nicht immer gewährleistet, dass die Gemeinde ihr Planungsermessen in einem bestimmten (etwa naturschutzbezogenen) Sinne ausübt. Auch verfügen Gemeinde nicht unbedingt über das notwendige Fachwissen. Insoweit ist vor allem die Verfügbarkeit von Informationen wichtig. Zur Steuerung von gemeindlichen Entscheidungen sind zudem Vorgaben durch die Raumordnung oder gesetzliche Vorgaben erforderlich.

Sofern eine PV-Anlage demgegenüber als privilegierte Anlage im Außenbereich nach § 35 Abs. 1 BauGB errichtet werden soll, besteht eine räumliche und sonstige Steuerungsmöglichkeit nur begrenzt in den Fällen, in denen dies erforderlich ist, um die Vereinbarkeit mit öffentlichen Belangen sicherzustellen.

Nationale Schutzgebiete nach BNatSchG

Moor-PV kann unter Umständen mit dem Schutzziel von naturschutzrechtlichen Schutzgebieten nach §§ 22 ff. BNatSchG konfliktieren. Insoweit kommt eine gesetzliche Steuerung nach dem Vorbild des § 26 Abs. 3 S. 1 BNatSchG in Betracht, wonach in einem Landschaftsschutzgebiet die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen sowie der zugehörigen Nebenanlagen nicht verboten sind, wenn sich der Standort der Windenergieanlagen in einem Windenergiegebiet nach WindBG befindet. Dies gilt auch dann, wenn die Schutzgebietserklärung entgegenstehende Bestimmungen enthält. Dementsprechend könnte auch für Moor-PV oder alle Freiflächen-PV-Anlagen gesetzlich bestimmt werden, dass diese in bestimmten Schutzgebieten allgemein oder unter bestimmten Bedingungen zulässig sind. Umgekehrt kann gesetzlich geregelt werden, dass Moor-PV oder Freiflächen-PV-Anlagen in bestimmten Gebieten unzulässig sind.

Weiterhin kann in der Schutzgebietsausweisung für das jeweilige Gebiet aufgenommen werden, dass Moor-PV oder alle Freiflächen-PV-Anlagen in dem Gebiet zulässig oder unzulässig sind, oder die Zulässigkeit an bestimmte Bedingungen geknüpft werden. Indes sind hier jeweils die betroffenen Belange abzuwägen, d.h., wenn durch eine derartige Festlegung Eigentumspositionen eingeschränkt werden, müssen entsprechend gewichtige naturschutzfachliche Gründe für die Einschränkung sprechen.

5.4.2.3 Konzeptionelle Steuerung von Moor-PV

Aus ökologischer Sicht wird bei der Wiedervernässung häufig die Erreichung eines möglichst naturnahen Zustands, also eines Zustands, der dem eines wiedervernässten Moores ohne PV-Anlagen gleicht, angestrebt. Die Errichtung von PV-Anlagen kann jedoch auch positive ökologische Auswirkungen haben. Teilweise werden aus ökologischer Sicht bestimmte Ausführungsvarianten bevorzugt und die Integration naturschutzrechtlicher Maßnahmen in das Projekt gewünscht. Indes ist die Maximierung des ökologischen Wertes im baurechtlichen Zulassungsverfahren nur begrenzt durch Nebenbestimmungen umsetzbar.

Insoweit ist zunächst hervorzuheben, dass Gegenstand des jeweiligen Zulassungsverfahrens stets das konkret beantragte Projekt ist. Die Zulassung kann nur unter bestimmten Voraussetzungen mit Nebenbestimmungen versehen werden. Sofern ein Anspruch auf Genehmigung besteht – etwa bei einer Baugenehmigung für PV-Anlagen, wenn diese im Außenbereich

privilegiert sind oder den Festsetzungen eines Bebauungsplans entsprechen (siehe Abschnitt 5.3.3.3) – darf diese nur mit Nebenbestimmungen versehen werden, die durch Rechtsvorschrift zugelassen sind oder die sicherstellen sollen, dass die gesetzlichen Voraussetzungen der Genehmigung erfüllt werden (§ 35 Abs. 1 VwVfG, entsprechend geregelt in den Verwaltungsverfahrensgesetzen der Länder).

Eine Besonderheit stellt die sog. „modifizierende Auflage“ dar, die ein Vorhaben mit einem anderen Inhalt genehmigt, als dies beantragt wurde (siehe Stelkens in Stelkens, Bonk & Sachs 2023: § 36 VwVfG Rn. 96; Schröder in Schoch & Schneider 2024: § 36 VwVfG Rn. 32). Hierbei handelt es sich rechtstechnisch um die Ablehnung des beantragten Vorhabens in Verbindung mit der Genehmigung eines anderen, abweichenden Vorhabens (Stelkens in Stelkens, Bonk & Sachs 2023 § 36 VwVfG Rn. 96; Beckmann in Stürer & Beckmann 2025 Rn. 3685). Der Vorhabenträger ist nicht verpflichtet, ein solches modifiziertes Vorhaben umzusetzen (Stelkens in Stelkens, Bonk & Sachs 2023: § 36 VwVfG Rn. 98). Vielmehr kann er die Genehmigung des ursprünglich beantragten Vorhabens im Rechtsbehelfsverfahren weiterverfolgen. Bei Vorliegen der rechtlichen Voraussetzungen besteht ein Anspruch auf Erteilung der Genehmigung für dieses Vorhaben oder auf ermessensfehlerfreie Entscheidung darüber.

Es ist somit jeweils im Einzelfall zu prüfen, inwieweit Nebenbestimmungen dazu dienen, die Einhaltung rechtlicher Voraussetzungen für die Genehmigungserteilung sicherzustellen, und inwieweit sie darüber hinausgehen. So ist etwa nach § 15 Abs. 1 S. 1 BNatSchG der Verursacher eines Eingriffs verpflichtet, vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu unterlassen. Insoweit ist es zulässig, durch Nebenbestimmungen sicherzustellen, dass Eingriffe so gering wie möglich gehalten werden. Demgegenüber kann auf dieser Grundlage nicht die Herstellung eines ökologisch günstigeren Zustands als des Ausgangszustandes verlangt werden.

Bei Verwaltungsakten, die nach pflichtgemäßem Ermessen ergehen – was etwa im Wasserrecht typischerweise der Fall ist (siehe Abschnitt 5.3.2.1) – sind Auflagen und der Vorbehalt der nachträglichen Aufnahme, Änderung oder Ergänzung einer Auflage zwar sehr viel weitergehender zulässig als im Baurecht (§ 35 Abs. 2 Nr. 4 und 5 VwVfG, entsprechend geregelt in den Verwaltungsverfahrensgesetzen der Länder). Diese müssen aber ihrerseits ermessensgerecht sein und dürfen nicht auf sachfremden Erwägungen beruhen. Die Möglichkeit, im wasserrechtlichen Verfahren für die Wiedervernässung Nebenbestimmungen zur ökologischen Umsetzung zu machen, ist aber praktisch dadurch begrenzt, dass der Vorhabenträger bereit sein muss, diese auch durchzuführen. Solange keine Pflicht zur Wiedervernässung besteht, kann der Vorhabenträger schlicht von der Wiedervernässung Abstand nehmen, wenn diese aufgrund von Nebenbestimmungen nicht mehr wirtschaftlich durchführbar ist oder die praktische Umsetzbarkeit der Errichtung von PV-Anlagen erschwert.

Weitergehende Möglichkeiten der konzeptionellen Steuerung des Vorhabens bestehen indes auf Ebene der Bauleitplanung. Da es hier der Gemeinde obliegt, ob sie überhaupt einen Bebauungsplan aufstellt, kann sie auch Vorgaben für die konkrete Umsetzung des Vorhabens durch Festsetzungen und ggf. im Rahmen eines städtebaulichen Vertrages machen. Hierfür bietet sich erneut das Instrument des vorhabenbezogenen Bebauungsplans gem. § 12 BauGB besonders an. Bei Regelungen im Rahmen eines städtebaulichen Vertrags ist zu berücksichtigen, dass die vereinbarten Leistungen den gesamten Umständen nach angemessen sein müssen (§ 11 Abs. 2 S. 1 BauGB).

5.4.2.4 Schaffung einer einheitlichen Stelle für Moor-PV

Die Komplexität der Zulassungsverfahren wird in der Literatur als ein bedeutender Hinderungsgrund für die großflächigere Umsetzung von Moor-PV angesehen (Seidel, Wichmann, Pump & Beckmann 2024: 12). Dies ist nicht zuletzt aufgrund der getrennten genehmigungsrechtlichen Behandlung der Wiedervernässung und der Errichtung der PV-Anlagen und der Diversität der betroffenen Belange nachvollziehbar. Daher wäre eine verfahrensrechtliche Vereinfachung und Schaffung eines einheitlichen Ansprechpartners, etwa in Form einer einheitlichen Stelle nach §§ 71a bis 71e VwVfG, empfehlenswert.

Die bereits 2018 in Kraft getretene RED II (Richtlinie (EU) 2018/2001 v. 11.12.2018, ABl. L 328 v. 21.12.2018, 82–209) verpflichtet die Mitgliedstaaten unter anderem dazu, dass Genehmigungsverfahren für EE-Anlagen über eine einheitliche Stelle und innerhalb bestimmter Fristen abgewickelt werden (Art. 16 RED II). Vor diesem Hintergrund hat der Bundesgesetzgeber im Jahr 2021 mehrere Gesetzesänderungen vorgenommen und unter anderem den neuen § 11a in das WHG eingefügt. Dieser schafft für bestimmte Vorhaben aus dem Bereich der erneuerbaren Energien – Anlagen zur Nutzung von Wasserkraft, ausgenommen Pumpspeicherkraftwerke, sowie zur Gewinnung von Erdwärme, wenn ein bergrechtlicher Betriebsplan nicht erforderlich ist – die Möglichkeit, alle erforderlichen Erlaubnis-, Bewilligungs- und sonstigen Zulassungsverfahren auf Antrag des Vorhabenträgers über eine einheitliche Stelle abzuwickeln. Durch Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025 wurden die Verfahren, auf die § 11a WHG Anwendung findet, erheblich erweitert. PV-Anlagen fallen allerdings nur darunter, wenn sie in oder über einem oberirdischen Gewässer errichtet werden (§ 11a Abs. 1 Nr. 3 WHG neu).

Die einheitliche Stelle stellt ein Verfahrenshandbuch bereit und wickelt auf Antrag des Vorhabenträgers die verschiedenen erforderlichen Zulassungsverfahren einheitlich ab. § 11a WHG regelt demgegenüber keine formelle Verfahrenskonzentration, bei der eine Behörde über alle erforderlichen Erlaubnisse, Bewilligungen und sonstigen Zulassungen entscheiden würde (Czychowski & Reinhardt 2023: § 11a, Rn. 19; Rossi in Sieder, Zeitler, Dahme & Knopp 2024: § 11a WHG Rn. 19). Gem. § 11a Abs. 4 WHG neu sind zudem ab 21.11.2025 Erlaubnis- oder Bewilligungsverfahren elektronisch durchzuführen. Die zuständige Behörde bestätigt die Vollständigkeit der Antragsunterlagen innerhalb von 45 Tagen nach Einreichung, bzw. in Beschleunigungsgebieten für Windenergie an Land innerhalb von 30 Tagen nach Einreichung (§ 11a Abs. 5 WHG neu). Daran anschließend hat die zuständige Behörde innerhalb bestimmter Fristen zu entscheiden (§ 11a Abs. 6 und 7 WHG neu).

Nach dem Vorbild des § 11a WHG wäre auch die Schaffung einer einheitlichen Stelle für Moor-PV-Vorhaben einschließlich der Wiedervernässung und Errichtung der PV-Anlagen denkbar. Indes ist zu beachten, dass in den meisten Fällen die Errichtung von PV-Anlagen im Außenbereich erst nach Aufstellung eines entsprechenden Bebauungsplans zulässig ist. Dieser Schritt ist schwer in die Koordinationszuständigkeit der einheitlichen Stelle zu integrieren. Es ist aber möglich, eine optionale Zuständigkeit der einheitlichen Stelle zumindest für die erforderlichen Zulassungen nach Aufstellung des Bebauungsplans zu schaffen. Auch die Regelung, dass Verfahren elektronisch durchzuführen sind, sowie die Fristen für die Bestätigung der Vollständigkeit und die Sachentscheidung, könnten zur Verfahrensbeschleunigung für Wiedervernässungsvorhaben und die Errichtung von Moor-PV-Anlagen übernommen werden.

5.4.2.5 Gesetzliche Koordinationspflicht

Wie oben (Abschnitt 0) dargestellt, müssen in den Zulassungsverfahren für die Wiedervernässung und die PV-Anlagen diverse Wechselwirkungen zwischen den Vorhaben berücksichtigt

werden. Dies kann derzeit überwiegend nur durch informelle Koordination zwischen den beteiligten Stellen erfolgen. Insoweit wäre zu prüfen, ob eine Pflicht der zuständigen Behörden zur Koordination gesetzlich verankert werden sollte.

5.4.3 Unionsrechtliche Vorgaben zur erleichterten Umsetzung von EE-Anlagen

5.4.3.1 Unionsrechtliche Verpflichtungen aufgrund der RED III

Ausweisung von Beschleunigungsgebieten

Art. 15c RED III verpflichtet die Mitgliedstaaten, bis zum 21.2.2026 dafür zu sorgen, dass die zuständigen Behörden einen Teil der als Potenzialflächen für erneuerbare Energien ermittelten Gebiete als Beschleunigungsgebiete für erneuerbare Energie ausweisen (Art. 15c Abs. 1 UAbs. 1 S. 1 RED III). Zwar macht die Richtlinie keine Größenvorgaben für Beschleunigungsgebiete und überlässt auch die Verteilung auf die Arten erneuerbarer Energiequellen den Mitgliedstaaten. Ziel ist es aber, „sicherzustellen, dass die Gebiete zusammengenommen eine erhebliche Größe aufweisen und zur Verwirklichung der in der vorliegenden Richtlinie dargelegten Ziele beitragen“ (Art. 15c Abs. 3 RED III).

An materiellen Anforderungen schreibt die Richtlinie vor, dass Beschleunigungsgebiete so auszuwählen sind, dass „die Nutzung einer bestimmten Art oder bestimmter Arten erneuerbarer Energie voraussichtlich keine erheblichen Umweltauswirkungen hat“ (Art. 15c Abs. 1 UAbs. 1 S. 3 lit. a) RED III). Ausgeschlossen sind Natura-2000-Gebiete und Gebiete, die im Rahmen nationaler Programme zum Schutz der Natur und der biologischen Vielfalt ausgewiesen sind, Hauptvogelzugrouten und Meeressäuger-Hauptzugrouten und andere sensible Gebiete (Art. 15c Abs. 1 UAbs. 1 S. 3 lit. a)ii) RED III). Vorrangig sollen künstliche und versiegelte Flächen als Beschleunigungsgebiete ausgewählt werden (Art. 15c Abs. 1 UAbs. 1 S. 3 lit. a)i) RED III). Die Mitgliedstaaten haben weiterhin für Beschleunigungsgebiete geeignete Regeln für wirksame Minderungsmaßnahmen festzulegen, die bei der Errichtung von EE-Anlagen zu ergreifen sind, um negative Umweltauswirkungen zu vermeiden oder zu verringern (Art. 15c Abs. 1 UAbs. 1 S. 3 lit. b) RED III). Vor Ausweisung von Beschleunigungsgebieten ist eine strategische Umweltprüfung gem. Richtlinie 2001/42/EG sowie, sofern sie voraussichtlich erhebliche Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete haben, einer FFH-Verträglichkeitsprüfung (gem. Art. 6 Abs. 3 Richtlinie 92/43/EWG) durchzuführen (Art. 15c Abs. 2 RED III).

Ob die Mitgliedstaaten bei Einhaltung vorstehender Vorgaben beschließen, auch bestimmte trockengelegte Moorstandorte als Beschleunigungsgebiete für PV-Anlagen auszuweisen, ist unionsrechtlich weder zwingend vorgeschrieben noch verboten. Es ist primär eine politische Entscheidung.

Die Ausweisung von Beschleunigungsgebieten hat ein Absehen von materiell- und verfahrensrechtlichen Umweltvorgaben, insbesondere naturschutz- und wasserrechtlichen Anforderungen, für die Zulassung von Projekten, die in diesen Gebieten verwirklicht werden, zur Konsequenz. So wird davon ausgegangen, dass Projekte, bei denen die festgelegten Minderungsmaßnahmen durchgeführt werden, nicht gegen die Schutzanforderungen der Vogelschutz-, FFH-Richtlinie und WRRL verstoßen (Art. 15c Abs. 1 UAbs. 3 S. 1 RED III). Es ist also auf Projektebene keine individuelle Prüfung der Auswirkungen auf diese Naturschutzziele und die wasserrechtlichen Bewirtschaftungsziele mehr erforderlich (Baumeister & Ramsauer 2024: 667). Auch sind Projekte in Beschleunigungsgebieten von der UVP-Pflicht befreit, es sei denn, ein Projekt hat voraussichtlich erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt (Art. 16a Abs. 3 UAbs. 1 RED III); ebenfalls sind sie von der Pflicht zur Durchführung einer FFH-

Verträglichkeitsprüfung befreit (Art. 16a Abs. 3 UAbs. 2 RED III). Stattdessen führen die zuständigen Behörden ein Screening durch, um festzustellen, ob das beantragte Projekt höchstwahrscheinlich erhebliche unvorhergesehene nachteilige Auswirkungen haben wird, die bei der Umweltprüfung der Pläne zur Ausweisung von Beschleunigungsgebieten nicht ermittelt wurden (Art. 16a Abs. 4 RED III). Ist dies nicht der Fall, ist der Antrag im Anschluss an das Screening unter Umweltgesichtspunkten genehmigt, ohne dass eine Verwaltungsentscheidung der zuständigen Behörde erforderlich ist (Art. 16a Abs. 5 UAbs. 1 S. 1 RED III). Insgesamt dürfen Genehmigungsverfahren in Beschleunigungsgebieten nicht länger als 12 Monate dauern, mit einer Verlängerungsoption um 6 Monate in außergewöhnlichen Umständen (Art. 16a Abs. 1 S. 1 und 3 RED III).

Andere unionsrechtliche Verpflichtungen

Art. 16 RED III enthält allgemeine Grundsätze in Bezug auf Genehmigungsverfahren für EE-Anlagen, die der Verfahrensvereinfachung dienen sollen. Art. 16b enthält darüber hinaus Regelungen für Vorhaben außerhalb der Beschleunigungsgebiete.

Gem. Art. 16b Abs. 1 RED III dürfen Genehmigungsverfahren außerhalb von Beschleunigungsgebieten nicht länger als zwei Jahre (bei Offshore-Anlagen drei Jahre) dauern, mit einer Verlängerungsoption um 6 Monate in außergewöhnlichen Umständen. Weiterhin sind die UVP und FFH-Verträglichkeitsprüfung, soweit erforderlich, in einem Verfahren zu kombinieren (Art. 16b Abs. 2 S. 1 RED III). Wurden im Rahmen der Verwirklichung des Vorhabens die erforderlichen Minderungsmaßnahmen getroffen, so gelten Tötungen oder Störungen europäisch geschützter Arten nicht als absichtlich (Art. 16b Abs. 2 S. 3 RED III). Die Mitgliedstaaten haben ferner die Möglichkeit, neuartige Minderungsmaßnahmen, deren Wirksamkeit noch nicht erprobt ist, für Pilotprojekte zuzulassen, sofern diese genau überwacht werden und erforderlichenfalls geeignete Schritte unternommen werden, falls sie sich als nicht wirksam erweisen sollten (Art. 16b Abs. 2 S. 4 RED III).

5.4.3.2 Umsetzung der RED III im deutschen Recht

Die Vorgaben der RED III wurden in Bezug auf Windenergie bereits durch das Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025 teilweise umgesetzt. Nach Auskunft des BMUKN/BfN ist ein Gesetzentwurf zur Schaffung von Beschleunigungsgebieten für PV-Anlagen indes, anders als noch von der Vorgängerregierung (siehe Kabinettsentwurf der Ampel-Regierung eines Gesetzes zur Umsetzung der RED III vom 21.8.2024 sowie Entwurf der Ampel-Regierung eines Gesetzes zur Stärkung der integrierten Stadtentwicklung vom 3.9.2024), seitens der aktuellen Regierung nicht geplant.

Die Umsetzung der Genehmigungserleichterungen des Art. 16b RED III war weder im Kabinettsentwurf der Ampel-Regierung vom 21.8.2024 vorgesehen noch ist sie (jedenfalls im Hinblick auf PV-Anlagen) durch das Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025 erfolgt. In Bezug auf die maximale Länge von Genehmigungsverfahren fällt dies in die Kompetenz der Länder. Die Zusammenfassung der erforderlichen Umweltprüfungen und die Erleichterungen im Artenschutzrecht müssen indes bundesrechtlich umgesetzt werden.

5.4.4 Über unionsrechtliche Vorgaben hinausgehende Möglichkeiten zur Erleichterung von Moor-PV

5.4.4.1 Bauplanungsrecht

Denkbar wäre es, die Errichtung von PV-Anlagen auf wiedervernässten Moorflächen bzw. in Verbindung mit einer zeitnah erfolgenden Wiedervernässung (Moor-PV) in den Katalog der nach § 35 Abs. 1 BauGB privilegiert im Außenbereich zulässigen Anlagen aufzunehmen. Der Privilegierungstatbestand könnte dabei so gefasst werden, dass die Wiedervernässung bestimmten Kriterien entsprechen muss, wobei sich eine Inbezugnahme der Festlegung der Bundesnetzagentur anbietet. Dadurch wäre die Errichtung von Moor-PV-Anlagen ohne vorherige Aufstellung eines Bebauungsplans, welcher Zeit und einen entsprechenden Planungswillen der Gemeinde erfordert, zulässig, sofern öffentliche Belange nicht entgegenstehen. Hierdurch kann auch ein Anreiz für Vorhabenträger gesetzt werden, eine Wiedervernässung durchzuführen.

Zu berücksichtigen ist indes, dass aufgrund der Regelung des § 2 S. 2 EEG den für die Errichtung von Moor-PV-Anlagen sprechenden Interessen in der Abwägung besonderes Gewicht zukommt. Im Fall einer Privilegierung solcher Anlagen im Außenbereich werden daher beeinträchtigte anderweitige öffentliche Belange oft zurücktreten müssen. Die räumliche und konzeptionelle Steuerungsmöglichkeit, die derzeit daraus folgt, dass für die Errichtung von PV-Anlagen im Außenbereich in den meisten Fällen die Aufstellung eines Bebauungsplans erforderlich ist (Abschnitt 5.3.3.3), würde dann entfallen.

Vor diesem Hintergrund könnte eine privilegierte Zulassung von Moor-PV im Außenbereich etwa auf raumordnungsrechtlich oder im Flächennutzungsplan ausgewiesene Vorranggebiete beschränkt werden. Andersherum könnten bestimmte, insbesondere ökologisch besonders schutzbedürftige Gebiete, von der Privilegierung ausgenommen werden (hierzu zu Freiflächen-PV-Anlagen allgemein Otto & Wegner 2023: 111 f.). Jedenfalls erscheint es sinnvoll, eine etwaige bauplanungsrechtliche Privilegierung von Moor-PV mit einer Intensivierung der räumlichen Steuerung entweder auf gesetzlicher oder auf raumplanerischer Ebene zu verbinden, wonach solche Anlagen in bestimmten schutzbedürftigen Gebieten ausgeschlossen sind oder nur ausnahmsweise zugelassen werden dürfen. Schließlich kommt auch eine Begrenzung der baurechtlichen Privilegierung auf eine bestimmte maximale Anlagengröße in Betracht (hierzu zu Freiflächen-PV-Anlagen allgemein Otto & Wegner 2023: 114), sofern dies aus ökologischen oder anderen Gründen sinnvoll erscheint.

5.4.4.2 Artenschutzrecht

In Bezug auf den Artenschutz sieht § 45b BNatSchG Erleichterungen für den Betrieb von Windenergieanlagen an Land vor. Diese Erleichterungen gelten nicht für artenschutzrechtliche Verbote, die bei der Errichtung von Windenergieanlagen verwirklicht werden. Eine Ausweitung der Regelung bzw. von Teilen davon auf Moor-PV oder auf Freiflächen-PV-Anlagen allgemein ist unseres Erachtens aus nachfolgenden Gründen nicht empfehlenswert.

Zunächst werden bei PV-Anlagen artenschutzrechtliche Verbote durch die Errichtung und nicht durch den Betrieb verwirklicht. Eine entsprechende Regelung für PV-Anlagen hat daher nur dann einen Mehrwert, wenn sie sich auf bei Errichtung der Anlagen verwirklichte Verbotsstatbestände bezieht.

§ 45b Abs. 2 bis 6 BNatSchG konkretisieren, wann in Bezug auf kollisionsgefährdete Brutvögel von einer Verwirklichung von Verbotstatbeständen auszugehen ist. Eine derartige

verallgemeinernde Regelung ist indes nur dann möglich, wenn durch Vorhaben einer bestimmten Art stets damit zu rechnen ist, dass dieselben Verbotstatbestände verwirklicht werden, was bei der Errichtung und dem Betrieb von PV-Anlagen wohl nicht der Fall sein dürfte. Auch wird in der Literatur in Frage gestellt, ob die Regelung tatsächlich zu einer Vereinfachung der Prüfung von Verbotstatbeständen führt (Frenz 2022: 454; Schlacke, Wentzien & Römling 2022: 1581).

§ 45b Abs. 8 Nr. 2-3 BNatSchG trifft bei Vorhaben, die sich in einem speziell ausgewiesenen Gebiet für Windenergie befinden, Sonderregelungen zur Prüfung von Standortalternativen im Rahmen der Erteilung einer artenschutzrechtlichen Ausnahme. Wie oben ausgeführt (Abschnitt 5.3.4.3), sind bei normalen Freiflächen-PV-Anlagen Standortalternativen häufig vorhanden, was im Ergebnis dazu führen kann, dass eine Ausnahme von artenschutzrechtlichen Verboten praktisch nicht erteilbar ist. Gerade dies ist aber Sinn und Zweck der eng gefassten artenschutzrechtlichen Ausnahmeregelung. Sofern zumutbare Standortalternativen vorhanden sind, die geschützte Arten nicht oder weniger beeinträchtigen, ist nicht einsehbar, weshalb das öffentliche Interesse an einer Ausnahme das Interesse am Artenschutz überwiegen sollte. Zudem wird die Unionsrechtskonformität der § 45b Abs. 8 Nr. 2-3 BNatSchG in der Literatur bezweifelt (Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 45b BNatSchG Rn. 49, 51; Frenz 2022: 454; Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 45b Rn. 34). Vor diesem Hintergrund sehen wir die Einführung einer entsprechenden Privilegierung für alle Freiflächen-PV-Anlagen kritisch. Denkbar wäre indes eine sehr viel engere Bestimmung, die in Form einer Klarstellung regelt, dass bei der Errichtung von Moor-PV in Verbindung mit der Wiedervernässung der Fläche nur solche Standortalternativen in Betracht zu ziehen sind, auf denen ebenfalls Moor-PV verwirklicht werden kann und nicht Standortalternativen, auf denen andere Arten von Freiflächen-PV-Anlagen möglich sind.

§ 45b Abs. 8 Nr. 4 BNatSchG regelt, dass die Voraussetzungen des § 45 Abs. 7 S. 2 BNatSchG (keine Verschlechterung des Erhaltungszustands der Population einer Art) vorliegen, wenn sich der Zustand der betroffenen lokalen Population unter Berücksichtigung von Maßnahmen zu dessen Sicherung nicht verschlechtert. Diese Regelung ist unbedenklich, bringt aber auch keinen Mehrwert gegenüber der allgemeinen Regelung des § 45 Abs. 7 S. 2 BNatSchG (Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 45b BNatSchG Rn. 52; Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 45b Rn. 35). Darüber hinausgehend regelt § 45b Abs. 8 Nr. 5 BNatSchG, dass die Voraussetzungen für die Erteilung einer Ausnahme auch vorliegen, wenn sich der Zustand der Population in dem betroffenen Land oder auf Bundesebene unter Berücksichtigung von Maßnahmen zu dessen Sicherung nicht verschlechtert. Diese Regelung wird in der Literatur für europarechtswidrig gehalten (Frenz 2022: 454 f.; etwas enger nur auf die Europarechtswidrigkeit der Beschränkung der zu berücksichtigenden Sachinformationen sowie die Nennung des Verschlechterungsverbotes, aber nicht der Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes abstellend Gellermann 2022: 596; Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 45b Rn. 37). Eine entsprechende Regelung für PV-Anlagen ist daher nicht anzuraten.

Schließlich enthält § 45b Abs. 8 Nr. 6 BNatSchG eine verbindliche Vorgabe, dass Ausnahmen von den artenschutzrechtlichen Verboten zu erteilen sind, wenn die Ausnahmevoraussetzungen vorliegen. Eine Ausweitung dieser Regelung auf Freiflächen-PV-Anlagen allgemein, oder beschränkt auf Moor-PV, ist denkbar. Allerdings ist der Mehrwert fraglich, da § 2 Abs. 2 EEG ohnehin schon das Ermessen der entscheidenden Behörde weitgehend zugunsten der Zulassung des Vorhabens beschränkt.

Insgesamt sind aufgrund der unionsrechtlichen Determiniertheit des Artenschutzrechts Ausnahmen zugunsten von bestimmten Projekten, die nicht bereits auf europarechtlicher Ebene vorgesehen sind, nur in eng begrenztem Rahmen zulässig.

5.4.5 Möglichkeiten der Vereinfachung von Wiedervernässungsvorhaben

In diesem Abschnitt werden weitere Möglichkeiten der Regelung, Steuerung und Vereinfachung von Wiedervernässungsvorhaben aufgezeigt, die unabhängig von der Kombination der Wiedervernässung mit der Errichtung von PV-Anlagen bestehen.

5.4.5.1 Wasserrecht

Wie oben (Abschnitt 5.3.2.1) dargestellt, fehlt es an einem wasserrechtlichen Begriff der Wiedervernässung, so dass teilweise mehrere Planfeststellungs- bzw. Plangenehmigungs- und/oder Bewilligungs- oder Erlaubnisverfahren parallel durchgeführt werden müssen. Verfahrensrechtlich könnte daher eine Erleichterung geschaffen werden, indem gesetzlich ein Vorhabenbegriff der „großflächigen Wiedervernässung von Mooren“ eingeführt und dafür ab einem bestimmten Schwellenwert ein Planfeststellungs- bzw. Plangenehmigungsverfahren vorgeschrieben würde (dazu auch Schlacke & Sauthoff 2025: 18). Dagegen würde durch einen generellen Verzicht auf eine Planfeststellung für Wiedervernässungsvorhaben keine wesentliche Vereinfachung und Beschleunigung erzeugt, da dann der Vorteil der Konzentrationswirkung des Planfeststellungsverfahrens entfielen und stattdessen andere ggf. erforderliche Gestattungen in gesonderten Verfahren eingeholt werden müssten. Auch ist zu berücksichtigen, dass gerade die förmliche Struktur des Planfeststellungsverfahrens einschließlich Öffentlichkeitsbeteiligung für die Akzeptanz von großflächigen Wiedervernässungsvorhaben hilfreich sein kann.

Zudem kann durch eine gesetzliche Präzisierung des Unterhaltungsbegriffs, speziell mit einem Fokus auf Wiedervernässungsmaßnahmen, die Rechtssicherheit bei der Abgrenzung von erlaubnisfreien Unterhaltungsmaßnahmen zu planfeststellungspflichtigem Gewässerausbau bzw. gestattungspflichtigen Benutzungstatbeständen erhöht werden. Eine derartige Präzisierung kann im WHG oder in den Landeswassergesetzen erfolgen (vgl. Schlacke & Sauthoff 2025: 21).

Eine weitere beschleunigte Verwirklichung von Vorhaben könnte durch eine gesetzliche Regelung des vorzeitigen Beginns und der Zulassung von Probemaßnahmen nach dem Vorbild des § 8a BImSchG erreicht werden.

Durch eine explizite Aufnahme des natürlichen Klimaschutzes, zu dem auch Moorwiedervernässungsmaßnahmen gehören, in den Katalog der Ziele der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung in § 6 Abs. 1 WHG kann gewährleistet werden, dass Behörden das Interesse an der Wiedervernässung bei der Auslegung wasserrechtlicher Begriffe und bei der Ausübung des Bewirtschaftungsermessens berücksichtigen. Zudem ist es denkbar, Wiedervernässungsmaßnahmen gesetzlich als im überragenden öffentlichen Interesse liegend zu definieren, wie dies in § 2 EEG für EE-Anlagen geschehen ist. Damit würde das Ermessen der Behörden noch weitergehend dahin gelenkt, dass nur im Ausnahmefall andere Belange das Interesse an der Wiedervernässung überwiegen können. Jedoch ist dabei zu beachten, dass der Projektbegriff der Moorwiedervernässung nicht so eindeutig determiniert ist wie der Begriff der EE-Anlagen. Zudem sollten gesetzliche Priorisierungen immer vor dem Hintergrund bewertet werden, dass, wenn vielen Vorhaben eine im überragenden öffentlichen Interesse liegende Bedeutung

gesetzlich beigemessen wird, ein Vorrang zwischen diesen Projekten nicht mehr besteht bzw. in der Abwägung nicht mehr effektiv abgebildet werden kann.

5.4.5.2 Raumordnungsrecht

Schwelle der Raumbedeutsamkeit festlegen

Wie oben (Abschnitt 5.3.2.2) dargestellt, existiert keine einheitliche Vorgabe dazu, ab welcher Schwellenwerte oder Merkmale eine Moorwiedervernässung als raumbedeutsam gilt. Um insoweit die Praxis zu vereinheitlichen und Rechtssicherheit zu schaffen, wäre die Festlegung von Schwellenwerten (etwa ab einer Größe von 100 ha) in der ROV, den Raumordnungsgesetzen der Länder oder den Raumordnungsplänen wünschenswert.

Ausweisung von Vorranggebieten für Moorwiedervernässung

Eine Steuerung der Moorwiedervernässung ist dadurch möglich, dass in Raumordnungsplänen Vorranggebiete für Moorwiedervernässung ausgewiesen werden. Hierbei kann vorab auf raumordnerischer Ebene die Eignung der Gebiete anhand der aufgestellten Ausschlusskriterien geprüft werden. Durch die Ausweisung eines Vorranggebiets wird sichergestellt, dass im Gebiet keine anderweitigen Nutzungen zugelassen werden können, welche der Moorwiedervernässung entgegenstehen. Das betrifft insbesondere die Errichtung von PV-Anlagen ohne gleichzeitige Wiedervernässung, aber auch andere Vorhaben.

Die Ausweisung von Vorbehaltsgebieten für die Moorwiedervernässung ist prinzipiell möglich, aber nicht empfehlenswert, da sich in solchen Gebieten anderweitige Interessen gegen das Interesse an der Wiedervernässung durchzusetzen vermögen. Das gilt aufgrund des § 2 S. 2 EEG vor allem für die Errichtung von PV-Anlagen ohne gleichzeitige Wiedervernässung.

Im Raumordnungsplan sollte dann zudem festgelegt werden, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen in Vorranggebieten Mehrfachnutzungen, speziell für Paludikultur und/oder Moor-PV zulässig sind.

Bei der Ausweisung eines Vorrang- oder Vorbehaltsgebiets sind die öffentlichen und privaten Belange gegeneinander und untereinander abzuwägen (§ 7 Abs. 2 S. 1 ROG). Dabei können insbesondere die Interessen von Eigentümern trockengelegter Moorflächen an einer anderweitigen Nutzung dieser Flächen maßgeblich sein und müssen gegen das öffentliche Interesse an der Wiedervernässung oder Renaturierung abgewogen werden.

Ausdrückliche Zulassung oder Untersagung von Wiedervernässungsmaßnahmen in anderweitigen Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten

Weiterhin ist eine Steuerung von Wiedervernässungsmaßnahmen dadurch möglich, dass diese im Raumordnungsplan oder gesetzlich als entweder allgemein oder im Regelfall verträglich mit den vorrangigen Nutzungen eines Vorrang- oder Vorbehaltsgebiets erklärt werden. Dies macht die Prüfung und Abwägung im Einzelfall entbehrlich oder gibt eine Abwägungsdirektive dahingehend vor, dass Wiedervernässungsmaßnahmen zugelassen werden sollen, es sei denn, es sprechen im Einzelfall überwiegende Belange gegen die Zulassung.

Umgekehrt kann geregelt werden, dass Wiedervernässungsmaßnahmen in bestimmten Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten allgemein oder im Regelfall unzulässig sind, wenn zu erwarten ist, dass diese mit den vorrangigen Nutzungen dieses Gebiets nicht verträglich sind.

5.4.5.3 Naturschutzrecht

Aufnahme des Moorschutzes als Schutzgut in das BNatSchG

Auch wenn die Moorwiedervernässung bereits vom allgemeinen Schutzzweck des § 1 Abs. 1 BNatSchG erfasst ist, könnte eine explizite Aufnahme des Moorschutzes, der Moorerhaltung und Moorrenaturierung als Schutzgut in das BNatSchG den Vorteil haben, Behörden für den Moorschutz zu sensibilisieren (dazu Schlacke & Sauthoff 2024a: 196). Weiterhin wäre eine gesetzliche Bestimmung entsprechend der in § 14 Abs. 2 S. 1 BNatSchG enthaltenen Regelung, wonach Wiedervernässungsmaßnahmen nicht als Eingriff in Natur und Landschaft gelten, soweit dabei die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden, wünschenswert. Zumindest sollte eine explizite Befreiung von Wiedervernässungsmaßnahmen von der Kompensationspflicht des § 15 Abs. 2 S. 1 BNatSchG erfolgen. Bei der Moorwiedervernässung wird typischerweise die langfristige Herstellung eines naturnäheren Endzustands angestrebt, auch wenn dieser kurzfristig mit Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden ist. Die Wiedervernässung sollte daher nicht durch eine Kompensationspflicht für kurzfristige Eingriffe erschwert werden, sondern vielmehr der langfristige ökologische Mehrwert berücksichtigt werden. Durch die Aufnahme einer Voraussetzung, dass die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden, ist sichergestellt, dass die Ausnahme nur dann greift, wenn tatsächlich langfristig ein ökologisch günstigerer Zustand angestrebt wird und wenn im Rahmen der Umsetzung zumutbare Maßnahmen zur Vermeidung negativer Auswirkungen ergriffen werden.

Beeinträchtigung von nationalen Schutzgebieten und FFH-Gebieten

Wie oben (Abschnitt 5.3.2.4) dargelegt, kann eine Wiedervernässungsmaßnahme dem Schutzzweck national ausgewiesener Schutzgebiete widersprechen. In diesem Fall ist eine Befreiung nach § 67 Abs. 1 S. 1 BNatSchG erforderlich. Um dies zu vereinfachen, ist die Einführung einer Privilegierung nach dem Vorbild des § 26 Abs. 3 BNatSchG denkbar. Danach sind in einem Landschaftsschutzgebiet die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen sowie der zugehörigen Nebenanlagen nicht verboten, wenn sich der Standort der Windenergieanlagen in einem Windenergiegebiet nach WindBG befindet. Dies gilt auch dann, wenn die Schutzgebietserklärung entgegenstehende Bestimmungen enthält.

Entsprechend könnte durch bundes- oder landesgesetzliche Regelung festgelegt werden, dass die Moorwiedervernässung innerhalb bestimmter Gebiete (etwa raumordnungsrechtlich oder bauplanungsrechtlich festgelegte Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete) oder allgemein unter bestimmten Voraussetzungen nicht verboten ist. Dabei ist aber zu beachten, dass der Begriff der Wiedervernässung nicht eindeutig determiniert ist und daher im Einzelfall fraglich sein kann, wann eine Wiedervernässung gegeben ist.

Ob eine entsprechende Regelung auch für Projekte möglich ist, die geeignet sind, FFH-Gebiet erheblich zu beeinträchtigen (§ 34 Abs. 1 S. 1 BNatSchG), ist differenzierter zu betrachten. Eine generelle Ausnahme von Wiedervernässungsmaßnahmen vom Beeinträchtigungsverbot ist dem deutschen Gesetzgeber aufgrund der europarechtlichen Vorgaben zum FFH-Schutz nicht möglich. Vielmehr könnte lediglich die Erteilung einer Ausnahme gem. § 34 Abs. 3 BNatSchG erleichtert werden, indem die Moorwiedervernässung als im gewichtigen öffentlichen Interesse liegend definiert wird. § 34 Abs. 3 BNatSchG verlangt indes ein überwiegendes öffentliches Interesse. Dies setzt ein Abwägen mit den Schutzziele des FFH-Gebiets sowie dem Grad der drohenden Beeinträchtigung voraus, welches nur im jeweiligen Einzelfall erfolgen kann (BVerwG, Urt. v. 12.3.2008 - 9 A 3/06, BVerwGE 130, 299 = BeckRS 2008, 38060, Rn. 154;

Kockler in BeckOK Umweltrecht 2025 § 34 BNatSchG Rn. 19; Möckel in Schlacke 2024a: § 34 Rn. 141). Eine abstrakte gesetzliche Regelung kann daher lediglich das besondere Interesse an der Moorwiedervernässung verbindlich vorgeben, was sodann mit entsprechendem Gewicht in die Abwägung eingestellt werden kann, sie kann aber nicht die Abwägung als solche ersetzen.

Beeinträchtigung von Biotopen

In Bezug auf Biotope wäre eine Änderung des BNatSchG oder eine abweichende Regelung in Landesnaturschutzgesetzen entsprechend dem Vorbild des § 20 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 NatSchAG M-V, wonach nur naturnahe Moore geschützt sind, denkbar. Alternativ könnte gesetzlich geregelt werden, dass der Biotopschutz einer Wiedervernässung nicht entgegensteht.

Artenschutzrecht

Im Zuge der Moorwiedervernässung kann es zur Beeinträchtigung geschützter Arten kommen. Um insoweit die Möglichkeit einer Ausnahmeerteilung von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen zu erleichtern, kommt ebenfalls die Aufnahme einer gesetzlichen Regelung, wonach die Moorwiedervernässung im gewichtigen (aber nicht im überwiegenden, siehe vorstehende Ausführungen zu FFH-Gebieten) öffentlichen Interesse liegt, in Betracht. Eine darüberhinausgehende Definition der Moorwiedervernässung als auch im Interesse der öffentlichen Sicherheit liegend ist dagegen kritisch zu sehen. Dieser Ausnahmegrund wird seitens des EuGH eng ausgelegt (siehe etwa EuGH, Urt. v. 29.6.2019, C-411/17, ECLI:EU:C:2019:622, Rn. 158: „... kann nur die Notwendigkeit der Abwendung einer tatsächlichen und schwerwiegenden Gefahr, dass die Stromversorgung des betreffenden Mitgliedsstaats unterbrochen wird, unter Umständen wie denen des Ausgangsverfahrens einen Grund der öffentlichen Sicherheit darstellen ...“; vgl. auch Schütte & Gerbig in Schlacke 2024a: § 45 Rn. 30; Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 45 BNatSchG Rn. 26). Ob allein der – im Einzelfall sehr unterschiedlich ausfallende – Beitrag der Moorwiedervernässung zum Erreichen der Klimaziele ausreicht, um eine derartige Ausnahme zu begründen, erscheint zweifelhaft.

5.4.6 Vertragliche Möglichkeiten der Steuerung von Moor-PV

5.4.6.1 Erwerb von Flächen mittels Vorkaufsrechten

Zur Förderung und Steuerung der Moorwiedervernässung kommt zunächst ein Erwerb entsprechender Flächen durch die öffentliche Hand in Betracht. Diese könnte die Wiedervernässung selbst durchführen und die Fläche an private Vorhabenträger zur Errichtung von PV-Anlagen verpachten, oder sie könnte die Fläche an einen Vorhabenträger verpachten, der sowohl die Durchführung der Wiedervernässung vornimmt als auch die PV-Anlagen errichtet.

Die größte Herausforderung dürfte insoweit in der Verfügbarkeit von Flächen zum Erwerb liegen, da landwirtschaftliche Flächen nur selten zum Verkauf stehen. Neben dem freihändigen Erwerb kommt insoweit vor allem dem Instrument des Vorkaufsrechts Bedeutung zu (dazu ausführlich Schlacke & Sauthoff 2024a: 40-46). Ein Vorkaufsrecht greift dann, wenn der Eigentümer ein Grundstück ohnehin an einen Dritten veräußern will und gewährt der öffentlichen Hand ein Eintrittsrecht in den Vertrag mit dem Dritten zu den dort geregelten Bedingungen.

Öffentlich-rechtliche Vorkaufsrechte bestehen aufgrund verschiedener Gesetze. Im Wasserrecht begründet § 99a WHG ein Vorkaufsrecht nur bei Maßnahmen des Hochwasser- oder Küstenschutzes und ist daher für Wiedervernässungsvorhaben nicht relevant. Demgegenüber

gewährt § 66 Abs. 1 S. 1 BNatSchG ein sehr viel weitergehendes Vorkaufsrecht an Grundstücken,

1. die in Nationalparks, Nationalen Naturmonumenten, Naturschutzgebieten oder als solchen einstweilig sichergestellten Gebieten liegen,
2. auf denen sich Naturdenkmäler oder als solche einstweilig sichergestellte Gegenstände befinden,
3. auf denen sich oberirdische Gewässer befinden.

Zu Nr. 3 ist anzumerken, dass das Vorkaufsrecht erst entsteht, wenn auf dem Grundstück ein oberirdisches Gewässer liegt, nicht aber wenn durch die Ausübung des Vorkaufsrechts erst ein Gewässer geschaffen werden soll.

Das Vorkaufsrecht darf nur ausgeübt werden, wenn dies aus Gründen des Naturschutzes und der Landschaftspflege einschließlich der Erholungsvorsorge erforderlich ist (§ 66 Abs. 2 BNatSchG). Es genügt nicht jedweder Grund, der sich aus Naturschutz und Landschaftspflege herleiten lässt. Erforderlich ist vielmehr ein innerer Zusammenhang mit dem Schutzzweck, dessentwegen die in Abs. 1 genannten Flächen und Objekte unter besonderen Schutz gestellt sind. Nicht erforderlich ist, dass der Schutzzweck die Ausübung des Vorkaufsrechts erfordert und der Zweck auf andere zumutbare Weise nicht erreichbar ist. Die Ausübung des Vorkaufsrechts kann schon dann gerechtfertigt sein, wenn der Erwerb eines Grundstücks vorteilhafte Auswirkungen auf diese Belange hat (VGH Bayern, Urt. v. 1.10.2019, 14 BV 17.419, NuR 2020, 199). Daher dürfte die Ausübung dieses Vorkaufsrechtes am ehesten in Betracht kommen im Zusammenhang mit der Benutzung oder dem Ausbau von Gewässern. Im Einzelfall mag eine Wiedervernässung auch der Förderung der jeweiligen Schutzziele eines Nationalparks, eines Nationalen Naturmonuments, eines Naturschutzgebiets oder als eines solchen einstweilig sichergestellten Gebiets dienen.

Liegen die Voraussetzungen nur bei einem Teil des Grundstücks vor – wie dies bei Gewässern häufig der Fall sein wird –, so erstreckt sich das Vorkaufsrecht nur auf diesen Teil. Der Eigentümer kann verlangen, dass sich der Vorkauf auf das gesamte Grundstück erstreckt, wenn ihm der weitere Verbleib in seinem Eigentum wirtschaftlich nicht zuzumuten ist (§ 66 Abs. 1 S. 3 BNatSchG). Das Vorkaufsrecht darf zum anderen nur in dem Umfang ausgeübt werden, als das Wohl der Allgemeinheit dies rechtfertigt. Lässt sich der i. S. d. Abs. 2 verfolgte Zweck auch erreichen, wenn nur ein Grundstücksteil erworben wird, so muss sich das Vorkaufsrecht auf diesen Teil beschränken (vgl. OVG Rheinland-Pfalz, Urt. v. 4.12.1987, A 43/87, NJW 1988, 1342).

Aufgrund von Landesrecht können weitergehende Vorkaufsrechte bestehen. Umgekehrt kann auf Landesebene die Ausübung der gesetzlichen Vorkaufsrechte indes auch eingeschränkt sein. So hat in M-V etwa das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz eine Allgemeinverfügung erlassen, wonach für Grundstücke, auf denen sich oberirdische Gewässer befinden, bis auf Widerruf kein Vorkaufsrecht ausgeübt wird und für Grundstücke, auf denen sich Naturdenkmäler befinden, kein Vorkaufsrecht besteht (ABl. M-V Nr. 34/2010 vom 23.8.2010, 539; siehe Deutsches Notarinstitut, Tabellarische Übersicht von Vorkaufsrechten an Grundstücken und Fischereirechten*sortiert nach Bundesländern (Stand: 28.4.2025), https://www.dnoti.de/fileadmin/user_upload/Arbeitshilfen/Immobilienrecht/Vorkaufsrechte_Uebersicht.pdf, letzter Abruf: 15.5.2025).

5.4.6.2 Vertragsnaturschutz

Neben der Möglichkeit des Erwerbs von Grundstücken auf trockengelegten Moorstandorten durch öffentliche Stellen zur Umsetzung von Wiedervernässungsmaßnahmen kommen insbesondere vertragliche Vereinbarungen mit Grundstückseigentümern über die Durchführung derartiger Maßnahmen in Betracht. Durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag (§§ 54 ff. VwVfG) kann sich der Nutzungsberechtigte (in der Regel Grundstückseigentümer oder Pächter) etwa verpflichten, bestimmte Renaturierungs- oder Wiedervernässungsmaßnahmen, ggf. in Kombination mit Paludikultur, durchzuführen oder die Durchführung durch eine öffentliche Stelle oder Dritte zu gestatten. Dafür kann eine Gegenleistung gewährt werden. Gemäß § 56 Abs. 1 S. 2 VwVfG können nur im sachlichen Zusammenhang stehende Leistungen und Gegenleistungen vereinbart werden (sogenanntes Koppelungsverbot).

Als Vertragsnaturschutz werden vertragliche Vereinbarungen verstanden, die zwischen den Nutzungsberechtigten schutzwürdiger Flächen und den zuständigen Naturschutzbehörden geschlossen werden (Schlacke & Sauthoff 2024a: 46; Krohn in Schlacke 2024a: § 3 Rn. 48). Gem. § 3 Abs. 3 BNatSchG soll bei Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege vorrangig geprüft werden, ob der Zweck mit angemessenem Aufwand auch durch vertragliche Vereinbarungen erreicht werden kann. Der Abschluss eines solchen Vertrages und ggf. die Zahlung eines Geldbetrages durch die Naturschutzbehörden als Gegenleistung für die Durchführung von Maßnahmen ist zulässig, wenn die Maßnahmen den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege gem. § 1 BNatSchG dienen, worunter unter anderem die Wiederherstellung von Natur und Landschaft (§ 1 Abs. 1 BNatSchG) und der Klimaschutz (§ 1 Abs. 3 Nr. 4 BNatSchG) und damit auch die Wiedervernässung trockengelegter Moorstandorte fällt (im Einzelnen zu den Anforderungen des Vertragsnaturschutz Schlacke & Sauthoff 2024a: 46-49; Krohn in Schlacke 2024a: § 3 Rn. 48).

Es ist indes darauf hinzuweisen, dass der EuGH Deutschland kürzlich wegen Verletzung der Verpflichtungen aus Art. 6 Abs. 2 der FFH-Richtlinie verurteilt hat, unter anderem mit der Begründung, allein durch Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes ohne den Erlass gesetzlicher Verbote sei in Deutschland effektiv eine Verschlechterung bestimmter Lebensraumtypen nicht verhindert worden (EuGH, Urt. v. 14.11.2024, C-47/23, ZUR 2025, 90, Rn. 111-16). Weil sich hieraus nicht grundsätzlich die Unzulässigkeit ergibt, die Einhaltung der Anforderungen der FFH-Richtlinie oder anderer europarechtlicher Schutzregime mittels vertraglicher Maßnahmen sicherzustellen, betont der EuGH doch, dass Deutschland verpflichtet ist, sicherzustellen, dass durch Instrumente des vertraglichen Naturschutzes auch tatsächlich das erforderliche Schutzniveau erreicht wird.

5.4.7 Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen

In diesem Abschnitt wurden rechtspolitische Möglichkeiten der Förderung, Steuerung und Regelung von Moor-PV dargestellt. Dabei wurde zunächst auf die Möglichkeit eines rechtlichen Verbots der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorböden ohne damit in Zusammenhang durchgeführte Wiedervernässung eingegangen (Abschnitt 5.4.2.1). Weiterhin wurden bereits bestehende Möglichkeiten der gebietsbezogenen und konzeptionellen Steuerung von PV-Anlagen mittels raumordnungsrechtlicher und bauleitplanerischer Vorgaben erörtert (Abschnitte 5.4.4.1 und 5.4.5.2). Zur Vereinfachung der komplexen Genehmigungsverfahren mit unterschiedlichen Zuständigkeiten bietet sich die Schaffung einer einheitlichen Stelle nach dem Vorbild des § 11a WHG für Moor-PV-Vorhaben an (Abschnitt 5.4.2.4). Auch eine gesetzliche Pflicht zur Verfahrenskoordination zwischen verschiedenen beteiligten

Behörden würde zu einer Vereinfachung und besseren Abstimmung beitragen (Abschnitt 5.4.2.5).

Weiterhin wurden die unionsrechtlichen Vorgaben aufgrund der RED III dargestellt. Diese wurden vom deutschen Gesetzgeber bisher hauptsächlich in Bezug auf Windenergieanlagen umgesetzt. Für PV-Anlagen ist seitens der derzeitigen Regierung insbesondere keine Einführung von Beschleunigungsgebieten geplant (Abschnitt 5.4.3).

In Abschnitt 5.4.4 und 5.4.5 wurden weitere rechtspolitische Möglichkeiten zur Erleichterung der Errichtung von Moor-PV-Anlagen sowie der Durchführung von Wiedervernässungsvorhaben aufgezeigt. Die Möglichkeit, Moor-PV-Vorhaben im bauplanungsrechtlichen Außenbereich weitergehend als bisher zu privilegieren, wird kritisch gesehen, ebenso wie die Schaffung von Erleichterungen bei der Verwirklichung artenschutzrechtlicher Verbotstatbestände. Demgegenüber besteht in Bezug auf Wiedervernässungsvorhaben bedeutendes Vereinfachungspotenzial, etwa durch die Einführung eines gesetzlichen Vorhabenbegriffs der Wiedervernässung und die Festlegung eines Schwellenwertes, ab dem eine Planfeststellung erforderlich ist, eine gesetzliche Präzisierung des Unterhaltungsbegriffs, sowie die raumordnungsrechtliche Ausweisung von Vorranggebieten für die Moorbewässerung.

Schließlich wurden in Abschnitt 5.4.6 Möglichkeiten der vertraglichen Steuerung von Moor-PV-Vorhaben durch Flächenerwerb mittels Vorkaufsrechts sowie durch Instrumente des Vertragsnaturschutzes erläutert.

5.5 Vollzugsinstrumente im Rahmen des Bundes- und Landesrechts, insbesondere mit Blick auf Beseitigung von Nichtbefolgung und Monitoringmaßnahmen

5.5.1 Gesetzliche Regelung

Die Möglichkeit der Absicherung bestimmter Ausführungsmodalitäten, Regelungen im Fall der Nichtbefolgung, und Rückbauverpflichtungen, ist zunächst auf gesetzlicher Ebene möglich.

Etwa sah der Kabinettsentwurf der Vorgängerregierung zur Umsetzung der RED III in Bezug auf die Errichtung von PV-Anlagen in Beschleunigungsgebieten für Solarenergie vor, dass eine Errichtung auf entwässerten Moorböden nur in Zusammenhang mit einer Wiedervernässung zulässig ist, und die Wiedervernässung den Anforderungen der von der Bundesnetzagentur nach § 85c Abs. 1 S. 1 und 3 EEG erlassenen Festlegung entsprechen muss (Kabinettsentwurf vom 21.8.2024, § 6c Abs. 6 WindBG-E 2024). Vorhaben, die diesen Voraussetzungen nicht entsprechen, sind nicht genehmigungsfähig. Sofern für die Errichtung von PV-Anlagen im Einzelfall keine Baugenehmigung oder andere Zulassung erforderlich ist und der Vorhabenträger die Anlage entgegen materiellen Rechtsvorschriften errichtet, kann die Baugenehmigungsbehörde nach den jeweiligen landesrechtlichen Vorschriften einen Baustopp verhängen, die Nutzung untersagen und/oder eine Beseitigung der Anlage anordnen.

§ 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB enthält eine Regelung, wonach für privilegiert zulässige PV-Anlagen im bauplanungsrechtlichen Außenbereich als Zulässigkeitsvoraussetzung eine Verpflichtungserklärung abzugeben ist, das Vorhaben nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung zurückzubauen und Bodenversiegelungen zu beseitigen. Die Baugenehmigungsbehörde soll dies durch nach Landesrecht vorgesehene Baulast oder in anderer Weise sicherstellen.

5.5.2 Bauleitplanung

Erfolgt die Zulassung eines Vorhabens durch Aufstellung eines Bebauungsplans, kann die Gemeinde im Bebauungsplan bestimmte Modalitäten der Nutzung sowie auch Rückbauverpflichtungen festsetzen. Naturschutzrechtliche Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen einschließlich deren Monitoring setzt die Gemeinde entweder im Bebauungsplan fest oder deren Umsetzung wird durch städtebaulichen Vertrag gem. § 11 BauGB oder anderweitig gesichert.

Gem. § 135a Abs. 1 BauGB sind festgesetzte Maßnahmen zum Ausgleich im Sinne des § 1a Abs. 3 BauGB sind vom Vorhabenträger durchzuführen. Soweit Ausgleichsmaßnahmen außerhalb des Bebauungsplanumgriffs stattfinden, kann deren Umsetzung entweder durch städtebaulichen Vertrag dem Vorhabenträger auferlegt werden oder die Gemeinde führt diese gem. § 135a Abs. 2 S. 1 BauGB auf Kosten des Vorhabenträgers selbst durch. Die Durchführung durch den Vorhabenträger wird typischerweise durch vertragliche Regelungen wie ein Ersatzvornahmerecht zugunsten der Gemeinde auf Kosten des Vorhabenträgers, Vertragsstrafenregelungen, und durch dingliche Sicherungen wie Baulasten oder Dienstbarkeiten, abgesichert. Kostentragungspflichten des Vorhabenträgers werden typischerweise über Bankbürgschaften oder ähnliche Sicherheiten abgesichert.

5.5.3 Zulassungsebene

Ist für das Vorhaben eine Genehmigung in Form der wasserrechtlichen Zulassung, Baugenehmigung oder naturschutzrechtlichen Genehmigung erforderlich, können sowohl bestimmte Umsetzungsmodalitäten als auch Rückbauverpflichtungen und naturschutzrechtliche Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen einschließlich Monitoring als Auflagen oder aufschiebende Bedingungen im Zulassungsbescheid festgesetzt werden.

Der Vorhabenträger darf von der Zulassung nur nach Erfüllung etwaiger aufschiebender Bedingungen und nur nach Maßgabe der Auflagen Gebrauch machen. Andernfalls kann die zuständige Behörde nach den Vorschriften des jeweiligen Landesrechts einen Baustopp verhängen, die Nutzung untersagen und/oder eine Beseitigung der Anlage anordnen. Die Umsetzung von Vorhaben ohne die erforderliche Genehmigung – dem eine abweichend von der Genehmigung erfolgte Ausführung gleichsteht – stellt zudem nach dem jeweiligen Bundes- oder Landesfachrecht eine Ordnungswidrigkeit dar (z. B. Art. 79 Abs. 1 S. 1 Nr. 8 BayBO).

Das jeweilige Landesfachrecht regelt zudem, dass eine Sicherheitsleistung für die Erfüllung der Auflagen verlangt werden kann (z. B. § 103 Abs. 1 Nr. 2 WHG; Art. 68 Abs. 4 BayBO).

Inwieweit nach Erteilung der Zulassung nachträgliche Inhalts- und Nebenbestimmungen oder eine (Teil-)Aufhebung der Zulassung zur Vermeidung von nachteiligen Auswirkungen in Betracht kommen, ist je nach dem anzuwendenden Fachrecht und der Art der Zulassung unterschiedlich zu beurteilen:

§ 13 Abs. 1 WHG erlaubt bei wasserrechtlichen Erlaubnissen den Erlass auch nachträglicher Inhalts- und Nebenbestimmungen. § 13 Abs. 1 WHG enthält keine Einschränkung dahingehend, dass Nebenbestimmungen nur bestimmten Zwecken dienen dürfen (Czychowski & Reinhardt 2023: § 13 Rn. 7; Breuer & Gärditz 2017: 3. Kap. Rn. 835). Umfasst sind daher z. B. auch nachträgliche Nebenbestimmungen zur Sicherstellung naturschutzfachlicher Anforderungen. Daneben ist die wasserrechtliche Erlaubnis frei widerruflich (§ 18 Abs. 1 WHG), was unter anderem in Fällen der Nichtbefolgung von Auflagen in Betracht kommt, aber auch dann, wenn sich nachträglich herausstellt, dass das Vorhaben negative Auswirkungen hat, die bei Erlaubniserteilung noch nicht absehbar waren.

Bei der wasserrechtlichen Planfeststellung bzw. Plangenehmigung sind nachträgliche Nebenbestimmungen ebenso zulässig (§ 70 Abs. 1 S. 1 i.V.m. § 13 Abs. 1 WHG).

Bei der wasserrechtlichen Bewilligung sind gem. § 13 Abs. 3 WHG nachträglich nur Inhalts- und Nebenbestimmungen im Sinne von Abs. 2 Nr. 1 bis 4 zulässig. Diese beschränken sich auf wasserrechtliche Gesichtspunkte und umfassen etwa nicht nachträgliche Auflagen zur Sicherstellung naturschutzfachlicher Anforderungen. Allerdings ist bei wasserrechtlichen Genehmigungen, da diese nach pflichtgemäßem Ermessen erlassen werden, die Aufnahme eines Vorbehalts der nachträglichen Aufnahme, Änderung oder Ergänzung einer Auflage nach § 36 Abs. 2 Nr. 5 VwVfG möglich. Dadurch können nachträglich auch noch solche Auflagen gemacht werden, die nicht unter § 13 Abs. 2 Nr. 1 bis 4 WHG fallen. Indes muss ein Auflagenvorbehalt verhältnismäßig sein und es müssen konkrete Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass bestimmte Auswirkungen eintreten können, die zum Zeitpunkt der Zulassung noch nicht absehbar sind (Knopp & Müller in Sieder, Zeitler, Dahme & Knopp 2024: § 13 Rn. 51; Breuer & Gärditz 2017: 3. Kap. Rn. 849). Auflagenvorbehalte müssen zudem hinreichend bestimmt sein und festlegen, unter welchen Voraussetzungen davon Gebrauch gemacht werden kann. Ein ganz allgemein gehaltener Vorbehalt nachträglicher Auflagen für den Fall nachträglich festgestellter negativer Auswirkungen des Vorhabens ist danach unzulässig (Knopp & Müller in Sieder, Zeitler, Dahme & Knopp 2024: § 13 Rn. 52; Breuer & Gärditz 2017: 3. Kap. Rn. 853).

Die wasserrechtliche Bewilligung ist nur unter den Voraussetzungen der §§ 18 Abs. 2 WHG, 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 bis 5 VwVfG widerruflich. Für den Widerruf wasserrechtlicher Planfeststellungen und Plangenehmigungen gilt ebenfalls § 49 VwVfG. Relevant ist vor allem ein Widerruf nach § 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 VwVfG (wenn mit dem Verwaltungsakt eine Auflage verbunden ist und der Begünstigte diese nicht oder nicht innerhalb einer ihm gesetzten Frist erfüllt hat) oder Nr. 3 (wenn die Behörde aufgrund nachträglich eingetretener Tatsachen berechtigt wäre, den Verwaltungsakt nicht zu erlassen, und wenn ohne den Widerruf das öffentliche Interesse gefährdet würde).

Im Baurecht kommt der Erlass nachträglicher Anordnungen bei bestandsgeschützten baulichen Anlagen – worunter vor allem solche fallen, für die eine Baugenehmigung erteilt wurde – nur unter sehr beschränkten Voraussetzungen in Betracht, etwa wenn dies zur Abwehr von erheblichen Gefahren für Leben und Gesundheit notwendig ist (z. B. Art. 54 Abs. 4 BayBO). Auch ist ein Vorbehalt der nachträglichen Aufnahme, Änderung oder Ergänzung einer Auflage nach § 36 Abs. 2 Nr. 5 VwVfG unzulässig, da es sich bei der Baugenehmigung um eine gebundene und keine Ermessensentscheidung handelt (Greim-Diroll in BeckOK Bauordnungsrecht Bayern 2025: Art. 68 BayBO Rn. 60). Dennoch haben Gerichte in Einzelfällen die Aufnahme eines Auflagenvorbehalts aufgrund § 36 Abs. 1 VwVfG für zulässig erachtet, wenn sich bestimmte Auswirkungen eines Vorhabens zum Zeitpunkt der Entscheidung der Behörde noch nicht verlässlich abschätzen lassen und die Auflage dazu dient, sicherzustellen, dass in Anbetracht dieser Schwierigkeiten die gesetzlichen Voraussetzungen der Genehmigung erfüllt sind (BayVGh, Beschl. v. 10.12.2008, 1 CS 08.2770, BayVBl 2009, 751, Rn. 25; ebenfalls HessVGh, Beschl. v. 29.7.2005, 3 ZU 239/05, NJOZ 2005, 4552 (4559), der sich allerdings auf § 36 Abs. 2 Nr. 5 VwVfG stützt; vgl. auch Greim-Diroll in BeckOK Bauordnungsrecht Bayern 2025: Art. 68 BayBO Rn. 60). Dagegen kann der Vorbehalt späterer Auflagen nicht dazu dienen, auf nachträgliche Veränderungen oder Erkenntnisse zu reagieren oder sicherzustellen, dass die jeweiligen Zulassungsvoraussetzungen auch künftig erfüllt bleiben. Ansonsten würden die gesetzlichen Voraussetzungen der Widerrufsvorschriften umgangen (so grundsätzlich zu Verwaltungsakten, auf deren Erlass ein Rechtsanspruch besteht, BVerwG, Urt. v. 9.12.2015, 6 C

37/14, juris, Rn. 17; die Entscheidung betrifft zwar keine Baugenehmigung, ist aber auf diese übertragbar). Sind vorgenannte Voraussetzungen erfüllt, kommt die Aufnahme des Vorbehalts einer nachträglichen Auflage in die Baugenehmigung auch aus natur-, speziell aus artenschutzrechtlichen, Gründen in Betracht, sofern sich im Zeitpunkt der Genehmigung nicht verlässlich abschätzen lässt, ob Vermeidungs-, Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen ausreichend wirksam sind (so Nds. OVG, Urt. v. 10.1.2017, 4 LC 198/15, BeckRS 2017, 101711, Rn. 100 f. in Bezug auf eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung). Nicht zulässig ist es dagegen, eine im Genehmigungsverfahren an sich mögliche Sachverhaltsermittlung zu unterlassen und stattdessen vorsorglich einen Vorbehalt späterer Auflagen in die Genehmigung aufzunehmen (Ruß 2017: 605 m.w.N.).

Eine Baugenehmigung ist ebenfalls nur nach den Vorschriften der jeweiligen Landesbauordnung i.V.m. dem Landes-VwVfG widerrufbar. Relevant sind hierbei ebenfalls vor allem die vorgenannten Fälle des § 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 und 3 VwVfG bzw. des entsprechenden Landes-VwVfG. Zu beachten ist ferner, dass gem. § 49 Abs. 2 S. 2 i.V.m. § 48 Abs. 4 VwVfG der Widerruf nur innerhalb eines Jahres ab dem Zeitpunkt zulässig ist, zu dem eine Behörde von Tatsachen Kenntnis erhält, welche den Widerruf rechtfertigen.

5.5.4 Naturschutzrecht

5.5.4.1 Überwachung der Durchführung von Maßnahmen

Gem. § 17 Abs. 7 BNatSchG prüft die zuständige Behörde die frist- und sachgerechte Durchführung der Vermeidungs- sowie der festgesetzten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen einschließlich der erforderlichen Unterhaltungsmaßnahmen. Hierzu kann sie vom Verursacher des Eingriffs die Vorlage eines Berichts verlangen. Der Bericht bezieht sich nur auf die ordnungsgemäße Durchführung der Maßnahmen, nicht indes auf deren Wirksamkeit; es kann auch kein andauerndes Monitoring der Maßnahmen verlangt werden (Nds. OVG, Urt. v. 10.1.2017, 4 LC 198/15, BeckRS 2017, 101711, Rn. 99). Für die Prüfung zuständig ist die Genehmigungsbehörde, also meistens die Bau- oder Wasserbehörde. Diese kann jedoch die Naturschutzbehörde einbeziehen, wenn diese die Umsetzung der Maßnahmen fachlich besser prüfen kann (Schrader in BeckOK Umweltrecht 2025: § 17 BNatSchG Rn. 50).

§ 17 BNatSchG bietet – über die genannte Berichtspflicht hinaus – keine Rechtsgrundlage dafür, dem Vorhabenträger aufzugeben, die Durchführung, die Unterhaltung und den Erfolg selbst zu kontrollieren und der Behörde zu melden (Schrader in BeckOK Umweltrecht 2025: § 17 BNatSchG Rn. 53; Gellermann in Landmann & Rohmer 2024: § 17 BNatSchG Rn. 20). Solche Monitoring- und Meldepflichten können jedoch als Auflage in die Genehmigung aufgenommen werden (Nds. OVG, Urt. v. 10.1.2017, 4 LC 198/15, BeckRS 2017, 101711, Rn. 100; Schrader in BeckOK Umweltrecht 2025: § 17 BNatSchG Rn. 53).

5.5.4.2 Möglichkeit nachträglicher Auflagen

Sollten trotz ordnungsgemäßer Durchführung der festgesetzten Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft eintreten, ist wie folgt zu unterscheiden:

Die erteilte Zulassung (etwa Baugenehmigung oder wasserrechtliche Zulassung) entfaltet insoweit Tatbestands- und Legalisierungswirkung, als dass Eingriffe in Natur und Landschaft vom Prüfungsprogramm umfasst und zum Zeitpunkt der Zulassungsentscheidung erkennbar waren. Mit der Zulassung ist insoweit festgestellt, dass das Vorhaben mit den öffentlich-rechtlichen einschließlich naturschutzrechtlichen Vorschriften übereinstimmt (BVerwG, Urt. v.

19.12.2023, 7 C 4/22, juris, Rnrn. 16 und 18; OVG Niedersachsen, Urt. v. 5.7.2022, 12 KS 121/21, juris, Rn. 48; OVG M-V, Beschl. v. 26.6.2024, 5 KM 226/24 OVG, juris, Rn. 32; Seibert 2022: 4). Eine nachträgliche Anordnung anderer oder zusätzlicher Maßnahmen auf Grundlage des § 3 Abs. 2 BNatSchG kommt insoweit nicht in Betracht (HessVGH, Beschl. v. 17.1.2023, 2 B 48/23.T, juris, Rn. 23).

Vielmehr würde eine solche nachträgliche Anordnung eine (Teil-)Aufhebung der Genehmigung bedeuten (HessVGH, Beschl. v. 17.1.2023, 2 B 48/23.T, juris, Rn. 23). Diese ist indes nur nach Maßgabe des jeweiligen Fachrechts (Bauordnungsrecht, Wasserrecht) i.V.m. den Regelungen des VwVfG bzw. des jeweiligen Landes-VwVfG über die Rücknahme bzw. den Widerruf von Verwaltungsakten zulässig. Auf Grundlage der Vorschriften über die Rücknahme bzw. den Widerruf von Verwaltungsakten ist bei Erfüllung der darin genannten Voraussetzungen auch die nachträgliche Anordnung von Maßnahmen in Form von Nebenbestimmungen zum Verwaltungsakt möglich, da eine solche nachträgliche Anordnung ein Minus zur (Teil-)Aufhebung darstellt (VGH BW, Urt. v. 14.4.2008, 8 S 2322/07, juris, Rn. 21; VGH BW, Urt. v. 4.7.2016, 5 S 2117/16, juris, Rn. 75).

Die Rücknahme eines rechtswidrigen Verwaltungsaktes ist unter den einschränkenden Voraussetzungen des § 48 VwVfG möglich. Indes wird es sich regelmäßig nicht um einen rechtswidrigen Verwaltungsakt handeln, da im Zeitpunkt des Erlasses unter Berücksichtigung aller verfügbaren Erkenntnisse davon ausgegangen wurde, dass das Vorhaben mit naturschutzrechtlichen Vorgaben vereinbar ist.

Ein Widerruf eines rechtmäßigen begünstigenden Verwaltungsaktes ist unter den Voraussetzungen des § 49 Abs. 2 VwVfG zulässig. In Betracht kommt vor allem § 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 3 VwVfG (wenn die Behörde aufgrund nachträglich eingetretener Tatsachen berechtigt wäre, den Verwaltungsakt nicht zu erlassen, und wenn ohne den Widerruf das öffentliche Interesse gefährdet würde). Daneben kann ein Widerruf nach § 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 5 VwVfG (um schwere Nachteile für das Gemeinwohl zu verhüten oder zu beseitigen) etwa bei einem Verstoß gegen unabdingbare unionsrechtliche Vorgaben in Bezug auf den Artenschutz oder Natura-2000-Gebieten in Betracht kommen (VGH BW, Urt. v. 4.7.2016, 5 S 2117/16, juris, Rn. 47).

Die nachträgliche Anordnung von Maßnahmen bzw. die (Teil-)Aufhebung des Verwaltungsaktes müssen jeweils ermessensfehlerfrei, insbesondere verhältnismäßig, sein (VGH BW, Urt. v. 4.7.2016, 5 S 2117/16, juris, Rnrn. 71 f.). Im Rahmen der Ermessensausübung hat die Behörde wiederum das öffentliche Interesse an der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien gem. § 2 Abs. 2 EEG einzustellen, wenn etwa durch nachträgliche Anordnungen oder die (Teil-)Aufhebung die Stromproduktion nicht erfolgen kann (OVG M-V, Beschl. v. 26.6.2024, 5 KM 226/24 OVG, juris, Rnrn. 68-72).

Anders stellt sich die Situation dar, wenn es durch das Vorhaben zu Eingriffen in Natur und Landschaft kommt, die erst nach Genehmigungserteilung erkennbar werden. In diesem Fall ist der Erlass nachträglicher Anordnungen auf Grundlage von § 3 Abs. 2 BNatSchG möglich (BVerwG, Urt. v. 19.12.2023, 7 C 4/22, juris, Rn. 18; Krohn in Schlacke 2024a § 3 Rn. 41). Die Feststellungswirkung der Zulassung erstreckt sich nicht auf nachträgliche Änderungen der Sach- oder Rechtslage (BVerwG, Urt. v. 19.12.2023, 7 C 4/22, juris, Rn. 18; VGH BW, Urt. v. 4.7.2016, 5 S 2117/16, juris, Rn. 62; OVG Niedersachsen, Urt. v. 5.7.2022, 12 KS 121/21, juris, Rnrn. 40 und 48; OVG M-V, Beschl. v. 26.6.2024, 5 KM 226/24 OVG, juris, Rn. 31; jeweils zum Artenschutzrecht). Zuständig für den Erlass solcher nachträglicher Anordnungen ist die nach § 3 Abs. 2 BNatSchG zuständige Naturschutzbehörde (OVG Niedersachsen, Urt. v. 5.7.2022,

12 KS 121/21, juris, Rn. 45). Dabei hat die Behörde die Beweislast dafür, dass eine Beeinträchtigung von Natur und Landschaft unter Verstoß gegen Vorschriften des BNatSchG gegeben ist (OVG Niedersachsen, Urt. v. 5.7.2022, 12 KS 121/21, juris, Rn. 56).

Eine Einschränkung besteht jedoch insoweit, als dass nachträgliche Anordnungen aufgrund von § 3 Abs. 2 BNatSchG nicht einer (Teil-)Aufhebung der Zulassung gleichkommen dürfen. Diese ist dann wiederum nur nach den entsprechenden Vorschriften des Fachrechts für den Widerruf oder die Rücknahme der Zulassung möglich (BVerwG, Urt. v. 19.12.2023, 7 C 4/22, juris, Rn. 20; OVG Niedersachsen, Urt. v. 5.7.2022, 12 KS 121/21, juris, Rn. 47), insbesondere auf Grundlage und bei Erfüllung der Voraussetzungen des § 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 3 VwVfG (siehe vorstehend). In diesem Fall ist nicht die Naturschutzbehörde, sondern die jeweilige Genehmigungsbehörde zuständig (OVG Niedersachsen, Urt. v. 5.7.2022, 12 KS 121/21, juris, Rn. 47). Bei einem Planfeststellungsbeschluss ist ferner zu beachten, dass gem. § 75 Abs. 2 S. 1 VwVfG, wenn dieser unanfechtbar geworden ist, Ansprüche auf Unterlassung des Vorhabens, auf Beseitigung oder Änderung der Anlagen oder auf Unterlassung ihrer Benutzung ausgeschlossen sind. Insoweit kommen nachträgliche Auflagen nur in Betracht, wenn zuvor eine (Teil-)Aufhebung des Planfeststellungsbeschlusses erfolgt (VGH BW, Beschl. v. 30.6.2016, 5 S 1984/15, juris, Rn. 12).

5.5.4.3 Untersagung von Eingriffen

Wird ein Eingriff ohne die erforderliche Zulassung oder Anzeige vorgenommen, soll die zuständige Behörde nach § 17 Abs. 8 BNatSchG die weitere Durchführung des Eingriffs untersagen. Soweit nicht auf andere Weise ein rechtmäßiger Zustand hergestellt werden kann, soll sie entweder Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen oder Ersatzzahlungen nach § 15 BNatSchG oder die Wiederherstellung des früheren Zustands anordnen.

5.5.5 Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen

Dieser Abschnitt befasst sich mit den bestehenden Vollzugsinstrumenten im Bundes- und Landesrecht. Zunächst ist es möglich, gesetzlich bestimmte Ausführungsmodalitäten zu regeln und Regelungen für den Fall der Nichtbefolgung zu treffen. § 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB sieht etwa bereits Rückbauverpflichtungen für Freiflächen-PV-Anlagen vor (siehe Abschnitt 5.5.1).

Erfolgt die Zulassung eines Vorhabens durch Aufstellung eines Bebauungsplans, kann die Gemeinde im Bebauungsplan bestimmte Modalitäten der Nutzung sowie auch Rückbauverpflichtungen festsetzen (siehe Abschnitt 5.5.2). Naturschutzrechtliche Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen einschließlich deren Monitoring setzt die Gemeinde entweder im Bebauungsplan fest oder deren Umsetzung wird durch städtebaulichen Vertrag gem. § 11 BauGB oder anderweitig gesichert. Typischerweise werden für den Fall der Nichtbefolgung Vertragsstrafen geregelt und durch Bankbürgschaften oder ähnliche Sicherheiten abgesichert.

Auf Zulassungsebene können sowohl bestimmte Umsetzungsmodalitäten als auch Rückbauverpflichtungen und naturschutzrechtliche Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen einschließlich Monitoring als Auflagen oder aufschiebende Bedingungen im Zulassungsbescheid festgesetzt werden (siehe Abschnitt 5.5.3). Auch hierfür können Sicherheitsleistungen verlangt werden. Die Möglichkeit, nachträgliche Auflagen zu erlassen, divergiert je nach dem einschlägigen Fachrecht und Zulassungsverfahren (z. B. wasserrechtliche Erlaubnis, Genehmigung, Planfeststellung).

In Bezug auf das Naturschutzrecht wurden insbesondere die Möglichkeiten der Behörde erörtert, die Durchführung selbst zu überwachen oder dem Vorhabenträger Monitoring- und

Berichtspflichten aufzuerlegen (Abschnitt 5.5.4.1). Wenn es durch das Vorhaben zu Eingriffen in Natur und Landschaft oder zur Verwirklichung von Verbotstatbeständen kommt, die erst nach Genehmigungserteilung erkennbar werden, ist der Erlass nachträglicher Anordnungen auf Grundlage von § 3 Abs. 2 BNatSchG möglich. Die Feststellungswirkung der jeweiligen Zulassung erstreckt sich nicht auf nachträgliche Änderungen der Sach- oder Rechtslage (siehe Abschnitt 5.5.4.2). Eingriffe ohne die erforderliche Zulassung können seitens der Behörden untersagt werden (Abschnitt 5.5.4.3).

6 Ansätze zum regionalen sozioökonomischen Interessenausgleich im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen

6.1 Einführung

Ein zentrales Problem der Wiedervernässung bildet grundsätzlich die tatsächliche Flächenverfügbarkeit, zumal Moore immer auch Teil bzw. kausale Folge hydrologischer Systeme und systembezogener Prozesse sind. Potenzielle Auswirkungen von Wiedervernässungen (Wasserstandserhöhung) machen nicht an Zielflächen/-kulissen und selten an Maßnahmenflächen der Moor-PV-Anlagenerrichtung halt. Vielmehr sind stets, insbesondere von hydrogeologischen und moorkundlichen Verhältnissen abhängige Systeme (Einzugsgebiete und Wirkräume) in den Fokus zu nehmen. Moor-PV und parallele Wiedervernässung als Maßnahmenkombination kann und wird häufig dazu führen, dass mehr Flächen betroffen sind als im ursprünglichen Moor-PV-Planungsansatz. Zudem ist es moorökologisch und auch naturschutzfachlich eher von Vorteil, ganze (größere, hydrologisch bestimmte) Systeme wiederzuvernässen. Hier stellt sich die wesentliche Frage, wie man aus privatwirtschaftlichem (Betreiber/Investoren von Moor-PV) und öffentlichem Interesse die notwendige Flächenkulisse sichert, auch die Teile, die nicht unmittelbar wirtschaftlich durch Moor-PV bevorteilt werden, und somit möglichst die Wiedervernässung gesamter Torfkörper erreicht.

Zentrale Fragen des sozioökonomischen Interessenausgleichs im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen sind daher:

- Welchen Beitrag können partizipative Ansätze leisten (Abschnitt 6.2)?
- Inwieweit können Regionalentwicklungsstrategien in Richtung Energieautarkie helfen (Abschnitt 6.3)?
- Wie muss eine unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Gemeinden und der Bürger ausgestaltet werden, damit nicht nur Einzelne finanziell profitieren (Abschnitt 6.4)?
- Welche Ansätze sind hilfreich, um die erforderlichen Flächenzugriff zu sichern (Abschnitt 6.5)?
- Welche weiteren ökonomischen Steuerungs- bzw. marktbasierten Instrumentarien kommen in Frage? Was sind Vor- und Nachteile (Abschnitt 6.6)?
- Inwieweit kann und sollte Moor-PV ggf. auch als Teillösung größerer Moorwiedervernässungsvorhaben eine Rolle spielen (Abschnitt 6.7)?
- Welche Empfehlung kann gegeben werden im Hinblick auf entsprechend zielführende Ansätze („Entscheidungshilfe“) (Abschnitt 6.8)?

Die umweltfachlich vorteilhafte (teilweise oder vollständige) Wiedervernässung von Mooren greift in bestehende landwirtschaftliche Systeme ein, indem die vorher für Formen der landwirtschaftlichen Produktion (überwiegend Grünland) zur Verfügung stehenden Flächen nach einer Wiedervernässung nicht oder nur eingeschränkt der herkömmlichen und auf entwässerte Moorböden angewiesenen landwirtschaftlichen Nutzung zur Verfügung stehen. Von einer landwirtschaftlichen Nutzung profitieren über die Agrarproduktion und die Erlöse (Wertschöpfung) aber die Landnutzer/-nutzerinnen und über Pachteinahmen die Landeigentümer/-eigentümerinnen, insofern nicht ohnehin personelle/institutionelle Kongruenz besteht. Soweit mit Moor-PV eine vergleichsweise hohe Einnahmequelle generiert werden kann oder durch Paludikulturen zumindest die Möglichkeit eines finanziell adäquaten Ausgleichs

besteht, kann die Situation aber betriebswirtschaftlich vorteilhaft oder zumindest eher unkritisch sein. Zudem können über Ökowertpapiere (z. B. MoorFutures®, vgl. z. B. Joosten et al. 2013) oder freiwillige Programme (z. B. NABU Klima+) hier ggf. weitere Anreize gesetzt und somit zusätzliche Einkommensquellen erschlossen werden.

Auf der volkswirtschaftlichen Ebene ist die sozioökonomische Situation grundsätzlich anders zu sehen, da der Nutzen aus dem mit einer Wiedervernässung zu erreichenden Zustand ohnehin zu einer wesentlichen Steigerung/Verbesserung von maßgeblichen Ökosystemleistungen und damit gesellschaftlichem Nutzen führt (Scholz et al. 2012, Joosten et al. 2013, Mehl et al. 2013, 2018, 2022, Tiemeyer et al. 2017, Podschun et al. 2018a, b, Fischer-Bedtker et al. 2020, Johnson et al. 2025). Dass dieser Nutzen bzw. die sich daraus ergebende gesellschaftliche Aufgabe auch von der Mehrheit der Befragten (85 %) im Rahmen der bundesweiten Naturbewusstseinsstudie (BfN & BMUV 2023) so gesehen wird, sei hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Ökosystemleistungen haben überwiegend Kollektivgut-Charakter, sind zum Teil schwierig mess- und quantifizierbar und werden bei betrieblichen oder auch bei politischen Entscheidungen daher häufig nicht in einem Ausmaß berücksichtigt, das zu einem gesamtgesellschaftlich optimalen Verständnis im Hinblick auf die Aufgabe der Moorbewässerung führen würde. Zumindest auf privaten Flächen und im Hinblick auf private Nutzungen steht in fast jedem Einzelfall einer Wiedervernässung die Frage nach den potenziellen Einkommenseinbußen und ihres möglichen Ausgleichs. Idealerweise würden Nutzungsalternativen oder mögliche finanzielle Kompensationen sogar die stark akzeptanzfördernde Option auf Einkommenserhöhung eröffnen. Bei der Etablierung von Moor-PV-Anlagen besteht in dieser Hinsicht eine reale Chance, was Moor-PV dahingehend interessant macht. Latacz-Lohmann et al. (2023) konstatieren in einer Studie für Schleswig-Holstein, dass die (sonstigen) gegenwärtigen Förderinstrumentarien der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP, Stand 2023) nicht ausreichen, um die wirtschaftlichen Nachteile von Wasserstandsanhebungen auf der betriebswirtschaftlichen Ebene auszugleichen; insofern stellen sie auch keinen Anreiz für die Betriebe dar, Wiedervernässungen der Moore umzusetzen oder zuzulassen.

In empirischen Untersuchungen zeigt sich immer wieder, dass in den relevanten Regionen ohnehin starke Vorbehalte bestehen. Neben den potenziellen Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf das Landschaftsbild und die damit verbundene Erholungsfunktion (z. B. Günnewig et al. 2007, Herden et al. 2009, vgl. Abschnitt 3.5.14), mithin Faktoren, welche die gesellschaftliche Akzeptanz maßgeblich beeinflussen können, werden die konkrete Standortwahl der Anlage, deren Auswirkungen auf bestehende Landnutzungsformen sowie mögliche Beeinträchtigungen angrenzender Flächen stark diskutiert. Ebenso spielen Effekte auf Naturhaushalt und Biodiversität, die Integration und Mitwirkung unterschiedlicher Interessensgruppen, eine transparente Kommunikation über verwendete Materialien, Fragen der Verteilungsgerechtigkeit sowie geeignete Informations- und Beteiligungsformate eine gewichtige Rolle (Hilker et al. 2024).

Die immanent wichtige Herausforderung besteht jedoch in der wirtschaftlichen Nutzbarkeit wiedervernässter Flächen und damit einhergehenden Perspektiven für die lokale Bevölkerung (s. o.). Neben einzelbetrieblichen Überlegungen sind auch regionale Wertschöpfungspotenziale und die volkswirtschaftliche Dimension zu berücksichtigen (Fonkén 2014/2015, Schäfer 2016, Chamorro et al. 2021, Nordberg et al. 2021, Ulya et al. 2022, Nordt et al. 2022b, Hakim 2024). Viele Moorschutzprojekte berücksichtigen sozioökonomische Aspekte aber bislang unzureichend, was ihre Umsetzungschancen erheblich einschränken kann (Wulandari et al.

2021). Zwar liegen für die Umsetzung von Moor-PV als spezifische Form der „Wiedervernässung“ noch kaum Erfahrungen vor, aber es darf wohl angenommen werden, dass hier auch entsprechende Reserven liegen, zumal mit Verweis auf die Problematik des in der Regel größeren hydrologischen Systemzusammenhangs bei der Wiedervernässung (s. o.).

Ergänzend sind eine ganzheitliche, interdisziplinäre Betrachtung und Vermittlung des Vorhabens entscheidend für die Akzeptanzförderung und die erfolgreiche Umsetzung entsprechender Moor-PV-Vorhaben. Eine frühzeitige Einbindung lokaler Akteurinnen und Akteure wie Naturschutzverbände, der Kommunalpolitik sowie insbesondere der ansässigen Bevölkerung in den Planungsprozess bei Moorbodenschutzprojekten mittels partizipativer Ansätze ist von wesentlicher Bedeutung (Hilker et al. 2024, Kapfer & Trepel 2024, Mehl et al. 2025c).

„Bei Maßnahmen des Moorschutzes entscheidet die Akzeptanz bei den Eigentümer*innen, Flächenbewirtschafter*innen, der Bevölkerung und politischen Entscheidungsträger*innen über Erfolg oder Misserfolg der Vorhaben. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür ist, dass angrenzende Flächeneigentümer aus den Maßnahmen keine unzumutbaren Nachteile und Beeinträchtigungen haben. Parallel hierzu kann die mediale Begleitung eine wichtige Rolle spielen. Neben der transparenten Darstellung der Maßnahme und ihrer Folgen kommt einer faktenbasierten Informationsvermittlung und Öffentlichkeitsarbeit eine wesentliche Bedeutung zu. Zusätzlich ist der Moorschutz in der Kinder-, Jugend- und Erwachsenenbildung stärker zu berücksichtigen. Bildungsangebote in Sinne von „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ können hier einen ausbaufähigen Ansatz bieten.“ (BMUV 2022: 48 f.).

Welche Ansätze sich im Zusammenhang mit dem regionalen sozioökonomischen Interessenausgleich bei Moor-PV-Anlagen anbieten, wo diesbezüglich Perspektiven eröffnet werden könnten oder worin auch entsprechende Chancen bestehen könnten, das soll im Folgenden systematisch erörtert werden. Dabei stehen insbesondere die Möglichkeiten regionaler Wertschöpfung für größere Akteursgruppen im Blickpunkt, abgesehen von den ohnehin generierbaren Pachteinahmen für Flächeneigentümer und Gewerbesteuern für Gemeinden.

6.2 Partizipative Ansätze

Der Begriff „Partizipation“ leitet sich vom lateinischen *particeps* ab und verweist somit auf das Konzept der „Teilhabe“ (vgl. Spreer & Dawal 2024). In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung wird unter Partizipation jede freiwillige Handlung von Bürgerinnen und Bürgern verstanden, die darauf abzielt, politische Entscheidungen auf verschiedenen Ebenen zu beeinflussen (Kaase 1997). Diese Möglichkeit der Einflussnahme gilt als konstitutives Merkmal demokratischer Gesellschaften. Bürgerbeteiligung trägt nicht nur zur Qualität und Akzeptanz politischer Entscheidungen bei, sondern fördert auch politisches Interesse und Engagement, wodurch letztlich demokratische Strukturen gestärkt werden (IFOK & FÖV 2019).

Partizipation kann sich grundsätzlich in zwei Formen manifestieren: als reine Anwesenheit oder im Sinne einer aktiven Mitwirkung (Spreer & Dawal 2024). In partizipativen Prozessen spielen individuelle Merkmale wie persönliche Einstellungen, Präferenzen, kognitive sowie kommunikative Fähigkeiten und Vertrauen eine zentrale Rolle. Ebenso relevant sind Kontextfaktoren wie das Ausmaß der subjektiven Betroffenheit sowie die persönliche Wahrnehmung von Risiken und Chancen geplanter Veränderungen.

Partizipationsformen unterliegen einem kontinuierlichen Wandel, nicht zuletzt bedingt durch technologische Entwicklungen, die auch virtuelle Beteiligungsformate wie Videokonferenzen

und Online-Befragungen ermöglichen (Deimel 2023). Im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit wird Bürgerbeteiligung in strukturierter, informeller Weise umgesetzt, wobei Bürger beratend in Entscheidungsprozesse einbezogen werden sollen (IFOK & FÖV 2019). Die entsprechenden Leitlinien bieten praxisnahe Orientierung für Planung, Durchführung und Evaluation informeller Beteiligungsverfahren und beinhalten unter anderem eine Checkliste zur Qualitätssicherung, welche auch zur Entwicklung forschungsleitender Fragestellungen herangezogen wurde.

Ein praxisorientierter Überblick zu Methoden und Verfahren der Bürgerbeteiligung findet sich u. a. im fünfbändigen Methodenhandbuch der Akademie für Lokale Demokratie e. V. (Patz-Diordiychuk et al. 2017a, b, c, 2020; Patze-Diordiychuk & Renner 2019), das Beteiligungsprozesse anschaulich darstellt und deren erfolgreiche Umsetzung unterstützt.

Gerade im Kontext des Moorschutzes kommt partizipativen Verfahren eine herausragende Bedeutung zu (Alam 2021, Kapfer & Trepel 2024, Mehl et al. 2025c). Erfolgreiche Maßnahmen zur Wiedervernässung setzen eine aktive Mitwirkung lokaler Akteurinnen und Akteure voraus (Alam et al. 2021). Projekte, die ausschließlich top-down initiiert werden, neigen dazu, regionales Wissen und lokale Interessen unzureichend zu berücksichtigen, was sich negativ auf deren Akzeptanz und Umsetzung auswirkt (Lees et al. 2022). Insbesondere bei der Transformation landwirtschaftlicher Nutzungen – etwa im Rahmen der Einführung von Paludikulturen – ist die Partizipation von Landwirtinnen und Landwirten essenziell für einen erfolgreichen Wissenstransfer (Sari et al. 2023).

Mehl et al. (2025c) geben folgende Empfehlungen im Zusammenhang mit Partizipationsprozessen bei der Umsetzung von Moorbodenschutzkonzepten in Form wesentlicher „Botschaften (ohne Vollständigkeitsanspruch, mit starkem Fokus auf Landnutzerinnen und Landnutzer):

A) Empfehlungen im Hinblick auf Vollständigkeit und Transparenz:

- A1) Offen, informativ, transparent kommunizieren
- A2) Frühzeitig Beteiligung organisieren
- A3) Niemanden von den direkt und indirekt Betroffenen im Partizipationsprozess ignorieren oder vergessen

B) Empfehlungen im Hinblick auf Interessenlage, Bedarf und Bedürfnisse:

- B1) Die Interessen der Beteiligten analysieren
- B2) Auf Belange und Bedürfnisse der Beteiligten eingehen und ggf. Anreize setzen

C) Empfehlungen im Hinblick auf Zielstellungen:

- C1) Zielgerichtet beteiligen
- C2) Auf klare Ziele und hohe Qualität des Beteiligungsverfahrens achten

D) Empfehlungen im Hinblick auf Formate und Neutralitätsgebote:

- D1) Die richtigen Beteiligungsformate wählen
- D2) Strikt neutrale und unabhängige Mediation und Moderation durchführen

E) Empfehlungen im Hinblick auf umweltfachliche Anforderungen und Verfahrensfragen:

- E1) Unbedingt Nachnutzungsmöglichkeiten wiedervernässter Moore in den Blick nehmen bzw. ggf. eigentumsrechtliche und alternative Lösungen entwickeln
- E2) Rechtssichere und praktikable Lösungen bei Moorbodenschutzkonzepten im Hinblick auf NATURA 2000- und WRRL-Anforderungen finden
- E3) Chancen der Flurneuordnung im Hinblick auf Interessenausgleich, Sicherung der Eigentumsverfügbarkeit sowie Verfahrensvereinfachung und -beschleunigung nutzen
- E4) Auf notwendige und möglichst optimale Informations- und Wissensvermittlung achten
- E5) Von guten Lösungen lernen

F) Empfehlungen im Hinblick auf den Mitteleinsatz sowie Begleit- und Evaluationsforschung:

- F1) Begleit- und Evaluationsforschung fördern und etablieren
- F2) Ausreichende finanzielle (und/oder personelle) Ressourcen für die partizipative Begleitung zur Verfügung stellen

Bei erfolgreicher Partizipation stehen Akzeptanzfaktoren im Raum, die maßgeblich über die Akzeptanz bei Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie beitragen. Dies sind zuvorderst a) positive wirtschaftliche Auswirkungen vor Ort, b) eine positive Einstellung zur Energiewende insgesamt, c) hohes Vertrauen in die am Planungsprozess beteiligten Personen, d) die bestmögliche Vermeidung oder Minderung negativer Wirkungen auf Natur und Menschen sowie e) die vorhandene positive Meinung anderer (soziale Norm) (Hübner et al. 2020).

6.3 Regionalentwicklungsstrategien in Richtung Energieautarkie

Gerade auch im Hinblick auf Moor-PV-Anlagen und den partizipativen Ansatz ist es geboten, den seit Jahren zu verzeichnenden Trend zu energieautarken Regionen und vor allem den Trend zur dezentralen Energieversorgung, vor allem durch Bürgerenergieprojekte (Abschnitt 6.4.2), in den Blick zu nehmen. Vielfach wird Energieautarkie angestrebt, wobei folgende Abstufungen relevant sind (McKenna et al. 2014, 2015):

1. Tendenzielle Energieautarkie: Es bestehen Bestrebungen in Richtung einer dezentralen Energieversorgung, ohne dass vollständige Autarkie ausdrücklich als Ziel definiert wird – ein Ansatz, der auf viele Bürgerenergieprojekte zutrifft.
2. Bilanzielle Energieautarkie: Die Region erzeugt über das Jahr hinweg so viel Energie, wie sie selbst verbraucht. Dabei wird weiterhin die überregionale Netzinfrastruktur (Strom, Gas, Wärme usw.) genutzt, um zeitliche Schwankungen zwischen Erzeugung und Bedarf auszugleichen. Dieser Ansatz wird auch als „weiche“ Form der Autarkie bezeichnet.
3. Vollständige Energieautarkie: Die Region ist energetisch vollständig von ihrer Umgebung unabhängig und versorgt sich dauerhaft und vollständig selbst mit Energie. Diese Form wird auch als leistungsbezogene, strenge oder starke Autarkie bezeichnet.

Energieautarkie stellt eine Befriedigung der lokalen Energienachfrage durch lokale Quellen dar, die in ihrem Ausmaß für jeden Einzelfall nach folgenden Kriterien festgelegt und gemessen werden können (McKenna et al. 2015) und somit eine hohe Partizipation der lokalen/regionalen Bevölkerung ermöglichen:

- Grad der Versorgung durch lokale Quellen und Definition der Systemgrenze
- Grad der Einbeziehung verschiedener Energieträger, bspw. Strom und Wärme
- Grad der Einbeziehung verschiedener Branchen und Anwendungen
- Grad der Nutzung des überlokalen Energienetzes
- Grad der lokalen Finanzierung der Infrastruktur
- Grad der lokalen Vermarktung
- Anteil der Erneuerbaren Energien
- Zeithorizont

Nicht unerwähnt sollte aber auch bleiben, dass bezüglich der Energieautarkie auch drei wesentliche technische Gegenargumente gesehen werden müssen: (1) der Größendegressions-effekt (höhere Kosteneffizienz/Kostendegression bei Verbundlösungen bzw. -systemen in größeren Räumen), (2) der Glättungseffekt (mehr Ausgleichsmöglichkeiten für fluktuierende Einspeisungen erneuerbarer Energien in größeren Verbundsystemen) und (3) die Versorgungssicherheit (in größeren Systemen tendenziell höhere Sicherheit einer steten Versorgung) (McKenna et al. 2015).

6.4 Unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Gemeinden und der Bürger

6.4.1 Finanzielle Beteiligung der Gemeinden an den Erträgen von Freiflächen-Solaranlagen (EEG-Vorgaben)

Zur finanziellen Beteiligung der Gemeinden an den Erträgen von Freiflächen-Solaranlagen bestimmt § 6 EEG 2023:

„(1) Anlagenbetreiber sollen Gemeinden, die von der Errichtung ihrer Anlage betroffen sind, finanziell beteiligen. Zu diesem Zweck dürfen folgende Anlagenbetreiber den Gemeinden, die von der Errichtung ihrer Anlage betroffen sind, Beträge durch einseitige Zuwendungen ohne Gegenleistung anbieten:

- 1. Betreiber von Windenergieanlagen an Land nach Maßgabe von Absatz 2 und*
- 2. Betreiber von Freiflächenanlagen nach Maßgabe von Absatz 3.*

(2) Bei Windenergieanlagen an Land dürfen den betroffenen Gemeinden Beträge von insgesamt 0,2 Cent pro Kilowattstunde für die tatsächlich eingespeiste Strommenge und für die fiktive Strommenge nach Nummer 7.2 der Anlage 2 angeboten werden, wenn die Anlage eine installierte Leistung von mehr als 1 000 Kilowatt hat. Als betroffen gelten Gemeinden, deren Gemeindegebiet sich zumindest teilweise innerhalb eines um die Windenergieanlage gelegenen Umkreises von 2 500 Metern um die Turmmitte der Windenergieanlage befindet. Befinden sich in diesem Umkreis Gebiete, die keiner Gemeinde zugehörig sind (gemeindefreie Gebiete), gilt für diese Gebiete der nach Landesrecht jeweils zuständige Landkreis als betroffen. Sind mehrere Gemeinden oder Landkreise betroffen, müssen die Anlagenbetreiber, wenn sie sich

für Zahlungen nach Absatz 1 entscheiden, allen betroffenen Gemeinden oder Landkreisen eine Zahlung anbieten. Im Fall des Satzes 4 ist die Höhe der angebotenen Zahlung pro Gemeinde oder Landkreis anhand des Anteils ihres jeweiligen Gemeindegebiets oder des jeweiligen gemeindefreien Gebiets an der Fläche des Umkreises der Anlage im Bundesgebiet aufzuteilen, so dass insgesamt höchstens der Betrag nach Satz 1 angeboten wird. Lehnen eine oder mehrere Gemeinden oder Landkreise eine Zahlung ab, kann der auf die ablehnenden Gemeinden oder Landkreise entfallende Betrag auf die Gemeinden oder Landkreise verteilt werden, die einer Zahlung zugestimmt haben. Im Fall des Satzes 6 erfolgt die Aufteilung des Betrags auf die Gemeinden oder Landkreise, die einer Zahlung zugestimmt haben, anhand des Verhältnisses der Anteile der Gemeindegebiete oder gemeindefreien Gebiete an der Gesamtfläche des Umkreises im Bundesgebiet zueinander

(3) Bei Freiflächenanlagen dürfen den betroffenen Gemeinden Beträge von insgesamt 0,2 Cent pro Kilowattstunde für die tatsächlich eingespeiste Strommenge angeboten werden. Als betroffen gelten Gemeinden, auf deren Gemeindegebiet sich die Freiflächenanlagen befinden. Befinden sich die Freiflächenanlagen auf gemeindefreien Gebieten, gilt für diese Gebiete der nach Landesrecht jeweils zuständige Landkreis als betroffen. Im Übrigen ist Absatz 2 Satz 4 bis 7 entsprechend anzuwenden.“ (§ 6 EEG 2023)

Darüber hinaus ermächtigt § 22b Abs. 6 EEG 2023 die Bundesländer, eigene Maßnahmen zur Bürgerbeteiligung bzw. zur Förderung der Akzeptanz zu entwickeln und umzusetzen (s. u.).

6.4.2 Unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Bürger (Umsetzungsmöglichkeiten)

Ein Energieprojekt unter Beteiligung der Bürger hat das Potenzial, zwei- bis dreifach höhere ökonomische Effekte als ein rein privates Projekt durch lokale/regionale Dienstleistungen und mehr Arbeitsplätze sowie entsprechende Einkünfte zu generieren (Abb. 18). Bei einem reinen privaten Energieprojekt sind entsprechende Effekte auch möglich, aber nicht garantiert.

Ein Bürgerprojekt bringt der Region mindestens doppelt so viel ein

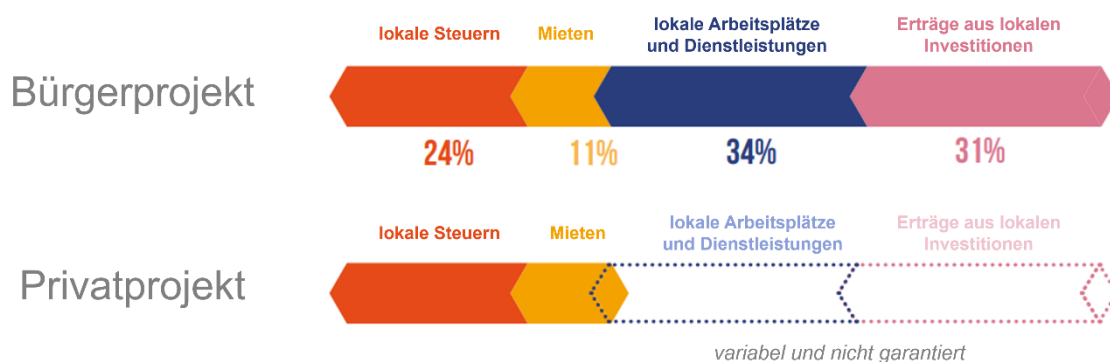


Abb. 18: Regionalökonomische Vorteile eines Bürgerprojekts – Zwei- bis dreifach höhere Effekte als ein rein privates Projekt durch lokale/regionale Leistungen und mehr Arbeitsplätze sowie entsprechende Einkünfte, Grafik übersetzt/geändert nach Énergie Partagée Investissement (2019)

Das EEG 2023 eröffnet in dieser Hinsicht die explizite Möglichkeit zur Bildung von „Bürgerenergiegesellschaften“, um von den Vergütungen nach dem EEG partizipieren zu können. „Bürgerenergiegesellschaft“ ist gemäß § 3 lit. 15 EEG demnach „jede Genossenschaft oder sonstige Gesellschaft,

- a) die aus mindestens 50 natürlichen Personen als stimmberechtigten Mitgliedern oder stimmberechtigten Anteilseignern besteht,
- b) bei der mindestens 75 Prozent der Stimmrechte bei natürlichen Personen liegen, die in einem Postleitzahlengebiet, das sich ganz oder teilweise im Umkreis von 50 Kilometern um die geplante Anlage befindet, nach dem Bundesmeldegesetz mit einer Wohnung gemeldet sind, wobei der Abstand im Fall von Solaranlagen vom äußeren Rand der jeweiligen Anlage und im Fall von Windenergieanlagen von der Turmmitte der jeweiligen Anlage gemessen wird,
- c) bei der die Stimmrechte, die nicht bei natürlichen Personen liegen, ausschließlich bei Kleinstunternehmen, kleinen oder mittleren Unternehmen nach der Empfehlung 2003/361/EG der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (ABl. L 124 vom 20.5.2003, S. 36) oder bei kommunalen Gebietskörperschaften sowie deren rechtsfähigen Zusammenschlüssen liegen, und
- d) bei der kein Mitglied oder Anteilseigner der Gesellschaft mehr als 10 Prozent der Stimmrechte an der Gesellschaft hält,

wobei mit den Stimmrechten nach Buchstabe b in der Regel auch eine entsprechende tatsächliche Möglichkeit der Einflussnahme auf die Gesellschaft und der Mitwirkung an Entscheidungen der Gesellschafterversammlung verbunden sein muss, es beim Zusammenschluss von mehreren juristischen Personen oder Personengesellschaften zu einer Gesellschaft ausreicht, wenn jedes der Mitglieder der Gesellschaft die Voraussetzungen nach den Buchstaben a bis d erfüllt und es bei einer Gesellschaft, an der eine andere Gesellschaft 100 Prozent der Stimmrechte hält, ausreicht, wenn die letztere die Voraussetzungen nach den Buchstaben a bis d erfüllt...“.

Da in § 3 Nr. 15 EEG 2023 von „jeder Genossenschaft oder sonstigen Gesellschaft“ als möglicher Bürgerenergiegesellschaft gesprochen wird, soll hier kurz dem Aspekt der Wahl einer passenden Rechtsform Aufmerksamkeit geschenkt werden. Nicht jede Rechtsform eignet sich hier gleich gut, vor allem wegen Stimmrechtsverteilung, Beteiligungsstruktur und Transparenzanforderungen bzw. den folgenden Kernanforderungen für Bürgerenergiegesellschaft nach § 3 Nr. 15 EEG 2023:

1. Natürliche Personen halten mindestens 75 % der Stimmrechte
2. Stimmrechtsverteilung unabhängig von Kapitaleinlage
3. Lokaler Bezug notwendig (mindestens 75 % der Mitglieder mit Wohnsitz in regionalem Umfeld)
4. Notwendigkeit einer Projektgesellschaftsform, d. h. eigene Gesellschaft für jedes einzelne Energieprojekt

Grundsätzlich kommen von daher einige Rechtsformen in Frage, die in Tab. 97 im Hinblick auf eine Eignung für Bürgerenergiegesellschaften gemäß § 3 Nr. 15 EEG 2023 verglichen werden.

Das zeigt, dass die „Eingetragene Genossenschaft“ (eG) als Rechtsform allen anderen vorzuziehen ist, auch wenn das die Wahl einer anderen Rechtsform nicht ausschließt.

Eine Genossenschaft ist ein Zusammenschluss von natürlichen und/oder juristischen Personen (Personenvereinigung), die gemeinsam und gleichberechtigt ein Unternehmen unterhalten (genossenschaftlicher Geschäftsbetrieb). Der Zweck der Genossenschaft ist die Förderung des Erwerbs oder der Wirtschaft ihrer Mitglieder oder deren soziale oder kulturelle Belange durch den gemeinsamen Geschäftsbetrieb zu fördern (§ 1 GenG). Die eingetragene Genossenschaft ist eine juristische Person und nach § 17 GenG Formkaufmann im Sinne des Handelsrechts, das heißt, aufgrund der gewählten Gesellschaftsform automatisch Kaufmann.

Entscheidungen werden gemeinsam und demokratisch getroffen. Oberste Leitmaxime ist die gesetzlich vorgegebene Förderung der Mitglieder, die primär über Leistungsbeziehungen zwischen den Mitgliederwirtschaften (private Haushalte, Betriebe) und dem Gemeinschaftsunternehmen erfolgen soll. Insofern verfolgen Genossenschaften vorrangig ökonomische Zwecke.

Letztlich sind für die Empfehlung zur Wahl der Rechtsform einer eingetragenen Genossenschaft vor allem maßgebend 1) das demokratische Prinzip der Stimmrechtsausübung, das automatisch den EEG-Vorgaben („1 Person = 1 Stimme“) entspricht, 2) die transparente und lokal steuerbare Mitgliederstruktur, 3) die einfache Bürgerbeteiligung mit geringen finanziellen Einlagen und 4) die guten Erfahrungen, die bereits mit dieser Rechtsform in der Praxis der Bürgerenergiegesellschaften gewonnen wurden.

Mit Hilfe von Bürgerenergiegesellschaften könnte vor allem erreicht werden, dass auch Flächeneigentümer im hydrologischen Systembezug partizipieren, auch wenn ihre Flächen gar nicht direkt durch Moor-PV „überbaut“ werden. Hier ist der Gedanke eines „kollektiven Vorteils“ zu betonen. Dies könnte und sollte Moor-PV-Lösungen erleichtern oder gar Teil einer umweltfachlichen bzw. moorschutzorientierten Gesamtlösung bilden können (Abschnitt 6.7).

Tab. 97: Vergleichende Einschätzung ausgewählter Rechtsformen im Hinblick auf eine Eignung für Bürgerenergiegesellschaften gemäß § 3 Nr. 15 EEG 2023

Rechtsform	Vorteile	Nachteile	Eignung für EEG-Bürgerenergie
GbR (Gesellschaft bürgerlichen Rechts) (§§ 705–740 BGB)	Geringe Gründungskosten Einfache Struktur	Persönliche Haftung Keine Kapitaltrennung (Privat-/Gesellschaftsvermögen)	Kaum geeignet (Haftung, unklare Stimmrechte)
OHG (Offene Handelsgesellschaft) (§§ 105–160 HGB)	Einfache Gründung für Kaufleute Flexible interne Regelungen möglich	Persönliche, unbeschränkte Haftung Kapitalorientierte Stimmrechte (typisch)	Nicht geeignet ohne spezifische Satzungsanpassungen, vor allem in Richtung modifizierter, nicht-kapitelabhängiger Stimmrechte
KG (Kommanditgesellschaft) (§§ 161–177a HGB)	Möglichkeit zur Trennung von aktiven und passiven Beteiligten Kapitalbeteiligung von Bürgern als Kommanditisten	Komplementäre haften unbeschränkt Stimmrechte meist kapitalabhängig	Nicht EEG-konform ohne gravierende Satzungsänderung, vor allem in Richtung modifizierter, nicht-kapitelabhängiger Stimmrechte

Rechtsform	Vorteile	Nachteile	Eignung für EEG-Bürgerenergie
eG (eingetragene Genossenschaft) (GenG)	Demokratische Struktur (1 Mitglied = 1 Stimme) Mitgliederförderung im Zentrum Gut für breite Bürgerbeteiligung Haftungsbegrenzung	Hohes bürokratisches Niveau (Gründung, Verwaltung) Prüfpflichten (durch einen Genossenschaftlichen Prüfungsverband mit Prüfrecht)	Sehr gut geeignet
GmbH (Gesellschaft mit beschränkter Haftung) (GmbHG)	Haftungsbegrenzung Bekannt bei Investoren und Banken	Kapitalabhängige Stimmrechte (kann aber ggf. angepasst werden) Wenig Transparenz im Hinblick auf die Eigentümerstruktur	Möglich, vor allem mit modifizierten, nicht-kapitalabhängigen Stimmrechten
UG (Unternehmergesellschaft, haftungsbeschränkt) (§ 5a GmbHG)	Niedriges Startkapital (kleine Schwester der GmbH) Haftungsbeschränkung	Kapitalabhängige Stimmrechte (kann aber ggf. angepasst werden) Wenig Transparenz im Hinblick auf die Eigentümerstruktur Eingeschränkte Außenwirkung/Akzeptanz	Möglich, vor allem mit modifizierten, nicht-kapitalabhängigen Stimmrechten
GmbH & Co. KG (Zusammensetzung aus GmbH und Kommanditgesellschaft in Form einer Personengesellschaft, haftungsbeschränkt)	Kombination aus Haftungsbegrenzung und Flexibilität	Komplexe Struktur Der Kapitaleinfluss ist dominierend	Schwer umsetzbar im EEG-Kontext
AG (Aktiengesellschaft) (AktG)	Gute Beteiligungsmöglichkeiten	Hoher Gründungs- und Verwaltungsaufwand Aktienbezogene und damit kapitalabhängige Stimmrechte	Nicht geeignet (Stimmrechtsproblematik)
KGaA (Mischform: Kommanditgesellschaft auf Aktien) (§§ 278–290 AktG)	Gute Beteiligungsmöglichkeiten	Hoher Gründungs- und Verwaltungsaufwand Aktienbezogene und damit kapitalabhängige Stimmrechte	Nicht geeignet (Stimmrechtsproblematik)
Stiftung (§§ 80 ff. BGB)	Langfristige Sicherung von Zielen Unabhängig von Gesellschaftern Gemeinwohlorientierung möglich	Kein demokratisches Mitbestimmungsmodell Keine Mitgliederstruktur Stiftungsaufsicht Keine EEG-konforme Stimmrechtsstruktur	Nicht geeignet als Bürgerenergiegesellschaft

6.4.3 Rechtliche Regelungen zur finanziellen Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Gemeinden in den Bundesländern

Mehrere Bundesländer haben die in § 22b Abs. 6 EEG 2023 vorgesehene Möglichkeit genutzt und eigene, teilweise verbindliche Vorgaben zur Beteiligung von Gemeinden sowie Bürgerinnen und Bürgern eingeführt. Die länderspezifischen Regelungen unterscheiden sich inhaltlich, insbesondere in Bezug auf die Art der Beteiligung und den Kreis der Anspruchsberechtigten. Sie ergänzen jedoch die bundesweit geltenden Bestimmungen des EEG und verfolgen das Ziel, die Akzeptanz erneuerbarer Energieprojekte auf lokaler Ebene zu stärken.

Neben eigenen Recherchen wird insbesondere auf die Überblicksdarstellungen von Hasse et al. (2024) zu den landesrechtlichen Regelungen zur finanziellen Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Gemeinden (nur im Zusammenhang mit PV-Freiflächenanlagen und damit Relevanz für Moor-PV-Anlagen) zurückgegriffen. Danach stellt sich die Situation wie folgt dar:

6.4.3.1 Brandenburg

Seit dem 1. Januar 2025 ist das Photovoltaik-Freiflächenanlagen-Abgabengesetz (BbgPVAbgG) in Kraft. Es verpflichtet Betreiber von PV-Freiflächenanlagen mit einer Leistung von über 1 Megawatt, die ab dem 1. Januar 2025 in Betrieb gehen, zu einer jährlichen Zahlung an die Standortgemeinde in Höhe von 2.000 Euro pro Megawatt installierter Leistung.

Diese Abgabe gilt unabhängig vom Zeitpunkt der Genehmigung sowie der Art der Vermarktung des erzeugten Stroms (EEG oder PPA) und schließt auch besondere Anlagenformen wie Agri-Photovoltaik gemäß § 37 Abs. 1 Nr. 1 EEG ein. Die Zahlungspflicht besteht sowohl im Jahr der Inbetriebnahme als auch im Jahr der Stilllegung in voller Höhe.

6.4.3.2 Niedersachsen

Seit April 2024 regelt das Niedersächsische Gesetz zur Beteiligung von Kommunen und Bürgern an Wind- und Photovoltaikfreiflächenanlagen (NWindPVBetG) die finanzielle Teilhabe an Projekten mit einer Leistung ab 1 Megawatt. Es findet Anwendung auf alle Anlagen, deren Genehmigung nach dem 18. April 2024 erteilt wurde.

Betreiber sind verpflichtet, nicht nur einen Teil ihrer Erlöse aus dem Stromverkauf an betroffene Gemeinden abzugeben, sondern darüber hinaus auch Bürgerinnen, Bürgern und Kommunen ein separates Angebot zur finanziellen Beteiligung zu unterbreiten. Bei Nichterfüllung dieser Verpflichtungen drohen Bußgelder in Höhe von bis zu einer Million Euro bei Verweigerung und bis zu 500.000 Euro bei unzureichender Umsetzung.

Die von den Gemeinden eingenommenen Mittel sind ausschließlich für Maßnahmen zur Förderung der lokalen Akzeptanz von Windenergie- und Solarfreiflächenprojekten einzusetzen.

Für jede eingespeiste Kilowattstunde Strom ist eine Zahlung von 0,2 Cent an alle Gemeinden im Umkreis von 2,5 Kilometern der Anlage gesetzlich vorgeschrieben. Projektträger können sich diese Zahlung nach § 4 Abs. 1 NWindPVBetG vom Netzbetreiber erstatten lassen. Alternativ kann der Betreiber mit der Kommune eine freiwillige Vereinbarung nach § 6 EEG abschließen, um sich von dieser gesetzlichen Abgabe zu befreien. Die entsprechende Vereinbarung muss innerhalb eines Jahres nach Inbetriebnahme dem zuständigen Ministerium übermittelt werden.

Neben der Stromerlösbeteiligung sind Projektentwickler verpflichtet, Bürgerinnen, Bürgern und Kommunen im Umkreis von 2,5 Kilometern ein angemessenes Angebot zur finanziellen Beteiligung am wirtschaftlichen Gewinn des Projekts zu machen. Die genaue Ausgestaltung

kann frei gewählt werden, muss jedoch öffentlich über eine lokale Tageszeitung bekannt gemacht werden. Als angemessen gelten beispielsweise eine jährliche Beteiligung von 0,1 Cent pro Kilowattstunde oder eine Beteiligung an der Projektgesellschaft mit bis zu 20 Prozent – alternativ auch in Form von Schwarmfinanzierungen mit Kapitalbeteiligung. Weitere Modelle sind zulässig, jedoch lässt das Gesetz offen, inwiefern diese als angemessen bewertet werden.

Von der Verpflichtung zur zusätzlichen finanziellen Beteiligung ausgenommen sind Freiflächenanlagen mit weniger als 5 Megawatt installierter Leistung, Eigenversorgungsanlagen sowie bestimmte Bürgerenergiegesellschaften.

6.4.3.3 Saarland

Das im Juni 2024 in Kraft getretene Saarländische Gesetz zur Beteiligung von Gemeinden und Bürgern an Wind- und Solaranlagen (SGBG) orientiert sich inhaltlich am nordrhein-westfälischen Modell, bezieht jedoch sowohl Windenergie- als auch Photovoltaik-Freiflächenanlagen ein. Es gilt für alle Anlagen, die ab dem 13. Juni 2024 genehmigt wurden.

Projektentwickler sind hiernach verpflichtet, sowohl den umliegenden Gemeinden als auch Bürgerinnen und Bürgern im Umkreis von 2,5 Kilometern ein Angebot zur finanziellen Beteiligung zu unterbreiten. Dabei stehen verschiedene Beteiligungsmodelle zur Auswahl, etwa eine Zahlung gemäß § 6 EEG, eine Beteiligung an der Projektgesellschaft, der Erwerb von Anteilen oder Produkten der Anlage, vergünstigte Stromtarife und Sparmodelle, pauschale Geldzahlungen oder auch die Finanzierung einer gemeinnützigen Stiftung.

Kommt es zu keiner individuellen Vereinbarung, ist der Vorhabenträger verpflichtet, stattdessen eine jährliche Zahlung in Höhe von 0,2 Cent pro erzeugter Kilowattstunde an die betroffene Gemeinde zu leisten, entsprechend den Vorgaben des § 6 EEG. Wird auch diese Ersatzleistung nicht erbracht, greift eine erhöhte Ausgleichsabgabe von 0,8 Cent pro Kilowattstunde.

Die Kommunen müssen die erhaltenen Gelder für Maßnahmen zur Förderung der Akzeptanz von Windenergie nutzen, beispielsweise zur Aufwertung des Ortsbildes, der lokalen Infrastruktur oder zur Unterstützung von Gemeindeveranstaltungen.

6.4.3.4 Sachsen

Seit Juni 2024 regelt das Sächsische Gesetz über die Beteiligung an Erträgen aus erneuerbaren Energien (EEErtrBetG) die finanzielle Teilhabe von Kommunen an Wind- und Solarfreiflächenanlagen ab einer Leistung von 1 Megawatt. Es gilt für alle Anlagen, deren Genehmigung ab dem 1. Januar 2025 erteilt wurde.

Betreiber von Windenergieanlagen sind verpflichtet, jährlich 0,2 Cent pro eingespeister Kilowattstunde an die Gemeinden im Umkreis von 2,5 Kilometern zu zahlen. Für Betreiber von Photovoltaik-Freiflächenanlagen beträgt die verpflichtende Abgabe hingegen 0,1 Cent pro Kilowattstunde, zahlbar an die Gemeinde, auf deren Gebiet sich die Anlage befindet. Damit liegt die PV-Abgabe regelmäßig unter dem Betrag, der bei einer freiwilligen Vereinbarung nach § 6 EEG zu leisten wäre.

Anstelle der pauschalen Zahlungen kann auch eine individuelle Vereinbarung zwischen dem Projektträger und der Kommune getroffen werden. Diese gilt als angemessen, wenn ihr wirtschaftlicher Wert mindestens die Hälfte und höchstens das Doppelte der gesetzlich vorgesehenen Zahlung beträgt. Solche Vereinbarungen können zum Beispiel auf Grundlage von § 6 EEG ausgestaltet sein. Sie müssen dem zuständigen Ministerium mitgeteilt werden und dürfen

von diesem veröffentlicht werden. Auch Betreiber bereits bestehender Anlagen haben die Möglichkeit, freiwillige Beteiligungsvereinbarungen mit Gemeinden abzuschließen.

Die durch diese Regelungen erhaltenen Mittel sind von den Kommunen für Maßnahmen zur Stärkung der Akzeptanz erneuerbarer Energieprojekte einzusetzen, etwa zur Verbesserung des Ortsbildes, der Infrastruktur oder zur Förderung lokaler Veranstaltungen und sozialer Angebote.

6.5 Eigentumsverfügbarkeit sichernde Ansätze

6.5.1 Flächenankauf

Der Erwerb der benötigten Fläche stellt die dauerhafteste und verlässlichste Form einer Flächensicherung zur Umsetzung einer Moorwiedervernässung dar. Eigentümer oder Inhaber sonstiger dinglicher Rechte (z. B. durch Dienstbarkeiten) haben ansonsten die Möglichkeit, bei Schäden, z. B. infolge veränderter Grundwasserflurabstände, Ansprüche auf Schadensersatz nach § 823 BGB gegen den Verursacher geltend zu machen. Darüber hinaus steht dem Grundstückseigentümer gemäß § 1004 BGB ein Anspruch auf Beseitigung von „Störungen“ gegenüber dem sogenannten Störer zu.

Der private Grundstückseigentümer ist ebenso wie bei der dinglichen Absicherung nach Privatrecht (s. u.) zu einem Verkauf nicht verpflichtet; er muss zum einen freiwillig einwilligen und wird selbst bei vorhandener Bereitschaft im Regelfall auf einer aus seiner Sicht angemessenen Entschädigung in Form eines attraktiven Verkaufspreises bestehen. Soweit der Erwerber privatrechtlicher Natur ist, schafft hierfür eine entsprechende Kaufpreisverhandlung die Grundlage. Sollten Gemeinden oder andere öffentlich-rechtliche Institutionen auftreten, ist zu beachten, dass sie diese Grundstücke im Regelfall nicht unterhalb des Verkehrswertes verkaufen dürfen.

„Der Verkehrswert (Marktwert) wird durch den Preis bestimmt, der in dem Zeitpunkt, auf den sich die Ermittlung bezieht, im gewöhnlichen Geschäftsverkehr nach den rechtlichen Gegebenheiten und tatsächlichen Eigenschaften, der sonstigen Beschaffenheit und der Lage des Grundstücks oder des sonstigen Gegenstands der Wertermittlung ohne Rücksicht auf ungewöhnliche oder persönliche Verhältnisse zu erzielen wäre.“ (§ 194 BauGB). Der Verkehrswert wird gemäß §§ 192 ff. BauGB in Verbindung mit § 13 ff. WertV ermittelt. Hierbei spielt der Bodenrichtwert gemäß § 196 BauGB gerade bei unbebauten Grundstücken eine zentrale Rolle; vgl. auch § 13 Abs. 2 WertV.

Offenkundig gibt es aber auch Schwierigkeiten der Bewertung der Bodenpreise landwirtschaftlicher Flächen, die von Freiflächen-PV-Anlagen überbaut sind; dies gilt damit auch für Moor-PV-Anlagen. Dies gründet sich insbesondere auf dem Umstand der befristeten Genehmigung und erschwert den Ankauf von Flächen, z. B. für geplante Moorrenaturierungs- oder für entsprechende Naturschutzprojekte.

6.5.2 Entschädigungen, Grunddienstbarkeiten, beschränkte persönliche Dienstbarkeiten

Neben einem käuflichen Erwerb kommt auch eine privatrechtliche Absicherung der Ermöglichung einer Errichtung von Moor-PV-Anlagen bzw. der Wiedervernässung über dingliche Rechte in Frage. Beschränkte dingliche Rechte bestehen unabhängig vom Eigentum; sie gewähren einem Rechtsinhaber nur einen beschränkten und jeweils nach der Art des jeweiligen Rechts ausgestalteten, rechtlichen Zugriff auf eine Sache. Diese geht dann dem umfassenden Recht des Eigentümers vor. Insofern bedeuten beschränkte dingliche Rechte Belastungen des

Eigentums. Die relevanten Nutzungsrechte werden über eine Grunddienstbarkeit nach §§ 1018 ff. BGB oder eine beschränkte persönliche Dienstbarkeit nach §§ 1090 ff. BGB erreicht. Die Entstehung der beschränkten dinglichen Rechte an Grundstücken setzt voraus:

1. eine dingliche Einigung nach § 873 BGB,
2. die Anwendung der Grundlagen für Rechtsgeschäfte gemäß § 104 ff. BGB sowie
3. eine Eintragung des Rechtes in das Grundbuch (§ 873 BGB).

Der private oder öffentlich-rechtliche Grundstückseigentümer ist ebenso wie bei einem Erwerb (Flächenankauf, s. o.) nicht verpflichtet, auf das Begehren zur Bestellung einer Dienstbarkeit einzugehen; er muss zum einen freiwillig einwilligen und wird selbst bei vorhandener Bereitschaft im Regelfall auf einer aus seiner Sicht angemessenen Entschädigung bestehen. Dies wirft wiederum die Frage auf, wie dies ggf. attraktiv gestaltet werden kann.

6.5.3 Einsatz von Instrumentarien der Flurneuordnung

6.5.3.1 Verfahren nach LwAnpG oder FlurbG: Neuordnung der Eigentumsverhältnisse

Die Neuordnung der Eigentumsverhältnisse mit Hilfe von Flurneuordnungsverfahren nach §§ 1 ff. oder § 86 Flurbereinigungs-gesetz (FlurbG) bzw. in den ostdeutschen Bundesländern auch mit Bodenordnungsverfahren nach § 56 Landwirtschaftsanpassungsgesetz (LwAnpG) ist ein probates Mittel, relevante Flächen für die Umsetzung von Vorhaben der Moorwiedervernässung eigentumsrechtlich zu ordnen.

Dies setzt voraus, dass ausreichend private und/oder öffentliche Tauschflächen für den wertgleichen Ausgleich zur Verfügung stehen. Außerdem bestehen bei entsprechender Verkaufsbereitschaft häufig Möglichkeiten des Flächenerwerbs in den Flurneuordnungsverfahren (Verwendung als übergeordneter Begriff). Kaufflächen können dann zusätzlich oder alternativ in die Verfahren eingebracht werden.

Gemäß § 39 Abs. 1 FlurbG sind im Flurbereinigungsgebiet Wege, Straßen, Gewässer und andere zur gemeinschaftlichen Benutzung oder einem gemeinschaftlichen Interesse dienende Anlagen zu schaffen, soweit es der Zweck der Flurbereinigung erfordert. Sie sind gemeinschaftliche Anlagen. Hier könnten erforderliche Anlagen im Zusammenhang mit Errichtung und Betrieb einer Moor-PV-Anlage oder der damit verbundenen Wiedervernässung sinnvoll integriert werden.

6.5.3.2 Vereinfachtes Flurbereinigungsverfahren zur Landentwicklung gemäß § 86 FlurbG

Interessant und besonders zielführend erscheint der mögliche Rückgriff auf das vereinfachte Flurbereinigungsverfahren zur Landentwicklung gemäß § 86 FlurbG: „(1) Ein vereinfachtes Flurbereinigungsverfahren kann eingeleitet werden, um

1. Maßnahmen der Landentwicklung, insbesondere Maßnahmen der Agrarstrukturverbesserung, der Siedlung, der Dorferneuerung, städtebauliche Maßnahmen, Maßnahmen des Umweltschutzes, der naturnahen Entwicklung von Gewässern, des Naturschutzes und der Landschaftspflege oder der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes zu ermöglichen oder auszuführen,
2. Nachteile für die allgemeine Landeskultur zu beseitigen, die durch Herstellung, Änderung oder Beseitigung von Infrastrukturanlagen oder durch ähnliche Maßnahmen entstehen oder entstanden sind,

3. Landnutzungskonflikte aufzulösen oder
4. eine erforderlich gewordene Neuordnung des Grundbesitzes in Weilern, Gemeinden kleineren Umfanges, Gebieten mit Einzelhöfen sowie in bereits flurbereinigten Gemeinden durchzuführen.“

Die Errichtung von Moor-PV-Anlagen sollte, vor allem unter dem Aspekt der Moornieder-vernässung, die Kriterien erfüllen, welche nach den Ziffern 1, 2, 3 oder 4 des § 86 Abs. 1 FlurbG erfüllt sein müssen. Die Möglichkeit, dass das vereinfachte Flurbereinigungsverfahren auch eingeleitet werden kann, wenn ein Träger von Maßnahmen nach Abs. 1 die Flurbereinigung beantragt, ist besonders hervorzuheben. Dies könnte somit der spätere Betreiber einer Moor-PV-Anlage selbst tun.

Das Verfahren bietet eine Reihe von weiteren Vorteilen, u. a. ist es schlanker im Vergleich zur regulären Flurbereinigung – weniger formaler Aufwand. Es ist besonders geeignet für kleinere Projekte mit überschaubarem Gebietsumfang, die Bodenordnung wird nur insoweit durchgeführt, wie es zur Umsetzung der Maßnahme erforderlich ist, Flurstücke können in der Regel bestehen bleiben, wenn sie die Ziele nicht gefährden sowie Genehmigungen und Zustimmungen o. ä. können vereinfacht oder gebündelt erfolgen.

6.5.3.3 Freiwilliger Landtausch gemäß §§ 103a ff. FlurbG

Der freiwillige Landtausch ist eine alternative Möglichkeit, das Eigentum an relevanten Flächen zu sichern. Die Betonung liegt auf „Freiwilligkeit“, weshalb dies die entsprechende Bereitschaft bzw. das Einverständnis des bisherigen Flächeneigentümers voraussetzt. Die Vorteile der Eigentumssicherung sind bereits oben beschrieben.

Im ländlichen Raum kann rechtlich auf §§ 103 a ff. FlurbG bzw. in den ostdeutschen Bundesländern auch auf § 54 LwAnpG in Verbindung mit den §§ 103 a ff. FlurbG zurückgegriffen werden:

- „Der freiwillige Landtausch ist ein durch die Flurbereinigungsbehörde geleitetes Verfahren, in dem im Einverständnis der betroffenen Rechtsinhaber ländliche Grundstücke getauscht werden. Auf den freiwilligen Landtausch finden die Vorschriften über die Flurbereinigung sinngemäß Anwendung, soweit sich nicht aus dem Zweck des freiwilligen Landtausches und den §§ 103c bis 103i Abweichungen ergeben.“ (§ 103b Abs. 1 FlurbG).
- „Die Eigentümer der Tauschgrundstücke (Tauschpartner) vereinbaren den freiwilligen Landtausch unter Berücksichtigung der Nutzungsart, Beschaffenheit, Güte und Lage der Flächen. Sie beantragen dessen Durchführung bei der Flurneuordnungsbehörde.“ (§ 54 Abs. 2 LwAnpG).

6.6 Ökonomische Steuerungs- bzw. marktbasierte Instrumente

6.6.1 Ökonomische/betriebswirtschaftliche Anreize gemäß EEG 2023

Der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf dauerhaft wiedervernässten Moorflächen wird seit der EEG-Novelle 2023 gezielt gefördert (§ 37 Abs. 1 Nr. 3 lit. e i.V.m. § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 lit. e EEG 2023). Zusätzlich wird dieser Anlagentyp durch einen erhöhten Vergütungssatz nach § 48 Abs. 1b EEG besonders angereizt.

Während die Profitabilität als betriebswirtschaftliche Kenngröße sich auf den Gewinn in Bezug auf den Umsatz bezieht, misst Rentabilität den Gewinn in Bezug auf das eingesetzte Kapital. Für beide Kennwerte ist der Gewinn entscheidend, für den die Höhe der Einspeiseerträge oder

ggf. auch die Einsparung bei Eigenverbrauch des erzeugten PV-Stroms im Vergleich zu den notwendigen Kosten entscheidend ist. Von daher bestehen durch das EEG 2023 ökonomische bzw. betriebswirtschaftliche Anreize im Hinblick auf die Profitabilität und im Hinblick auf die Rentabilität, die auf der Einnahmenseite wie folgt bestehen:

- feste Einspeisevergütung, abhängig von der installierten Anlagengröße (bis 1.000 kWp), gemäß §§ 21 und 48 EEG 2023 oder
- Vergütung entsprechend den Ergebnissen von Ausschreibungen, in denen Gebots- und Höchstwerte auf Grundlage von § 29 EnWG sowie § 85a EEG durch die Bundesnetzagentur definiert werden.

Für Moor-PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von über 1 Megawatt, wie sie in der Praxis häufig realisiert werden, erfolgt die Förderung über die sogenannte gleitende Marktprämie (bzw. das „Marktprämienmodell“). Diese orientiert sich an den Marktmechanismen und gleicht die Differenz zwischen dem sogenannten „anzulegenden Wert“ (festgelegt durch den Zuschlagswert in den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur - BNetzA) und dem jeweils aktuellen monatlichen Marktwert Solar (dem durchschnittlichen Börsenpreis für Solarstrom, veröffentlicht durch die BNetzA) aus.

Besondere Bedeutung kommt dabei dem Umstand zu, dass Moor-PV-Anlagen als besondere Anlagen im Sinne von § 48 Abs. 1 EEG eingestuft sind. Moor-PV-Anlagen bekommen zunächst gemäß § 38b Abs. 1 S. 2 und 3 EEG 2023 einen festen Zuschlag von $0,5 \text{ Ct kWh}^{-1}$ auf den erfolgreichen Gebotswert, um zusätzliche Kosten zu kompensieren. Zusätzlich sieht § 48 Abs. 1b EEG eine weitere Erhöhung des anzulegenden Werts vor und zwar je nach Differenz zwischen dem Höchstwert im Untersegment für besondere Solaranlagen und dem allgemein anzulegenden Wert. Diese Sonderregelung ermöglicht einen potenziell höheren anzulegenden Wert und führt damit zu einem erhöhten finanziellen Ertrag über die Marktprämie, sofern der Marktwert Solar unter dem Zuschlagswert liegt. Das erhöht die Wettbewerbsfähigkeit solcher Anlagen in Ausschreibungen der BNetzA. Sie können also mit höheren Geboten teilnehmen und haben insofern grundsätzlich bessere Chancen auf einen Zuschlag.

Die Förderung über das Marktprämienmodell erfolgt in mehreren Schritten:

1. Direktvermarktung des Stroms: Der erzeugte Strom wird nicht mehr pauschal an den Netzbetreiber verkauft, sondern vom Anlagenbetreiber am Strommarkt vermarktet, entweder direkt oder über einen spezialisierten Direktvermarkter. Dies kann über die Strombörse oder bilaterale Verträge erfolgen.
2. Festlegung des anzulegenden Werts: Der sogenannte „anzulegende Wert“ bildet die Grundlage für die Förderhöhe. Bei Ausschreibungsanlagen entspricht dieser Wert dem erfolgreichen Gebotswert (z. B. $8,5 \text{ ct/kWh}$). Für kleinere Anlagen, die keiner Ausschreibungspflicht unterliegen, wird ein gesetzlich festgelegter Wert zugrunde gelegt.
3. Ermittlung des monatlichen Marktwerts: Der Marktwert ist der durchschnittliche Börsenpreis für Strom aus der jeweiligen Technologie (z. B. Solarenergie) und wird monatlich von der Bundesnetzagentur veröffentlicht. Er bildet die Basis für die Berechnung der Marktprämie.
4. Berechnung der Marktprämie: Die Marktprämie ergibt sich aus der Differenz zwischen dem anzulegenden Wert und dem jeweils geltenden Marktwert, Beispiel: Anzulegender Wert: $8,5 \text{ ct/kWh}$, Marktwert (März): $6,0 \text{ ct/kWh}$, → Marktprämie: $2,5 \text{ ct/kWh}$.

5. Zusammensetzung der Einnahmen: Der Betreiber erzielt seine Einnahmen aus zwei Quellen: 1) dem Erlös aus dem Stromverkauf am Markt, und 2) der monatlich angepassten Marktprämie, die vom Netzbetreiber gezahlt wird.
6. Dynamischer Fördermechanismus: Das Modell reagiert flexibel auf Marktentwicklungen: Steigen die Börsenstrompreise, sinkt die Marktprämie. Die Förderleistung reduziert sich. Fallen die Marktpreise, steigt die Marktprämie. Der Betreiber wird vor Ertragseinbrüchen geschützt.

Durch die gleitende Ausgestaltung der Marktprämie schafft das Modell einerseits Anreize zur marktgerechten Einspeisung erneuerbarer Energien, andererseits wird durch die ergänzende Prämienzahlung ein Mindestniveau an Wirtschaftlichkeit für die Betreiber gesichert. Diese Kombination aus Marktorientierung und Risikopuffer soll für Investoren und/oder Betreiber ökonomisch vorteilhaft sein.

Allerdings erscheinen vielen Marktteilnehmern aktuell die Mehrkosten bzw. wirtschaftlichen Risiken im Hinblick auf erhöhte Anforderungen an Bau und Betrieb von Moor-PV-Anlagen gegenüber „normalen“ Freiflächen-PV-Anlagen und insbesondere die Unsicherheiten bezüglich der zu garantierenden Wiedervernässung offensichtlich als zu hoch. Gerade, da es (noch) nicht verboten ist, Freiflächen-PV-Anlagen auch auf entwässerten Mooren zu bauen, scheint insofern der finanzielle Anreiz des EEG 2023 in der Regel aktuell (noch) nicht ausreichend zu sein. Eine große Rolle dürfte auch spielen, dass der Überbau von Ackerflächen durch PV-Anlagen im Rahmen der naturschutzfachlichen Ausgleichs-/Kompensationsverpflichtungen nach § 13 ff. BNatSchG monetär günstiger für Investoren ist als der gleichartige Überbau von Grünland. Demnach liegen hier auch Anpassungsreserven in den auf Bundesebene und auf Länderebene angewandten Verfahren zur naturschutzfachlichen Eingriffsregelung – die Methoden widerspiegeln schlicht nicht, dass sich bei Installation von Moor-PV-Anlagen nach dem EEG 2023 der umweltfachliche und insbesondere auch der naturschutzfachliche Zustand in der Regel deutlich verbessern dürfte.

6.6.2 Ausgleichsmaßnahmen oder Ersatzzahlungen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung

§ 13 BNatSchG bestimmt: „Erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind vom Verursacher vorrangig zu vermeiden. Nicht vermeidbare erhebliche Beeinträchtigungen sind durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen oder, soweit dies nicht möglich ist, durch einen Ersatz in Geld zu kompensieren.“ Dieser allgemeine Grundsatz des Naturschutzes zielt vor allem darauf ab, vorrangig erhebliche Beeinträchtigungen anthropogener Art (nach dem Verursacherprinzip) zu vermeiden, nicht vermeidbare Beeinträchtigungen durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen (Naturalkompensation) oder (nachrangig) in Geld zu kompensieren (Gellermann in Landmann/Rohmer Umweltrecht BNatSchG § 13 Rn. 3, 7-12). Hiervon auch erfasst werden sogenannte „Ökopunktekten“. Den Rechtsrahmen für eine hiermit verbundene Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen im Sinne von Flächenpools bzw. Ökokonten bestimmt § 16 BNatSchG.

Dem Vorhabenträger sind frühzeitige Abstimmungen mit den Naturschutzbehörden zu den Details des Ausgleichs oder Ersatzes von Eingriffen anzuraten. Eventuell ist es möglich, durch das Gesamtvorhaben erfolgende Eingriffe gegen die positiven ökologischen Wirkungen im Sinne einer ökologischen Gesamtbilanz gegenzurechnen (siehe dazu auch Abschnitt 5.3.2.4). Eine ausdrückliche Klarstellung, wonach bei der Betrachtung von Eingriffen und Ausgleichs-/Ersatzmaßnahmen eine solche ökologischen Gesamtbilanz in Betracht zu ziehen ist, durch

Gesetz oder im Rahmen von Kompensationsverordnungen könnte die Umsetzung von Moor-PV-Projekten vereinfachen und die Wirtschaftlichkeit erhöhen.

6.6.3 Vergütung von Ökosystemleistungen, Einsatz von Ökowertpapieren, freiwilligen Anreizsystemen, Klimazertifikaten o. ä.

Eine unzureichende Berücksichtigung der Ökosystemleistungen (bzw. eine fehlende Anreizsituation) hat im Rahmen der Bewirtschaftung von Moorböden zur Degradierung dieser Ökosysteme und ihrer Biodiversität beigetragen (Johnson et al. 2025). Bei den Bewirtschaftungsentscheidungen von Marktakteuren stehen vor allem betriebswirtschaftliche Kalküle und damit unter den bestehenden Rahmenbedingungen die Produktion von Nahrungsmitteln, ggf. auch von marktfähigen Rohstoffen im Vordergrund. Der gesellschaftliche Nutzen regulierender und kultureller Ökosystemleistungen, die häufig reine oder unreine öffentliche Güter darstellen, wird in privatwirtschaftlichen Kalkülen hingegen nur unzureichend berücksichtigt.

Von daher könnte ein Moor-PV-Anlagenbetreiber, der Landwirtschaftsbetrieb (oder der Flächeneigentümer) z. B. für die Minderung der Treibhausgasfreisetzung (i. d. R. als CO₂-Äquivalente bewertet) im Zusammenhang mit der Moorbiedervernässung noch ein zusätzliches Einkommen generieren, z. B. über freiwillige CO₂-Zertifikate, freiwillige Treibhausgas-Zertifikate oder als jährliche Prämienzahlung für die Treibhausgas-Reduktion. Auch bei anderen Ökosystemleistungen sind solche Modelle denkbar und es bestehen hierzu etablierte Verfahren, z. B. neben dem Rückhalt von Treibhausgasen in Mooren auch Stoffrückhaltung, Abflussregulation und Ästhetik/Erholungsfunktion (Joosten et al. 2013, Mehl et al. 2025). Entsprechende monetäre Ausgleichszahlungen an Bewirtschafter werden u. a. auch im Kontext klimafreundlichen Bodenmanagements empfohlen (Siemons et al. 2025).

Grundsätzlich könnte eine ökonomisch attraktive Vergütung von Ökosystemleistungen mit öffentlichen oder privaten Mitteln oder ggf. auch in einer Mischform erfolgen. Auch Klima- oder Biodiversitätszertifikate können freiwillig oder verpflichtend ausgestaltet sein. Problematisch ist, dass wirklich wegweisendes staatliches Handeln hier fehlt. Es mangelt an rechtlichen und inhaltlichen Ausgestaltungen, welche einen klaren Rahmen für entsprechende Pflichtmärkte setzen und auch für den freiwilligen Markt mehr Fach- und Rechtssicherheit schaffen.

Bei Vergütungen und gezielten Finanzhilfen könnte sowohl auf die Vorteile der Wiedervernässung des Moores als auch auf die Vorteile bei Kombination mit Paludikulturen oder auch auf beides fokussiert werden. Von den bei Schäfer et al. (2022) für Paludikulturen vorgeschlagenen Instrumentarien wären folgende auch in diesem Kontext zielführend:

- Einrichtung eines (zunächst nationalen) Emissionshandelssystems für Treibhausgasemissionen aus Mooren
- Einführung eines Bonus-Malus-Systems aus 20 Jahre nach Wiedervernässung laufenden Klimaschutzprämie und einer CO₂-Steuer für entwässerungsbedingte landwirtschaftliche Moornutzung nach dem Jahr 2040
- Etablierung eines Moorklimaschutzfonds (zur Finanzierung von Wiedervernässungsmaßnahmen); im Rahmen des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz gibt es hier zwar eine Grundlage, aber die bestehenden Förderprogramme sind für Moor-PV-Anlagen ungeeignet (vgl. Abschnitt 6.6.6)

Der zusätzliche Einsatz von entsprechenden Instrumentarien, ganz besonders bei privatwirtschaftlicher Grundlegung, sollte für Moor-PV-Anlagen fördertechnisch möglich und rechtlich

zulässig sein (EEG-Bestimmungen). Insoweit die unmittelbaren Maßnahmenflächen für eine Moor-PV-Anlage und weitere Vernässungsflächen (vor allem wegen gegebener hydrologischer Systemzusammenhänge) klar getrennt betrachtet werden können, wäre das für nicht direkt von Moor-PV-Anlagen betroffene Maßnahmenflächen unproblematisch, aber auch für die Moor-PV-Anlagenfläche sollte das in der Regel zulässig sein.

6.6.4 Förderung des Anbaues von Paludikulturen

Durch die gemäß § 85c Abs. 1 Satz 2 EEG 2023 zulässige Kombination von Moor-PV-Anlagen mit einer Paludikulturnutzung eröffnet sich eine zusätzliche Möglichkeit der Einkommenserzielung, soweit nicht Ausschlussgründe vorliegen (vgl. umfangreiche Darstellungen zu Paludikulturen in Abschnitt 3.7). Hieraus ergeben sich Einnahmemöglichkeiten für den Flächenbewirtschafter durch die landwirtschaftliche Wertschöpfung (und den Flächeneigentümer über Pachtzahlungen).

Als wahrscheinlichste Form der Paludikulturnutzung unter Moor-PV-Anlagen sind extensive Moorbeweidungsverfahren zu erwarten bzw. sinnvoll (vgl. z. B. LM M-V 2017, Kapfer & Trepel 2024). Ökonomisch interessant wird es für Landnutzerinnen und Landnutzer derzeit vor allem, wenn zusätzlich auf Förderprogramme wie z. B. die Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) auf Länderebene zurückgegriffen werden kann (näheres s. Abschnitt 6.6.5, weitere thematisch relevante Ausführungen in den Abschnitten 6.6.6 und 6.7).

Soweit dies nicht ausdrücklich in Förderbestimmungen ausgeschlossen wird, wären daher entsprechende Programme zur Förderung von Paludikulturen zu prüfen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit geht aber die voraussichtlich kommende, sogenannte „Palu-Richtlinie“ des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit genau in diese Richtung: Umsetzung von Paludikultur, d. h. Förderung der Landbewirtschafterinnen und Landbewirtschafter. Bei Inkrafttreten kann eine Antragstellung über die bundeseigene ZUG gGmbH (Zukunft – Umwelt- Gesellschaft, <https://www.z-u-g.org>) erfolgen.

6.6.5 Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)

Einige moorreiche Bundesländer (z. B. Brandenburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern) haben bereits ergänzende Förderprogramme im Rahmen der Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) initiiert, insbesondere im Bereich der moorschonenden Bewirtschaftung und zur Unterstützung von Paludikulturen. Hier einige Beispiele:

Brandenburg:

- **AUKM „Moorschonende Stauhaltung“:** Dieses Programm unterstützt Landwirte bei der Umstellung auf eine klimaschonende Bewirtschaftung von Moorböden. Gefördert werden Maßnahmen wie die Anhebung des Wasserstands zur Wiedervernässung von Moorflächen.

Mecklenburg-Vorpommern:

- **AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ und „Anbau-Paludikultur“:** Seit Anfang 2022 fördert das Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern eine klimaschonende Bewirtschaftung durch erhöhte Wasserstände sowie den Anbau von Paludikulturen. Ziel ist es, die Emissionen klimaschädlicher Gase zu reduzieren und die Torfsubstanz zu erhalten.

Bayern:

- **Moorbauernprogramm:** Dieses Programm fördert die moorverträgliche landwirtschaftliche Nutzung durch Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen. Beispielsweise wird die Umwandlung von Acker in Dauergrünland in der Moorbodenkulisse fünf Jahre lang mit jährlich 3.300 € pro Hektar honoriert.

Niedersachsen:

- **Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM):** In Niedersachsen werden verschiedene Maßnahmen zum Moorschutz gefördert, darunter die Umwandlung von Acker in Grünland und moorschonende Wasserstandsanhebungen.

Diese Programme zielen darauf ab, die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden nachhaltiger zu gestalten, Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Biodiversität zu fördern. Grundsätzlich gilt, dass Wiedervernässungen, auch aus volkswirtschaftlicher Perspektive, im Rahmen der Klimaschutzziele kosteneffizient realisierbar sind. So liegen die Grenzkosten laut Willenbockel (2024) zwischen 27 und 61 Euro pro Tonne CO₂-Äquivalent. Diese vergleichsweise geringen Kosten legen nahe, dass verbleibende Deckungslücken auch durch Einsatz von AUKM geschlossen werden könnten und sollten, um das erhebliche Klimaschutzz Potenzial von Mooren zu heben.

Der Einsatz von AUKM-Förderungen für Paludikulturen unter Moor-PV-Anlagen sollte förder technisch möglich und rechtlich zulässig sein. Eine immanent hohe Bedeutung hat auch eine ausreichend hohe Förderung einer Umstellung auf moorverträgliche technische Bewirtschaftungsmaßnahmen, z. B. Technik und angepasste Verwertungsverfahren von Aufwuchs (Massa et al. 2025).

6.6.6 Weitere Finanz-/Fördermittel zur Renaturierung von Mooren (verschiedene potenzielle Finanzierungsquellen und Ziele/Fördertatbestände)

Derzeit (Stand: 04.04.2025) sind folgende, auch für Moorschutz grundsätzlich geeignete Förderprogramme im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) veröffentlicht (BfN 2025a):

- Natürlicher Klimaschutz in ländlichen Kommunen (derzeit geschlossen)
- Information, Aktivierung, Steuerung und Unterstützung von Maßnahmen zur Wiedervernässung von Moorböden (INAWI-Richtlinie; diese Richtlinie könnte ggf. helfen, Gesamtkonzepte für die Wiedervernässung von Torfkörpern zu erarbeiten, in denen Moor-PV eine Teillösung sein könnte)
- Wiedervernässung und Renaturierung naturschutzbedeutsamer Moore (1000-Moore-Richtlinie; auf Grund der Zielstellung der Richtlinie ungeeignet für Moor-PV)

Prinzipiell kommen für Moorschutzvorhaben unter entsprechenden Voraussetzungen auch Naturschutzgroßprojekte in Frage, insbesondere im Bundesprogramm „Chance.Natur“. Hier könnten Moor-PV-Anlagen integrierbar sein. Gefördert werden Projekte zur Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung (Naturschutzgroßprojekte), die einen Beitrag zur Erhaltung des Naturerbes der Bundesrepublik Deutschland leisten. „Gesamtstaatlich repräsentativ“ bedeutet, dass ein Projekt

- modellhaft für ähnliche Räume, Lebensräume oder Problemstellungen in Deutschland steht,
- übertragbare Ergebnisse liefert, die auch in anderen Regionen angewendet werden können und
- einen bundesweiten Mehrwert schafft, indem es nicht nur für die direkte Region, sondern für den Naturschutz im gesamten Bundesgebiet relevant ist.

Hinzu kommen ELER finanzierte Förderprogramme der Länder, aber auch europäische Förderprogramme wie EU-LIFE zur Wiedervernässung von Mooren bzw. mit Ansätzen, die in eine Richtung zielen, mit der auch eine Wiedervernässung von Mooren umgesetzt werden kann (Biodiversität/Naturschutz, ggf. Gewässerschutz o. ä.). Der Einsatz solcher Förderungen ist für Moor-PV-Anlagen als alleinigem Vorhaben förder technisch nicht möglich bzw. rechtlich nicht zulässig. Hier sollte an Lösungen gearbeitet werden, welche auch Moor-PV-Anlagen grundsätzlich einschließen.

Möglicherweise lassen sich alternativ Stiftungsmittel (gemeinnützige Umwelt- bzw. Naturschutzstiftungen) gezielt akquirieren, insbesondere bei Pilotlösungen und/oder dem „Kombinationsansatz“ im größeren räumlichen Kontext (Abschnitt 6.7).

Ggf. ist auch ein gewisses Potenzial von Steuererleichterungen als Anreizinstrument im Moorschutz als Option zu diskutieren. Es wird gerade in einem Forschungsvorhaben untersucht, inwieweit Ausgaben für den Naturschutz als abzugsfähige Kosten bei der Einkommenssteuer anerkannt werden könnten (<https://blogs.nabu.de/naturschutz-auf-privateigentum/>, letzter Abruf: 06.10.2025).

6.7 Moor-PV als Teillösung/ökonomischer Anreiz in größeren Moorschutzvorhaben

Häufig wird im Rahmen von (meistens größeren) Wiedervernässungsvorhaben „händeringend“ nach Wertschöpfungsmöglichkeiten nach der Wiedervernässung gesucht. Hier sollte, wo das aus anderen Gründen, vgl. z. B. Kapitel 2, nicht unmöglich ist, auch die Option „Moor-PV“ für Teilflächen in das Spiel gebracht werden. Insofern würden dann die gleichen Empfehlungen zum regionalen sozioökonomischen Ausgleich greifen können (s. Abschnitte 6.2 ff.). Moor-PV könnte insofern auch als stark akzeptanzförderndes Anreizinstrumentarium, gerade wenn entsprechende partizipative Prozesse (Abschnitt 6.2) unterstützend genutzt werden.

Aufgrund der technischen Überprägung mit Moor-PV wäre eine echte Moor-Renaturierung nicht auf den betroffenen Teilflächen gegeben, aber in den sonstigen Flächenarealen möglich. Durch die mögliche Wertschöpfung infolge Moor-PV kann daher ein finanzieller Ausgleich erreicht werden, wenn von deren Realisierung alle Flächen Eigentümer profitieren.

Eine solche räumliche Kombination sollte in der Regel auch förder technisch möglich und rechtlich zulässig sein (s. o.). Ggf. sollten hierzu Lösungen erarbeitet werden, wie mit der Moorziedervernässung und der räumlichen Teillösung Moor-PV umzugehen ist.

Außerdem sollte/könnte der Lösungsansatz „Moor-PV als Teillösung“ mit in die durch das Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz der Bundesregierung geförderte Ausbildung der „Moorspezialisten/-innen“ am LUNG M-V (in Kooperation mit Universität Greifswald und Ostseestiftung sowie Praxispartnern, vgl. LM M-V 2024) integriert werden, soweit dies nicht ggf. schon vorgesehen ist.

6.8 Entscheidungshilfe zur Auswahl zielführender Ansätze

Abschließend wird eine Entscheidungshilfe dafür angeboten, welche Form des Interessenausgleichs unter welchen fallspezifischen Bedingungen bzw. nach welchen Kriterien ausgewählt werden kann (Tab. 98 und Tab. 99).

Tab. 98: Entscheidungshilfe (Teil A) zur Auswahl geeigneter sozioökonomischer Ansätze zur Förderung einer Etablierung von Moor-PV-Anlagen und zur Unterstützung regionalen Interessenausgleiches; expertive Bewertung einer Eignung bzw. der Realisierungschancen durch qualitative Abstufung: **0** = irrelevant bzw. nicht/kaum geeignet, keine oder nur sehr geringe Umsetzungschancen, **1** = gering geeignet, nur geringe Umsetzungschancen, **2** = grundsätzlich geeignet, vorhandene oder zumindest teilweise vorhandene Umsetzungschancen, **3** = gut/sehr gut geeignet, gute/sehr gute Umsetzungschancen

Zielstellung	Nutzung partizipativer Ansätze	Regionalentwicklungsstrategien in Richtung Energieautarkie	Finanzielle Beteiligung der Gemeinden an den Erträgen von Freiflächen-Solaranlagen	Unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Bürger	Flächenankauf	Entschädigungen, Grunddienstbarkeiten	Einsatz von Instrumentarien der Flurneuordnung
Eignung als umfassend partizipativer Ansatz	3	3	3	3	0	0	3
Absicherung der Flächenverfügbarkeit	2	1	2	1	3	3	3
Schaffung von Einkommensalternativen zusätzlich zu den unmittelbar EEG-Bevorteilten: Betreiber, indirekt Flächenverpächter)	0	3	3	3	0	0	0
Kostenübernahme des Teils Moor-Wiedervernässung ggf. durch Dritte	0	0	0	0	0	0	0
Umsetzung größerer, komplexer Moor-schutzvorhaben	3	2	2	1	3	3	3

Tab. 99: Entscheidungshilfe (Teil B) zur Auswahl geeigneter sozioökonomischer Ansätze zur Förderung einer Etablierung von Moor-PV-Anlagen und zur Unterstützung regionalen Interessenausgleiches; expertive Bewertung einer Eignung bzw. der Realisierungschancen durch qualitative Abstufung: **0** = irrelevant bzw. nicht/kaum geeignet, keine oder nur sehr geringe Umsetzungschancen, **1** = gering geeignet, nur geringe Umsetzungschancen, **2** = grundsätzlich geeignet, vorhandene oder zumindest teilweise vorhandene Umsetzungschancen, **3** = gut/sehr gut geeignet, gute/sehr gute Umsetzungschancen

Zielstellung	Ökonomische/ber triebswirtschaftliche Anreize gemäß EEG 2023	Ausgleichsmaßnahmen/Ersatzzahlungen der Naturschutz-Eingriffsregelung	Vergütung von Ökosystemleistungen, Einsatz von Ökowertpapieren...	Anbau von Paludikulturen	Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)	Weitere Finanz-/Fördermittel zur Renaturierung von Mooren	Moor-PV als Teillösung/ökonomischer Anreiz in größeren Moor-schutzvorhaben
Eignung als umfassend partizipativer Ansatz	1	0	0	0	0	1	2
Absicherung der Flächenverfügbarkeit	0	0	0	0	0	0	0
Schaffung von Einkommensalternativen zusätzlich zu den unmittelbar EEG-Bevorteilten: Betreiber, indirekt Flächenverpächter)	0	0	3	3	3	1	1
Kostenübernahme des Teils Moor-Wiedervernässung ggf. durch Dritte	0	0	0	0	0	1	2
Umsetzung größerer, komplexer Moor-schutzvorhaben	0	2	0	0	2	3	3

7 Zusammenfassende Handlungsempfehlungen und wichtigster Forschungsbedarf für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen

7.1 Grundsätze

In diesem Kapitel werden die zentralen Aspekte der vorstehenden Analysen zusammengefasst und extrahiert, so dass sich daraus wesentliche Handlungsempfehlungen und der wichtigste Forschungsbedarf für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen ergeben (Abb. 19). Die Ausführungen werden wie folgt gegliedert:

- Umsetzungsmöglichkeiten der naturverträglichen Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen auf rechtlicher und planerischer Ebene (Abschnitt 7.2)
- Verbesserung des Kenntnisstandes zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 7.3)
- Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung negativer Effekte und zur Minderung von Konflikten (Abschnitt 7.4)
- Verbesserung des sozioökonomischen Interessenausgleichs (Abschnitt 7.5)

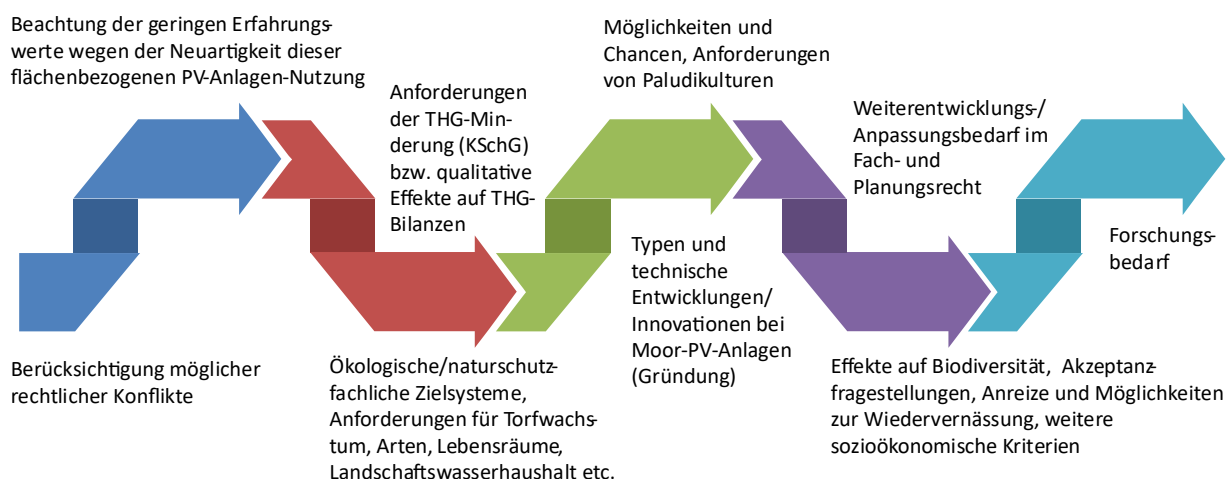


Abb. 19: Vereinfachtes Schema im Sinne eines „Roll-out“ zu den wesentlichen Handlungsempfehlungen und zum wichtigsten Forschungsbedarf für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen

7.2 Rechtliche und planerische Ebene

7.2.1 Mehrfachnutzung von Flächen

Wie in Abschnitt 5.2 dargestellt, kann die Ausweitung von Wiedervernässungsvorhaben sowie Moor-PV die bereits existierende Konkurrenz um begrenzte Flächenressourcen noch erhöhen. Es sollten daher Potenziale der Mehrfachnutzung genutzt werden, die idealerweise sogar zu positiven Synergieeffekten führen. Eine solche Mehrfachnutzung bedarf aber auch einer Steuerung, um Nutzungs- und Schutzkonflikte, etwa zwischen Natur-, Landschafts- und Biodiversitätsschutz, der Erreichung von wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftungszielen der WRRL sowie und der landwirtschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzung mit Freiflächen-PV-Anlagen, so weit wie möglich zu vermeiden.

Durch das Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025 erfolgte bereits eine Änderung von § 7 Abs. 1 S. 2 ROG, wonach nunmehr ausdrücklich eine Ausweisung von Flächen für mehrere miteinander vereinbare Nutzungen und Funktionen erfolgen kann (Mehrfachnutzung). Eine gesetzliche Pflicht, zu prüfen, ob eine Mehrfachnutzung möglich ist, besteht aber bisher nicht. Insoweit ist eine Nachschärfung der Regelung empfehlenswert. Dies wäre möglich, indem etwa in § 2 Abs. 2 Nr. 6 S. 6 ROG (Grundsätze der Raumordnung) eine Ergänzung aufgenommen würde, wonach die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen auch durch die Ausschöpfung von Potenzialen für die Mehrfachnutzung zu verringern ist. Alternativ oder zusätzlich könnte in § 13 Abs. 5 ROG aufgenommen werden, dass Raumordnungspläne, wo möglich, Festlegungen zur Mehrfachnutzung von Flächen enthalten sollen.

Eine entsprechende Verankerung im BauGB ist bisher nicht erfolgt. Die explizite Aufnahme der Mehrfachnutzung von Flächen als mögliche und gewünschte Regelungsoption ins BauGB ist empfehlenswert, um klarzustellen, dass die Bauleitplanung als Bodenrecht nicht auf die Festlegung einer singulären Nutzung beschränkt ist. Hierzu sollte die Mehrfachnutzung von Flächen ausdrücklich als ein in der Bauleitplanung zu berücksichtigender sonstiger öffentlicher Belang in § 1c Abs. 5 Nr. 2 BauGB aufgenommen werden. Zudem würde es sich auch anbieten, die Darstellungs- bzw. Festsetzungskataloge der §§ 5 und 9 BauGB ausdrücklich um die Möglichkeit der Darstellung/Festsetzung von Mehrfachnutzungen zu ergänzen.

7.2.2 Gesetzliche Regelungen zur Zulässigkeit von Moor-PV

7.2.2.1 Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten

Derzeit existiert kein gesetzliches Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorböden ohne eine vorherige Wiedervernässung. Für solche PV-Anlagen erfolgt lediglich keine Förderung nach dem EEG. Dennoch lohnt sich die Errichtung solcher Anlagen oft ökonomisch.

Um zum einen den Anreiz für eine Wiedervernässung im Zusammenhang mit der Errichtung von PV-Anlagen zu schaffen und zum anderen sicherzustellen, dass durch die Errichtung von PV-Anlagen nicht ein Hindernis für eine spätere Wiedervernässung entsteht, ist dringend zu empfehlen, die Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorböden ohne eine damit einhergehende Wiedervernässung gesetzlich zu verbieten. Dies sollte idealerweise bundesweit im BNatSchG, kann aber auch in den Landesnaturschutzgesetzen oder Landesklimaschutzgesetzen erfolgen.

Vor Erlass eines entsprechenden Gesetzes sollte indes kritisch geprüft werden, welche Mindestanforderungen für zu erreichende Wasserstände aufgestellt werden sollen. Diese können zum Zweck der Vereinheitlichung an die Anforderungen des EEG bzw. der Festlegung der BNetzA angelehnt werden (wobei die insoweit noch bestehenden Unklarheiten zur Festlegung der BNetzA, siehe Abschnitt 7.2.6.1, ausgeräumt werden sollten). Indes sind diese Wasserstände realistischerweise nicht auf allen Moorstandorten und nicht über die gesamte Fläche bzw. das gesamte Jahr zu erreichen. Möglicherweise wäre insoweit ein Kompromiss, wonach auch geringere Wasserstände ausreichen, aus ökologischer Perspektive vorzuziehen. Denkbar wäre etwa ein zweistufiges Anreizsystem für eine Wiedervernässung: Auf der ersten Stufe ist die wirtschaftliche Nutzung von trockengelegten Moorstandorten für die Errichtung von PV-Anlagen nur dann rechtlich zulässig, wenn sie mit einer Wiedervernässung einhergeht, durch die bestimmte, festgelegte Mindestwasserstände erreicht werden. Auf der zweiten

Anreizstufe wird eine EEG-Förderung nur dann gewährt, wenn mit der Wiedervernässung die höheren Wasserstände der Festlegung der BNetzA erreicht werden.

Überdies müsste geprüft werden, ob für trockengelegte Moorstandorte, die sich ausweislich fachlicher Gutachten nicht für eine Wiedervernässung eignen, im Einzelfall eine Ausnahme vom Verbot der Errichtung von PV-Anlagen gewährt werden soll. Diese Ausnahmemöglichkeit sollte indes auf den Einzelfall beschränkt und ins Ermessen der zuständigen Behörden gestellt werden, da es durchaus denkbar ist, dass sich die örtlichen Gegebenheiten über die Zeit ändern und eine gegenwärtig nicht durchführbare Wiedervernässung in der Zukunft möglich wird. Insoweit sollte durch die Errichtung von PV-Anlagen kein dauerhaftes Hindernis für eine Wiedervernässung entstehen.

Schließlich ist darauf zu achten, dass Förderprogramme für Moorwiedervernässungsmaßnahmen eine Förderung nicht deshalb ausschließen, weil eine gesetzliche Pflicht zur Wiedervernässung besteht.

Jedenfalls sollten PV-Anlagen auf trockengelegten Moorböden von der Privilegierung des § 2 EEG („überragendes öffentliches Interesse“) ausgenommen werden. Derzeit erschwert die allgemeine Privilegierung von EE-Anlagen es den Behörden, deren Zulassung an naturschutzfachlich ungeeigneten Standorten, insbesondere auf trockengelegten Moorstandorten, abzulehnen (siehe Abschnitt 5.4.2.1).

7.2.2.2 Bauplanungsrechtliche Privilegierung von Moor-PV

Denkbar ist eine Aufnahme von Moor-PV-Anlagen in den Katalog der im Außenbereich privilegiert zulässigen baulichen Anlagen nach § 35 Abs. 1 BauGB. Dies würde die Umsetzung erleichtern und beschleunigen, da die Notwendigkeit der Aufstellung eines Bebauungsplans entfielen. Indes ist zu beachten, dass dadurch auch die bisher bestehende faktische Vetoposition der Standortkommune – und die damit einhergehenden Steuerungsmöglichkeiten – entfielen. Daher ist unseres Erachtens eine bauplanungsrechtliche Privilegierung von Moor-PV nur dann empfehlenswert, wenn gleichzeitig eine weitergehende Steuerung solcher Anlagen durch Gesetz oder auf Ebene der Raumordnung erfolgt (siehe Abschnitt 5.4.4.1).

Vor dem Hintergrund derzeit bestehender Rechtsunsicherheit darüber, wie sich die Privilegierung von EE-Anlagen gem. § 2 EEG im Rahmen des § 35 Abs. 2 BauGB auswirkt (siehe Abschnitt 5.3.3.3), ist in diesem Zusammenhang zudem eine gesetzgeberische Klarstellung des Anwendungsbereichs des § 2 EEG empfehlenswert.

7.2.2.3 Vorgaben der RED III und deren nationale Umsetzung

Die RED III enthält diverse Vorgaben zur Beschleunigung und Erleichterung der Errichtung von EE-Anlagen, worunter auch Moor-PV fällt. Diese sind bisher nur in Bezug auf Windenergieanlagen teilweise in deutsches Recht umgesetzt worden. Eine Umsetzung vor allem der Vorgaben des Art. 16b RED III muss aufgrund der bereits abgelaufenen Umsetzungsfrist zeitnah erfolgen.

Wie in Abschnitt 5.4.3 dargestellt, ist seitens der derzeitigen Regierung die Schaffung von Beschleunigungsgebieten für PV-Anlagen nicht geplant. Die Ausweisung von Beschleunigungsgebieten hat ein Absehen von materiell- und verfahrensrechtlichen Umweltvorgaben, insbesondere naturschutz- und wasserrechtlichen Anforderungen, für die Zulassung von Projekten, die in diesen Gebieten verwirklicht werden, zur Konsequenz. Insoweit könnte durch die Schaffung der Möglichkeit der Ausweisung von Beschleunigungsgebieten für PV-Anlagen oder auch spezifisch nur für Moor-PV die Verwirklichung von Moor-PV-Vorhaben vereinfacht werden.

Allerdings ist dabei auch zu berücksichtigen, dass die Ausweisung von Beschleunigungsgebieten mit großem Planungsaufwand (Identifizierung potenziell auszuweisender Flächen, Ermittlung voraussichtlicher Auswirkungen auf Natur, Landschaft, geschützte Arten sowie Bewirtschaftungsziele des WHG, Erarbeitung von Regelungen für Minderungsmaßnahmen) verbunden ist. Ob dieser Aufwand im angemessenen Verhältnis zu den Erleichterungen bei der Genehmigung von Moor-PV-Projekten steht, ist letztendlich von den politisch zuständigen Stellen zu beurteilen.

7.2.3 Räumliche Steuerung von Moor-PV

Die Instrumente für eine gebietsbezogene Steuerung von Moor-PV sind – vor allem auf Ebene der Raumordnung – grundsätzlich vorhanden. Sie werden aber, soweit ersichtlich, bisher nur spärlich genutzt.

Sofern nicht bereits auf gesetzlicher Ebene ein Verbot der Errichtung von PV-Anlagen auf trockengelegten Moorstandorten ohne damit einhergehende Wiedervernässung erfolgt, bietet auch die Raumordnung die Möglichkeit eines entsprechenden Verbots in bestimmten Gebieten. Ein Vorbild bietet der Entwurf für die Fortschreibung des Niedersächsischen LROP von März 2025 (siehe Abschnitt 5.4.2.1).

Zur räumlichen Steuerung von Moor-PV bietet sich die Ausweisung von Vorranggebieten an (siehe Abschnitt 5.4.2.2). In diesem Zusammenhang können Gebiete vorab nach naturschutzfachlichen und anderen Kriterien in geeignet und ungeeignet eingestuft werden. Allerdings hat die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Photovoltaik keine Ausschlusswirkung, so dass Moor-PV und andere Arten von Photovoltaik auch außerhalb dieser Gebiete zulässig sind, wenn sie den Zielen und sonstigen Erfordernissen der Raumordnung nicht widersprechen.

Eine negative Steuerung kann durch die Festsetzung von Vorranggebieten für andere Nutzungen, mit denen Moor-PV unvereinbar ist, erfolgen. Dabei kann schon im Raumordnungsplan durch textliche Festlegungen geregelt werden, dass Moor-PV mit den Zielen des jeweiligen Gebiets vereinbar oder nicht vereinbar ist. Alternativ kann diese Bewertung dem Einzelfall überlassen werden.

Eine weitere räumliche Steuerung aus naturschutzfachlichen Gründen ist dadurch möglich, dass bei der Ausweisung von Schutzgebieten ausdrücklich in die Schutzgebietserklärung aufgenommen wird, ob und ggf. unter welchen Bedingungen Moor-PV mit den Schutzzwecken des Gebiets vereinbar ist.

7.2.4 Möglichkeiten der Vereinfachung der Moorwiedervernässung

7.2.4.1 Einführung eines gesetzlichen Vorhabenbegriffs der Moorwiedervernässung, Präzisierung des Unterhaltungsbegriffs

Wie in Abschnitt 5.3.2.1 dargestellt, fehlt es an einem wasserrechtlichen Begriff der Wiedervernässung, so dass teilweise mehrere Planfeststellungs- bzw. Plangenehmigungs- und/oder Bewilligungs- oder Erlaubnisverfahren parallel durchgeführt werden müssen. Verfahrensrechtlich könnte daher eine Erleichterung geschaffen werden, indem gesetzlich ein Vorhabenbegriff der „großflächigen Wiedervernässung von Mooren“ eingeführt würde. Ab einem bestimmten Schwellenwert sollte dafür ein Planfeststellungs- bzw. Plangenehmigungsverfahren vorgeschrieben werden.

Zudem kann durch eine gesetzliche Präzisierung des Unterhaltungsbegriffs, speziell mit einem Fokus auf Wiedervernässungsmaßnahmen, die Rechtssicherheit bei der Abgrenzung von erlaubnisfreien Unterhaltungsmaßnahmen zu planfeststellungspflichtigem Gewässerausbau bzw. gestattungspflichtigen Benutzungstatbeständen erhöht werden. Eine derartige Präzisierung kann im WHG oder in den Landeswassergesetzen erfolgen.

Eine weitere beschleunigte Verwirklichung von Vorhaben könnte durch eine gesetzliche Regelung des vorzeitigen Beginns und der Zulassung von Probemaßnahmen nach dem Vorbild des § 8a BImSchG erreicht werden.

Generell sollte indes bei Maßnahmen, die der Beschleunigung von Wiedervernässungsvorhaben dienen, darauf geachtet werden, dass diese sich nicht negativ auf die Akzeptanz derartiger Vorhaben auswirken. So sind Beschleunigungen durch klarere verfahrensrechtliche Vorgaben und bessere Koordinierung der einzelnen Verfahrensschritte und Behörden wünschenswert. Die angemessene Beteiligung von Betroffenen und Öffentlichkeit sollte jedoch stets gewährleistet bleiben.

7.2.4.2 Aufnahme des natürlichen Klimaschutzes als Ziel der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung in § 6 Abs. 1 WHG

Durch eine explizite Aufnahme des natürlichen Klimaschutzes, zu dem auch Moorwiedervernässungsmaßnahmen gehören, in den Katalog der Ziele der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung in § 6 Abs. 1 WHG kann gewährleistet werden, dass Behörden das Interesse an der Wiedervernässung bei der Auslegung wasserrechtlicher Begriffe und bei der Ausübung des Bewirtschaftungsermessens berücksichtigen. Zudem ist es denkbar, Wiedervernässungsmaßnahmen gesetzlich als im überragenden öffentlichen Interesse liegend zu definieren, wie dies in § 2 EEG für EE-Anlagen geschehen ist. Damit würde das Ermessen der Behörden noch weitergehend dahin gelenkt, dass nur im Ausnahmefall andere Belange das Interesse an der Wiedervernässung überwiegen können. Jedoch ist dabei zu beachten, dass der Projektbegriff der Moorwiedervernässung nicht so eindeutig determiniert ist, wie der Begriff der EE-Anlagen. Zudem sollten gesetzliche Priorisierungen immer vor dem Hintergrund bewertet werden, dass, wenn vielen Vorhaben eine im überragenden öffentlichen Interesse liegende Bedeutung gesetzlich beigemessen wird, ein Vorrang zwischen diesen Projekten nicht mehr besteht bzw. in der Abwägung nicht mehr effektiv abgebildet werden kann.

7.2.4.3 Schwelle der Raumbedeutsamkeit festlegen

Wie in Abschnitt 5.3.2.2 dargestellt, existiert keine einheitliche Vorgabe dazu, ab welchen Schwellenwerten oder Merkmalen eine Moorwiedervernässung als raumbedeutsam gilt. Um insoweit die Praxis zu vereinheitlichen und Rechtssicherheit zu schaffen, wäre die Festlegung von einem Schwellenwert (etwa ab einer Größe von 100 ha) in der ROV, den Raumordnungsgesetzen der Länder oder den Raumordnungsplänen wünschenswert.

7.2.4.4 Raumordnerische Steuerung der Wiedervernässung

Ebenso wie raumordnerische Vorranggebiete für Moor-PV können auch Vorranggebiete für die Moorwiedervernässung (bzw. weiter gefasst, für Maßnahmen des natürlichen Klimaschutzes) ausgewiesen werden (siehe Abschnitt 5.4.5.2). Eine derartige Ausweisung bietet den Vorteil, dass auf raumordnerischer Ebene bereits die Eignung der Gebiete anhand der aufgestellten Ausschlusskriterien geprüft werden kann. Durch die Ausweisung eines Vorranggebiets wird sichergestellt, dass im Gebiet keine anderweitigen Nutzungen zugelassen werden

können, welche der Moorwiedervernässung entgegenstehen. Das betrifft insbesondere die Errichtung von PV-Anlagen ohne gleichzeitige Wiedervernässung, aber auch andere Vorhaben.

Im Raumordnungsplan sollte dann zudem festgelegt werden, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen in Vorranggebieten Mehrfachnutzungen – speziell für Paludikultur und/oder Moor-PV – zulässig sind.

Zudem sollte bei der Ausweisung von Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten für anderweitige Nutzungen bereits im Raumordnungsplan festgelegt werden, ob Wiedervernässungsmaßnahmen – allgemein oder unter bestimmten Voraussetzungen – mit der jeweiligen vorrangigen Nutzung vereinbar sind. Dadurch werden die Prüfung und die Abwägung im Einzelfall entbehrlich.

7.2.4.5 Naturschutzrecht

Durch die explizite Aufnahme des Moorschutzes, der Moorerhaltung und Moorrenaturierung als Schutzgut in das BNatSchG könnte eine Sensibilisierung der Behörden für den Moorschutz erreicht werden.

Weiterhin wäre eine gesetzliche Bestimmung entsprechend der in § 14 Abs. 2 S. 1 BNatSchG enthaltenen Regelung, wonach Wiedervernässungsmaßnahmen nicht als Eingriff in Natur und Landschaft gelten, soweit dabei die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden, wünschenswert. Zumindest sollte eine explizite Befreiung von Wiedervernässungsmaßnahmen von der Kompensationspflicht des § 15 Abs. 2 S. 1 BNatSchG erfolgen. Bei der Moorwiedervernässung wird typischerweise die langfristige Herstellung eines naturnäheren Endzustands angestrebt, auch wenn dieser kurzfristig mit Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden ist. Die Wiedervernässung sollte daher nicht durch eine Kompensationspflicht für kurzfristige Eingriffe erschwert werden, sondern vielmehr der langfristige ökologische Mehrwert berücksichtigt werden. Durch die Aufnahme einer Voraussetzung, dass die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden, ist sichergestellt, dass die Ausnahme nur dann greift, wenn tatsächlich langfristig ein ökologisch günstigerer Zustand angestrebt wird und wenn im Rahmen der Umsetzung zumutbare Maßnahmen zur Vermeidung negativer Auswirkungen ergriffen werden.

Zudem ist die Einführung einer Privilegierung nach dem Vorbild des § 26 Abs. 3 BNatSchG für Wiedervernässungsvorhaben in national ausgewiesenen Schutzgebieten denkbar. Danach könnte durch bundes- oder landesgesetzliche Regelung festgelegt werden, dass die Moorwiedervernässung innerhalb bestimmter Gebiete (etwa raumordnungsrechtlich oder bauplanungsrechtlich festgelegte Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete) oder allgemein unter bestimmten Voraussetzungen nicht verboten ist. Dabei ist aber zu beachten, dass der Begriff der Wiedervernässung nicht eindeutig determiniert ist und daher im Einzelfall fraglich sein kann, wann eine Wiedervernässung gegeben ist.

Ob eine entsprechende Regelung auch für Projekte möglich ist, die geeignet sind, FFH-Gebiete erheblich zu beeinträchtigen (§ 34 Abs. 1 S. 1 BNatSchG), ist differenzierter zu betrachten. Eine generelle Ausnahme von Wiedervernässungsmaßnahmen vom Beeinträchtigungsverbot ist dem deutschen Gesetzgeber aufgrund der europarechtlichen Vorgaben zum FFH-Schutz nicht möglich. Vielmehr könnte lediglich die Erteilung einer Ausnahme gem. § 34 Abs. 3 BNatSchG erleichtert werden, indem die Moorwiedervernässung als im gewichtigen öffentlichen Interesse liegend definiert wird. § 34 Abs. 3 BNatSchG verlangt indes ein überwiegendes öffentliches Interesse. Dies setzt ein Abwägen mit den Schutzziele des FFH-Gebiets sowie dem Grad

der drohenden Beeinträchtigung voraus, welches nur im jeweiligen Einzelfall erfolgen kann. Eine abstrakte gesetzliche Regelung kann daher lediglich das besondere Interesse an der Moorwiedervernässung verbindlich vorgeben, was sodann mit entsprechendem Gewicht in die Abwägung eingestellt werden kann; sie kann jedoch nicht die Abwägung als solche ersetzen.

Um die Möglichkeit einer Ausnahmeerteilung von den artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen zu erleichtern, kommt ebenfalls die Aufnahme einer gesetzlichen Regelung, wonach die Moorwiedervernässung im gewichtigen – aber nicht im überwiegenden (siehe vorstehende Ausführungen zu FFH-Gebieten) – öffentlichen Interesse liegt, in Betracht. Eine darüberhinausgehende gesetzliche Regelung, wonach die Moorwiedervernässung auch im Interesse der öffentlichen Sicherheit liegt, ist dagegen kritisch zu sehen. Dieser Ausnahmegrund wird seitens des EuGHs eng ausgelegt. Ob allein der – im Einzelfall sehr unterschiedlich ausfallende – Beitrag der Moorwiedervernässung zum Erreichen der Klimaziele ausreicht, um eine derartige Ausnahme zu begründen, erscheint zweifelhaft.

In Bezug auf Biotopie wäre eine Änderung des BNatSchG oder eine abweichende Regelung in Landesnaturschutzgesetzen entsprechend dem Vorbild des § 20 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 NatSchAG M-V, wonach nur naturnahe Moore geschützt sind, denkbar. Alternativ könnte gesetzlich geregelt werden, dass der Biotopschutz einer Wiedervernässung nicht entgegensteht (siehe Abschnitt 5.4.5.3).

7.2.5 Information, Kooperation zwischen Behörden

7.2.5.1 Schaffung einer einheitlichen Stelle

Wie in Abschnitt 5.4.2.4 dargestellt, ist aufgrund der Komplexität von Moor-PV-Vorhaben eine verfahrensrechtliche Vereinfachung und Schaffung eines einheitlichen Ansprechpartners, etwa in Form einer einheitlichen Stelle nach §§ 71a bis 71e VwVfG, empfehlenswert. Eine entsprechende Regelung findet sich bereits in § 11a WHG. Dessen Anwendungsbereich wurde kürzlich durch das Gesetz zur Umsetzung der RED III vom 12.8.2025 erheblich erweitert. PV-Anlagen fallen allerdings nur darunter, wenn sie in oder über einem oberirdischen Gewässer errichtet werden (§ 11a Abs. 1 Nr. 3 WHG neu).

Nach dem Vorbild des § 11a WHG wäre auch die Schaffung einer einheitlichen Stelle für Moor-PV-Vorhaben einschließlich der Wiedervernässung und Errichtung der PV-Anlagen denkbar. Indes ist zu beachten, dass in den meisten Fällen die Errichtung von PV-Anlagen im Außenbereich erst nach Aufstellung eines entsprechenden Bebauungsplans zulässig ist. Dieser Schritt ist schwer in die Koordinationszuständigkeit der einheitlichen Stelle zu integrieren. Es ist aber möglich, eine optionale Zuständigkeit der einheitlichen Stelle zumindest für die erforderlichen Zulassungen nach Aufstellung des Bebauungsplans zu schaffen. Auch die Regelung, dass Verfahren elektronisch durchzuführen sind, sowie die Fristen für die Bestätigung der Vollständigkeit und die Sachentscheidung könnten zur Verfahrensbeschleunigung für Wiedervernässungsvorhaben und die Errichtung von Moor-PV-Anlagen übernommen werden.

7.2.5.2 Gesetzliche Kooperationspflichten

Wie in Abschnitt 5.4.3 dargestellt, müssen in den Zulassungsverfahren für die Wiedervernässung und die PV-Anlagen diverse Wechselwirkungen zwischen den Vorhaben berücksichtigt werden. Dies kann derzeit überwiegend nur durch informelle Koordination zwischen den beteiligten Stellen erfolgen. Insoweit wäre zu prüfen, ob eine Pflicht der zuständigen Behörden zur Koordination gesetzlich verankert werden sollte.

7.2.5.3 Erstellung von Leitfäden

In diesem Zusammenhang sollten zudem Leitfäden speziell mit einem Fokus auf den verfahrens- und materiellrechtlichen Anforderungen für Moor-PV-Anlagen erstellt werden. Diese sollten sowohl für die betroffenen Behörden als auch für alle Beteiligten – insbesondere Kommunen, Vorhabenträger und Planungsbüros – verfügbar sein.

7.2.5.4 Information von Kommunen

Auf kommunaler Ebene ist eine Steuerungsmöglichkeit für Moor-PV bzw. allgemein für Freiflächen-PV-Anlagen derzeit vor allem dadurch gewährleistet, dass in den meisten Fällen die Errichtung von PV-Anlagen der vorherigen Aufstellung eines Bebauungsplans bedarf. Dieser steht im Ermessen der Gemeinde. Zur Steuerung bietet sich insbesondere das Instrument des vorhabenbezogenen Bebauungsplans gem. § 12 BauGB an.

Es ist jedoch nicht immer gewährleistet, dass die Gemeinde ihr Planungsermessen in einem bestimmten (etwa naturschutzbezogenen) Sinne ausübt. Auch verfügen Gemeinden nicht unbedingt über das notwendige Fachwissen. Insoweit ist neben gesetzlichen und raumordnerischen Vorgaben vor allem die Verfügbarkeit von Informationen und Beratungsangeboten wichtig.

7.2.6 Weiterer Regelungsbedarf

7.2.6.1 Konkretisierung der Anforderungen der Bundesnetzagentur (2023)

Nicht festgelegt ist von der Bundesnetzagentur (2023), ob sich die Mindestanforderungen für zu erreichende Wasserstände auf die gesamte Vorhabenfläche, den größten Teil der Fläche, nur auf einen Teil der Maßnahmenfläche oder etwaig nur auf Referenzpunkte beziehen. Hier erscheint es aus den folgenden Gründen angeraten, präzisere Vorgaben zu machen, z. B.:

- Was wird als Bezugsfläche einer Moor-PV-Anlage gewertet, z. B. nur die Flächen unter den Modulen bzw. unter den Eckbegrenzungen der PV-Anlage, ggf. größere Flächen, ggf. mit räumlich aufgelockerten PV-Anlagen?
- Angesichts der häufig bzw. regelmäßig hohen Differenziertheit der Mooroberflächen sind die Anforderungen der Bundesnetzagentur (2023) zu unkonkret, weil sich regelmäßig ein Mosaik unterschiedlicher Grundwasserflurabstände ausbilden wird und eine „vollständige“ Einstellung der geforderten Wasserstände in vielen Fällen sehr viele Verschluss- oder Staumaßnahmen erfordern dürfte oder teilweise hydrologisch nicht oder kaum möglich ist. Hier ist relevant, dass gerade bei ehemals entwässerten Mooren vielfach sehr unterschiedliche Sackungsbeträge und damit ein heterogenes Relief konstatiert werden müssen.
- Man kann und wird daher in praxi nicht an allen Orten einer Moor-PV-Anlage nach EEG 2023 mit Mindestwasserständen von 10 cm unter Flur im Winter und von 30 cm unter Flur im Sommer (als anzustrebende Mindestwasserstände) rechnen und diese durch „geeignete Messung“ nachweisen. Zum einen ist flächendeckendes Messen nicht möglich, zum anderen werden diese Mindestanforderungen vermutlich stellenweise unterschritten, z. T. auch in Folge von Trockenwettersituationen, die ein Anlagenbetreiber nicht beeinflussen kann.
- Wie wird demnach die räumliche und zeitliche Repräsentativität der von der Bundesnetzagentur (2023) geforderten Messung sichergestellt und wie wird mit erwartbaren räumlichen Abweichungen sowohl in der geforderten Bestätigung eines Umweltgutachters bzw.

eines sachverständigen Ingenieurbüros und folglich bei der Bestätigung der zuständigen Behörde umgegangen (Punkt m) in den Festlegungen der Bundesnetzagentur 2023)? Welcher Flächenanteil (von welcher Bezugsfläche) muss ggf. die Mindestwasserstände aufweisen, z. B. mindestens 90 %?

- Wie wird gewährleistet, dass die erreichten (und nachgewiesenen) Wasserstände auch dauerhaft erreicht oder gar überschritten werden und nicht ggf. nur Ergebnis eines meteorologisch/hydrologisch „nassen“ Jahres sind?

Erfahrungen aus bereits umgesetzten Wiedervernässungsmaßnahmen zeigen, dass auf beträchtlichen Flächenanteilen keine Wasserstände erreicht werden, die zur Erhaltung der Torfkörper beitragen (Greifswald Moor Centrum 2023). Auf die Notwendigkeit eines dauerhaften Monitorings der einzustellenden Wasserstände in einem moorhydrologisch erforderlichen Maß verweist auch KBU (2023).

Insofern sollte eine Konkretisierung oder Erläuterung dahingehend erfolgen, dass fachlich fundierter bestimmt wird, wie die erforderlichen Umsetzungen und Nachweise nach den Bestimmungen der Bundesnetzagentur (2023) für Moor-PV-Anlagen zu erfolgen haben bzw. zu bringen sind.

7.2.6.2 Absicherung moorkundlich/hydrologisch sachkundiger Untersuchungen

Hier steht die Frage im Blickpunkt, wie durch eine fachverbindliche, ggf. normativ oder rechtlich begründete Vorgabe („Pflichtenheft“ oder mindestens fachliche „Handreichung“) abgesichert werden kann, dass die für Moor-PV-Anlagen erforderlichen hydrologischen und moorkundlichen Untersuchungen fundiert ausgeführt werden, um insbesondere eine sichere Vorhersagbarkeit einer Vernässbarkeit von Moorflächen abzusichern, vgl. KBU (2023)?

Diese Form der Absicherung bzw. der Qualitätssicherung von Gutachtenleistungen erscheint im Hinblick auf die Intention des EEG 2023 und insbesondere vor dem Hintergrund der europäischen und nationalen Moorschutzziele als essential.

7.2.6.3 Regelungsnotwendigkeiten zur Paludikulturnutzung sowie im Hinblick auf die Nachnutzung von Moorstandorten nach Moor-PV-Anlagennutzung

Generell empfiehlt sich eine rechtlich eindeutige Bestimmung von Paludikulturen als Form landwirtschaftlicher Bodennutzung, um insbesondere Überschneidungen mit naturschutzrechtlichen Kategorien, z. B. geschützte Biotope nach § 30 BNatSchG zu vermeiden. Hier sind Fortschritte durch die GAP und den GAP-Strategieplan (BMEL 2025) erreicht. Gleichzeitig zeigen sich aber Defizite bei der Umsetzung: Die Festlegung geeigneter Pflanzenarten (etwa Rohrkolben, Schilf, Torfmoos oder Seggen) ist bislang nicht abschließend erfolgt. Auch die Bewirtschaftungsanforderungen – wie notwendige Wasserstände, optimale Erntezeitpunkte und Möglichkeiten der Biomassenutzung – unterscheiden sich zwischen den Bundesländern. In der praktischen Anwendung wird Paludikultur derzeit überwiegend über Förderprogramme der zweiten Säule, insbesondere im Rahmen des ELER, umgesetzt.

Zudem sollte rechtsverbindlich geregelt werden, dass eine Nachnutzung wiedervernässter Moore als Paludikultur erfolgen kann, jedoch eine Entwässerung und eine Nutzungsintensivierung nach Aufgabe einer Moor-PV-Nutzung verboten sind, vgl. auch KBU (2023).

7.3 Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen

7.3.1 Überblick

Trotz der potenziell hohen Bedeutung von Moor-PV-Anlagen besteht ein eklatantes Forschungsdefizit hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen. Die Literatur weist bislang nur wenige nationale und internationale Studien auf. Besonders gravierend ist der Mangel an empirisch belastbaren Erkenntnissen, insbesondere zu den Auswirkungen auf Arten, Lebensräume sowie zu abiotischen (z. B. moorhydrologischen) Prozessen. Ergebnisse von Untersuchungen verwandter PV-Anlagentypen (Floating-, Agri- oder konventionelle Freiflächenanlagen) lassen sich nicht oder nur bedingt übertragen.

Neben einem grundsätzlichen Forschungsbedarf besteht erheblicher Bedarf an wirksamen Monitoringverfahren zur Bewertung von Wiedervernässungsmaßnahmen im Kontext von Moor-PV-Anlagen. Von daher sind Pilotprojekte essenziell, um die geo- und bioökologischen Wirkungen von Moor-PV-Anlagen umfassend zu untersuchen.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die infolge von Moor-PV-Anlagen mögliche und wahrscheinliche Verminderung der Treibhausgasfreisetzung aus Mooren umso höher ausfällt, je geringer der Grundwasserflurstand nach einer Wiedervernässung sein wird; das ist auch eine Frage des maßgeblichen Flächenanteils. Auch die Nutzung trägt ihren Teil dazu bei: je naturnäher, desto größer sollte der Treibhausminderungsbeitrag sein (vgl. hierzu vor allem die Ausführungen und Literaturquellen in Kapitel 1). Welchen modifizierenden Einfluss die Gestaltung von Moor-PV-Anlagen hierauf haben kann, ist noch nicht bekannt und daher Aufgabe der Forschung.

Ein zentrales Ziel zukünftiger Forschung sollte darin bestehen, die Planung und die Umsetzung von Moor-PV-Anlagen so weiterzuentwickeln, dass Klimaschutz und erneuerbare Energiegewinnung in Einklang mit dem Schutz von Natur, Gewässern und Landschaften erfolgen können und dabei möglichst konfliktarm realisierbar sind. Dabei sollten die in den folgenden Abschnitten aufgeführten Aspekte vor allem im Blickpunkt stehen (vgl. detaillierte Ausführungen in Abschnitt 3.6 und in Kapitel 4).

7.3.2 Umfassende Wirkungsermittlung und ökologische Beurteilung

Erforderlich ist eine systematische Untersuchung sämtlicher Wirkungen durch Bau, Betrieb und Rückbau von Moor-PV-Anlagen auf Schutzgüter gemäß § 2 Abs. 1 UVPG und auf die ökologische Funktionsfähigkeit von Moor- und Landschaftsökosystemen. Eine Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Belange bzw. der hydrologischen Umsetzung (Maßnahmen zur Absicherung der Wiedervernässung) ist hierbei zwingend vonnöten.

7.3.3 Berücksichtigung landschafts- und moortypischer Faktoren

Relevante Standortmerkmale, insbesondere Vegetation, Hydrologie, Morphologie, Nutzung, Schutzstatus und klimatische Bedingungen, müssen in die Wirkungsanalysen einbezogen werden, um belastbare Aussagen treffen zu können.

7.3.4 Berücksichtigung von Bodenschutz und Stoffhaushalt

Besonders groß ist der Forschungsbedarf zu bodenbezogenen Fragestellungen: Veränderungen von Bodenstruktur, -mechanik und -wasserhaushalt sowie die diesbezüglichen Auswirkungen auf Flora, Fauna und Stoffflüsse (inkl. Gewässerschutz). Eine langfristige

Begleitforschung (≥ 10 Jahre) bei der Errichtung von Moor-PV-Anlagen wird empfohlen.

7.3.5 Bewertung von Synergien von Wiedervernässung und Erneuerbarer Energie („Mehrfachnutzen“)

Ein wissenschaftlich fundierter Nachweis der Effektivität (ggf. auch der finanziellen Effizienz) von Moor-PV-Lösungen im Hinblick auf die Moorschutz- und die Klimaziele sollte die Leit-schnur der Forschung bilden. Moor-PV-Anlagen ermöglichen grundsätzlich eine effiziente vertikale Raumausnutzung, indem sie auf wiedervernässten Flächen gleichzeitig Klimaschutz durch Moorerhalt, erneuerbare Energiegewinnung und weitere Vorteile (z. B. höhere Biodiversität gegenüber entwässerten Moorflächen) kombinieren, wenn die negativen Auswirkungen vermindert werden. Die Mehrfachnutzung von Fläche, durch Moorerhalt, ggf. landwirtschaftliche Nutzung am Boden, positiver Beitrag zu Biodiversität und Wasserhaushalt sowie Stromproduktion in darüber liegenden Strukturen, stellt darüber hinaus ein ressourcen-effizientes Nutzungskonzept im Sinne multifunktionaler und damit auch nachhaltiger Land-nutzung dar. In welchem Maße mögliche Synergien zwischen den verschiedenen Feldern be- stehen, wäre durch empirische Forschung zu unterlegen.

7.3.6 (Potenzielle) Effekte der verschiedenen Moor-PV-Lösungen, der Moor-Wiedervernässung und der Bewirtschaftungsformen auf die Treibhausgasbilanzen

In gleicher Weise wie vordem beschrieben, verhält es sich mit den möglichen Effekten der verschiedenen Moor-PV-Lösungen, der Moor-Wiedervernässung und der Bewirtschaftungs- formen auf die Treibhausgasbilanzen. Auch hier ist immenser (empirischer) Forschungsbedarf.

Grundsätzlich lassen sich aber aus Bekanntem und aus Vergleichbarem folgende Aussagen postulieren:

- Bund und Länder haben das Ziel, die jährlichen THG-Emissionen aus Moorböden, die 2019 noch bei rund 53 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent lagen, bis zum Jahr 2030 um etwa 5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent zu reduzieren (Bund-Länderzielvereinbarung zum Klima- schutz durch Moorbodenschutz vom 20.10.2021); hierbei könnten Moor-PV-Anlagen im Kontext der Wiedervernässung eine nicht unbedeutende Rolle spielen.
- Wiedervernässungsmaßnahmen von Mooren, die in Verbindung mit der Installation von Freiflächen-Photovoltaikanlagen (sogenannten Moor-PV-Anlagen) durchgeführt werden, besitzen grundsätzlich ein vergleichbares Potenzial zur Verringerung der derzeit entwäs- serungs- und nutzungsbedingten Treibhausgasemissionen wie nur auf „Wiedervernäs- sung“ ausgerichtete Projekte, weil die THG-Freisetzung stark an die Höhe des Wasserstan- des im Moorboden gebunden ist (u. a. Succow & Joosten 2001, Höper 2007, 2022, Cou- wenberg et al. 2008, 2011, Joosten et al. 2013, 2017, Tiemeyer et al. 2020); anzustreben sind daher für geringstmögliche THG-Emissionen ein möglichst flurgleicher Wasserstand bzw. ein möglichst geringer Flurabstand.
- Die THG-Emissionen von CO₂ nehmen unterhalb eines Grundwasserflurabstandes von 0,3 m stark ab bzw. tendieren bei flurgleichem Wasserstand Richtung null (Tiemeyer et al. 2020), beim klimaschädlicheren CH₄ liegen die Emissionen bei einem Grundwasserflurab- stand von ca. 0,2 m noch nahe oder bei null. Mit weiter steigendem Wasserstand und auch bei Überstau nehmen dann allerdings die Emissionen stark zu (Tiemeyer et al. 2020); ge- rade in den frühen Phasen einer Wiedervernässung kommt es häufig zu einer erhöhten Freisetzung von Methan, bis sich ein neues biogeochemisches Gleichgewicht im Moor ein- gestellt hat (Zak et al. 2010, 2021, Zak & McInnes 2022, Kalhori et al. 2024).

- Die äußerst klimaschädliche Methanfreisetzung aus den oberen Torfschichten kann verhindert oder zumindest deutlich reduziert werden; entgegengewirkt werden kann durch eine flache Abtorfung von stark mineralisierten und degradierten oberen Torfschichten (beispielsweise Verwendung als Füllmaterial in nicht mehr benötigten oder zu verschließenden Entwässerungsgräben). Anschließend könnte die Wiedervernässung schrittweise erfolgen, indem der Wasserstand über mehrere Etappen und über einen längeren Zeitraum, idealerweise über mehrere Jahre, allmählich angehoben wird (Zak & McInnes 2022).
- Welche Bedeutung die konkrete Gestaltung von Moor-PV-Anlagen auf die THG-Freisetzung aus den Mooren hat, kann derzeit noch nicht beantwortet werden; günstig sollte sich z. B. die Dämpfung der Verdunstung auf den Wasserhaushalt auswirken, was tendenziell vor allem dem sommerlichen Austrocknen und damit erhöhter THG-Freisetzung entgegenwirken dürfte.
- Auch das Einhalten maßgeblicher Bodenschutzstandards beim Bau von Moor-PV-Anlagen, kann dazu beitragen, nicht unnötige THG-Emissionen zu verhindern.
- Die Flächenbewirtschaftung unter PV-Anlagen hat zudem Effekte auf die THG-Freisetzung; die Nutzung von Anbau-Paludikulturen hat Vorteile, indem eine zusätzliche CO₂-Bindung in der Biomasse erfolgt (womit eine Substitution von Material oder Energieträgern möglich ist); eine geschlossene Pflanzendecke sollte nicht nur Vorteile im Bodenschutz haben, sondern auch zu mikroklimatischen Vorteilen führen; auch ist Pflanzenbiomasse Ausgangsstoff für die Torfbildung bei günstigen Wasserstandsbedingungen (THG-Senkenfunktion).
- Moor-PV-Anlagen führen aber auch zu einer unmittelbaren Reduktion der Treibhausgasemissionen durch die alternative Erzeugung erneuerbarer Energie mittels Photovoltaik; dies ist eine Klimaschutzmaßnahme, die den Anteil regenerativer und somit nachhaltiger Energieproduktion erhöht und zugleich die Abhängigkeit von fossilen Energieimporten verringert.

7.3.7 Material- und Technologieforschung

Wichtig erscheint auch das Forschungsfeld der Auswirkungen der Moorwiedervernässung auf die Materialien und technischen Anlagen der PV-Anlagen (vgl. auch Greifswald Moor Centrum 2022 und KNE 2024b), welche zum Teil auch wieder für eine potenzielle Schadstofffreisetzung relevant sind (s. a. Abschnitt 3.6), d. h. welche Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind relevant? Welche Stoffe können ggf. freigesetzt werden und wie ist das umweltfachlich zu bewerten? Wie können alternative, beständigere und emissionsmindernde technologische und materialtechnische Lösungen aussehen?

Eine Verbesserung der Technologien und der Materialien zählt zu den umweltfachlichen Minderungsmaßnahmen, vor allem, um Auswirkungen auf Boden und Gewässer zu minimieren. Diesbezügliche Forschung ist sehr wertvoll. Welche technologischen und materialtechnischen Ansätze eignen sich insofern, um dauerhaft tragfähige und emissionsarme Alternativen zu entwickeln (vgl. zur Thematik umfangreiche Ausführungen in Abschnitt 3.5.10)?

7.3.8 Notwendigkeit fundierter empirischer Datenerhebung

Es bedarf spezifischer Messprogramme, Kartierungen und weiterer Daten als Grundlage insbesondere für ökologische, hydrologische und bodenkundliche Modellierungen, aber auch in Form von Monitoringdaten (Umsetzungserfolg, Kontrolle, ggf. Nachjustierung von Wiedervernässungsmaßnahmen usw.).

7.3.9 Forschungsseitige Berücksichtigung von Paludikultur als Nutzungsoption bei Moor-PV-Anlagen

Die Kombination von Photovoltaikanlagen auf wiedervernässten Moorflächen mit dem Anbau von Paludikulturen ist rechtlich zulässig und bietet grundsätzlich ein vielversprechendes Potenzial, um ökologische und landwirtschaftliche Synergien im Hinblick auf Moor- und Bodenschutz, Klimaschutz sowie Nutzbarkeit zu fördern.

Insgesamt bringt die Bewirtschaftung von Paludikulturen in Verbindung mit Moor-PV-Anlagen erhöhte Anforderungen an Planung und Management mit sich, die spezielle Lösungsansätze erfordern. Als vergleichsweise unkomplizierte Form der Paludikultur gilt in der Regel Nassgrünland (ggf. mit Beweidung) auf wiedervernässten Flächen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit am ehesten praktikabel ist.

Die Wechselwirkungen zwischen Moor-PV-Anlagen und einer landwirtschaftlichen Nutzung in Form von Paludikultur erfordern gezielte Forschung zu technischen und ökologischen Rahmenbedingungen (auch zu rechtlichen, s. o.). Bodenkundlich relevante Beeinträchtigungen und Auswirkungen, die auch infolge der Nutzung von Paludikulturen entstehen, sollten bezüglich potenzieller bodenmechanischer Veränderungen genauso wie andere Fragestellungen in entsprechende Forschungsstrategien eingebunden und somit möglichst im Komplex untersucht werden.

7.3.10 Ausrichten der Forschung auf praktische, insbesondere umwelt-/naturschutzfachliche und -rechtliche Relevanz im Rahmen von Genehmigungsverfahren

Die Ausrichtung der Forschung und wesentlicher Forschungsteile, insbesondere auf die (schnellstmögliche) Überführbarkeit von Erkenntnissen in umweltfachliche/energiewirtschaftliche Plan- und Genehmigungsverfahren bzw. die dafür notwendigen Verfahren und Grundlagen (UVPG, Artenschutzfachbeitrag, naturschutzrechtliche Eingriffs-/Ausgleichregelung, Bodenschutzbegleitung, WRRL-Verschlechterungsverbot etc.) ist besonders geboten. Untersuchungen müssen daher den Schutz besonders und streng geschützter Arten und Lebensräume sowie vor allem die Anforderungen aus Artenschutz-, UVP- und Natura-2000-Verfahren berücksichtigen. Die Anwendbarkeit bzw. Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen auf naturschutz- und andere umweltfachliche Bewertungsinstrumente ist insofern von hoher praktischer Relevanz und sollte frühzeitig in den Blick genommen werden.

Außerdem wäre es zielführend, dass Monitoringprogramme (Überwachung) zur Erfolgskontrolle von ergriffenen Maßnahmen, mindestens für repräsentative Moor-PV-Anlagen, so gestaltet bzw. abgesichert werden, dass die Ergebnisse auch für die Forschung nutzbar sind. Insofern ist es besonders wichtig, potenziell negative Entwicklungen frühzeitig zu erkennen (Lambert et al. 2023) und das Monitoring gezielt für den Wissensaufbau zu nutzen, z. B. in den Feldern Treibhausgasfreisetzung, Wasserhaushalt, Biodiversität und ggf. zur Nachsteuerung von Flächenpflege und weiteren Maßnahmenempfehlungen (Greifswald Moor Centrum 2022). Die weitergehende Nutzung von Monitoringdaten sollte Aufgabe von Wissenschaft und Forschung sein. Die Nachnutzungsmöglichkeit wäre allerdings notwendigerweise rechtlich gegenüber Anlagenbetreibern abzusichern.

7.3.11 Forschung für bessere Kompensation und ökologische verträglichere technische Gestaltung

Forschungsbedarf besteht auch zu ökologisch verträglichen Gestaltungsoptionen (z. B. lichtdurchlässige, vertikal gegliederte PV-Strukturen oder räumlich “aufgelockerte” Anordnung) und zur Entwicklung von Vermeidungs-, Minderungs- oder Kompensationsmaßnahmen gemäß §§ 15, 34 BNatSchG und § 27 WHG. Floating-PV-Konzepte mit dezentralen Anordnungen könnten hier z. B. als Vorbild dienen.

7.4 Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung

Für Moor-PV-Anlagen fehlen bislang belastbare wissenschaftliche Erkenntnisse zu vielen relevanten Umweltwirkungen. Dennoch lassen sich aus bestehenden Erfahrungen mit Freiflächen-Photovoltaik sowie aus dem Vorsorgeprinzip allgemeine Empfehlungen und Anforderungen ableiten. Die Bundesnetzagentur (2023) und zentrale rechtliche Vorgaben wie §§ 13 ff. BNatSchG betonen dabei das vorrangige Prinzip der Vermeidung vor Minderung und Kompensation von Eingriffen.

Der Fokus aktueller Studien liegt überwiegend auf der Standortwahl und Planung zur Vermeidung negativer Effekte. Nachträgliche Anpassungen oder Kompensationen finden selten Beachtung, da sie meist nicht behördlich verankert sind. Minderungsstrategien konzentrieren sich häufig auf artspezifische Aspekte und weisen einen hohen Einzelfallbezug auf.

Hilfreiche Fachhinweise bieten u. a. die Arbeiten von Dadelt et al. (2020), des KNE (2020, 2024), der KBU (2023), des Greifswald Moor Centrums (2023) sowie des Bundesverbandes Neue Energiewirtschaft (BNE 2020), der in einer Checkliste auf mögliche ökologische Vorteile wie höhere Biodiversität und Bodenschutz verweist. Normative Grundlagen liefern z. B. DIN 19639, DIN SPEC 91434 und 91492 sowie DVGW-Richtlinien zum Trinkwasserschutz. Ergänzend sind einschlägige EU- und Bundesregelungen zum Natur-, Gewässer-, Hochwasser- und Bodenschutz zu beachten (u. a. FFH-RL, WRRL, BBodSchG).

Diese Grundlagen wurden im Abschnitt 3.8 zu umfassenden Empfehlungen zur Vermeidung und Konfliktminderung ausgebaut. Die Darstellungen orientieren sich systematisch an den Phasen Anlage, Bau/Rückbau und Betrieb gemäß § 2 UVPG, wobei inhaltliche Überschneidungen bewusst nicht strikt getrennt werden. Ziel ist es, zentrale Umweltbelastungen frühzeitig zu vermeiden oder wirksam zu mindern – ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Die bestehenden Vermeidungs- und Verminderungsstrategien und -konzepte müssen mit dem Forschungsfortschritt ergänzt oder modifiziert werden.

Hinweis: Nach aktueller Rechtslage (§ 14 ff. BNatSchG: Eingriffsregelung, Landesnaturschutzgesetze) wäre für Moor-PV-Anlagen auch ein Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP) aufzustellen, der neben der Darstellung und Ermittlung/Quantifizierung der Eingriffe in Natur und Landschaft auch die vorgesehenen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen darstellen muss.

7.5 Sozioökonomischer Interessenausgleich

7.5.1 Überblick

In Kapitel 6 ist dargestellt, welche derzeitigen Möglichkeiten zum sozioökonomischen Interessenausgleich bestehen; eine diesbezügliche Entscheidungshilfe wird in Abschnitt 6.8 offeriert. Die bestehenden Optionen sind aber derzeit nicht ausreichend, um die Errichtung von Moor-

PV-Anlagen maßgeblich zu unterstützen. Die wichtigsten Defizite im Sinne von Handlungsbedarfen werden nachfolgend thematisiert.

7.5.2 Verbot von PV-Anlagen auf entwässertem Moorboden und Verbesserung des finanziellen Anreizes nach dem EEG 2023

Angesichts der ohnehin bestehenden Risiken und zusätzlichen Anforderungen für Vorhabens-träger und eingedenk der oben formulierten weiteren Aspekte ist einzuschätzen, dass die Vergütungsregeln nach EEG 2023 (s. a. Abschnitt 3.1) keinen ausreichenden Anreiz darstellen, um als Vorhabensträger auf Moor-PV-Anlagen statt anderer Formen von Freiflächen-PV-Anlagen zu setzen.

Dies ist vor allem daher kritisch, weil Vorhabensträger nach aktueller Rechtslage auch PV-Anlagen auf entwässertem Moorboden „risikofrei“ und auf jeden Fall kostengünstiger errichten dürfen, was kurz- und mittelfristig entsprechende Bemühungen um eine Wiedervernässung der Moore konterkariert (s. o.).

Eine rechtliche Vorgabe, wodurch die Errichtung von PV-Anlagen auf entwässertem Moorbo-den verhindert werden kann, wäre daher von großer Bedeutung und erforderlich (vgl. Ab-schnitt 7.2.2.1). Ggf. sollte auch der finanzielle Anreiz nach dem EEG vergrößert werden; dies wäre zu prüfen, denn im Rahmen des dem Bericht zugrunde liegenden Vorhabens wurden keine expliziten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angestellt. Auch eine Förderung der Wie-dervernässung könnte in dieser Hinsicht die Umsetzung von Moor-PV Projekten zusätzlich an-reizen.

7.5.3 Stärkere Nutzung partizipativer Ansätze, auch bei der Umsetzung von Moor-PV-Anlagen

Die aktive Mitwirkung lokaler Akteurinnen und Akteure gilt zurecht als Garant für erfolgreiche Moorschutzbvorhaben, auch im Hinblick auf die Etablierung von Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 6.2). Im Zusammenhang mit Partizipationsprozessen bei der Umsetzung von Moorboden-schutzkonzepten geben z. B. Mehl et al. (2025c) zahlreiche Empfehlungen. Eine stärkere Nut-zung partizipativer Ansätze, gerade auch bei der Umsetzung von Moor-PV-Anlagen oder ge-rade im Zusammenhang mit komplexen Vorhaben und ggf. integrierten Moor-PV-Anlagen, ist sehr zu empfehlen und kann dabei insbesondere folgende Vorteile aufweisen:

- Größere Mitwirkungsbereitschaft der regionalen Akteure bzw. der Bevölkerung
- Mehr Wissensvermittlung und damit höhere Chance auf Akzeptanz vor Ort
- Mehr und bessere Optionen auf unternehmerische bzw. finanzielle Beteiligung der Ge-meinden und/oder der Bürger (s. im Weiteren)
- Ggf. Förderung energieautarker Regionen (Abschnitt 6.3)
- Bessere Lösungen zur Transformation landwirtschaftlicher Nutzungen unter und in Nach-barschaft zu Moor-PV-Anlagen
- Bessere Möglichkeiten der Berücksichtigung hydrologischer Wirkräume bei der Wieder-vernässung von Mooren

7.5.4 Verstetigung, weitere Förderung der unternehmerischen bzw. finanziellen Beteiligung der Gemeinden und/oder der Bürger

Eine stärkere Nutzung der Möglichkeit einer finanziellen Beteiligung der Gemeinden an den Erträgen von Freiflächen-Solaranlagen nach dem EEG 2023 erscheint zentral. Gerade die Bundesländer können im Rahmen ihrer Regelungskompetenz nach § 22b Abs. 6 EEG 2023 eigene, teilweise verbindliche Vorgaben zur Beteiligung von Gemeinden sowie Bürgerinnen und Bürgern einführen. Einige Bundesländer haben entsprechende Lösungen auf den Weg gebracht (Abschnitt 0). Dies sollte umfassender erfolgen und auch immer den Blick auf die Möglichkeit der Moor-PV-Anlagen umfassen. Die Akzeptanz erneuerbarer Energieprojekte auf lokaler Ebene kann damit enorm gestärkt werden.

Nach wie vor fehlen aber gute Lösungen im Hinblick auf den meistens notwendigen “größeren” Blick. Der ungenügende “räumliche” Ausgleich von finanziellen Vorteilen infolge PV-Anlagen, die angesichts der hydrologischen Systembestimmtheit bei Wiedervernässung nur auf Flächen weniger Flächenbesitzenden beschränkt bleibt, ist ein zentrales Problem und muss einer Lösung zugeführt werden. Hiermit steht und fällt auch die Akzeptanz vor Ort.

7.5.5 Verbesserte Einsatz weiterer ökonomischer Steuerungs- bzw. marktbasierter Instrumente

Neben dem bereits oben beschriebenen Erfordernis der Überprüfung (Verbesserung) der Vergütungsregeln des EEG 2023 für Moor-PV-Anlagen sollten auch andere ökonomische Instrumente im Fokus stehen. Viele “klassische” Förderinstrumente des Naturschutzes und des Moorschutzes, auch z. B. die Programme des ANK, sind aktuell für Moor-PV-Anlagen nicht einsetzbar. Was bei einer alleinigen, d. h. räumlich begrenzten Etablierung von Moor-PV-Anlagen noch förderrechtlich nachvollziehbar ist, ist aber dann zu hinterfragen, wenn Moor-PV-Anlagen ggf. als ökonomischer Hebel eingesetzt werden, um größere Moore bzw. Moorkomplexe wiederzuvernässen. Dies entspräche der Anforderung der Nationalen Moorschutzstrategie (BMUV 2022), im hydrologischen Systemzusammenhang zu handeln, vgl. auch Greifswald Moor Centrum (2022), ist aber förderseitig derzeit nicht progressiv geregelt.

In diesem Zusammenhang ist die Frage der nicht in allen Bundesländern gegebenen Förderung des Anbaus von Paludikulturen (z. B. als Agrarumwelt- und Klimamaßnahme - AUKM) wichtig; zudem bestehende Rechtsunsicherheiten, z. B. im Hinblick auf naturschutzrechtliche Regelungen (vgl. Kapitel 5). Hier würden ökonomisch attraktive Lösungen und rechtliche Sicherheit dazu beitragen helfen, die Errichtung von Moor-PV-Anlagen in Kombination mit Paludikulturen zu fördern, zumal in Kombination mit den anderen vorgeschlagenen Maßnahmen.

Es bedarf einer „Anpassung der vorhandenen ordnungs- und förderrechtlichen Rahmenbedingungen [...], damit die vorhandenen und auch die neuen Finanzierungsinstrumente ihre Wirksamkeit entfalten können.“ (Schäfer et al. 2022:87). Letztlich sind hierzu auch die bei Schäfer et al. (2022) aufgeführten Finanzierungsinstrumente für Paludikulturen ein zentraler Schlüssel, so dass hiermit Moor-PV-Anlagen in Kombination mit Paludikulturen deutlich stärker angereizt würden.

7.5.6 Etablierung sozioökonomischer Begleitforschung

Der Beitrag zur konfliktarmen Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und zur Förderung regenerativer Energieerzeugung im Einklang mit Natur-, Gewässer- und Landschaftsschutz sollte eine zentrale Leitlinie der Forschung sein. Daher wäre auch eine sozioökonomische Forschung von großem Vorteil, insbesondere im Hinblick auf Fragen der Akzeptanz und der Bedingungen

einer realistischen, zeitnahen Umsetzbarkeit. Zudem ist eine sozioökonomische Folgenabschätzung im Hinblick auf Einkommen bzw. Wertschöpfung im ländlichen Raum bzw. in der Landwirtschaft und in der Energiewirtschaft vonnöten.

Die sozioökonomische Forschung sollte idealerweise als „Begleitforschung“, d.h. parallel zu den anderen notwendigen Forschungsaktivitäten (s. o.) etabliert werden, um möglichst umfassende Synergien zu erzeugen.

7.6 Zusammenstellung der wichtigsten Aspekte

Abschließend erfolgt in diesem Abschnitt eine Zusammenstellung der oben thematisierten Empfehlungen, d. h. Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf werden systematisch und kurz tabellarisch dargestellt. Dies erfolgt entsprechend der Kapitelstruktur bzw. Abschnittsgliederung wie folgt:

- Rechtliche und planerische Ebene (Tab. 100)
- Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen (Tab. 101)
- Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung (Tab. 102)
- Sozioökonomischer Interessenausgleich (Tab. 103)

Tab. 100: Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Rechtliche und planerische Ebene“

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Mehrfachnutzung von Flächen (7.2.1): Flächenkonkurrenz steigt; Mehrfachnutzung kann Synergien erzeugen, braucht aber Steuerung	§ 7 Abs. 1 S. 2 ROG (RED III-Umsetzung) erlaubt Ausweisung für mehrere flächenkompatible Nutzungen	Prüfpflicht zur Mehrfachnutzung in ROG verankern (z. B. § 2 Abs. 2 Nr. 6 S. 6; § 13 Abs. 5); BauGB explizit um Mehrfachnutzung ergänzen (z. B. § 1c Abs. 5 Nr. 2; Kataloge der §§ 5 und 9)
PV auf entwässerten Mooren (7.2.2.1): Ohne Wiedervernässung ökonomisch oft lohnender; EEG-Förderung für besondere Anlagen entfällt dann, Verbot gibt es nicht	§ 2 EEG privilegiert EE-Anlagen („überragendes öffentliches Interesse“), was Ablehnungen erschwert	Gesetzliches Verbot von PV auf trockengelegten Moorböden ohne gleichzeitige Wiedervernässung (idealerweise im BNatSchG; sonst Länderrecht); dabei sind Mindestanforderungen für zu erreichende Wasserstände festzulegen; Ausschluss solcher Anlagen vom Privileg gemäß § 2 EEG
Bauplanungsrechtliche Privilegierung (7.2.2.2): Privilegierung nach § 35 Abs. 1 BauGB könnte Verfahren beschleunigen, mindert aber kommunales Vetorecht	Aktuell i. d. R. Bebauungsplan erforderlich; Kommune hat Steuerungsmöglichkeit	Ausweitung der Privilegierung nur mit flankierender Steuerung (Gesetz/Raumordnung); gesetzliche Klarstellung zur Wirkung des § 2 EEG im Rahmen des § 35 Abs. 2 BauGB
RED III & nationale Umsetzung (7.2.2.3): Beschleunigungs- und Erleichterungsvorgaben; für	Umsetzungsfrist abgelaufen; bisher nur teilweise Umsetzung (v. a. Windenergiegebiete)	Zu prüfen ob auch für Moor-PV Beschleunigungsgebiete ausgewiesen werden sollen; Umsetzung der Vorgaben der RED III für Vorhaben außerhalb von Beschleunigungsgebieten

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Windenergie teils umgesetzt; Beschleunigungsgebiete könnten Moor-PV erleichtern		
Räumliche Steuerung (7.2.3): Instrumente (Raumordnung) vorhanden, aber wenig genutzt; Vorranggebiete, Vorbehaltsgebiete, Schutzgebietsfestlegungen möglich	Vorrang-/Vorbehaltsgebiete für PV möglich, diese haben aber keine Ausschlusswirkung; Beispiel LROP Niedersachsen, Entwurf 03/2025, für Verbot von PV auf entwässertem Moor	Stärkere Nutzung der Instrumente; ggf. raumordnerische Verbote für PV auf entwässerten Mooren; Kompatibilitätsregeln textlich festlegen
Wiedervernässung – Verfahrensrahmen (7.2.4.1): Kein wasserrechtlicher Begriff „Wiedervernässung“; oft mehrere Verfahren parallel, Präzisierung des Unterhaltungsbegriffs	–	Gesetzlichen (wasserrechtlichen) Vorhabenbegriff „großflächige Moor-Wiedervernässung“ mit Schwellenwerten einführen; wasserrechtlichen Unterhaltungsbegriff in § 39 WHG oder ggf. im Landesrecht präzisieren; Regelung zum vorzeitigen Beginn bzw. zu Probemaßnahmen in § 8a BImSchG als Vorbild
Natürlicher Klimaschutz im WHG (7.2.4.2): Wiedervernässung zentral für Klimaschutz, aber kein explizites Ziel im WHG	–	„Natürlicher Klimaschutz“ in § 6 Abs. 1 WHG aufnehmen; ggf. Wiedervernässung als im überragenden öffentlichen Interesse definieren (mit Augenmaß wegen Abwägungsinflation)
Raumbedeutsamkeit (7.2.4.3): Keine einheitliche Schwelle	–	Schwellen (z. B. ≥ 100 ha) in ROV/Landesrecht/Raumordnungsplänen festlegen
Raumordnerische Steuerung der Wiedervernässung (7.2.4.4): Vorranggebiete möglich; Flächen-sicherung gegen entgegenstehende Nutzungen	Wirkung: In Vorranggebieten sind widersprechende Nutzungen unzulässig	Stärkere Nutzung der Instrumente; Bedingungen für Mehrfachnutzungen (Paludikultur/Moor-PV) und Kompatibilität in Raumordnungsplänen festlegen
Naturschutzrecht (7.2.4.5): Potenzial des Moorschutzes explizit verankern; Wiedervernässung von Kompensation ausnehmen; Privilegierung in Schutzgebieten denkbar; aber Natura 2000 und Artenschutz setzen enge Grenzen	Natura 2000-Ausnahmen erfordern überwiegendes öffentliches Interesse; aktueller Rechtsrahmen lässt keine generelle Ausnahme zu	Moorschutz als Schutzgut ins BNatSchG aufnehmen; Wiedervernässung explizit nicht als Eingriff werten bzw. kompensationsfrei stellen; Privilegierung in nationalen Schutzgebieten unter Bedingungen erwägen; Wiedervernässung als im „gewichtigen“ (nicht „überwiegenden“) öffentlichen Interesse liegend definieren; Biotopschutz so anpassen, dass Wiedervernässung nicht behindert wird (z. B. Vorbild des § 20 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 NatSchAG M-V, wonach nur naturnahe Moore geschützt sind)

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Einheitliche Stelle (7.2.5.1): Vorhaben sind komplex, Koordination nötig	§§ 71a–71e VwVfG (einheitliche Stelle); Regelung besteht auch in § 11a WHG (RED-III-Umsetzung); PV fällt darunter nur bei Anlagen in bzw. über Gewässern (§ 11a Abs. 1 Nr. 3 WHG)	Schaffung einer einheitlichen Stelle speziell für Moor-PV bzw. Wiedervernässung prüfen; elektronische Verfahren/Fristen übernehmen
Behördliche Kooperation (7.2.5.2): Zahlreiche Wechselwirkungen; heute meist informelle Abstimmung	–	Gesetzliche Kooperationspflicht der beteiligten Behörden rechtlich verankern
Leitfäden (7.2.5.3): Bedarf an adressatengerechten Handreichungen	–	Leitfäden zu Verfahrensrecht/materiellem Recht für Moor-PV erstellen (Behörden, Kommunen, Träger, Büros)
Kommunen (7.2.5.4): Steuerung v. a. über (vorhabenbezogene) B-Pläne (§ 12 BauGB); Fachwissen vor Ort teils begrenzt	B-Plan-Erfordernis und Planungsermessens bestehen	Informations-/Beratungsangebote ausbauen; gemeindliches Planungsermessen durch gesetzliche und raumordnerische Vorgaben lenken
Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) (7.2.6.1): Mindestwasserstände (z. B. –10 cm Winter/–30 cm Sommer) gefordert; aber heterogene Mooroberflächen, Trockenjahre und Messabdeckung erschweren Nachweis; Monitoring nötig	Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) existieren, aber wenig konkret und zu praxisfern	Präzisieren: Bezugsfläche (nur Modulfläche? Gesamtfläche?); Repräsentativität/Messdichte für Monitoring-Pegel; erforderlicher Flächenanteil einer Wiedervernässung mit Zielwerten (z. B. $\geq 90\%$?); Umgang mit trockener Witterung; Dauerhaftigkeitsnachweis; verbindliches Langzeit-Monitoring
Gutachten-Qualität (7.2.6.2): Hydrologisch/moorkundlich fundierte Untersuchungen sind erfolgskritisch	–	Verbindliches „Pflichtenheft“/anerkannte Regeln (Qualitätssicherung) normativ verankern
Paludikultur & Nachnutzung (7.2.6.3): Paludikultur als Nachnutzung wünschenswert; Entwässerung nach PV-Nutzungsende kontraproduktiv	–	Rechtssicher regeln: Paludikultur als landwirtschaftliche Bodennutzung definieren (EU-/Fördersystematik, Kollisionen mit § 30 BNatSchG vermeiden); Verbot erneuter Entwässerung/Nutzungsintensivierung nach Moor-PV-Anlagen-Nutzung

Tab. 101: Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen“

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Überblick (7.3.1): Großes Forschungsdefizit; wenige Studien; Erkenntnisse aus Floating-/Agri-PV bzw. FPV nur eingeschränkt übertragbar; Pilotprojekte und Monitoring essenziell; THG-Minderung steigt mit höherem Grundwasserstand und naturnaher Nutzung	–	Wie beeinflusst die konkrete Moor-PV-Gestaltung Wirkungen in Bezug auf Treibhausgasfreisetzung, Biodiversität, Wasserhaushalt u. a.?; geeignete Forschungs-/Pilot-/Monitoring-Programme aufsetzen
Wirkungsermittlung (7.3.2): Alle Schutzgüter (§ 2 Abs. 1 UVPG) über Anlage, Bau, Betrieb, Rückbau betrachten; Hydrologie zwingend mitdenken	UVPG-Kategorien als Bewertungsrahmen vorhanden	Methoden- bzw. Studien geeignet systematisieren (inkl. hydrologischer Maßnahmen der Wiedervernässung)
Standortfaktoren (7.3.3): Vegetation, Hydrologie, Morphologie, Nutzung, Schutzstatus, Klima sind entscheidende Prädiktoren	–	Datengrundlagen je Moortyp/Region aufbauen; Übertragbarkeit von Erkenntnissen prüfen und einordnen
Boden & Stoffhaushalt (7.3.4): Großer Bedarf; Langzeitforschung (≥ 10 Jahre) empfohlen	–	Langzeit-Designs finanzieren/implementieren (Bodenstruktur und-mechanik, Wasser- und Stoffhaushalt, Gewässerschutz)
Synergien/Mehrfachnutzen (7.3.5): Grundsätzlich effiziente vertikale Raumnutzung möglich (Klimaschutz/solare Energie, Biodiversität, Wasser, Moorschutz); Effizienz/Effektivität wäre nachzuweisen	–	Empirisch quantifizieren (ökologisch/finanziell); Konflikte versus Synergien bilanzieren
Material & Technologie (7.3.6): Wiedervernässung kann Materialien/Anlagen beeinflussen; potenzielle Stofffreisetzung; technologische Verbesserungen sind Minderungsmaßnahme	–	Ursache-Wirkungs-Ketten analysieren, Stoffpfade ermitteln und bewerten, Umweltbewertung durchführen; beständige/emissionsarme Lösungen entwickeln/testen
Empirische Daten (7.3.7): Spezifische Mess-/Kartierprogramme für Monitoring (sowie Modellentwicklung/-kalibrierung) notwendig	–	Standardisierte Messkonzepte/Indikatorensets und Methodika etablieren
Paludikultur (7.3.8): Kombination mit Moor-PV ist gemäß EEG 2023 rechtlich zulässig; Potenziale; Höhenlimits bei Gehölzen; Beweidung oft am praktikabelsten; Managementanforderungen steigen	Zulässigkeit grundsätzlich gegeben	Technisch-ökologische Randbedingungen; bodenmechanische Effekte; rechtliche Flankierung weiter klären usw.

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Praxistransfer (7.3.9): Forschung soll rasch in umweltfachliche Prüfverfahren (UVP, Artenschutz, Natura-2000 etc.) überführbar sein; Monitoringdaten sollten wissenschaftlich (nach)nutzbar sein (auch zur frühzeitigen Risikoerkennung)	–	Rechtsrahmen für Datenweitergabe, Nachnutzung schaffen; Monitoring-Designs (z. B. Datenstandards) so anlegen, dass die Schnittstelle Behörden und Forschung funktioniert
Gestaltung & Kompensation (7.3.10): Bedarf an ökologisch verträglichen technischen und technologischen Lösungen (z. B. lichtdurchlässig, vertikal, aufgelockert) sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Kompensationsmaßnahmen	§§ 15, 34 BNatSchG; § 27 WHG als rechtliche Anknüpfungspunkte	Gestaltungskataloge und wirksame Kompensationspakete entwickeln

Tab. 102: Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung“

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Prinzipien & Grundlagen (7.4): Viele Wirkungen noch unklar; Vorsorgeprinzip, Vermeidung vor Minderung/Kompensation maßgeblich; Fokus bisher v. a. auf Standortwahl/Planung; ex post Anpassungen selten	§§ 13 ff. BNatSchG (Eingriffsregelung); Festlegungen der Bundesnetzagentur (2023) verweisen auf Vermeidung; einschlägige Normen/Leitfäden bestehen im Hinblick auf Vermeidung und Verminderung (u. a. DIN 19639, DIN SPEC 91434/91492, EU-/Bundesrecht: FFH-RL, WRRL, BBodSchG, WHG etc.)	Strategien dynamisch mit Forschungsfortschritt fortschreiben; behördliche Verankerung von Nachsteuerung/Monitoring stärken; Lücken bei nachträglichen Minderungs-/Kompensationsmaßnahmen schließen

Tab. 103: Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen“

Was ist bereits bekannt? (Abschnittsnummerierung in Klammern)	Was ist bereits geregelt bzw. feststehend?	Was ist unklar und bedarf der Prüfung oder Regelung?
Überblick (7.5.1): Bestehende Optionen reichen nicht, um Moor PV maßgeblich zu unterstützen	–	Zuschnitt/Instrumentenmix für Moor PV weiterentwickeln
Verbot & EEG Anreize (7.5.2): EEG 2023 bietet keinen ausreichenden Anreiz; PV auf entwässerten Mooren aktuell erlaubt und günstiger, dies konterkariert Wiedervernässung, vor allem auch im hydrologischen Systembezug	EEG 2023 Regeln; kein Verbot der Errichtung auf entwässerten Mooren	Verbot für PV auf entwässerten Mooren einführen; EEG-Anreiz für Moor PV prüfen und ggf. anpassen (es wären vorherige Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit anzuraten)
Partizipation (7.5.3): Lokale Beteiligung steigert i.d.R. Erfolg und Akzeptanz; bringt zudem Wissensaufbau, Transformationsvorteile sowie ggf. regionale Energieautarkie	–	Partizipative Ansätze systematisch und früh integrieren (auch bei komplexen/integrativen Vorhaben)
Gemeinden/Bürger beteiligen (7.5.4): Kommunale finanzielle Beteiligung nach § 22b Abs. 6 EEG möglich; einige Länder haben Vorgaben; Akzeptanz kann steigen	Teilweise landesrechtliche Regelungen bestehend bzw. in Umsetzung	Breitere, verbindlichere Beteiligungsmodelle; notwendigen „räumlichen“ Ausgleich der ökonomischen Vorteile im hydrologischen System lösen
Ökonomische/marktbasierte Instrumente einsetzen (7.5.5): Viele Naturschutz-/Moorschutz Förderinstrumente (z. B. ANK) sind derzeit für Moor PV nicht nutzbar; Paludikultur Förderung uneinheitlich; Rechtsunsicherheiten hemmen	Instrumente existieren, sind für systemische Moor-PV-Ansätze jedoch unzureichend zugeschnitten	Ordnungs-/Förderrahmen anpassen (systemischer Ansatz, hydrologische Komplexe); Paludikultur als AUKM/landwirtschaftliche Nutzung klarstellen; Finanzierungsinstrumente für die Kombination Moor-PV und Paludikulturnutzung stärken
Sozioökonomische Begleitforschung (7.5.6): Bedarf zu Akzeptanz, Umsetzbarkeit, Wertschöpfung (Landwirtschaft/Energiewirtschaft)	–	Begleitforschung parallel etablieren und finanzieren; standardisierte sozioökonomische Folgenabschätzungen durchführen

Literaturverzeichnis

- Abbasi, S. A. & Abbasi, N. (2000): The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources. *Applied Energy* 65: S. 121-144, [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(99\)00077-X](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00077-X).
- Abdelal, Q. (2021): Floating PV; an assessment of water quality and evaporation reduction in semiarid regions. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 16 (3): S. 732-739, <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctab001>.
- Abubakar, A., Almeida, C. F. M. & Gemignani, M. (2023): Solar Photovoltaic System Maintenance Strategies: A Review. *Polytechnica* 6 (3): 24 S., <https://doi.org/10.1007/s41050-023-00044-w>.
- Adeh, E. H., Good, S. P., Calaf, M. & Higgins, C. W. (2019): Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Scientific reports* 9 (1): S. 11442, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3>.
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). 5. Aufl., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland [Hrsg.], 5. verbesserte und erweiterte Aufl., 438 S.
- AG Boden (2024a): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 6). 6. Aufl., Band 1: Grundlagen, Kennwerte und Methoden. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland [Hrsg.]: 160 S.
- AG Boden (2024b): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 6). 6. Aufl., Band 2: Geländeaufnahme und Systematik. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland [Hrsg.]: 392 S.
- Agha, M., Lovich, J., Ennen, J. & Todd, B. (2020): Wind, sun, and wildlife: do wind and solar energy development ‘short-circuit’ conservation in the western United States?. *Environmental Research Letters* 15 (7): S. 75004, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8846>.
- AK Moorschutz (2017): Paludikultur – nasse torferhaltende und klimaschonende Bewirtschaftung von organischen Böden. Positionspapier des Länder-Arbeitskreises Moorschutz der Landesfachbehörden für Naturschutz der moorreichen Bundesländer und des BfN zu Chancen und Risiken der Paludikultur aus Naturschutzsicht: 14 S., <https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-10/paludikultur.pdf> (letzter Abruf: 13.08.2024).
- AktG: Aktiengesetz vom 6. September 1965 (BGBl. I S. 1089), zuletzt geändert durch Artikel 18 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323).
- AL-agele, H., Proctor, K., Murthy, G. & Higgins, C. (2021): A Case Study of Tomato (*Solanum lycopersicon* var. *Legend*) Production and Water Productivity in Agrivoltaic Systems. *Sustainability* 13 (5): S. 2850, <https://doi.org/10.3390/su13052850>.
- Alam, M. J. (2021): Restoration of Degraded Peat Swamp Forest through Community Participation: The case of Raja Musa Forest Reserve, North Selangor, Malaysia. – Doctoral Degree Programme, School of Environmental and Geographical Sciences, University of Nottingham Malaysia, 177 S.
- Alam, M. J., Rengasamy, N., Dahalan, M. P. B., Halim, S. A., Istihat, Y. & Nath, T. K. (2021): Rules-in-use and Actors’ Interaction in a Community-Based Peatland Restoration Program in Peninsular Malaysia. -*Journal of Sustainable Forestry*, <https://doi.org/10.1080/10549811.2021.1941123>.
- Ali Jan, A., Lai, F.-W., Kashif Shad, M., Emad Azhar Ali, S. & Hamad, S. (2023): Solar Photovoltaic Technology and its Impact on Environmental, Social and Governance (ESG) Performance: A Review. *KnE Social Sciences* 2023: S. 759-774, <https://doi.org/10.18502/kss.v8i20.14636>.
- Al-Widyan, M., Khasawneh, M. & Abu-Dalo, M. (2021): Potential of Floating Photovoltaic Technology and Their Effects on Energy Output, Water Quality and Supply in Jordan. *Energies* 14 (24): S. 8417, <https://doi.org/10.3390/en14248417>.

- Ammermann, K., Bunzel, K. & Igel, F. (2022): Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solar-energie. Positionspapier. Bundesamt für Naturschutz, 14 S., <https://www.bfn.de/sites/default/files/2022-10/2022-eckpunkte-fuer-einen-naturvertraeglichen-ausbau-der-solarenergie-bfn.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Andini, S., Suwartha, N., Setiawan, E. & Ma'arif, S. (2022): Analysis of Biological, Chemical, and Physical Parameters to Evaluate the Effect of Floating Solar PV in Mahoni Lake, Depok, Indonesia: Mesocosm Experiment Study. *Journal of Ecological Engineering* 23 (4): S. 201-207, <https://doi.org/10.12911/22998993/146385>.
- ARGE Monitoring PV-Anlagen (2007): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen. ARGE Monitoring PV-Anlagen im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Hannover: 126 S., https://www.baubetriebe.eu/images/doks/pv_leitfaden.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Armstrong, A., Ostle, N. J. & Whitaker, J. (2016): Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters* 11 (7): S. 74016, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/074016>.
- Armstrong, A., Page, T., Thackeray, S. J., Hernandez, R. R. & Jones, I. D. (2020): Integrating environmental understanding into freshwater floatovoltaic deployment using an effects hierarchy and decision trees. *Environ. Res. Lett.* 15, 114055, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbf7b>.
- Armstrong, A., Waldron, S., Whitaker, J. & Ostle, N. (2014): Wind farm and solar park effects on plant-soil carbon cycling: uncertain impacts of changes in ground-level microclimate. *Global Change Biology* 20 (6): S. 1699-1706, <https://doi.org/10.1111/gcb.12437>.
- Attendorn, T. (2022): Umweltrechtliche Ausnahmeabwägungen über die Zulassung von Wasser- und Windkraftanlagen nach dem „Osterpaket“. *NVwZ* 21/2022: S. 1586-1592.
- Baars, A. (2023): Genehmigungsrechtliche Grundlagen von Photovoltaik im Außenbereich. *NVwZ* 24/2023: S. 1857-1863.
- Badelt, O., Niepelt, R., Wiehe, J., Matthies, S., Gewohn, T., Stratmann, M., Brendel, R. & von Haaren, C. (2020): Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE). Institut für Solarenergieforschung GmbH Hameln/Emmerthal (ISFH), Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung (IUP) und Institut für Festkörperphysik (FKP) im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz: 129 S., https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/161527/Bericht_Integration_von_Solarenergie_in_die_niedersaechsische_Energielandschaft_INSIDE_.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Bai, Z., Jia, A., Bai, Z., Qu, S., Zhang, M., Kong, L., Sun, R. & Wang, M. (2022): Photovoltaic panels have altered grassland plant biodiversity and soil microbial diversity. *Frontiers in Microbiology* 13: S. 1065899, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1065899>.
- Barron-Gafford, G. A., Minor, R. L., Allen, N. A., Cronin, A. D., Brooks, A. E. & Pavao-Zuckerman, M. A. (2016): The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures. *Scientific reports* 6: S. 35070, <https://doi.org/10.1038/srep35070>.
- Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P. & Macknick, J. E. (2019): Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *nature sustainability* 2 (9): S. 848-855, <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>.
- BArtSchV: Verordnung zum Schutz wildlebender Tier- und Pflanzenarten vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258, 896), zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95).
- BauGB: Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 394).

- Baumeister, C. & Ramsauer, S. (2024): Reform der Erneuerbare-Energien-Richtlinie – Der Durchbruch für die Windenergie an Land?. ZUR 12/2024: S. 664-674.
- Bax, V., van de Lageweg, W. I., Hoosemans, R. & van den Berg, B. (2023): Floating photovoltaic pilot project at the Oostvoornse lake: Assessment of the water quality effects of three different system designs. Energy Reports 9 (2023): S. 1415-1425.
- Bayernwerk Netz GmbH (2023): Informationen zu Freileitungsprojekten. Bayernwerk Netz GmbH, <https://www.bayernwerk-netz.de/de/bayernwerk-netz-gmbh/netzausbau/freileitungsprojekte.html> (letzter Abruf: 24.11.2023).
- BBodSchG: Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306).
- BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716).
- Beatty, B., Macknick, J., McCall, J., Braus, G. & Buckner, D. (2017): Native Vegetation Performance under a Solar PV Array at the National Wind Technology Center. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Technischer Bericht NREL/TP-1900-66218: 54 S., <https://www.osti.gov/biblio/1357887> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- BeckOK BauGB (2024): Beck'scher Online-Kommentar BauGB, Spannowsky, W. & Uechtritz, M. [Hrsg.]. München (C.H.Beck), Stand: 1.8.2024.
- BeckOK Bauordnungsrecht Bayern (2025): Beck'scher Online-Kommentar Bauordnungsrecht Bayern, Spannowsky, W. & Manssen, G. [Hrsg.]. München (C.H.Beck), Stand: 1.2.2025.
- BeckOK Klimarecht (2024): Beck'scher Online-Kommentar Klimarecht, Hofmann, E. & Heß, F. [Hrsg.]. München (C.H.Beck), Stand: 1.10.2024.
- BeckOK Umweltrecht (2025): Beck'scher Online-Kommentar Umweltrecht, Giesberts, L. & Reinhardt, M. [Hrsg.]. München (C.H.Beck), Stand: 1.4.2025.
- Benrath, D. (2024): Der Ausbau erneuerbarer Energien als vorrangiger Belang in der Abwägung - Inhaltliche Konturen für eine unscharfe Regelung. DVBl. 7/2024: S. 403-49.
- BfN (2011a): Naturräume und Großlandschaften Deutschlands. Stand 2011. Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.], <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/biogeografische-regionen-und-naturraumliche-haupteinheiten-deutschlands> bzw. <https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-06/grossraum.pdf> (letzter Abruf: 01.09.2024).
- BfN (2011b): Naturräume und Großlandschaften Deutschlands. Stand 2011. Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.], <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/biogeografische-regionen-und-naturraumliche-haupteinheiten-deutschlands> bzw. https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-06/Naturraumliche_Haupteinheiten_in_Deutschland_Biogeografische_Regionen_Web.pdf (letzter Abruf: 01.09.2024).
- BfN (2025a): Behördliche Entscheidungsspielräume zur Wiedervernässung organischer Böden im Planungs- und Ordnungsrecht. Hintergrundpapier 2025. Bundesamt für Naturschutz (BfN) [Hrsg.]: 47 S.
- BfN (2025b): Informationen zu den bestehenden Förderprogrammen des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK). Bundesamt für Naturschutz (BfN), <https://www.bfn.de/verfahren-ank> (letzter Abruf: 05.04.2025).
- BfN & BMUV (2023): Naturbewusstsein 2023. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Bundesamt für Naturschutz (BfN) & Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) [Hrsg.]: 135 S., <https://bfm.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/1958/file/brs251.pdf> (letzter Abruf: 06.10.2025).

- BGB: Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), zuletzt geändert durch Artikel 14 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323).
- BgWindAbgG: Gesetz zur Zahlung einer Sonderabgabe an Gemeinden im Umfeld von Windenergieanlagen (Windenergieanlagenabgabengesetz - BbgWindAbgG) vom 19. Juni 2019 (GVBl. I/19 Nr. 30).
- Biesmeijer, K., van Kolfschoten, L., Wit, F. & Moens, M. (2020): The effects of solar parks on plants and pollinators: The case of Shell Moerdijk. Naturalis Biodiversity Center: 28 S., https://www.naturalis.nl/system/files/inline/report%20the%20effects%20of%20solar%20parks%20on%20plants%20and%20pollinators%20-%20the%20case%20of%20shell%20moerdijk%20_0.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Birkhölzer, D. (2023): Ein Jahr § EEG § 2 EEG – eine Rechtsprechungsübersicht. ZNER 05/2023: S. 374-381.
- Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2021): Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren – Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren. Auszug aus den BfN-Skripten 616, bearb. Fassung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und Greifswald Moor Centrum (Hrsg.): 148 S., https://www.moorwissen.de/files/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Steckbriefsammlung.pdf (letzter Abruf: 14.08.2024).
- Bižić, M., Klintzsch, T., Ionescu, D., Hindiyeh, M., Y., Günthel, M., Muro-Pastor, A., Eckert, W., Urich, T., Keppler, F. & Grossart, H.-P. (2020): Aquatic and terrestrial cyanobacteria produce methane. Science Advances 6 (3), <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax5343>.
- BKompV: Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung (Bundeskompensationsverordnung - BKompV) vom 14. Mai 2020 (BGBl. I S. 1088).
- Blankenburg, J., Niemeyer, F., Kulp, H.-G., Beuster, T., Germer, P. & Graf, M. (2022): 4. Technische Maßnahmen. In: Graf, M., Höper, H. & Hauck-Bramsiepe, K. [Red.] (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie [Hrsg.], GeoBerichte 45: S. 25-48, https://doi.org/10.48476/geober_45_2022.
- BMEL (2025): GAP-Strategieplan für die Bundesrepublik Deutschland. – Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMEL), <https://www.bmleh.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/gap/gap-strategieplan.html> (letzter Abruf: 26.10.2025).
- BMUB (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) [Hrsg.], 179 S., https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_strategie_biologische_vielfalt_2015_bf.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- BMUV (2022): Nationale Moorschutzstrategie. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hrsg.), Kabinettsbeschluss vom 09.11.2022: 54 S. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- BMUV (2023): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. Kabinettsbeschluss vom 29.03.2023, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz [Hrsg.], 86 S., https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/ank_publikation_bf.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).

- BMWK (2024): Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413 in den Bereichen Windenergie an Land und Solarenergie sowie für Energiespeichieranlagen am selben Standort. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). 21.8.2024: 103 S., <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/240403-gesetz-umsetzung-red-3-wind-an-land-und-solarenergie.html> (letzter Abruf: 15.4.2025).
- BMWK, BMUV & BMEL (2023): Flächen für die Photovoltaik. Synergien für Landwirtschaft, Energiewirtschaft und Naturschutz. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Bundesministerium für Umwelt und Verbraucherschutz & Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Gemeinsames Pressepapier: 3 S., unter <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/Agri-PV.html> (letzter Abruf: 13.5.2025)
- BMWSB (2024): Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der integrierten Stadtentwicklung. Bundesministerium für Wohnen Stadtentwicklung und Bauwesen. Bearbeitungsstand 3.9.2024: 4 S., <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/Webs/BMWSB/DE/novelle-baugb-2024.html> (letzter Abruf: 23.4.2025).
- BNatSchG: Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 48 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323).
- BNE (2020): Gute Planung von PV-Freilandanlagen. Wie sich Energiewende, Umwelt- und Naturschutz vereinen lassen. Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V. (bne): 8 S., Stand: 08.09.2020, https://www.bne-online.de/wp-content/uploads/downloads/20-09-08_bne_Gute_Planung_PV-Freilandanlagen.pdf (letzter Abruf: 21.08.2024).
- BodSchätzG: Gesetz zur Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens (Bodenschätzungsgesetz - BodSchätzG) vom 20. Dezember 2007 (BGBl. I S. 3150, 3176), zuletzt geändert durch Artikel 33 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 411).
- Bosch, S. & Peyke, G. (2011): Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. *Raumforschung und Raumordnung* 69 (2): S. 105-118, <https://doi.org/10.1007/s13147-011-0082-6>.
- Breeze, P. (2016): Solar Integration and the Environmental Impact of Solar Power. *Solar Power Generation: Elsevier*, S. 81-87. In: Academic Press (Hrsg.): *Photovoltaic Solar Energy Conversion. Technologies, Applications and Environmental Impacts*. Elsevier: S. 81-87.
- Breuer, R. & Gärditz, K. (2017): *Öffentliches und privates Wasserrecht*. München (C.H.Beck), 4. Aufl. 2013.
- Breznikar, A. & Mehl, D. (2024): Final report. Climate-relevant greenhouse gas emissions of inland waters in Germany and estimation of their mitigation potential by restoration measures. A review. – UBA-Texte 107/2024 (Herausgeber: Umweltbundesamt): 130 S., https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/107_2024_texte_thg_binnengewaeser.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Breznikar, A. (2023): Rewetting effects on nutrient cycling and export dynamics in coastal peatlands of the Southern Baltic Sea. Doctoral thesis, Universität Rostock: 116 S., https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004619.
- Brückner, G. & Hermsdorf, M. (2022): Rechtsfragen der Errichtung von Freiflächen- und Floating-Photovoltaik-Anlagen zur Eigenversorgung betrieblicher Standorte. *LKV 10/2022*: S. 433-445.
- Brunet, C., Savadogo, O., Baptiste, P., Bouchard, M. A., Rakotoary, J. C., Ravoninjatovo, A., Cholez, C., Gendron, C. & Merveille, N. (2020): Impacts Generated by a Large-Scale Solar Photovoltaic Power Plant Can Lead to Conflicts between Sustainable Development Goals: A Review of Key Lessons Learned in Madagascar. *Sustainability* 12 (18): S. 7471, <https://doi.org/10.3390/su12187471>.

- Büchler, D., Sabban, J. & Stöhr, A. (2024): Leichtbau-Faserverbund-Modulträger (MT) für die Flächen-Doppelnutzung bei der Wiedervernässung von Moorflächen. BaltiCo GmbH und Innovations- und Bildungszentrum Hohen Luckow e.V.: 6 S., unveröffentlicht.
- Buer, F. & Regner, M. (2002): Mit «Spinnennetz-Effekt» und UV-Absorbern gegen den Vogeltoad an transparenten und spiegelnden Scheiben. *Vogel und Umwelt* 13: 31-41, http://www.naturschutzbuero-zollernalb.de/FAQ/Unterseiten/Downloads//Artikel_Spinnennetzeffekt.pdf (letzter Abruf: 20.08.2024).
- Bundesnetzagentur (2023): Festlegung zu den besonderen Solaranlagen nach § 37 Absatz 1 Nummer 3 und § 48 Absatz 1 Satz 1 Nummer 5 Buchstabe c und e des EEG 2023 zum 01. Juli 2023. Bundesnetzagentur, Az.: 4.08.01.01/1#4, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Solar1/Besondere-Solaranlagen/Festlegung.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Bund-Länderzielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz vom 20.10.2021, https://www.bmlh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Klimaschutz/moorbodenschutz-blzv.html (letzter Abruf: 03.11.2025).
- Burtin, C. (2021): Die planungsrechtliche Zulässigkeit von Agri-Photovoltaikanlagen. *NVwZ* 21/2021: S. 1582-1586.
- Bushra Javeed, S., Shah, A., Najib, A., Abbas Jafri, E. & Khan, S. A. (2023): Techno-economic analysis of incorporating up to 20% of wetland for the installation of a photovoltaic powerplant. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 57: S. 103212, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103212>.
- Chamorro, A., Salcedo, D., Flores, M. & Gonnet, J. (2021): Conservando los Humedales Altoandinos para la Gente y la Naturaleza. Manual de buenas prácticas en manejo y restauración de bofedales en Junín, Perú. – Asociación Ecosistemas Andinos & Fundación Humedales Wetlands International [Hrsg.], 37 S.
- Chen C., Lemke N., Loft L. & Matzdorf B. (2024): Transformation of Peatland Management Toward Climate Targets in Europe. *Ecosyst. Health Sustain.* 2024; 10:Article 0239, <https://doi.org/10.34133/ehs.0239>
- Chock, R., Clucas, B., Peterson, E., Blackwell, B., Blumstein, D., Church, K., Fernández-Juricic, E., Francescoli, G., Greggor, A., Kemp, P., Pinho, G., Sanzenbacher, P., Schulte, B., Toni, P. (2021): Evaluating potential effects of solar power facilities on wildlife from an animal behavior perspective. *Conservation Science and Practice* 3 (2): 11 S., <https://doi.org/10.1111/csp2.319>.
- Choi, C. S., Cagle, A. E., Macknick, J., Bloom, D. E., Caplan, J. S. & Ravi, S. (2020): Effects of Revegetation on Soil Physical and Chemical Properties in Solar Photovoltaic Infrastructure. *Frontiers in Environmental Science* 8: S. 140, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00140>.
- CIE (2024): International Lighting Vocabulary, 2nd edition: Term „visible radiation“. International Commission on Illumination. <https://cie.co.at/eilvterm/17-21-003> (letzter Abruf: 18.07.2024).
- Costa, S. G. (2017): Impactes ambientais de sistemas fotovoltaicos flutuantes. Dissertação. Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia: 146 S., https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/31926/1/ulfc124301_tm_Sofia_Costa.pdf (letzter Abruf: 22.08.2024).
- Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D., Wichtmann, W. & Joosten, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Endbericht. Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V. und Institut für Botanik und Landschaftsökologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald: 33 S., <http://duene-greifswald.de/doc/gest.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).

- Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärish, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. (2011). Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674: 67-89, <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0729-x>.
- Cuce, E., Cuce, P., Saboor, S., Ghosh, A. & Sheikhnejad, Y. (2022): Floating PVs in Terms of Power Generation, Environmental Aspects, Market Potential, and Challenges. *Sustainability* 14 (5): S. 2626, <https://doi.org/10.3390/su14052626>.
- Czychowski, M. & Reinhardt, M. (2023): Wasserhaushaltsgesetz unter Berücksichtigung der Landeswassergesetze. München (C.H.Beck), 13. Aufl. 2023.
- Dai, J., & Johnson, R. L. (1999): Characterization of humic substances in peat by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 51 (1): 79-93. [https://doi.org/10.1016/S0165-2370\(99\)00008-2](https://doi.org/10.1016/S0165-2370(99)00008-2).
- de Lima, R. L. P., Paxinou, K., C. Boogaard, F. C., Akkerman, O. & Lin, F.-Y. (2021): In-Situ Water Quality Observations under a Large-Scale Floating Solar Farm Using Sensors and Underwater Drones. *Sustainability* 13 (11): 6421, <https://doi.org/10.3390/su13116421>.
- Deimel, D. (2023): Kontexte der Genese politischer Partizipationsbereitschaft. – Wiesbaden (Springer-VS), 172 S.
- Demuth, B. & Maack, A. (2019): Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Planung und Installation mit Mehrwert für den Naturschutz. In: Heiland S. (Hrsg.): Klima- und Naturschutz: Hand in Hand. Ein Handbuch für Kommunen, Regionen, Klimaschutzbeauftragte, Energie-, Stadt- und Landschaftsplanungsbüros, Heft 6. Berlin: 30 S., https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-05/EKon_Heft6.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Deutscher Bundestag (2023): Sachstand. Nationales Naturerbe. Definition, Verwaltung und naturschutzfachliche Entwicklung Nationales Naturerbe. Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, WD 8 - 3000 - 031/23, 12 S., <https://www.bundestag.de/resource/blob/959610/fc5343e449585eeedad6f6a80878108b/WD-8-031-23-pdf.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- DeVault, T. L., Seamans, T. W., Schmidt, J. A., Belant, J. L., Blackwell, B. F., Mooers, N., Tyson, L. A. & van Pelt, L. (2014): Bird use of solar photovoltaic installations at US airports: Implications for aviation safety. *Landscape and Urban Planning* 122: S. 122-128, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.017>.
- Dhar, A., Naeth, M. A., Jennings, P. D. & Gamal El-Din, M. (2020): Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. *The Science of the total environment* 718: S. 134602, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134602>.
- Dietrich, O. & Behrendt, A. (2022): Wet Grassland Sites with Shallow Groundwater Conditions: Effects on Local Meteorological Characteristics. *Water* 14 (21): S. 3560. <https://doi.org/10.3390/w14213560>.
- DIN 19639:2019-09: Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., September 2019: 55 S.
- DIN 4020:2003-09: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., September 2003: 37 S.
- DIN 4049-3: Hydrologie – Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Oktober 1994: 80 S.
- DIN SPEC 91434:2021-05: Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Mai 2021: 26 S.

- DIN SPEC 91492:2024-06: Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die Nutztierhaltung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Juni 2024: 24 S.
- DüV: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), zuletzt geändert durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436).
- DVGW W 101 (A): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 101 (A. Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., März 2021: 27 S.
- DVGW W 121 (A): Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 121. Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Juli 2003: 21 S.
- DWA (2022): DWA-Positionen: Umweltschonende Landwirtschaft. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), August 2022: 12 S.
- DWA-M 504-1: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Teil 1: Grundlagen, experimentelle Bestimmung der Landverdunstung, Gewässerverdunstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Merkblatt. Juli 2018: 142 S.
- DWA-M 504-2: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Teil 2: Berechnungsverfahren der Landverdunstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Merkblatt. Dezember 2024: 171 S.
- DWD (2023): Wetter- und Klimalexikon. Deutscher Wetterdienst. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101462> (Letzter Abruf: 12.08.2024).
- Dwyer, J. F., Landon, M. A. & Mojica, E. K. (2018): Impact of Renewable Energy Sources on Birds of Prey. In: Sarasola, J. H., Grande, J. M. & Negro, J. J. (Hrsg.): Birds of Prey. Biology and conservation in the XXI century. Springer International Publishing: S. 303-321.
- Dyck, S., Becker, A., Flemming, G., Glugla, G., Golf, W., Grünewald, U., Gurtz, J., Kluge, C. & Peschke, G. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 2. Berlin (VEB Verlag für das Bauwesen), 2. überarb. Aufl., 544 S.
- Eberhardt, E. (2022): Die neue Bodensystematik, die Substratsystematik und die neuen Horizontsymbole – Überblick und Prinzipien. - Tagungsbeitrag zur Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft vom 05. Bis 08. September 2022 in Trier, Kommission V, https://e-prints.dbges.de/1855/1/Eberhardt_Bodensystematik_2022.pdf (Letzter Abruf: 27.03.2024).
- Edom, F. (2001): Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht. In: Succow, M. & Joosten, H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart: S. 185-222.
- EEErtrBetG: Gesetz zur finanziellen Beteiligung von Kommunen an Windenergie- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen (Erneuerbare-Energien-Ertragsbeteiligungsgesetz – EEErtrBetG) vom 12. Juni 2024 (SächsGVBl. 2024 Nr. 7, S. 522, Fsn-Nr.: 230-20).
- EEG 2023: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202).
- EFSA (European Food Safety Authority) (2018): Guidance on Uncertainty Analysis in Scientific Assessments. Scientific Committee: Benford, D., Halldorsson, T., Jeger, M. J., Knutsen, H. K., More, S., Naegeli, H., Noteborn, H., Ockleford, C., Ricci, A., Rychen, G., Schlatter, J. R., Silano, V., Solecki, R., Turck, D., Younes, M., Craig, P., Hart, A., von Goetz, N., Koutsoumanis, K., Mortensen, A., Ossendorp, B., Martino, L., Merten, C., Mosbach-Schulz, O. & Hardy, A. EFSA Journal 16 (1): 5123, 39 S. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5123>.

- Eggelsmann, R. (1989): Wiedervernässung und Regeneration von Niedermoor. TELMA 19: S. 27-41, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-3237>.
- Eickenscheidt, T., Bockermann, C., Bodenmüller, D., Großkinsky, T., Gutermuth, S., Hafner, M., Hartmann, H., Hartung, C., Heuwinkel, H., Kapfer, M., Krimmer, J., Krus, M., Kuchler, C., Kuptz, D., Lohr, D., Mack, R., Mäck, U., Mann, S., Meinken, E., Moning, C., Rist, E., Schön, C., Schröder, T., Schumann, A., Theuerkorn, W., Zollfrank, C. & Drösler, M. (2023): MOORuse - Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern - Etablierung, Klimarelevanz & Umwelteffekte, Verwertungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit. Abschlussbericht: 254 S., <https://doi.org/10.5281/zenodo.10778063>.
- Elamri, Y., Cheviron, B., Lopez, J.-M., Dejean, C. & Belaud, G. (2018): Water budget and crop modelling for agrivoltaics systems: Application to irrigated lettuces. *Agricultural Water Management* 208: S. 440-453, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.001>.
- Emmer, I. & Couwenberg, J. (2017): Methodology for Rewetting Drained Temperate Peatlands. Verified Carbon Standard Methodologies. VM0036. Version 1.0, 81 S., <https://verra.org/methodology/vm0036-methodology-for-rewetting-drained-temperate-peatlands-v1-0/> (Letzter Abruf: 25.04.2022).
- Emsens, W.-J., Aggenbach, C. J. S., Schoutens, K., Smolders, A. J. P., Zak, D. & van Diggelen, R. (2016): Soil Iron Content as a Predictor of Carbon and Nutrient Mobilization in Rewetted Fens. *PLoS ONE* 11 (4): 17 S., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153166>.
- Emsens, W.-J., Aggenbach, C. J. S., Smolders, A. J. P., Zak, D. & van Diggelen, R. (2017): Restoration of endangered fen communities: the ambiguity of iron–phosphorus binding and phosphorus limitation. *Journal of Applied Ecology* 54 (6): S. 1755-1764, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12915>.
- Énergie Partagée Investissement (2019): Étude statistique de terrain. Les retombées économiques locales des projets citoyens. Décembre 2019. <https://energie-partagee.org/wp-content/uploads/2019/12/Etude-Retombe%CC%81es-e%CC%81conomiques-Energie-Partagee.pdf> (letzter Abruf: 19.02.2025).
- EnWG: Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970; 3621), zuletzt geändert durch Artikel 24 des Gesetzes vom 8. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 272).
- EPA (2024). Understanding Global Warming Potentials. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> (letzter Abruf: 20.08.2024).
- Ernst, W., Zinkahn W., Bielenberg, W. & Krautzberger, M. (2024): Baugesetzbuch, Külpmann, C. [Hrsg.]. München (C.H.Beck), 157. EL November 2024.
- Essak, L. & Ghosh, A. (2022): Floating Photovoltaics: A Review. *Clean Technologies* 4 (3): 752-769, <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4030046>.
- Exley, G., Armstrong, A., Page, T. & Jones, I. D. (2021a): Floating photovoltaics could mitigate climate change impacts on water body temperature and stratification. *Solar Energy* 219: S. 24-33, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.01.076>.
- Exley, G., Hernandez, R. R., Page, T., Chipps, M., Gambro, S., Hersey, M., Lake, R., Zoannou, K.-S. & Armstrong, A. (2021b): Scientific and stakeholder evidence-based assessment: Ecosystem response to floating solar photovoltaics and implications for sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 152, S. 111639, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111639>.
- Fakharizadehshirazi, E. & Rösch, C. (2024): A novel socio-techno-environmental GIS approach to assess the contribution of ground-mounted photovoltaics to achieve climate neutrality in Germany. *Renewable Energy* 227: S. 120117. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120117>.

- FFH-RL: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Pflanzen und Tiere (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie) (Abl. EG Nr. L 206 S. 7), zuletzt geändert durch Akte vom 23.09.2003 (Abl. EG Nr. L 236 S. 33).
- Fischer, C. & Roth, M. (2021): Landschaftsprogramm Brandenburg. Sachlicher Teilplan „Landschaftsbild“. Bewertung. Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU) im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, 113 S., <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/LaPro-TP-Landschaftsbild-Bewertung.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Fischer-Bedtke, C., Fischer, H., Mehl, D., Podschun, S., Pusch, M., Stammel, B. & M. Scholz [Hrsg.] (2020): River Ecosystem Service Index (RESI) – Methoden zur Quantifizierung und Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen. Schriftenreihe des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung GmbH, UFZ-Bericht 2/2020: 386 S.
- Flade, M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. IHW Verlag. Eching: 879 S.
- Florea, A. F., Heckrath, G., Zak, D. H., Mäenpää, M. & Hansen, H. C. B. (2024): Phosphorus release from rewetted agricultural peat soils varies strongly in dependence of the phosphorus resorption capacity. *Geoderma* 441: S. 116739, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116739>.
- FlurbG: Flurbereinigungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. März 1976 (BGBl. I S. 546), zuletzt geändert durch Artikel 17 des Gesetzes vom 19. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2794).
- Fonkén, M. (2014/2015): Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana. – *Mires and Peat* 15, Artikel 05: 1-13.
- Frenz, W. (2022): Energieversorgungssicherheit vs. Artenschutz. *EnWZ* 12/2022: S. 452-457.
- Fritz, B., Horváth, G., Hünig, R., Pereszlényi, Á., Egri, Á., Guttman, M., Schneider, M., Lemmer, U., Kriska, G. & Gomard, G. (2020): Bioreplicated coatings for photovoltaic solar panels nearly eliminate light pollution that harms polarotactic insects. *PLoS ONE* 15 (12): 22 S. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243296>.
- FStrG: Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Juni 2007 (BGBl. I S. 1206), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88).
- Fthenakis, V., Blunden, J., Green, T., Krueger, L. & Turney, D. (2011): Large photovoltaic power plants: Wildlife impacts and benefits. 2011 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC). Seattle, WA, USA, 19.06.2011 - 24.06.2011: IEEE, S. 2011-2016.
- Galdino, M. & Olivieri, M. (2017): Some Remarks about the Deployment of Floating PV Systems in Brazil. *J. of Electrical Engineering* 5 (1), <https://doi.org/10.17265/2328-2223/2017.01.002>
- Gamarra C. & Ronk J. J. (2019): Floating solar: an emerging opportunity at the energy-water nexus. *Texas Water Journal* 10 (1): S. 32-45, <https://doi.org/10.21423/twj.v10i1.7050>.
- GAPKondV: GAP-Konditionalitäten-Verordnung vom 7. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2244), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2273).
- GAP-Verordnung: Verordnung (EU) 2021/2115 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 2. Dezember 2021 mit Vorschriften für die Unterstützung der von den Mitgliedstaaten im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik zu erstellenden und durch den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) und den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) zu finanzierenden Strategiepläne (GAP-Strategiepläne) und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 sowie der Verordnung (EU) Nr. 1307/2013, Amtsblatt der Europäischen Union L 435/1 vom 6.12.2021.

- Gaudig, G., Krebs, M., Prager, A., Wichmann, S., Barney, M., Caporn, S. J. M., Emmel, M., Fritz, C., Graf, M., Grobe, A., Gutierrez Pacheco, S., Hogue-Hugron, S., Holzträger, S., Irrgang, S., Kämäräinen, A., Karofeld, E., Koch, G., Koebbing, J. F., Kumar, S., Matchutadze, I., Oberpaur, C., Oestmann, J., Raabe, P., Rammes, D., Rochefort, L., Schmilewski, G., Sendžikaitė, J., Smolders, A., St-Hilaire, B., van de Riet, B., Wright, B., Wright, N., Zoch, L. & Joosten, H. (2018): Sphagnum farming from species selection to the production of growing media: a review. *Mires and peat* 20: S. 1-30, <https://doi.org/10.19189/MaP.2018.OMB.340>.
- Gelbrecht, J., Zak, D. & Rossol, T. (2006): Dynamik gelöster Stoffe und Phosphorrückhalt in wiedervernässten Mooren des Peentals (Mecklenburg-Vorpommern). *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 45 (1): S. 3-21.
- Gellermann, M. (2022): Das Vierte Gesetz zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes. *NuR* 4/2022: S. 589-599.
- GenG: Genossenschaftsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2230), zuletzt geändert durch Artikel 22 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323).
- George, G., Kanavas, X. & Zissopoulos, D. (2013): ADAM, intelligent integrated self-enhanced photovoltaic panel with Rainwater harvesting for Irrigation, unit cooling and cleaning. 2013 24th EAEEIE Annual Conference (EAEEIE 2013). IEEE, 2013: S. 174-177, <https://doi.org/10.1109/EAEEIE.2013.6576524>.
- GmbHG: Gesetz betreffend die Gesellschaften mit beschränkter Haftung in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 4123-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 21 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323).
- Gómez-Catasús, J., Morales, M. B., Giralt, D., del Portillo, D. G., Manzano-Rubio, R., Solé-Bujalance, L., Sardà-Palomera, F., Traba, J. & Bota, G. (2024): Solar photovoltaic energy development and biodiversity conservation: Current knowledge and research gaps. *Conservation Letters* 2024;17:e13025, <https://doi.org/10.1111/conl.13025>.
- Götze, R. & Koukakis, G. (2025): Die Auswirkungen des § 2 EEG auf die Entscheidungsstrukturen des § 35 Abs. 2 und 3 BauGB bei nicht privilegierten PV-Freiflächenanlagen. *BauR* 1/25: S. 18-28.
- Graf, M., Höper, H. & Hauck-Bramsiepe, K. [Red.] (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie [Hrsg.], *Geoberichte* 45: 117 S., https://doi.org/10.48476/geober_45_2022.
- Graham, M., Ates, S., Melathopoulos, A. P., Moldenke, A. R., DeBano, S. J., Best, L. R. & Higgins, C. W. (2021): Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. *Scientific reports* 11 (1): S. 7452, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4>.
- Greif, S., Zsebők, S., Schmieder, D. & Siemers, B. M. (2017): Acoustic mirrors as sensory traps for bats. *Science* 357 (6355): S. 1045-1047, <https://doi.org/10.1126/science.aam7817>.
- Greifswald Moor Centrum (2020): Kurzpositionierung des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik- und Windkraftanlagen auf Moorböden. Stand September 2020, 2 S. https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/200915_Kurzposition_PV%2BBWindkraf-auf-Moor.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Greifswald Moor Centrum (2021): Policy briefing paper "Definition of paludiculture in the CAP". https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/202102_paludiculture_CAP_definition_final.pdf (letzter Abruf: 13.08.2024).
- Greifswald Moor Centrum (2022): Informationspapier des Greifswald Moor Centrums zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden. Stand März 2022, 6 S. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/Positionspapier_PV-auf-Moor_fin.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).

- Greifswald Moor Centrum (2023): Stellungnahme Konsultation MoorPV. Stand März 2023, 12 S. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/2023_GMC-Stellungnahme%20Konsultation%20MoorPV_2023_Endf.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Grotefels, S. & Wiemann, A (2025): Freiraumschutz und -entwicklung im Planungs- und Umweltrecht. UPR 2/2025: S. 41-50.
- GrwV: Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV) vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044).
- Günnewig, D., Johannwerner, E., Kelm, T., Metzger, J., Wegner, N., Moog, C. & Kamm J. (2022): Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen. UBA Texte 141/2022: 446 S., https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltvertraegliche-standortsteuerung-von-solar-0_
- Günnewig, D., Johannwerner, E., Wachter, T., Bleyhl, B., Kelm, T., Liebhart, L., Klingler, M., Wegner, N., Otto, J. & Fietze, D. (2024): Zukünftige Solar-Anlagen: Technologien, Auswirkungen, räumliche Steuerungsmöglichkeiten. Endbericht. BfN-Schriften 712: 280 S., <https://doi.org/10.19217/skr712>.
- Haas, J., Khalighi, J., de La Fuente, A., Gerbersdorf, S. U., Nowak, W. & Chen, P.-J. (2020): Floating photovoltaic plants: Ecological impacts versus hydropower operation flexibility. *Energy Conversion and Management* 206: S. 112414, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112414>.
- Haase, G. (1978): Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturraumpotentialen. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 122: 113-125.
- Haase, G. [Hrsg.] unter Mitwirkung von Barsch, H., Hubrich, H., Mannsfeld, K. & Schmidt, R. (1991): Naturraumerkundung und Landnutzung: Geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen. Berlin (Akademie-Verlag), Beiträge zur Geographie 34(1), 373. S.
- Haase, J. (2022): Energieerzeugung und Moorschutz. Im Solarpark Lottorf werden Photovoltaik, extensive Landwirtschaft und Biodiversität vereint. *Bauerblatt*, <https://www.bauernblatt.com/energieerzeugung-und-moorschutz/> (letzter Abruf: 22.02.2024).
- Hakim, D. L. (2024): Distribution and Potential of Peatlands in Asmat Regency, Papua, Indonesia. - *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)* 10 (3): 60-71.
- Hammerich, J., Dammann, C., Schulz, C., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2022): Assessing mire-specific biodiversity with an indicator based approach. *Mires and Peat* 28, Artikel 32: 29 S., <https://doi.org/10.19189/MaP.2021.SJ.StA.2205>.
- Harrison, C., Lloyd, H. & Field, C. (2017): Evidence review of the impact of solar farms on birds, bats and general ecology. *Natural England* 1: 125 S., <https://publications.naturalengland.org.uk/file/6000213410447360> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Hassanpour Adeg, E., Selker, J. S. & Higgins, C. W. (2018): Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE* 13 (11): 15 S., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>.
- Hasse, C., Hilger, J. & Uschtrin, C. (2024): Finanzielle Beteiligung von Anwohner*innen und Gemeinden. Stand: Dezember 2024. Bundesverband WindEnergie e.V.: 14 S. https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/01-mensch-und-umwelt/01-windkraft-vor-ort/20240718_BWE-Informationspapier_Beteiligung_von_Anwohnern_und_Gemeinden.pdf (letzter Abruf: 19.02.2025).
- Hauck-Bramsiepe, K., Graf, M., Harms, A., Heidberg, L., Höper, H., Matras, P. & Saathoff, W. (2022): MoorIS: Inhalte und zukünftige Möglichkeiten des Moorinformationssystems für Niedersachsen. *TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde* 52: S. 187-206, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5782>.

- Haupt, H. (2011): Auf dem Weg zu einem neuen Mythos? Warum UV-Glas zur Vermeidung von Vogelschlag noch nicht empfohlen werden kann. *Berichte zum Vogelschutz* 47/48: S. 143-160, https://www.bund-nrw.de/fileadmin/nrw/dokumente/Naturschutz/Vogelschlag/Literatur/Haupt_2011_-_Auf_dem_Weg_zu_einem_neuen_Mythos_Warum_UV-Glas_zur_Vermeidung_von_Vogelschlag_noch_nicht_empfohlen_werden_kann.pdf (letzter Abruf: 23.11.2023).
- Herden, C., Gharadjedaghi, B. & Rassmus, J. (2009): Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. Endbericht. BfN – Skripten 247: 195 S., https://bfh.bs-bw.de/files/541/skript_247.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Hermes, J., Albert, C. & von Haaren, C. (2018): Assessing the aesthetic quality of landscapes in Germany. *Ecosystem Services* 31: S. 296-307, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.015>.
- Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S. & Allen, M. F. (2014): Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29: S. 766-779, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041>.
- Herzsprung, P., Osterloh, K., von Tümpling, W., Harir, M., Hertkorn, N., Schmitt-Kopplin, P., Meissner, R., Bernsdorf, S. & Friese, K. (2017): Differences in DOM of rewetted and natural peatlands - Results from highfield FT-ICR-MS and bulk optical parameters. *The Science of the total environment* 586: S. 770-781, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.054>.
- HGB: Handelsgesetzbuch in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 4100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 69).
- Hietel, E., Lenz, C. & Schnaubelt, H.L. (2021): Untersuchungsbericht zum Forschungsprojekt „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Entwicklung eines Modellkonzepts für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks“. Hochschule Bingen: 63 S., https://www.th-bingen.de/fileadmin/projekte/Solarparks_Biodiversitaet/Untersuchungsbericht_Flora_Fauna_NEU.pdf (letzter Abruf 30.05.2024).
- Hilker, J. M., Busse, M., Müller, K. & Zscheischler, J. (2024): Photovoltaics in agricultural landscapes: “Industrial land use” or a “real compromise” between renewable energy and biodiversity? Perspectives of German nature conservation associations. *Energy, Sustainability and Society* 14, 6 (2024), <https://doi.org/10.1186/s13705-023-00431-2>.
- Hooper, T., Armstrong, A. & Vlaswinkel, B. (2021): Environmental impacts and benefits of marine floating solar. *Solar Energy* 219: S. 11-14, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.10.010>.
- Höper, H. (2007): Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. *TELMA* 37: S. 85-116.
- Höper, H. (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. *Geofakten* 38, 23 S., https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/Geofakten_38_Text_2_2022.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Horváth, G., Blahó, M., Egri, A., Kriska, G., Seres, I. & Robertson, B. (2010): Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation biology* 24 (6): S. 1644-1653, <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x>.
- Hübner, G., Pohl, J., Warode, J., Gotchev, B., Ohlhorst, D., Krug, M., Salcke, S. & Peters, W. (2020). Akzeptanzfördernde Faktoren erneuerbarer Energien. *BfN-Skripten* 551: 81 S, <https://doi.org/10.19217/skr551>.
- Hundt, R. (1957): Pflanzensoziologische Methoden zur Beurteilung der Grünlandwasserstufen und des Ertragswertes. *Deutsche Landwirtschaft* 8 (7): 333-338.
- Hundt, R. (1964): Vegetationskundliche Verfahren zur Bestimmung der Wasserstufen im Grünland. *Z. für Landeskultur* 5: 161-186.

- Hundt, R. (1965): Ein vegetationskundliches Verfahren zur Ermittlung des Ertragspotentials im Grünland. *Z. für Landeskultur* 6: 61-85.
- Husain, A. A. F., Hasan, W. Z. W., Shafie, S., Hamidon, M. N. & Pandey, S. S. (2018): A review of transparent solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 94: S. 779-791, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.031>.
- IFOK & FÖV (2019): Gute Bürgerbeteiligung. Leitlinien für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. – IFOK GmbH & Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung (FÖV) [Hrsg.] im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 27 S.
- Ilgen, K., Schindler, D., Wieland, S. & Lange, J. (2023): The impact of floating photovoltaic power plants on lake water temperature and stratification. *Scientific Reports* 13: S. 7932, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34751-2>.
- IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 S., <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- IPCC (2023): Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland, S. 35-115, <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
- Isaev, D., Korshunov, N., Kosacheva, S., Kreindlin, M., Kuksin, G., Petrenko, Y., Semenov, I. & Edom, F. (2022): Recommendations on how to extinguish peat fires in drained peatlands: the Russian experience. *Greenpeace* (Ed.): 158 S., <https://doi.org/10.35075/GPWFIRES.2022.79.74.001>.
- ISE (2024a): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Fassung vom 15.8.2024, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (letzter Abruf: 05.09.2024).
- ISE (2024b): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Stand: Februar 2024. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf> (letzter Abruf: 13.08.2024).
- Ismail, S. I. H, Sinnakaudan, S. K., Seng, L. Y., Zakaria, Z. & Tuttur, N. (2023): Analytic Hierarchy Process (AHP) for Environmental Screening of Solar Photovoltaic Utilities in Pulau Pinang, Malaysia. *IOP Publishing. Conference Series: Earth Environmental Science* 1238: S. 12028, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1238/1/012028>.
- Jacobs, A., Flessa, H., Don, A., Heidkamp, A., Prietz, R., Dechow, R., Gensior, A., Poeplau, C., Riggers, C., Schneider, F., Tiemeyer, B., Vos, C., Wittnebel, M., Müller, T., Säurich, A., Fahrion-Nitschke, A., Gebbert, S., Hopfstock, R., Jaconi, A., Kolata, H., Lorbeer, M., Schröder, J., Laggner, A., Weiser, C & Freibauer A. (2018): Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. *Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report* 64: 316 S., https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060497.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Johnson, D., Karzai, T., Hirschfeld, J., Mehl, D., Mehl, C. & Iwanowski, J. (2025): Ökonomische Analysen zum Nutzen der Wiederherstellung degradierter Ökosysteme Erarbeitung von Analysen am Beispiel der Ökosysteme Wälder und Moore. *BfN-Schriften*, in Druck.

- Joosten, H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., Schäfer, A., Tanneberger, F., Trepel, M. & Wahren, A. (2013): MoorFutures©. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten 350: 130 S, https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript350_0.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Joosten, H., Tanneberger, F. & Moen, A. [eds.] (2017): Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart: 780 S.
- Kaase, M. (1997). Vergleichende Politische Partizipationsforschung, in: Berg-Schlosser, D. & Müller-Rommel, F. [Hrsg.]: Vergleichende Politikwissenschaft. – Uni-Taschenbücher, Volume 1391, Wiesbaden (VS Verlag für Sozialwissenschaften), 3. Aufl.: 159-174.
- Kahl, W. & Gärditz, K. (2023): Umweltrecht. München (C.H.Beck), 13. Aufl. 2023.
- Kalbitz, K., Solinger, S., Park, J.-H., Michalzik, B., & Matzner, E. (2000): Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review. *Soil Science* 165 (4): S. 277-304, <https://doi.org/10.1097/00010694-200004000-00001>.
- Kalhuri, A., Wille, C., Gottschalk, P., Li, Z., Hashemi, J., Kemper, K. & Sachs, T. (2024): Temporally dynamic carbon dioxide and methane emission factors for rewetted peatlands. *Commun Earth Environ* 5, 62 (2024), <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01226-9>.
- Kapfer, A. & Trepel, M. (2024): Wiedervernässung von Mooren – Planung und Umsetzung. *TELMA* 54: 141-152.
- Kaygusuz, K. (2009): Environmental Impacts of the Solar Energy Systems. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 31 (15): S. 1376-1386, <https://doi.org/10.1080/15567030802089664>.
- KBU (2023): Freiflächen-Photovoltaik – ja, aber nicht ohne Bodenschutz! Position der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU): 12 S. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/freiflaechen-photovoltaik-ja-aber-nicht-ohne> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Keinath, T. (2023): Photovoltaik auf wiedervernässten Moor-Böden. Moor-PV. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/moor-pv.html> (letzter Abruf: 17.11.2023).
- Keller, R. (2016): Ökosystemleistungen in der Schweiz. Chancen und Risiken für die Anwendung in Politik und Praxis. Dissertation, Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Zürich: 192 S, https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/127510/1/2016_DissKeller_20162809.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Ketzer, D., Weinberger, N., Rösch, C. & Seitz, S. B. (2020): Land use conflicts between biomass and power production – citizens’ participation in the technology development of Agrophotovoltaics. *Journal of Responsible Innovation* 7(2): S. 193-216, <https://doi.org/10.1080/23299460.2019.1647085>.
- Kitt, M. (2020): Vorhabenbezogener B-Plan „Photovoltaik-Freiflächenanlage an der Bahnlinie “in Winden. Artenschutzbeitrag nach § 44 BNatSchG, https://www.vg-kandel.de/vg_kandel/verwaltung/bauleitplanung/bauleitplanverfahren/winden/photovoltaik%20winden/artenschutz-winden-photovolt-20.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Klatt, J., Schlaipfer, M., Meyer, H., Brehier, C., Friedrich, S., Gerner, A. & Tarantik, M. (2020): Abschlussbericht Klimaschutz- und Anpassungspotenziale in Mooren Bayerns (KliMoBay). FKZ 64b-U8639.1-2018/3. Zenodo: 201 S., <https://doi.org/10.5281/zenodo.10202687>.
- Kment, M. [Hrsg.] (2019): Raumordnungsgesetz mit Landesplanungsrecht. Baden-Baden (Nomos), 1. Aufl. 2019.

- KNE (2020): Auswirkungen von Solarparks auf das Landschaftsbild. Methoden zur Ermittlung und Bewertung. Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende gGmbH (KNE). Berlin: 24 S., https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Auswirkungen-von-Solarparks-auf-das-Landschaftsbild_11-2020.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- KNE (2024a): Naturverträgliche Gestaltung von Solarparks. Maßnahmen und Hinweise zur Gestaltung. Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende gGmbH (KNE), 18 S., https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Kriterienkatalog-zur-naturvertraeglichen-Anlagengestaltung-PV-Freiflaechenanlagen.pdf/ (letzter Abruf: 20.08.2024).
- KNE (2024b): Photovoltaik auf wiedervernässten Moorböden. Eine neue Flächenkulisse im EEG 2023. Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende gGmbH (KNE), 18 S., <https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/veroeffentlichungen/photovoltaik-auf-wiedervernaessten-moorboeden-eine-neue-flaechenkulisse-im-eeeg-2023/> (letzter Abruf: 13.07.2024).
- Köck, W. & Kohlrausch, L. (2021): Klimaschutzgesetzgebung im Bundesstaat – Zur Zukunft der Landes-klimaschutzgesetze. ZUR 11/2021: S. 610-617.
- Koehl, F. (2025): Die Auswirkungen von § EEG § 2 EEG auf das Denkmalschutzrecht. NJ 05/2025: S. 202-206.
- Kogel-Knabner, I. (2002): The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* 34 (2): S. 139-162, [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00158-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00158-4).
- Kollmann, J. & Rasmussen, K. K. (2012). Succession of a degraded peatland in NE Denmark over 164 years - monitoring one of the earliest restoration experiments. *Tuexenia* 32: S. 67-85, https://www.zobodat.at/pdf/Tuexenia_NS_32_0067-0085.pdf (letzter Abruf: 14.09.2024).
- Koska, I., Clausnitzer, U., Gremer, D., Jansen, F., Manthey, M. & Timmermann, T. (2001a): Das Vegetationsformenkonzept: Integration von Vegetation und Standort in einem Klassifikationsverfahren. *Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges.* 13: S. 257-263, https://www.zobodat.at/pdf/Ber-Reinh-Tuexen-Ges_13_0257-0263.pdf (letzter Abruf: 26.08.2024).
- Koska, I., M. Succow & U. Clausnitzer (2001b): Vegetation als Komponente landschaftsökologischer Naturraumkennzeichnung. In: Succow, M. & H. Joosten (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2. Aufl., Stuttgart, Schweizerbart: 112-128.
- Kowarik, I. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. *Tuexenia* 7: S. 53-67, https://www.tuexenia.de/publications/tuexenia/Tuexenia_1987_NS_007_0053-0067.pdf (letzter Abruf: 14.09.2024).
- Kowarik, I. (2016): Das Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation (PNV) und seine Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege. *Natur und Landschaft* 91 (9+10): S. 429-435, <https://doi.org/10.17433/9.2016.50153412.429-435>.
- Kowsar, A., Debnath, S. C., Haque, N., Islam, M. S. & Alam, F. (2022): Design of a 100 MW solar power plant on wetland in Bangladesh. 3rd International Conference on Energy and Power, ICEP2021. Chiang Mai, Thailand, 18-20 November 2021. AIP Conf. Proc. 2681, 020072, <https://doi.org/10.1063/5.0114976>.

- Kreyling, J., Tanneberger, F., Jansen, F., van der Linden, S., Aggenbach, C., Blüml, V., Couwenberg, J., Emsens, W.-J., Joosten, H., Klimkowska, A., Kotowski, W., Kozub, L., Lennartz, B., Liczner, Y., Liu, H., Michaelis, D., Oehmke, C., Parakenings, K., Pleyl, E., Poyda, A., Raabe, S., Röhl, M., Rücker, K., Schneider, A., Schrautzer, J., Schröder, C., Schug, F., Seeber, E., Thiel, E., Thiele, S., Tiemeyer, B., Timmermann, T., Urich, T., van Diggelen, R., Vegelin, K., Verbruggen, E., Wilmking, M., Wrage-Mönning, N., Wołejko, L., Zak, D. & Jurasinski, G. (2021): Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nature Communications* 12: S. 5693, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25619-y>.
- KSG: Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905).
- Kufeld, W. (2019): Freiflächen-Photovoltaikanlage "Schornhof". In: Panebianco, S., Reitzig, F., Domhardt, H.-J. & Vallée, D. (Hrsg.): *Raumordnungsverfahren: Grundlagen, Beispiele, Empfehlungen*, Band 25. Verlag der Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung. Hannover: S. 88-99, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-64689-3> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Kumar, M., Niyaz, H. M. & Gupta, R. (2021): Challenges and opportunities towards the development of floating photovoltaic systems. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 233: S. 111408, <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2021.111408>.
- Kumar, N. M., Chopra, S. & Rajput, P. (2020): Life cycle assessment and environmental impacts of solar PV systems. In: Academic Press (Hrsg.): *Photovoltaic Solar Energy Conversion. Technologies, Applications and Environmental Impacts*. Elsevier: S. 391-411, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819610-6.00012-0>
- Lambert, Q., Bischoff, A., Enea, M. & Gros, R. (2023): Photovoltaic power stations: an opportunity to promote European semi-natural grasslands? *Frontiers in Environmental Science* 11: S. 1137845, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1137845>.
- Lammers, S. (2025): Zur (Un-)Anwendbarkeit von § 2 EEG 2023 auf Windenergievorhaben i. S. d. §§ 249 Abs. 2, 35 Abs. 2 BauGB. *ZfBR* 3/2025: S. 229-236.
- Landmann, R. & Rohmer, G. (2025): *Umweltrecht, Band II*, Beckmann, M., Durner, W., Mann, T. & Röckinghausen, M. [Hrsg.]. München (C. H. Beck), Stand: 1. September 2024 (105. Ergänzungslieferung).
- Landtag Mecklenburg-Vorpommern (2024): Antrag der Fraktionen der SPD und DIE LINKE „Klima- und Naturschutz gemeinsam denken – Photovoltaikanlagen auf Moorflächen zulassen“. Landtag Mecklenburg-Vorpommern, 8. Wahlperiode, Drucksache 8/4285, 30.10.2024: 3 S.
- LANUV NRW (2013): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW. Teil 2 – Solarenergie. LANUV-Fachbericht 40. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: 168 S., https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30040b.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Latacz-Lohmann, U., Tiedemann, T., Buhk, J.-H. & Rannow, W. (2023): Ökonomische Betroffenheit eines angepassten Niederungsmanagements für die Landwirtschaft in Schleswig-Holstein. Gutachten, Kieler Institut für Europäische Landwirtschaftsstudien GmbH im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz des Landes Schleswig-Holstein, 76 S., https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/N/niederungen/Downloads/2023_gutachten_niederungen.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (letzter Abruf: 05.10.2025).
- LAWA (2018): Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch. Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): 160 S., https://www.lawa.de/documents/02_anhang_2_lawa_pegelhandbuch_2_3_1552303807.pdf (letzter Abruf: 20.12.2024).

- Lees, K. J., Carmenta, R., Condliffe, I., Gray, A., Marquis, L. & Lenton, T. M. (2022): Protecting peatlands requires understanding stakeholder perceptions and relational values: A case study of peatlands in the Yorkshire Dales. – *Ambio* 52: 1282–1296.
- Leser, H. (1978): Quantifizierungsprobleme der Landschaft und der landschaftlichen Ökosysteme. *Landschaft + Stadt* 10 (3): S. 107-114.
- Leser, H. (1991): *Landschaftsökologie*. Stuttgart (Ulmer): 647 S.
- Leuschner, C. (1997): Das Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation (PNV): Schwachstellen und Entwicklungsperspektiven. *Flora* 192 (4): S. 379-391, [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30809-5](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30809-5).
- Levin, M. O., Kalies, E. L., Forester, E., Jackson, E. L. A., Levin, A. H., Markus, C., McKenzie, P. F., Meek, J. B. & Hernandez, R. R. (2023): Solar Energy-driven Land-cover Change Could Alter Landscapes Critical to Animal Movement in the Continental United States. *Environmental science & technology* 57 (31): S. 11499-11509, <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c00578>.
- LfU (2023): Vegetationskartierung und Vegetationsaufnahmen auf dem Solarpark Schornhof bei Berg im Gau, Lkr. Neuburg-Schrobenhausen. Abschlussbericht. Gutachten von Rudolph, A. & v. Brackel, J. im Auftrag des Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) [Hrsg.], Augsburg, 61 S.
- Lindner, M., Kleeberg, A., Martin, D. & Schmidt, J. (2025): Die Mahd nasser Moorstandorte verringert die Aktivitätsdichte, Aktivitätsbiomasse und Habitataignung für gefährdete Bodenarthropoden. *Natur und Landschaft* 100 (4): S. 139-147, <https://doi.org/10.19217/NuL2025-04-02>.
- Lingemann, T. (2023): Der neue § EEG § 2 EEG in der verwaltungsgerichtlichen Rechtsprechung. *NVwZ* 21/2023: 1634-1637.
- LM M-V (2017a): Bodenschutzprogramm Mecklenburg-Vorpommern. Teil 2 – Bewertung und Ziele. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.]: 346 S., <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Service/Publikationen/?id=15706&processor=veroeff> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- LM M-V (2017b): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzeskonzeptes. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern: 98 S., <https://www.moorwissen.de/files/doc/paludikultur/imdetail/umsetzungsbeispiele/Bericht%20Fachstrategie%20Paludikultur.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- LM M-V (2024): M-V bildet Moorspezialisten für alle Bundesländer aus. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Service/Presse/Aktuelle-Pressemitteilungen/?id=206114&processor=processor.sa.pressemitteilung> (letzter Abruf: 15.07.2025).
- Lovich, J. E. & Ennen, J. R. (2011): Wildlife Conservation and Solar Energy Development in the Desert Southwest, United States. *BioScience* 61 (12): S. 982-992, <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.8>.
- LPIG: Gesetz über die Raumordnung und Landesplanung des Landes Mecklenburg-Vorpommern - Landesplanungsgesetz (LPIG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. Mai 1998 (GVOBl. M-V 1998, 503, 613, Nr. 230-1), zuletzt geändert durch Gesetz vom 13. Mai 2024 (GVOBl. M-V S. 149).
- LUA Brandenburg (2004): Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten in Brandenburg. Landesumweltamt Brandenburg, Studien und Tagungsberichte 50: 195 S., https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lua_bd50.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- LuftVG: Luftverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 698), zuletzt geändert durch Artikel 15 des Gesetzes vom 8. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 272).

- LUNG M-V (2025): Das Programm „Moorspezialist*innen“. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern: 2 S., <https://www.lung.mv-regierung.de/static/LUNG/dateien/startseite/kurzvorstellung-des-programms-moorspezialistin.pdf> (letzter Abruf: 15.07.2025).
- LWaldG M-V: Waldgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern (Landeswaldgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Juli 2011 (GVOBl. M-V 2011, S. 870), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. Mai 2021 (GVOBl. M-V S. 790, 794).
- LwAnpG (Landwirtschaftsanpassungsgesetz): Gesetz über die strukturelle Anpassung der Landwirtschaft an die soziale und ökologische Marktwirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik vom 29. Juni 1990 (GBl. DDR I 1990, Nr. 42, 642) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3.7.1991 (BGBl. I S. 1418), zuletzt geändert durch Gesetz vom 19.6.2001 (BGBl. I S. 1149).
- Makaronidou, M. (2020): Assessment on the local climate effects of solar photovoltaic parks. National Documentation Centre (EKT). Dissertation. Lancaster Environment Centre, Lancaster University: 238 S., <https://doi.org/10.17635/lancaster/thesis/1019>.
- Maniscalco, M., Longo, S., Micciché, G., Cellura, M. & Ferraro, M. (2024): A Critical Review of the Environmental Performance of Bifacial Photovoltaic Panels. *Energies* 17 (1): S. 226, <https://doi.org/10.3390/en17010226>.
- Marrou, H., Dufour, L. & Wery, J. (2013a): How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy* 50: S. 38-51, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.05.004>.
- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L. & Dupraz, C. (2013b): Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy* 44: S. 54-66, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>.
- Marschall, J. (2025): Die räumliche Steuerung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen. *ZUR* 5/2025: S. 283-291.
- Massa, L., Hoffmann, T. G., Fried, O., Laage, K., Mehl, D., Ehrich, M. & Schiefelbein, U. (2025): Umsetzung der Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen (AUKM) „Moorschonende Stauhaltung“ und „Anbau von Paludikulturen“ in Mecklenburg-Vorpommern. *Wasser und Abfall* 07/08: 46-52.
- Mathijssen, D., Hofs, B., Spierenburg-Sack, E., van Asperen, R., van der Wal, B., Vreeburg, J. & Ketelaars, H. (2020): Potential impact of floating solar panels on water quality in reservoirs; pathogens and leaching. *Water Practice and Technology* 15 (3): S. 807-811, <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.062>.
- McKenna, R., Herbes, C. & Fichtner, W. (2015): Energieautarkie: Definitionen, Für- bzw. Gegenargumente, und entstehende Forschungsbedarfe. KIT – Karlsruher Institut für Technologie, Working Paper Series in Production and Energy, 6, 32 S., https://www.iip.kit.edu/downloads/Working_Paper_Energieautarkie_March_15.pdf.
- McKenna, R., Jäger, T., Fichtner, W. (2014): Energieautarkie – ausgewählte Ansätze und Praxiserfahrungen im deutschsprachigen Raum. *Umwelt Wirtschafts Forum*, 22 (4): S. 241–247.
- Mehl, C., Mehl, D., Johnson, D., Karzai, T. & Hirschfeld, J. (2025a): Was die Renaturierung von Wäldern und Mooren wert ist. Physische Quantifizierung und ökonomische Bewertung der Renaturierung von Wäldern und Mooren. – BfN-Broschüre. – in Druck.
- Mehl, D. & Massa, L. (2025): Synergien, Zielkonflikte und Lösungsansätze zwischen Moorwiedervernässung und Wasserwirtschaft. *Wasser und Abfall* 07/08: 54-59.
- Mehl, D., Deutsch, B., Hoffmann, T. G., Kästner, U. & Hoffmann, L. (2017): Effektivität der Nährstoffrückhaltung im künstlichen Feuchtgebiet am Neuklostersee (Mecklenburg-Vorpommern). *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 10 (12): S. 743-749, <https://doi.org/10.3243/kwe2017.12.002>.

- Mehl, D., Hellmuth, O. & Könker, H. (1995): Die Modellabschnitte an der Nebel in ihrer abiotischen Ausprägung. In: Mehl, D. & Thiele, V.: Ein Verfahren zur Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungen unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. Nachr. entomol. Ver. Apollo (Frankfurt/Main), Suppl. 15: S. 41-100.
- Mehl, D., Hoffmann, T. G., Bollmohr, A. & Schentschischin, J. (Bearbeitung); Goetze, A., Meyerfeldt, F., Schumann, A., Sommermeier, K. & Türmer, J. (Redaktion) (2014a): Leitfaden Hochwasserrisikomanagementplanung in Mecklenburg-Vorpommern. – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.]: 84 S., https://www.lung.mv-regierung.de/static/LUNG/Dateien/fachinformationen/wasser/hochwasserrisikomanagementplaene/hwrmrl_leitfaden.pdf (letzter Abruf: 11.12.2024).
- Mehl, D., Hoffmann, T. G., Chen, S., Iwanowski, J. & Mehl, C. (2022): Entwicklung eines GIS- und ökosystemleistungs-basierten Entscheidungs-Unterstützungs-Systems zur Bewertung von räumlichen Entwicklungsoptionen in Stadt- und Stadt-Umland-Räumen. Naturschutz und Landschaftsplanung 54 (04): S. 22-29, <https://doi.org/10.1399/NuL.2022.04.02>.
- Mehl, D., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Lüdecke, K. & Thiele, V. (2018): 25 Jahre Fließgewässerrenaturierung an der mecklenburgischen Nebel: Auswirkungen auf den ökologischen Zustand und auf regulative Ökosystemleistungen. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 62 (1): S. 6-24, https://doi.org/10.5675/HyWa_2018,1_1.
- Mehl, D., Mehl, C., Iwanowski, J., Stammel, B., Scholz, M., Möckel, S., Pröbstl, F., Schmid, S. Heyden, J. & Ehlert, T. (2025b): Mehr Dynamik bei der Gewässer- und Auenentwicklung. Ansätze zur Lösung des Spannungsfeldes „Prozessschutz – günstiger Erhaltungszustand“ in Natura 2000-Gebieten. BfN-Schriften, in Druck.
- Mehl, D., Mehl, C., Kühl, A.-R., Johnson, D. & Bunzel, K. (2024): Schwimmende PV-Anlagen: Auswirkungen auf Arten, Lebensräume und Landschaftsbild (und Ansätze zur Vermeidung). Teilvorhaben 1: Erstellung eines Untersuchungskonzeptes für die naturschutzfachlichen Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen in Stillgewässern. BfN-Schriften 685: 166 S., <https://doi.org/10.19217/skr685>.
- Mehl, D., Miegel, K. & Schumann, A. (2014b): Ungewöhnliche Niederschlagsereignisse im Sommer 2011 in Mecklenburg-Vorpommern und ihre hydrologischen Folgen – Teil 2: Hydrologische Folgen. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58 (1): S. 29-42, https://doi.org/10.5675/HyWa_2014,1_3.
- Mehl, D., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Kasperidus, H. D., Born, W. & Ehlert, T. (2013): Analyse und Bewertung von Ökosystemfunktionen und -leistungen großer Flussauen. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 6 (9): S. 493-499, <https://doi.org/10.3243/kwe2013.09.001>.
- Mehl, D., Zeimet, T., Mehl, C., Fried, O., Enderle, M., Herlitzius, L., Bendisch, B., Nitschke, T., Gremler, G. & Kleinert, H. (2025c): Empfehlungen für Partizipationsprozesse im Moorbodenschutz. Natur und Landschaft, in Druck.
- Meier, D. & Bayerl, H. (2024): Kartierung der Brutvögel und Nahrungsgäste im Bereich der Freiflächen-Photovoltaikanlage Schornhof im Donaumoos 2023/2024. Abschlussbericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) [Hrsg.], Augsburg, 64 S., [https://www.bestellen.bayern.de/application/e-shop_app000004?SID=558304226&ACTIONxSESSx-SHOWPIC\(BILDxKEY:%27lfu_nat_00416%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/e-shop_app000004?SID=558304226&ACTIONxSESSx-SHOWPIC(BILDxKEY:%27lfu_nat_00416%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27)) (letzter Abruf: 17.12.2024).
- Melvin, G. K. X. (2015): Experimental study of the effect of floating solar panels on reducing evaporation in Singapore reservoirs. A Thesis submitted for the degree of Bachelor of Engineering, Department of Civil & Environmental Engineering, National University of Singapore: 36 S., <https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/blog.nus.edu.sg/dist/b/4438/files/2015/04/FYP-Final-report-14ijhop.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).

- Milan, C. (1998): Potential replacement vegetation: an approach to vegetation mapping of cultural landscapes. *Applied Vegetation Science* 1 (2): S. 177-188, <https://doi.org/10.2307/1478947>.
- Miller, R., Peter, M. & Molder, F. (2023): Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie. LABO-Projekt B 5.22: Erarbeitung einer Arbeitshilfe „Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie“. Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Baader Konzept GmbH im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): 107 S., https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Arbeitshilfe_FFA_Photovoltaik_und_Solarthermie.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Montag, H., Parker, G. & Clarkson, T. (2016): The Effects of Solar Farms on Local Biodiversity: A Comparative Study. In: Clarkson & Woods and Wychwood Biodiversity: 53 S., <https://eanvt.org/wp-content/uploads/2017/04/the-effects-of-solar-farms-on-local-biodiversity-a-comparative-study-uk.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Moore-O'Leary, K. A., Hernandez, R. R., Johnston, D. S., Abella, S. R., Tanner, K. E., Swanson, A. C., Kreitler, J. & Lovich, J. E. (2017): Sustainability of utility-scale solar energy – critical ecological concepts. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15 (7): S. 385-394, <https://doi.org/10.1002/fee.1517>.
- Moscatelli, M. C., Marabottini, R., Massaccesi, L. & Marinari, S. (2022): Soil properties changes after seven years of ground mounted photovoltaic panels in Central Italy coastal area. *Geoderma Regional* 29: 9 S., <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00500>.
- MSRL: Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie), Amtsbl. der EU L 164/19 vom 25.6.2008.
- Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. *BfN-Schriften* 616: 342 S., <https://doi.org/10.19217/skr616>.
- Neef, E. (1964): Zur großmaßstäbigen landschaftsökologischen Forschung. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 108 (1/2): S. 1-7.
- Neef, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Gotha, Leipzig (Hermann Haack, Geographisch-Kartographische Anstalt): 152 S.
- Nobre, R., Boulêtreau, S., Colas, F., Azemar, F., Tudesque, L., Parthuisot, N., Favriou, P. & Cucherousset, J. (2023): Potential ecological impacts of floating photovoltaics on lake biodiversity and ecosystem functioning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 188: S. 113852, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113852>.
- Nordberg, E. J., Caley, M. J. & Schwarzkopf, L. (2021): Designing solar farms for synergistic commercial and conservation outcomes. *Solar Energy* 228: S. 586-593, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.090>.
- Nordt, A., Abel, S., Hirschelmann, S., Lechtape, C. & Neubert, J. (2022a): Leitfaden für die Umsetzung von Paludikultur. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe (05/2022), https://greifswald-moor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022-05_Nordt%20et%20al_Paludikultur%20Leitfaden.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Nordt, A., Wichmann, S., Risse, J., Peters, J. & Schäfer, A. (2022b): Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt) (Hrsg.), 51 S., https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/projektmechanismen/Hintergrundpapier-hemmnisse-paludikultur.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (letzter Abruf: 05.09.2024).

- Northrup, J. M. & Wittemyer, G. (2013): Characterising the impacts of emerging energy development on wildlife, with an eye towards mitigation. *Ecology letters* 16 (1): S. 112-125, <https://doi.org/10.1111/ele.12009>.
- NWindPVBetG: Niedersächsisches Gesetz über die Beteiligung von Kommunen und Bevölkerung am wirtschaftlichen Überschuss von Windenergie- und Photovoltaikanlagen (NWindPVBetG) vom 17. April 2024 (Nds. GVBl. 2024 Nr. 31).
- Oberdorfer, E. (1992a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York: 314 S.
- Oberdorfer, E. (1992b): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York: 282 S.
- Oehmke, C. & Wichtmann, W. (2016) Kritische Inhaltsstoffe von Festbrennstoffen aus Paludikultur. In: Wichtmann et al. (Hrsg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung. Stuttgart, Schweizerbart science publishers: S. 50-51.
- OGewV: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).
- Osborne, A., Griffiths, S., Caporn, S. & Coulthard, E. (2024): Optimising the reintroduction of a specialist peatland butterfly *Coenonympha tullia* onto peatland restoration sites. *Journal of Insect Conservation* (2024), <https://doi.org/10.1007/s10841-024-00589-w>.
- Osterburg, B., Heidecke, C., Bolte, A., Braun, J., Dieter, M., Dunger, K., Elsasser, P., Fischer, R., Flessa, H., Fuß, R., Günter, S., Jacobs, A., Offermann, F., Rock, J., Rösemann, C., Rüter, S., Schmidt, T., Schröder, J.-M., Schweinle, J., Tiemeyer, B., Weimar, H., Welling, J. & de Witte, T. (2019): Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 137: 131 S., https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNoServlet/openagrar_derivate_00026753/dn061835.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Osterburg, B., Tiemeyer, B. & Röder, N. (2018): Hintergrundpapier zum Moorbodenschutz und zur torfschonenden und -erhaltenden Moorbodennutzung als Beitrag zum Klimaschutz. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 105: 20 S., https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNoServlet/openagrar_derivate_00016524/dn060124.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Otto, J. & Wegner, N. (2023): Optionen zur Weiterentwicklung der Außenbereichsprivilegierung von PV-Freiflächenanlagen. *ZNER* 2/2023: S. 107-117.
- Owens, A. C. S., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K. & Seymoure, B. (2020): Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation* 241: S. 108259, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259>.
- Parker, G. E. & McQueen, C. (2013): Can Solar Farms Deliver Significant Benefits to Biodiversity? Preliminary Study July-August 2013. Unpublished Report, <https://assets.lightsourcebp.com/app/uploads/2022/12/29220530/Solar-and-Biodiversity-Report-Parker-McQueen-2013d.pdf> (letzter Abruf: 30.05.2024).
- Patze-Diordiyshuk, P. & Renner, P. [Hrsg.] (2019): Methodenhandbuch Bürgerbeteiligung. Band 4: Moderationsphasen produktiv gestalten. – München (oekom-Verlag), 216 S.
- Patze-Diordiyshuk, P., Renner, P. & Besser, R. [Hrsg.] (2020): Methodenhandbuch Bürgerbeteiligung. Band 5: Lern- und Ergebnistransfer fördern. – München (oekom-Verlag), 176 S.
- Patze-Diordiyshuk, P., Renner, P. & Föhr, T. [Hrsg.] (2017c): Methodenhandbuch Bürgerbeteiligung. Band 3: Online-Beteiligung zielgerichtet einsetzen. – München (oekom-Verlag), 212 S.

- Patze-Diordiychuk, P., Smettan, J., Renner, P. & Föhr, T. [Hrsg.] (2017a): Methodenhandbuch Bürgerbeteiligung. Band 1: Beteiligungsprozesse erfolgreich planen. München (oekom-Verlag), 208 S.
- Patze-Diordiychuk, P., Smettan, J., Renner, P. & Föhr, T. [Hrsg.] (2017b): Methodenhandbuch Bürgerbeteiligung. Band 2: Passende Beteiligungsformate wählen. – München (oekom-Verlag), 368 S.
- Pereszlényi, Á., Horváth, G. & Kriska, G. (2017): Atypical feeding of woodpeckers, crows and redstarts on mass-swarmed Hydropsyche pellucidula caddisflies attracted to glass panes. *Urban Ecosyst* 20 (6): S. 1203-1207, <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0672-3>.
- Pernice-Warnke, S. (2024): Schutzgüterabwägungen unter dem Einfluss von §2 S. 2 EEG – umfassender Vorrang des Ausbaus erneuerbarer Energien als neues Soll?. *NuR* 46/2024: S. 665-669.
- Peschel, R., Peschel, T., Marchand, M. & Hauke, J. (2019): Solarparks - Gewinne für die Biodiversität. Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V. (Hrsg): 73 S., https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Dokumente/20191119_bne_Studie_Solarparks_Gewinne_fuer_die_Biodiversitaet_online.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Peschel, T. (2010): Solar parks – Opportunities for Biodiversity: A report on biodiversity in and around ground-mounted photovoltaic plants. *Renews Special* 45: 19 S., https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/298.45_Renews_Special_Biodiv-in-Solarparks_EN.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Peter, F., Reck, H., Trautner, J., Böttcher, M., Strein, M., Herrmann, M., Meinig, H., Nissen, H. & Weideler, M. (2023a): Empfehlungen zur Sicherung von Lebensraumverbund und Wildtierwegen bei der Bündelung von Verkehrswegen und Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) Zentrale Ergebnisse aus einem Experten-Workshop an der Internationalen Naturschutzakademie auf der Insel Vilm und dessen Nachbereitung. *Artenschutz und Biodiversität*: S. 1-5, <https://doi.org/10.55957/DMLT4356>.
- Peter, F., Reck, H., Trautner, J., Böttcher, M., Strein, M., Herrmann, M., Meinig, H., Nissen, H. & Weideler, M. (2023b): Lebensraumverbund und Wildtierwege – erforderliche Standards bei der Bündelung von Verkehrswegen und Photovoltaik-Freiflächenanlagen. *Natur und Landschaft* 98 (11): S. 507-515, <https://doi.org/10.19217/NuL2023-11-03>.
- Petersen, A. (1952): Die neue Rostocker Grünlandschätzung. *Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Klasse für Gesellschaftswissenschaften* Jg. 1952 Nr. 1, Akademie-Verlag, Berlin: 20 S.
- Piasecka, I., Bałdowska-Witos, P., Piotrowska, K. & Tomporowski, A. (2020): Eco-Energetical Life Cycle Assessment of Materials and Components of Photovoltaic Power Plant. *Energies* 13 (6): S. 1385, <https://doi.org/10.3390/en13061385>.
- Podschun, S. A., Albert, C., Costea, G., Damm, C., Dehnhardt, A., Fischer, C., Fischer, H., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Hartje, V., Hoffmann, T. G., Hornung, L., Iwanowski, J., Kasperidus, H., Linnemann, K., Mehl, D., Rayanov, M., Ritz, S., Rumm, A., Sander, A., Schmidt, M., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Stammel, B., Thiele, J., Venohr, M., von Haaren, C., Wildner, M. & Pusch, M. (2018): RESI-Anwendungshandbuch: Ökosystemleistungen von Flüssen und Auen erfassen und bewerten. IGB-Schriftenreihe Heft 31/2018: 187 S., www.resi-project.info/handbuch.
- Podschun, S. A., Thiele, J., Dehnhardt, A., Mehl, D., Hoffmann, T. G., Albert, C., von Haaren, C., Deutschmann, K., Costea, G. & Pusch, M. (2018): Das Konzept der Ökosystemleistungen - eine Chance für integratives Gewässermanagement. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 62 (6): S. 453-468, https://doi.org/10.5675/HyWa_2018_6_7.
- Pönisch, D., Breznikar, A., Gutekunst, C., Jurasinski, G., Voss, M. & Rehder, G. (2023): Nutrient release and flux dynamics of CO₂, CH₄, and N₂O in a coastal peatland driven by actively induced rewetting with brackish water from the Baltic Sea. *Biogeosciences* 20 (2): S. 295-323, <https://doi.org/10.5194/bg-20-295-2023>.

- Poschlod, P., Herkommer, U., Meindl, C., Schuckert, U., Seemann, A., Ullmann, A. & Wallner, T. (2009). Langzeitbeobachtungen und Erfolgskontrolle in Regenmooren des Alpenvorlandes nach Torfabbau und Wiedervernässung. *Laufener Spezialbeiträge* 2/09: S. 46-59. https://www.zobodat.at/pdf/Laufener-Spez-u-Seminarbeitr_2_2009_0046-0059.pdf (letzter Abruf: 14.09.2024).
- Prayoga, M. B. R., Karuniasa, M. & Frimawaty, E. (2024): Peatland wetness as an indicator of fire occurrence in forest and land fires (FLFs). *Journal of Earth Kingdom* 2 (1): S. 68–83, <https://doi.org/10.61511/jek.v2i1.2024.873>.
- Preisung, E. & Weber H. E. (2003): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens. Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme. Wälder und Gebüsche. *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* 20/2: 141 S., https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/102795/Die_Pflanzengesellschaften_Niedersachsens_Waelder_und_Gebuesche_Schriftenreihe_Naturschutz_und_Landschaftspflege_Heft_20_2_.pdf (letzter Abruf: 14.09.2024).
- Preisung, E., Vahle, H.-C. & Tüxen, J. (2012): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens. Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme. Heide-, Moor- und Quellgesellschaften. *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* 20/3: 104 S., https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/197028/Die_Pflanzengesellschaften_Niedersachsens_Heide-_Moor-_und_Quellgesellschaften_Schriftenreihe_Naturschutz_und_Landschaftspflege_Heft_20_3_.pdf (letzter Abruf: 14.09.2024).
- Raab, B. (2015): Erneuerbare Energien und Naturschutz – Solarparks können einen Beitrag zur Stabilisierung der biologischen Vielfalt leisten. *Anliegen Natur* 37 (1): S. 67-76, https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an37106raab_2015_solarfelder.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Ramsar-Konvention: Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung, Ramsar, den 2.2.1971, geändert durch das Pariser Protokoll vom 3.12.1982 und die Regina-Änderungen vom 28.5.1987.
- Randle-Boggis, R. J., White, P. C. L., Cruz, J., Parker, G., Montag, H., Scurlock, J. M. O. & Armstrong, A. (2020): Realising co-benefits for natural capital and ecosystem services from solar parks: A co-developed, evidence-based approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 125: S. 109775, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109775>.
- RED III: Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates, Amtsblatt L, 2023/2413, 31.10.2023.
- Regionale Planungsgemeinschaft Prignitz-Oberhavel (2021): Arbeitshilfe Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Regionale Planungsgemeinschaft Prignitz-Oberhavel. Neuruppin, https://www.prignitz-oberhavel.de/fileadmin/dateien/dokumente/REM/Arbeitshilfe_PVA/PVA_Arbeitshilfe.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Reidt, O. (2010): Europäischer Habitat- und Artenschutz in der Bauleitplanung. *NVwZ* 1/2010: S. 8-13.
- Reinke, M. & Junghans, F. (2024): Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Natur- und landschaftsverträgliche Standortfindung am Beispiel einer Potenzialanalyse für den Landkreis Freysing. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 56 (00): S. 30-38, <https://doi.org/10.1399/NuL.56536>.
- Rennwald, E. (2002): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz [Hrsg], Landwirtschaftsverlag, Münster: 800 S.
- Rietzler, A. (2025): Windenergieanlagen und denkmalrechtlicher Umgebungsschutz. *KlimR* 3/2025: S. 77-87.

- Rodriguez, A. F., Pullens, J. W. M., Christiansen, J. R., Larsen, K. S. & Laerke, P. E. (2024): Modeling of greenhouse gas emissions from paludiculture in rewetting peatlands is improved by high frequency water table data. EGU sphere Preprint repository, <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-3030>.
- ROG: Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88).
- Rosa-Clot, P. (2020): FPV and Environmental Compatibility. In: Rosa-Clot, M., Tina, G. (Hrsg.): Floating PV plants. London, United Kingdom (Academic Press): S. 101-118, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817061-8.00009-9>.
- Rösch, C. (2016): Agrophotovoltaik - die Energiewende in der Landwirtschaft. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 25 (4): S. 242-246, <https://doi.org/10.14512/gaia.25.4.5>.
- Roth, M. & Bruns, E. (2016): Landschaftsbildbewertung in Deutschland – Stand von Wissenschaft und Praxis – Ergebnisse eines Sachverständigengutachtens im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. BfN-Skripten 439: 112 S., <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript439.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Roth, M., Hildebrandt, S., Roser, F., Schwarz-von Raumer, H. G., Borsdorff, M., Peters, W., Weingarten, E., Thylmann, M. & Bruns, E. (2021). Entwicklung eines Bewertungsmodells zum Landschaftsbild beim Stromnetzausbau. BfN-Skripten 597: 352 S., https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-07/Skript_Igel_gesamt_digital_kl.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Rudolph, A. & v. Brackel, L. (2023): Vegetationskartierung und Vegetationsaufnahmen auf dem Solarpark Schornhof bei Berg im Gau, Lkr. Neuburg-Schrobenhausen. Abschlussbericht. Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU) [Hrsg.], Augsburg, 64 S., https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get_pdf.htm?art_nr=lfu_nat_00435 (letzter Abruf: 03.01.2025).
- Ruß, S. (2017): Artenschutzrechtliche Monitoring-Auflagen bei der Genehmigung von Windenergieanlagen – Teil I: Monitoring ohne Risikomanagement. ZUR 11/2017: S. 602-608.
- Sailer, F. & Militz, S. (2024): Gesetzgeberische Wertungsentscheidungen zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien – eine Zwischenbilanz zu Inhalt und Wirkungsweise von § 2 EEG 2023 und Art. 3 EU-Notfall-Verordnung. ZNER 02/2024: S. 87-94.
- Sari, K. A., Maswadi & Oktoriana, S. (2023): Empowering Peatland Farmers: Exploring the Role of Farmer Participation in Enhancing the Quality of Honey Pineapple Commodities. – Agriecobis (Journal of Agricultural Socioeconomics and Business) 6 (1): 74-87.
- Schäfer, A. & H. Joosten, H. (Hrsg.) (2005): Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren - ALNUS-Leitfaden. DUENE e. V.: 68 S., <https://www.moorwissen.de/files/doc/publikationen/ALNUS-Leitfaden.pdf> (letzter Abruf: 14.08.2024).
- Schäfer, A. (2016): Volkswirtschaftliche Aspekte der Moornutzung. In: Wichtmann et al. (Hrsg.): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung. Stuttgart, Schweizerbart science publishers: S. 133-142.
- Schäfer, A., Nordt, A., Peters, J. & Wichmann, S. (2022): Abschlussbericht. Entwickeln von Anreizen für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050. Climate Change 44/2022: 139 S., https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_44-2022_entwickeln_von_anreizen_fuer_paludikultur_zur_umsetzung_der_klimaschutzziele_2030_und_2050.pdf (letzter Abruf: 06.10.2025).
- Schäfer, J. & Lechtape, C (2020): Paludikultur als naturschutzrechtlicher Eingriff – Wertungswidersprüche im Naturschutzrecht?. ZUR 3/2020: S. 150-156.
- Schalow, L. E. (2013): Schafbeweidung in Solarparks in Deutschland. Masterarbeit. Universität Potsdam: 141 S., https://llef.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/masterarbeit_schalow.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).

- Scheller, W., Mika, F. & Köpke, G. (2020): Studie zu Auswirkungen von Photovoltaik-Anlagen auf Schreiadlerlebensräume. Teil 1. Stand: 15.05.2020. – Salix – Büro für Umwelt- und Landschaftsplanung im Auftrag der BAUKONZEPT Neubrandenburg GmbH: 35 S., https://www.stadtmarlow.de/dokumente/upload/12461_B-Plan_24_-_06_Studie_Schreiadler_PV_Anlagen_-_Oeffentlichkeitsbeteiligung.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Schindler, B. Y., Blaustein, L., Lotan, R., Shalom, H., Kadas, G. J. & Seifan, M. (2018): Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production. *Journal of Environmental Management* 225: S. 288-299, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.017>.
- Schlacke, S., Wentzien, H. & Römling, D. (2022): Beschleunigung der Energiewende: Ein gesetzgeberischer Paradigmenwechsel durch das Osterpaket?. *NVwZ* 21/2022: S. 1577-1586.
- Schlacke, S. [Hrsg.] (2024a): GK-BNatSchG. Gemeinschaftskommentar zum Bundesnaturschutz. Hürth (Heymanns Verlag GmbH), 3. Aufl 2024.
- Schlacke, S. (2024b): Zur Doppelnutzung von Flächen: Freiflächen-Solarenergieanlagen in Windenergiegebieten – Eine anwendungsorientierte, rechtsgutachterliche Untersuchung, Rechtsgutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, abrufbar unter <https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/freiflaechen-solarenergieanlagen-in-windenergiegebieten.pdf> (letzter Abruf: 22.5.2025), 62 S.
- Schlacke, S. & Plate, C. (2024): Multifunktionale Flächennutzung: Potentiale und Grenzen des Raumordnungsrechts. *ZUR* 6/2024: S. 323-332.
- Schlacke, S. & Sauthoff, M. (2024a): Rechtsfragen im Zusammenhang mit der Wiedervernässung von Mooren – unter besonderer Berücksichtigung des Rechts des Landes Mecklenburg-Vorpommern. *Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe* 02/2024: 209 S., https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/202402_Schlacke_Sauthoff_Rechtsfragen%20der%20Wiedervern%C3%A4ssung.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Schlacke, S. & Sauthoff, M. (2024b): Flächenverfügbarkeit für die Wiedervernässung von Mooren. *Agar- und Umweltrecht* 12/2024: S. 446-455.
- Schlacke, S. & Sauthoff, M. (2025): Die Wiedervernässung von Mooren – Rechtliche Grundlagen und rechtspolitische Empfehlungen. *ZUR* 1/2025: S. 14-23.
- Schlegel, J. (2021): Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt. *Literaturstudie. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE*: 72 S., https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/23607/3/2021_schlegel_literaturstudie-freiflaechen-pva-und-biodiversitaet.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Schmidt, C., von Gagern, M., Lachor, M., Haghe, G., Schuster, L., Hoppenstedt, A., Kühne, O., Rossmeyer, A., Weber, F., Bruns, D., Münderlein, D. & Bernstein, F. (2018a): *Landschaftsbild & Energiewende. Band 1: Grundlagen. Ergebnisse des gleichnamigen Forschungsvorhabens FKZ 3515 82 3400 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz.* https://www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente/02_Abschlussberichte_anderer_Form/landschaftsbildundenergiewende_band1.pdf (letzter Abruf: 29.03.2023).
- Schmidt, C., von Gagern, M., Lachor, M., Haghe, G., Schuster, L., Hoppenstedt, A., Kühne, O., Rossmeyer, A., Weber, F., Bruns, D., Münderlein, D. & Bernstein, F. (2018b): *Landschaftsbild & Energiewende. Band 2: Handlungsempfehlungen. Ergebnisse des gleichnamigen Forschungsvorhabens FKZ 3515 82 3400 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz.* https://www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente/02_Abschlussberichte_anderer_Form/landschaftsbildundenergiewende_band2.pdf (letzter Abruf: 29.03.2022).

- Schneider, P., Fauk, T., Mihai, F.-C., Junker, H., Ettmer, B., Lüderitz, V. (2024): Natural Climate Protection through Peatland Rewetting: A Future for the Rathsbruch Peatland in Germany. *Land* 2024 (13): 581. <https://doi.org/10.3390/land13050581>.
- Schwarzer-Geraedts, C. & Painter, T. (2023): Möglichkeiten der raumordnerischen Steuerung des Freiflächen-Photovoltaik-Ausbaus. *KlimR* 9/2023: S. 258-262.
- Siemons, A., Schneider, L., Jung, H., McDonald, H., Scheid, A., Frelih-Larsen, A., Gattinger, A. & Niether, W. (2025): Final report. Funding climate-friendly soil management. Appropriate policy instruments and limits of market-based approaches. *Climate Change* 01/2015: 119 S., https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/01_2025_cc.pdf (letzter Abruf: 06.10.2025).
- Schoch, F. & Schneider, J. [Hrsg.] (2024): *Verwaltungsrecht*. München (C.H.Beck), 6. EL 2024.
- Scholz, M., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C., Kasperidus, H. D., Born, W & Henle, K. [Hrsg.] (2012): Ökosystemfunktionen in Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 124: 257 S., <https://doi.org/10.2968/1686>.
- Schrautzer, J. (2004): Niedermoore Schleswig-Holsteins: Charakterisierung und Beurteilung ihrer Funktion im Landschaftshaushalt. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* 63: 350 S.
- Schubert, R., Hilbig, W. & Klotz, S. (1995): *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands*. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart: 381 S.
- Schwerdtfeger, F. (1975): *Synökologie. Struktur, Funktion und Produktivität mehrartiger Tiergemeinschaften mit einem Anhang: Mensch und Tiergemeinschaft*. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 451 S.
- Schwerdtfeger, F. (1977): *Autökologie. Die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt*. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 460 S.
- Schwerdtfeger, F. (1979): *Demökologie. Struktur und Dynamik tierischer Populationen*. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 450 S.
- Seibert, M. (2022): Umsetzung von Naturschutzrecht über Nebenbestimmungen – von der Entscheidung bis zum Vollzug. *UPR* 1/2022: S. 1-5.
- Seidel, M., Wichmann, S., Pump, C. & Beckmann, V. (2024): Combining Photovoltaics with the Rewetting of Peatlands—A SWOT Analysis of an Innovative Land Use for the Case of North-East Germany. *Land* 2024, 13, 1548, <https://doi.org/10.3390/land13101548>.
- Semeraro, T., Pomes, A., Del Giudice, C., Negro, D. & Aretano, R. (2018): Planning ground based utility scale solar energy as green infrastructure to enhance ecosystem services. *Energy Policy* 117: S. 218-227, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.050>.
- SGBG: Gesetz über die Beteiligung von Gemeinden an Windenergieanlagen an Land und Fotovoltaik-Freiflächenanlagen im Saarland (Saarländisches Gemeindebeteiligungsgesetz - SGBG) vom 12. Juni 2024, verkündet als Artikel 2 des Gesetzes Nr. 2141 zur Förderung des Ausbaus von Erneuerbaren-Energien-Anlagen im Saarland vom 12. Juni 2024 (Amtsblatt I 2024, 457, 459).
- Shirvani, F. (2025): Klimaschutz als Abwägungsbelang in der Bauleitplanung. *NVwZ* 7/2025: S. 447-451.
- Sieder, F., Zeitler, H., Dahme, H. & Knopp G. (2024): *Wasserhaushaltsgesetz. Abwasserabgabengesetz. Gößl. T. & Rossi, M. [Hrsg.]*. München (C.H.Beck.), 59. EL August 2024.
- Sinha, P., Hoffman, B., Sakers, J. & Althouse, L. (2018): Best Practices in Responsible Land Use for Improving Biodiversity at a Utility-Scale Solar Facility. *Case Studies in the Environment* 2 (1): S. 1-12, <https://doi.org/10.1525/cse.2018.001123>.

- Sommer, R. S., Thiele, V., Sushko, G., Sielezniew, M., Kolligs, D. & Dapkus, D. (2022): The distribution pattern of mire specialist butterflies in raised bogs of the northern lowlands of Central Europe. *Nota Lepidopterologica* 45: S. 41-52, <https://doi.org/10.3897/nl45.75182>.
- Song, X., Liu, T., Wang, G., Zhang, Y., Li, C. & de Boer, W. F. (2023): Floating photovoltaic systems homogenize the waterbird communities across subsidence wetlands in the North China Plain. *Journal of Environmental Management* 349: S. 119417, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119417>.
- Spannowsky, W., Runkel, P. & Goppel, K. (2018): *Raumordnungsgesetz*. München (C.H.Beck.), 2. Aufl. 2018.
- Spreer, M. & Dawal, B. (2024): Aktuelles Stichwort: Partizipation/Teilhabe. – *motorik* 47 (2): 85-87.
- Ssymank, A., Ellwanger, G., Ersfeld, M., Ferner, J., Idilbi, I., Lehrke, S., Müller, C., Rath, U., Röhling, M. & Vischer-Leopold, M. (2022): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (2009/147/EG). Zweite, erweiterte und geänderte Auflage. Band 2.2: Lebensraumtypen des Grünlandes, der Moore, Sümpfe und Quellen, der Felsen und Schutthalden sowie der Wälder: 898 S.
- Ssymank, A., Ullrich, K., Vischer-Leopold, M., Belting, S., Bernotat, D., Bretschneider, A., Rückriem, C. & Schiefelbein, U. (2015): Handlungsleitfaden „Moorschutz und Natura 2000 für die Durchführung von Moorrevitalisierungsprojekten“. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 140: 277-312, https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-11/Handlungsleitfaden_Moorschutz_und_Natura-2000_Ssymank_et_al_2015_.pdf (letzter Abruf: 21.08.2024).
- Stelkens, P., Bonk, H. & Sachs, M. (2023): *Verwaltungsverfahrensgesetz*, Sachs, M., Schmitz, H. & Stelkens U. [Hrsg.]. München (C.H.Beck), 10. Aufl. 2023.
- Stevenson, F. J. (1994): *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. Second Edition. John Wiley & Sons: 512 p.
- StMB (2021): Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB) in Abstimmung mit den Bayerischen Staatsministerien für Wissenschaft und Kunst, für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, für Umwelt und Verbraucherschutz sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Rundschreiben vom 10.12.2021, https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/25_rundschreiben_freiflaechen-photovoltaik.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Stürer, B. & Beckmann, M. (2025): *Handbuch des Bau- und Fachplanungsrechts*. München (C.H.Beck), 6. Aufl. 2025.
- Stüdemann, O. [Hrsg.] (2008): *Aspekte der Geoökologie*. Berlin (Weißensee Verlag): 425 S.
- Succow, M. & Jeschke, L. (1986): *Moore in der Landschaft. Entstehung, Haushalt, Lebenswelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore*. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin: 268 S.
- Succow, M. & Jeschke, L. (2024): *Deutschlands Moore: Ihr Schicksal in unserer Kulturlandschaft*. Natur & Text, Rangsdorf: 544 S.
- Succow, M. & Joosten, H. [Hrsg.] (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart: 622 S.
- Succow, M. (1987): Zum aktuellen Vegetationswandel des Graslandes auf Niederungsstandorten der DDR. *Hercynia* N. F. 24 (3): S. 298-305, https://www.zobodat.at/pdf/Hercynia_24_0298-0305.pdf (letzter Abruf: 21.08.2024).
- Suck, R., Bushart, M., Hofmann, G. & Schröder, L. (2010): *Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation Deutschlands*. Maßstab 1:500.000. Karten. Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.]: 24 S. + Kartenteil.
- Sun, J. & Jasieniak, J. J. (2017): Semi-transparent solar cells. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 50: 093001, <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aa53d7>.

- Sun, J. & Jasieniak, J. J. (2017): Semi-transparent solar cells. IOP Publishing, Journal of Physics D: Applied Physics 50 (9): S. 93001, <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aa53d7>.
- Sundaram, S., Benson, D. & Mallick, T. K. (2016): Potential Environmental Impacts From Solar Energy Technologies. In Academic Press [Hrsg.]; Solar Photovoltaic Technology Production. 1. Auflage. Elsevier. Amsterdam: S. 23-45.
- Sunfarming (2024): E-Mail mit Information über geplante Moor-PV-Anlagen von SUNfarming Projekt GmbH am 04.06.2024.
- SUP-Richtlinie: Richtlinie 2001/42/EG v. 27.6.2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme, ABl. L 197 v. 21.7.2001, S. 30–37
- Suuronen, A., Muñoz-Escobar, C., Lensu, A., Kuitunen, M., Guajardo Celis, N., Espinoza Astudillo, P., Ferrú, M., Taucare-Ríos, A., Miranda, M. & Kukkonen, J. V. K. (2017): The Influence of Solar Power Plants on Microclimatic Conditions and the Biotic Community in Chilean Desert Environments. Environmental management 60 (4): S. 630-642, <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0906-4>.
- Tammaro, M., Salluzzo, A., Rimauro, J., Schiavo, S. & Manzo, S. (2016): Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels. Journal of hazardous materials 306: S. 395-405, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.12.018>.
- Tanneberger, F., Schröder, C., Hohlbein, M., Lenschow, U., Permien, T., Wichmann, S. & Wichtmann, W. (2020) Climate Change Mitigation through Land Use on Rewetted Peatlands – Cross-Sectoral Spatial Planning for Paludiculture in Northeast Germany. Wetlands 40 (13), <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01310-8>.
- Tanner, K., Molina-Menor, E., Latorre-Pérez, A., Vidal-Verdú, À., Vilanova, C., Peretó, J. & Porcar, M. (2020): Extremophilic microbial communities on photovoltaic panel surfaces: a two-year study. Microbial biotechnology 13 (6): S. 1819-1830, <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13620>.
- Tawalbeh, M., Al-Othman, A., Kafiah, F., Abdelsalam, E., Almomani, F. & Alkasrawi, M. (2021): Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook. The Science of the total environment 759: S. 143528, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143528>.
- Taylor, R., Conway, J., Gabb, O. & Gillespie, J. (2019): Potential ecological impacts of ground-mounted photovoltaic solar panels. An introduction and literature review. BSG Ecology (Hrsg). Oxford: 22 S., <https://www.agrisolarclearinghouse.org/wp-content/uploads/2022/02/taylor-et-al-2019.pdf> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Tegetmeyer, C., Barthelmes, K.-D., Busse, S. & Barthelmes, A. (2021): Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands. 2., überarbeitete Fassung, Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 01/2021 (Selbstverlag): 10 S., https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2020-01_Tegetmeyer%20et%20al.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024)
- Thiele, J., Albert, C., Hermes, J. & von Haaren, C. (2020): Assessing and quantifying offered cultural ecosystem services of German river landscapes. Ecosystem Services, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101080>.
- Thiele, V. & Berlin, A. (2002): Zur ökologischen Bewertung des Naturschutzgebietes „Großes Moor bei Darze“ (Mecklenburg-Vorpommern) mittels eines neu entwickelten Verfahrens auf der Basis zoologischer Taxa. TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde 32: S. 141-159, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-2883>.
- Thiele, V., Gottelt-Trabandt, C. & Mehl, C. (2022): Bedeutung, Anlage und Wirkung von Blühstreifen zur Steigerung der Insekten-Biodiversität in unserer Kulturlandschaft. Virgo 25: S. 61-73, https://www.zobodat.at/pdf/Virgo_25_0061-0073.pdf (letzter Abruf: 22.08.2024).

- Thiele, V., Luttmann, A., Hoffmann, T., Schuhmacher, S. & Blumrich, B. (2016): Bestandsdynamik von Moorschmetterlingen in Mecklenburg-Vorpommern über 125 Jahre. Anthropogen und klimatisch bedingte Ursachen der Bestandsschwankungen tyrphobionter und -philer Arten. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48 (7): S. 227-233, https://www.nul-online.de/artikel.dll/nul07-16-inhalt-227-233-1_guydsnrsg2q.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Thienemann, A. (1932): Schwankungen des Grundwasserstandes in Norddeutschland während der letzten Jahrzehnte, ihre Ursachen und ihre limnologische, geologische und wirtschaftliche Bedeutung. *Arch. f. Hydrobiol.* Band XXIV. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart: 428 S.
- Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Roskopf, N., Sommer, M. & Zeitz, J. (2016): High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, 22 (12): S. 4134-4149, <https://doi.org/10.1111/gcb.13303>.
- Tiemeyer, B., Bechtold, M., Belting, S., Freibauer, A., Förster, C., Schubert, E., Dettmann, U., Frank, S., Fuchs, D., Gelbrecht, J., Jeuther, B., Laggner, A., Rosinski, E., Leiber-Sauheitl, K., Sachteleben, J., Zak, D. & Drösler, M. (2017): Moorschutz in Deutschland – Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen. *Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren. BfN-Skripten* 462: 320 S., <https://doi.org/10.1111/gcb.13303>.
- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Laggner, A., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M. & Drösler, M. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators* 109, S. 105838, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>.
- Tinsley, E., Froidevaux, J. S. P., Zsebők, S., Szabadi, K. L. & Jones, G. (2023): Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity. *Journal of Applied Ecology* 60 (9): S. 1752-1762, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14474>.
- Touil, S., Richa, A., Fizir, M. & Bingwa, B. (2021): Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production: a mini review. *Rev Environ Sci Biotechnol* 20 (2): S. 281-296, <https://doi.org/10.1007/s11157-021-09572-2>.
- Trautmann, W. (1966): Erläuterungen zur Karte der potentiellen natürlichen Vegetation der Bundesrepublik 1:200.000. Blatt 85. Minden. Mit einer Einführung in die Grundlagen und Methoden der Kartierung der potentiellen natürlichen Vegetation. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 1: 137 S.
- Trautner, J., Attinger, A. & Dörfel, T. (2022): Umgang mit Naturschutzkonflikten bei Freiflächensolaranlagen in der Regionalplanung. Orientierungshilfe zum Arten- und Biotopschutz für die Region Bodensee-Oberschwaben. Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung GmbH, 56 S., <https://www.rvbo.de/Projekte/Freiflaechensolaranlagen> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Trautner, J., Attinger, A. & Dörfel, T. (2024): Photovoltaik-Freiflächenanlagen und Naturschutz – Feststellungen und Empfehlungen aus einer Orientierungshilfe für die regionale Planung. *ANLIEGEN Natur* 46 (1): 10 S., https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an46104trautner_et_al_2024_pv_freiflaechenanlagen.pdf (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Trepel, M. (2009): Nährstoffrückhalt und Gewässerrenaturierung. *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 2 (4): S. 211-215.
- Tröltzsch, P. & Neuling, E. (2013): Die Brutvögel großflächiger Photovoltaikanlagen in Brandenburg. *Vogelwelt* 134 (3): S. 155-179.
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N. & Gekas, V. (2005): Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy* 33 (3): S. 289-296, [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6).

- Turney, D. & Fthenakis, V. (2011): Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (6): S. 3261-3270, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023>.
- Tüxen, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angewandte Pflanzensoziologie* (Stolzenau) 13: S. 4-42.
- UBA (2023): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2023. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2021. Umweltbundesamt (German Environment Agency): 974 S., <https://unfccc.int/documents/627785> (letzter Abruf: 05.02.2023).
- Uldrijan, D., Kováčiková, M., Jakimiuk, A., Vaverková, M. & Winkler, J. (2021): Ecological effects of preferential vegetation composition developed on sites with photovoltaic power plants. *Ecological Engineering* 168: S. 106274, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106274>.
- Ulya, N. A., Martin, E., Rahmat, M., Premono, B. T., Malau, L. R. E., Waluyo, E. A., Imanullah, A., Lukman, A. H., Asmaliyah, Armansyah et al. (2022): Enabling Factors of NTFP Business Development for Ecosystem Restoration: The Case of Tamanu Oil in Indonesian Degraded Peatland. – *Sustainability* 14: 10681.
- U-Plan (2024): Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 32 „SO Solarpark - Mooseurach“ – Planungsbüro U-Plan im Auftrag der Gemeinde Königsdorf.
- UVPG: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. IS. 540), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88).
- UVP-Gesellschaft (2023): Forschungsprojekt Ökologische Risikoanalyse: Kurzfassung. UVP-Gesellschaft (Gesellschaft für die Prüfung der Umweltverträglichkeit) e.V. <https://www.uvp.de/de/service/uvp-spezial?id=389> (Letzter Zugriff: 30.05.2023)
- UVPVwV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 18. September 1995 (GMBl S. 671).
- Van der Meer, M., Klaus, V. H., Hutchings, C., Buholzer, S. & Fabian, Y. (2024): Standortangepasste Landnutzungen auf vernässenden landwirtschaftlichen Flächen. *Graslandbestände. Agroscope Merkblatt* Nr. 171: 14 S., https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/monitoring-analytik/all-ema/publikationen/_jcr_content/par/externalcontent_580218469.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2ZyL-UNIL0FqYXgvRW/luemVscHVibGlrYXRpb24vRG93bmxxvYWQ_ZWluemVscHVibGlrYXRpb25JZD02MTQ2MQ==.pdf (letzter Abruf: 21.08.2024).
- Vaschetti, G., Bacchelli, M. & Tronel, F. (2022): Using reservoirs for floating PV plants. *E3S Web Conf.* 346, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234602001>.
- Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU und 2013/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2009/119/EG und (EU) 2015/652 des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates, Amtsblatt der Europäischen Union L 328/1 vom 21.12.2018.
- Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“), Amtsblatt der Europäischen Union L 243/1 vom 09.07.2021.

- Verordnung (EU) 2021/2115 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 2. Dezember 2021 mit Vorschriften für die Unterstützung der von den Mitgliedstaaten im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik zu erstellenden und durch den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) und den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) zu finanzierenden Strategiepläne (GAP-Strategiepläne) und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 sowie der Verordnung (EU) Nr. 1307/2013, Amtsblatt der Europäischen Union L 435/1 vom 02.12.2021.
- Verordnung (EU) 2022/2577 des Rates vom 22. Dezember 2022 zur Festlegung eines Rahmens für einen beschleunigten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, Amtsblatt der Europäischen Union L 335/36 vom 29.12.2022.
- Vervloesem, J., Marcheggiani, E., Choudhury, M. A. M. & Muys, B. (2022): Effects of Photovoltaic Solar Farms on Microclimate and Vegetation Diversity. *Sustainability* 14 (12): S. 7493, <https://doi.org/10.3390/su14127493>.
- Visser, E., Perold, V., Ralston-Paton, S., Cardenal, A. & Ryan, P. (2019): Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. *Renewable Energy* 133: S. 1285-1294, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.106>.
- Vollprecht, J. & Kather, N. (2021): Der Rechtsrahmen für Agri-PV: Aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze. *IR* 12/2021: S. 266-272.
- VSchRL: Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (kodifizierte Fassung) (Vogelschutzrichtlinie – VSchRL). Amtsblatt der EG Nr. L 20/7 vom 26.1.2010.
- Waldman, J., Sharma, S., Afshari, S. & Fekete, B. (2019): Solar-power replacement as a solution for hydropower foregone in US dam removals. *Nature Sustainability* 2 (9): 1-7, <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0362-7>.
- Walston, L. J., Hartmann, H. M., Fox, L., Macknick, J., McCall, J., Janski, J. & Jenkins, L. (2024): If you build it, will they come? Insect community responses to habitat establishment at solar energy facilities in Minnesota, USA. *Environmental Research Letters* 19 (1): S. 14053, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad0f72>.
- Walston, L., Li, Y., Hartmann, H., Macknick, J., Hanson, A., Nootenboom, C., Lonsdorf, E. & Hellmann, J. (2021): Modeling the ecosystem services of native vegetation management practices at solar energy facilities in the Midwestern United States. *Ecosystem Services* 47: S. 101227, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101227>.
- Walston, L., Mishra, S., Hartmann, H., Hlohowskyj, I., McCall, J. & Macknick, J. (2018): Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at Solar Facilities in the United States. *Environmental science & technology* 52 (13): S. 7566-7576, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00020>.
- Walston, L., Rollins, K., LaGory, K., Smith, K. & Meyers, S. (2016): A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy* 92: S. 405-414, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.041>.
- Walton, C., Zak, D., Audet, J., Petersen, R., Lange, J., Oehmke, C., Wichtmann, W., Kreyling, J., Grygoruk, M., Jabłońska, E., Kotowski, W., Wiśniewska, M., Ziegler, R. & Hoffmann, C. (2020): Wetland buffer zones for nitrogen and phosphorus retention: Impacts of soil type, hydrology and vegetation. *Science of the total environment* 727: S. 138709, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138709>.
- Wang, G., Zhai, Y., Zhang, S., Diomede, L., Bigini, P., Romeo, M., Cambier, S., Contal, S., Nguyen, N., Rosická, P., Ševců, A., Nickel, C., Vijver, M. & Peijnenburg, W. (2020): An across-species comparison of the sensitivity of different organisms to Pb-based perovskites used in solar cells. *The Science of the total environment* 708: S. 135134, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135134>.

- Wang, M., Liu, H., Rezanezhad, F., Zak, D. & Lennartz, B. (2023): The influence of microtopography on soil carbon accumulation and nutrient release from a rewetted coastal peatland. *Geoderma* 438: S. 116637, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116637>.
- Weber, C. A. (1907): Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands. Bericht über die Zusammenkunft der Freien Vereinigung der Systematischen Botaniker und Pflanzengeographen. Freie Vereinigung der Systematischen Botaniker und Pflanzengeographen [Hrsg.] Bd. 4 (1907): S. 19-34.
- Weber, C. A. (1908): Über die Moore der nordwestdeutschen Tiefebene. *Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Vereinigung zu Bremen* 19: S. 1-304.
- WertV: Wertermittlungsverordnung vom 6. Dezember 1988 (BGBl. I S.2209), geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. August 1997 (BGBl. I S.2081, 2110).
- Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I. & Högy, P. (2021): Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development* 41 (59): 15 S., <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>.
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I. & Högy, P. (2019a): Agrophotovoltaik – Auswirkungen auf Mikroklima und landwirtschaftliche Erträge. In: *Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Kassel, 5. bis 8. März 2019, <https://orprints.org/36099/>.
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S. & Högy, P. (2019b): Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 39 (35): 20 S., <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237).
- Wichtmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016): Landtechnik für nasse Moore. In: Wichtmann et al. (Hrsg.): *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung*. Stuttgart, Schweizerbart science publishers: S. 63-70.
- Wichtmann, W. & Schröder, C. (2016): Kulturtechnische Maßnahmen für die Umsetzung von Paludikultur. In: Wichtmann et al. (Hrsg.): *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung*. Stuttgart, Schweizerbart science publishers: S. 188-193.
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2016): *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz - Biodiversität - regionale Wertschöpfung*. Stuttgart, Schweizerbart science publishers: 272 S.
- Wilkening, J. & Rautenstrauch, K. (2019): Can solar farms be wildlife friendly? A facility in the southwest hopes to find the answer. *Wildlife Professional* 13: S. 46-50.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WGU): Von der Konkurrenz zur Integration. Hauptgutachten 2020: 388 S., <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende> (letzter Abruf: 30.10.2025).
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU): Wasser in einer aufgeheizten Welt. Hauptgutachten 2024: 327 S., <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/wasser> (letzter Abruf: 30.10.2025).
- Wittnebel, M., Frank, S. & Tiemeyer, B. (2023): Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Working Paper 212: 78 S., <https://doi.org/10.3220/WP1683180852000>.
- WRRL (Europäische Wasserrahmenrichtlinie): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000.

- Wulandari, C., Novriyanti, N. & Iswandaru, D. (2021): Integrating ecological, social and policy aspects to develop peatland restoration strategies in Orang Kayo Hitam Forest Park, Jambi, Indonesia. – *Biodiversitas* 22: 4158-4168.
- Wüstemann, H., Bonn, A., Albert, C., Bertram, C., Biber-Freudenberger, L., Dehnhardt, A., Döhring, R., Elsasser, P., Hartje, V., Mehl, D., Kantelhardt, J., Rehdanz, K., Schaller, L., Scholz, M., Thrän, D., Witing, F. & Hansjürgens, B. (2017): Synergies and trade-offs between nature conservation and climate policy: Insights from the “Natural Capital Germany – TEEB DE” study. *Ecosystem Services* 24: S. 187-199, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.008>.
- Wüstemann, H., Hartje, V., Bonn, A. Hansjürgens, B., Bertram, C., Dehnhardt, A., Döhring, R., Doyle, U., Elsasser, P., Mehl, D., Osterburg, B., Rehdanz, K., Ring, I., Scholz, M. & Vohland, K. (2015): Natural Capital and Climate Policy. Synergies and Conflicts. Summary for Decision Makers. Technische Universität Berlin, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Leipzig, 77 S., <http://www.naturkapitalteeb.de> (letzter Abruf: 19.08.2024).
- WVO (Europäische Wiederherstellungsverordnung): Verordnung (EU) 2024/1991 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Juni 2024 über die Wiederherstellung der Natur und zur Änderung der Verordnung (EU) 2022/869. Amtsbl. der EU, Reihe L vom 29.07.2024.
- Zak, D. & McInnes, R. (2022): A call for refining the peatland restoration strategy in Europe. *Journal of Applied Ecology* 59 (11): S. 2698-2704, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14261>.
- Zak, D., Maagaard, A. & Liu, H. (2021): Restoring Riparian Peatlands for Inland Waters: A European Perspective. Elsevier (Ed.): *Encyclopedia of Inland Waters*: S. 276-287, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819166-8.00127-4>.
- Zak, D., Wagner, C., Payer, B., Augustin, J. & Gelbrecht, J. (2010): Phosphorus mobilization in rewetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. *Ecological Applications* 20: S. 1336-1349, <https://doi.org/10.1890/08-2053.1>.
- ZKL (2021): Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft [Hrsg.]: 187 S., https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=16 (letzter Abruf: 19.08.2024).
- Zou, J., Ziegler, A., Chen, D., McNicol, G., Ciais, P., Jiang, X., Zheng, C., Wu, J., Wu, J., Lin, Z., He, X., Brown, L., Holden, J., Zhang, Z., Ramchunder, S., Chen, A. & Zeng, Z. (2022): Rewetting global wetlands effectively reduces major greenhouse gas emissions. *Nature Geoscience* 15 (8): S. 627-632, <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00989-0>.
- ZSW – Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Bosch & Partner GmbH (2023): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energie-Gesetz. Teilvorhaben solare Strahlungsenergie. Wissenschaftlicher Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz: 106 S., https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/pv-zwischenbericht-230630.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (letzter Abruf: 06.09.2024).

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Gewähltes Vorgehen zur Identifikation und Auswahl der maßgeblichen Kriterien zur Erstellung der differenzierten Flächenkulisse für Moor-PV-Anlagen in Deutschland (eigene Darstellung)	25
Abb. 2:	Überflutetes Tal der Tollense unterhalb von Klempenow am 02. August 2011, aus: Mehl et al. (2014b) (Originale Bildquelle: Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburgische Seenplatte)	44
Abb. 3:	Schema zur Vorgehensweise der Datenaufbereitung und -verarbeitung	55
Abb. 4:	Pyramide der angewandten Systematik zur Identifikation der Flächen für Moor-PV-Anlagen in Deutschland entsprechend Konfliktpotenzial bzw. erkennbarer Restriktionslage (eigene Darstellung)	84
Abb. 5:	Flächenanteile der bundesweiten Ausschluss- und Prüfkulissen für Moor-PV (vgl. Abschnitt 2.5.2).....	85
Abb. 6:	Wesentliche methodische Ansätze in der analysierten Literatur (Balkendarstellung) und betrachtete geographische Schwerpunkte (Kreisdarstellung); teilweise Mehrfachzuordnung bei Methodenkombination und länderübergreifender Betrachtung	95
Abb. 7:	Hierarchische Darstellung zu den in der analysierten Literatur berücksichtigten Untergrund-bzw. Bodenverhältnissen; ggf. erfolgte Mehrfachzuordnung bei übergreifenden Arbeiten.....	96
Abb. 8:	Die fünf ökologischen Moortypen mit Angaben zu Nährstoffverfügbarkeit im Moorwasser (N = Stickstoff) und zum pH-Wert, nach Succow & Jeschke (1986)	98
Abb. 9:	Ökologische Wirkungen von Moor-PV-Anlagen (aber auch von Freiflächen- und Floating-PV-Anlagen, soweit relevant/übertragbar) entsprechend der Literaturanalyse im Hinblick auf wichtige potenzielle Auswirkungskategorien; linke Spalte: Abschnittsverweis (Abschnitt 3.5) bezüglich detaillierter fachlicher Bewertung	123
Abb. 10:	Physikalische Grundlagen und wesentliche Strukturen einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor) sowie wichtige abiotische Zusammenhänge.....	125
Abb. 11:	Potenzielle abiotische Wirkungen infolge einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor)	125
Abb. 12:	Potenzielle ökologische/umweltrelevante Wirkungen infolge einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor)	126
Abb. 13:	Kategorien potenzieller Auswirkungen (Faktorenkomplexe) infolge einer Moor-PV-Anlage (vereinfachte standörtlich/topisch bezogene Darstellung in einem Niedermoor)	126

Abb. 14:	Potenzielle Auswirkungskategorien (Faktorenkomplexe) infolge von Moor-PV: zusätzliche bau-, anlage- und betriebsbedingte Folgen auf Landschaftsebene (chorische Ebene); Hintergrund erzeugt mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (KI), Software: DALL-E by ChatGPT-4	127
Abb. 15:	Leichtbau-Faserverbund-Modulträger für die mögliche Flächen-Doppelnutzung bei der Wiedervernässung von Mooren (Foto: BaltiCo GmbH)	176
Abb. 16:	Schlepper mit extra breiter Bereifung (Bild links oben), Schlepper mit bodenschonendem Gummiraupensystem (Bild rechts oben), Schlepper mit Breitreifen und Messerschneidwerk (Bild links unten), für Mahdarbeiten umgerüstete Pistenraupe (Bild rechts unten) (D. Mehl).....	185
Abb. 17:	Kartographische Darstellung der bundesweit vorhandenen oder geplanten Moor-PV-Anlagen entsprechend Tab. 96, Stand: Januar 2025	268
Abb. 18:	Regionalökonomische Vorteile eines Bürgerprojekts – Zwei- bis dreifach höhere Effekte als ein rein privates Projekt durch lokale/regionale Leistungen und mehr Arbeitsplätze sowie entsprechende Einkünfte, Grafik übersetzt/geändert nach Énergie Partagée Investissement (2019)	351
Abb. 19:	Vereinfachtes Schema im Sinne eines „Roll-out“ zu den wesentlichen Handlungsempfehlungen und zum wichtigsten Forschungsbedarf für die Bewertung und Ausgestaltung von Moor-PV-Anlagen	369

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vergleich der Einteilung der Flächenstatusklassen (Klasse 1: uneingeschränkt geeignet; Klasse 2: unter Prüfauflage geeignet; Klasse 3: nur als Nasswiese/-weide und unter Prüfauflage geeignet, Klasse 4: ungeeignet), leicht geändert nach Närmann et al. (2021).....	28
Tab. 2:	Fachliche begründete Kriterien für die Ausschlusskulisse	35
Tab. 3:	Fachlich begründete Kriterien für die Ausschlusskulisse mit eingeschränkter Prüfmöglichkeit	38
Tab. 4:	Fachlich begründete Kriterien für die Kulisse mit erkennbarer Restriktion (Prüfvorbehalt)	38
Tab. 5:	Fachlich begründete Kriterien für die Kulisse ohne erkennbare Restriktion (Prüfkulisse)	39
Tab. 6:	Ergänzende Ausschlusskriterien, die vom Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 2 – Klimaschutz, Naturschutz und Forsten, festgelegt und übermittelt wurden	42
Tab. 7:	Aufschlüsselung der erforderlichen Datengrundlagen und Verfügbarkeiten auf Bundes- und Länderebene sowie Umgang mit fehlenden Daten zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen. Eine genaue Auflistung der verfügbaren bzw. verwendeten Datensätze je Bundesland können den Anhängen A.1 und A.4 entnommen werden.	46
Tab. 8:	Verteilung der umwelt- und insbesondere naturschutzfachlich bestimmten Flächenkulissen für Moor-PV-Anlagen nach den Bestimmungen des EEG 2023: Flächengröße und prozentualer Anteil	58
Tab. 9:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen	58
Tab. 10:	Verteilung der Flächenkulissen für Baden-Württemberg: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	59
Tab. 11:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Baden-Württemberg	60
Tab. 12:	Verteilung der Flächenkulissen für Bayern: Flächengröße und prozentualer Anteil	61
Tab. 13:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Bayern.....	61
Tab. 14:	Verteilung der Flächenkulissen für Berlin: Flächengröße und prozentualer Anteil	62
Tab. 15:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Berlin	62
Tab. 16:	Verteilung der Flächenkulissen für Brandenburg: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	63

Tab. 17:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Brandenburg.....	64
Tab. 18:	Verteilung der Flächenkulissen für Bremen: Flächengröße und prozentualer Anteil	65
Tab. 19:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Bremen	65
Tab. 20:	Verteilung der Flächenkulissen für Hamburg: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	66
Tab. 21:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Hamburg.....	66
Tab. 22:	Verteilung der Flächenkulissen für Hessen: Flächengröße und prozentualer Anteil	67
Tab. 23:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Hessen	68
Tab. 24:	Verteilung der Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern: Flächengröße und prozentualer Anteil	69
Tab. 25:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern	69
Tab. 26:	Verteilung der Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern (unter Berücksichtigung ergänzter Ausschlusskriterien): Flächengröße und prozentualer Anteil.....	70
Tab. 27:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Mecklenburg-Vorpommern (unter Berücksichtigung ergänzter Ausschlusskriterien)	71
Tab. 28:	Verteilung der Flächenkulissen für Niedersachsen: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	72
Tab. 29:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Niedersachsen	72
Tab. 30:	Verteilung der Flächenkulissen für Nordrhein-Westfalen: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	73
Tab. 31:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Nordrhein-Westfalen	74
Tab. 32:	Verteilung der Flächenkulissen für Rheinland-Pfalz: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	75
Tab. 33:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Rheinland-Pfalz.....	75
Tab. 34:	Verteilung der Flächenkulissen für Saarland: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	76
Tab. 35:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Saarland	77

Tab. 36:	Verteilung der Flächenkulissen für Sachsen: Flächengröße und prozentualer Anteil	78
Tab. 37:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Sachsen.....	78
Tab. 38:	Verteilung der Flächenkulissen für Sachsen-Anhalt: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	79
Tab. 39:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Sachsen-Anhalt.....	80
Tab. 40:	Verteilung der Flächenkulissen für Schleswig-Holstein: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	81
Tab. 41:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Schleswig-Holstein.....	81
Tab. 42:	Verteilung der Flächenkulissen für Thüringen: Flächengröße und prozentualer Anteil.....	82
Tab. 43:	Verteilung der Moorbodenkategorien nach Flächengröße und -anteil in den Flächenkulissen für Thüringen	83
Tab. 44:	Mögliche bzw. gängige Wiedervernässungsverfahren und -maßnahmen für Nieder- und für Hochmoore, inhaltlich erweitert/ergänzt auf Grundlage von Eggelsmann (1989), LUA Brandenburg (2004), Blankenburg et al. (2022) bzw. Graf et al. (2022), aus: Mehl & Massa (2025).....	92
Tab. 45:	Wasserstufen und Moorbodenwasserstand in der feuchten Periode (Winter/Frühling) und Bezeichnung der jeweiligen Wasserstufe in Abhängigkeit vom Grad der Wechselfeuchte bezogen auf die trockene Periode (Sommer/Herbst); nach Succow & Joosten (2001)	101
Tab. 46:	Ausschnitt der Vegetationstabelle der Aufnahmen am Hochmoor „Gammelmose“; Zahlen stehen für die Stetigkeit jeder Art auf 18 Dauerbeobachtungsflächen: Abkürzungen: . = Art kommt nicht vor, p = Art kommt insgesamt vor, + = Art kommt außerhalb der Plots vor, gekürzt nach Kollmann & Rasmussen (2012).....	104
Tab. 47:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Armmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	105
Tab. 48:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Armmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	106
Tab. 49:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Armmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	106

Tab. 50:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Zwischenmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	107
Tab. 51:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Zwischenmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	107
Tab. 52:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Sauer-Zwischenmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	108
Tab. 53:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Basen-Zwischenmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	108
Tab. 54:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Basen-Zwischenmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	109
Tab. 55:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Basen-Zwischenmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	109
Tab. 56:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Kalk-Zwischenmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	110
Tab. 57:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Kalk-Zwischenmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	110
Tab. 58:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Kalk-Zwischenmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	111
Tab. 59:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Reichmooren im Norddeutschen Tiefland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	111
Tab. 60:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Reichmooren im Berg- und Hügelland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	112

Tab. 61:	Darstellung der zu erwartenden Klimaxstadien und möglicher Sukzessionsstadien von Reichmooren in den Alpen und im Alpenvorland in Abhängigkeit von der Wasserstufe; Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation.....	112
Tab. 62:	Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Sauer-Armmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation	116
Tab. 63:	Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Sauer-Zwischenmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation	117
Tab. 64:	Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Basen-Zwischenmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri- PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation	118
Tab. 65:	Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Kalk-Zwischenmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation	119
Tab. 66:	Zusammenfassende Darstellung der Anforderungen und Wirkungen an die PV-Anlagen auf Standorten der Reichmoore unter Berücksichtigung des Moortyps- und Vernässungsgrades; * = unabhängig von technischen/landwirtschaftlichen Anforderungen für Paludikulturen und Agri-PV-Anlagen, Legende: VB = Verband, Ass = Assoziation	120
Tab. 67:	Empfohlene Managementmaßnahmen für ausgewählte Paludikulturen im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen, (x) – trifft nur teilweise zu, leicht geändert nach LM M-V (2017), * erforderliche Flächengröße für Betriebsmaßstab	160
Tab. 68:	Bewirtschaftungsanforderungen ausgewählter Paludikulturarten im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen (zusammengestellt nach Schäfer & Joosten 2005, Gaudig et al. 2018, Birr et al. 2021, Nordt et al. 2022a, Eickenscheidt et al. 2023), TM: Trockenmasse	162
Tab. 69:	Übersicht zu möglichen Maßnahmen des Wassermanagements für Paludikulturen, aus Närmann et al. (2021), verändert nach Wichtmann & Schröder (2016)	165
Tab. 70:	Übersicht über notwendige Technik zur Bewirtschaftung nasser Niedermoore (nach Wichmann et al. 2016).....	167
Tab. 71:	Nationale Regelung zur Paludikultur im Rahmen der GAP (Deutschland, Stand 2025)	169

Tab. 72:	Zuordnung der Untersuchungsschwerpunkte bzw. -fragestellungen zu den jeweiligen Untersuchungsinhalten/-parametern	192
Tab. 73:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Strahlungsverhältnisse (Licht, Wärme) und des Wärmehaushalts“	195
Tab. 74:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Luftaustauschverhältnisse (Luftströmung)“	198
Tab. 75:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der grundlegenden bodenkundlichen Verhältnisse“	200
Tab. 76:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der technisch-operativen Aspekte des Bodenschutzes“	207
Tab. 77:	Steckbrief/factsheet „Erfassung des Wasserhaushalts“	212
Tab. 78:	Steckbrief/factsheet „Erfassung Stoffhaushalt und -flüsse (Makronährstoffe, Schadstoffe)“	216
Tab. 79:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Treibhausgasfreisetzung“	218
Tab. 80:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Biotoptypen“	222
Tab. 81:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Pflanzenarten/-gesellschaften“	224
Tab. 82:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Libellen“	225
Tab. 83:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der tagfliegenden Schmetterlinge“	228
Tab. 84:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Nachtfalterfauna“	231
Tab. 85:	Steckbrief/factsheet „Erfassung von Wasserkäfern“	235
Tab. 86:	Steckbrief/factsheet „Erfassung von Laufkäfern“	237
Tab. 87:	Steckbrief/factsheet „Erfassung von Landmollusken“	239
Tab. 88:	Steckbrief/factsheet „Potenzialabschätzung Brutvögel/Rastvögel/Nahrungsgäste“	241
Tab. 89:	Steckbrief/factsheet „Bestandserfassung Brutvögel/Nahrungsgäste“	243
Tab. 90:	Steckbrief/factsheet „Bestandserfassung Rastvögel“	246
Tab. 91:	Steckbrief/factsheet „Erfassung der Fledermäuse“	248
Tab. 92:	Steckbrief/factsheet „Erfassung von Amphibien“	251
Tab. 93:	Steckbrief/factsheet „Landschaftsbild: Erfassung von Eigenart, Vielfalt und Erholungseignung“, leicht geändert nach Mehl et al. (2024)	255
Tab. 94:	Steckbrief/factsheet „Landschaftsbild: Erfassung von Schönheit und Akzeptanz“, leicht geändert nach Mehl et al. (2024)	257
Tab. 95:	Vorschlag für eine Wahrscheinlichkeitsskala für die wissenschaftliche Unsicherheitsanalyse, ergänzt und leicht verändert nach EFSA (2018), aus Mehl et al. (2024)	260
Tab. 96:	Bundesweit vorhandene oder geplante Moor-PV-Anlagen entsprechend Recherche, Stand: Januar 2025 (n. b. = nicht behandelt/nicht bekannt)	264
Tab. 97:	Vergleichende Einschätzung ausgewählter Rechtsformen im Hinblick auf eine Eignung für Bürgerenergiegesellschaften gemäß § 3 Nr. 15 EEG 2023	353

Tab. 98:	Entscheidungshilfe (Teil A) zur Auswahl geeigneter sozioökonomischer Ansätze zur Förderung einer Etablierung von Moor-PV-Anlagen und zur Unterstützung regionalen Interessenausgleiches; expertise Bewertung einer Eignung bzw. der Realisierungschancen durch qualitative Abstufung: 0 = irrelevant bzw. nicht/kaum geeignet, keine oder nur sehr geringe Umsetzungschancen, 1 = gering geeignet, nur geringe Umsetzungschancen, 2 = grundsätzlich geeignet, vorhandene oder zumindest teilweise vorhandene Umsetzungschancen, 3 = gut/sehr gut geeignet, gute/sehr gute Umsetzungschancen	367
Tab. 99:	Entscheidungshilfe (Teil B) zur Auswahl geeigneter sozioökonomischer Ansätze zur Förderung einer Etablierung von Moor-PV-Anlagen und zur Unterstützung regionalen Interessenausgleiches; expertise Bewertung einer Eignung bzw. der Realisierungschancen durch qualitative Abstufung: 0 = irrelevant bzw. nicht/kaum geeignet, keine oder nur sehr geringe Umsetzungschancen, 1 = gering geeignet, nur geringe Umsetzungschancen, 2 = grundsätzlich geeignet, vorhandene oder zumindest teilweise vorhandene Umsetzungschancen, 3 = gut/sehr gut geeignet, gute/sehr gute Umsetzungschancen	368
Tab. 100:	Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Rechtliche und planerische Ebene“	386
Tab. 101:	Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen“	389
Tab. 102:	Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Hinweise und (vorläufige) Anforderungen zur Vermeidung und Konfliktminderung“	390
Tab. 103:	Stand, Wissen, erfolgte Regelungen, Defizite, Prüfungs- und/oder Regelungsbedarf im Themenbereich „Kenntnisstand zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen“	391
Tab. 104:	Bundeslandspezifische Aufschlüsselung der Datenverfügbarkeiten für die Kriterien zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV, Stand Juni 2024: O = Daten verfügbar, X = Daten sind auf regionaler Ebene bzw. Projektebene anzufragen/zu erheben, / = Kriterium nicht relevant	441
Tab. 105:	Verwendete Datensätze mit Hinweisen auf die Bezugsquellen, die Aktualität, die Qualität/Auflösung (Maßstab) und die Vollständigkeit	444
Tab. 106:	Analyse der recherchierten Literaturquellen (alphabetische Reihenfolge) im Hinblick auf potenzielle Wirkungen (Systematik gemäß Abschnitt 3.5; Angabe der fachlichen Bewertung: positive Wirkung (+), negative Wirkung (-), unklar, ggf. nicht betrachtet (+/-); x = Zuordnung zur jeweiligen Kategorie	488

Tab. 107:	Analyse der recherchierten Literaturquellen (alphabetische Reihenfolge) im Hinblick auf betrachtete geographische Regionen und Standorte (Untergrund); Angabe der fachlichen Bewertung: positive Wirkung (+), negative Wirkung (-), unklar, ggf. nicht betrachtet (+/-); x = Zuordnung zur jeweiligen Kategorie	493
Tab. 108	Analyse der recherchierten Literaturquellen (alphabetische Reihenfolge) im Hinblick auf den methodischen Ansatz sowie Kennzeichnung „grauer“ Literatur; Angabe der fachlichen Bewertung: positive Wirkung (+), negative Wirkung (-), unklar, ggf. nicht betrachtet (+/-); x = Zuordnung zur jeweiligen Kategorie	498
Tab. 109:	Bei Freiflächen-PV-Anlagen gängige oder vor dem Hintergrund von Moor-PV-Anlagen einsetzbare Stoffe/Materialien, differenziert nach Anlagenteilen, Tabelle verändert/erweitert nach Mehl et al. (2024); x – zutreffend, (x) – bedingt zutreffend.....	503
Tab. 110:	Standortanforderungen ausgewählter Paludikulturarten im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen (zusammengestellt nach Birr et al. 2021, Nordt et al. 2022a).....	506

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
Anm.	Anmerkung (der Autoren)
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BNTK	Biotop- und Nutzungstypenkartierung
CO ₂	Kohlendioxid
DGM	Digitales Geländemodell
DLM	Digitales Landschaftsmodell
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EVA	Ethylenvinylacetat
F+E	Forschung und Entwicklung
Fe	Eisen
FFH (-Art oder-Gebiet)	Flora-Fauna-Habitat (-Art oder -Gebiet), geschützte Art oder geschütztes Gebiet nach FFH-RL
FFH-LRT	Flora-Fauna-Habitat-Lebensraumtyp, geschützt nach FFH-RL bzw. BNatSchG
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
FKZ	Förderkennzeichen
Freiflächen-PV-Anlage (n)	Floating-Photovoltaik-Anlage(n) bzw. schwimmende Photovoltaik-Anlage(n) im Sinne technischer Umwandlung solarer in elektrische Energie
Gem.	Gemäß
GGB	Gebiet gemeinschaftlicher Bedeutung, syn. FFH-Gebiet

Abkürzung	Erklärung
GWP	Global warming potential of a substance/gas (globales Erwärmungspotenzial eines Treibhausgases); der GWP-Wert wird im Regelfall standardisiert/normiert verwendet, d. h. in der Klimawirksamkeit des wichtigsten Treibhausgases CO ₂ , daher Bezug auf das CO ₂ -Äquivalent; außerdem ist die Klimawirksamkeit jedes Gases abhängig von der mittleren „Lebensdauer“ in der Atmosphäre; meist wird das GWP ₁₀₀ verwendet, das sowohl die Klimawirksamkeit kurz- als auch langlebiger Gase innerhalb von 100 Jahren integriert und als Maßstab für langfristige Klimastrategien gilt
HD	High density
LD	Low density
k _f	Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit (des Bodens bzw. Torfes)
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
Moor-PV	Photovoltaik auf wiedervernässten Moorböden im Sinne des § 37 Abs. 1 Nr. 3 Buchst. e EEG i.V.m. § 48 Abs. 1 S. 1 Nr. 5 Buchst. e EEG
m. o. w.	Mehr oder weniger
nm	Nanometer (10 ⁻⁹ m)
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PE	Polyethylen
PV	Photovoltaik (Fotovoltaik): direkte Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie; im Kontext dieser Veröffentlichung ist solare Energie als Quelle gemeint
PVC	Polyvinylchlorid
s.	Siehe
s. a.	Siehe auch
spp.	Spezies (Arten)
THG	Treibhausgas(e); das umfasst Spurengase, welche den globalen Treibhauseffekt treiben, indem zur Erwärmung der Atmosphäre durch

Abkürzung	Erklärung
	Absorption langwelliger (Wärme-)Strahlung beitragen, die von der Erdoberfläche, den Wollen und auch der Atmosphäre selbst abgestrahlt wird; die wichtigsten Treibhausgase sind Kohlendioxid (CO ₂), Methan (CH ₄) sowie Lachgas (N ₂ O)
TM	Trockenmasse
u. a.	Unter anderem
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
vgl.	Vergleiche
VSchRL	Vogelschutzrichtlinie
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z. B.	Zum Beispiel

A Anhang

A.1 Relevante FFH-Lebensraumtypen (LRT) der Moore für Deutschland

Folgende FFH-Lebensraumtypen (LRT) der Moore sind für Deutschland relevant:

- LRT 7110: Lebende Hochmoore (Active raised bogs): Intakte, torfbildende Hochmoore mit aktiven Torfmoosen und anderen typischen Moorpflanzen
- LRT 7120: Degradierete Hochmoore, die noch der Regeneration fähig sind (Degraded raised bogs still capable of natural regeneration): Hochmoore, die durch Entwässerung oder andere Einflüsse geschädigt wurden, aber noch regenerationsfähig sind
- LRT 7140: Übergangs- und Schwingrasenmoore (Transition mires and quaking bogs): Moore, die sich zwischen Hoch- und Niedermooren befinden, oft mit schwimmenden Torfmoosdecken
- LRT 7150: Torfmoor-Schlenken mit Schnabelbinsen-Gesellschaften (Depressions on peat substrates of the Rhynchosporion): Kleine, nährstoffarme, temporär wassergefüllte Mulden in Hochmooren mit spezialisierten Pflanzenarten wie der Schnabelbinse (*Rhynchospora* spp.)
- LRT 7160: Kalkreiche Niedermoore (Fennoscandian mineral-rich springs and spring-fens): Niedermoore auf kalkhaltigen Substraten mit spezifischer Vegetation wie Kalk-Seggen (*Carex* spp.)
- LRT 7230: Kalktuffquellen (Alkaline fens): Quellen und Quellmoore mit kalkhaltigen Ablagerungen und spezialisierten Pflanzenarten
- (prioritärer) LRT 91D0*: Moorwälder (Peatland woodland): Wälder, die auf moorigen Böden wachsen, oft mit Birken (*Betula* spp.) und Kiefern (*Pinus* spp.)

A.2 Beschluss durch den Landtag Mecklenburg-Vorpommern (2024): „Klima- und Naturschutz gemeinsam denken – Photovoltaikanlagen auf Moorflächen zulassen“

In Mecklenburg-Vorpommern wurde durch den Landtag Mecklenburg-Vorpommern (2024) kürzlich der wegweisende Beschluss gefasst „Klima- und Naturschutz gemeinsam denken – Photovoltaikanlagen auf Moorflächen zulassen“. Zentrale Botschaften sind insbesondere:

„Die Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Moorflächen wird gemeinsam mit den Betroffenen vor Ort nur umsetzbar sein, wenn vielfältige Möglichkeiten der alternativen wirtschaftlichen Nutzung dieser Moorflächen zur Verfügung stehen. Dazu gehören z. B. der Anbau von Paludikulturen und je nach Standortbedingungen auch Freiflächenphotovoltaik als Einkommensalternative, um eine gesamtgesellschaftliche Akzeptanz in den ländlichen Regionen zu erreichen.

[...]

In Deutschland braucht es mit Blick auf die weiträumigen Moorlandschaften und den Bedarf an deren Inwertsetzung gute Beispiele für eine gelungene Revitalisierung von Moorflächen mit großem Nutzen für die Biodiversität und Artenvielfalt bei gleichzeitiger Nutzung von

standortangepassten PV-Anlagen, um solche Vorhaben weiter in die Fläche zu tragen und Flächeneigentümer für die notwendigen Wasserstandsanhebungen zu gewinnen.

[...]

Die Landesregierung wird aufgefordert,

1. die Vereinbarkeit von Nutzung und Wasserstandsanhebung auf landwirtschaftlichen Moorböden im Sinne der positiven Effekte wie Klimaschutz, sauberes Wasser und Wertschöpfung in der Region zu stärken, indem Hemmnisse abgebaut, Anreize für die Wasserstandsanhebung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erhöht und etwaige hydrologische Betroffenheiten angrenzender Flächen mitbetrachtet und gelöst werden.
2. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in den mitvernässenden Randbereichen von wiedervernässten Mooren zu ermöglichen und die kompensationsmindernde Maßnahme 8.3 „Anlage von Grünflächen auf Photovoltaik-Freiflächenanlagen“ der „Hinweise zur Eingriffsregelung“ bei der Wiedervernässung von Moorflächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen analog anzuwenden.
3. sich weiterhin für eine zielgerichtete und auskömmliche Förderung der Unternehmen bei der Anschaffung von Spezialtechnik für die Bewirtschaftung der nassen Flächen einzusetzen.
4. sicherzustellen, dass vor Errichtung der Photovoltaikanlagen auf Moorböden die Wiedervernässbarkeit der Flächen auf der Grundlage eines hydrologischen Gutachtens geprüft und in die Umsetzung des Photovoltaikvorhabens eingeplant wird. Weiter ist dabei sicherzustellen, dass Investoren in Photovoltaikanlagen auf Moorböden aufgrund fehlender Niederschläge oder anderer natürlicher Einflussfaktoren nicht sanktioniert werden, sofern sie alle Möglichkeiten zur Wiedervernässung ausgeschöpft haben.
5. einen verbindlichen, praxistauglichen Handlungsleitfaden für die Planungsträger zu erarbeiten, der landesweite Kriterien für geeignete Flächen für Moor-Photovoltaik sowie planerische und bauliche Regelungen definiert, wie die Anforderungen bezüglich hydrologischer Gutachten und die bodenkundliche Baubegleitung, Abstandsflächen zwischen den Photovoltaikanlagen, Regelungen zur Mindestbodenfreiheit der Anlagen sowie für ihren Rückbau und minimalinvasive technische Lösungen für die Aufständigung der Anlagen, um den Moorkörper größtmöglich zu schonen.“ (Landtag Mecklenburg-Vorpommern 2024:2-3).

A.3 Bundeslandspezifische Aufschlüsselung der Datenverfügbarkeiten für die Kriterien zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV

Tab. 104: Bundeslandspezifische Aufschlüsselung der Datenverfügbarkeiten für die Kriterien zur Identifizierung von Ausschlussflächen und Prüfflächen für Moor-PV, Stand Juni 2024: O = Daten verfügbar, X = Daten sind auf regionaler Ebene bzw. Projektebene anzufragen/zu erheben, / = Kriterium nicht relevant

Nr.	Kriterium	BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
1	Nicht organischer Boden (Mineralboden)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
2	Keine landwirtschaftliche Nutzung	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
3	Vernässter/naturnaher Zustand des organischen Bodens	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Kernzone eines Biosphärenreservates	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
5	Ramsar-Gebiet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
6	Nationalpark oder Fläche der Nationalen Naturmonumente	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
7	Naturschutzgebiet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
8	Naturdenkmal (Abstand ≤ 20 m)	O	O	O	X	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O
9	Geschützter Landschaftsbestandteil	X	O	O	X	X	X	X	O	O	X	O	O	X	O	X	O
10	Abstand ≤ 150 m zu der mittleren Hochwasserlinie der Nordsee oder zu der Mittelwasserlinie der Ostsee	/	/	/	/	O	O	/	O	O	/	/	/	/	/	O	/
11	Fläche des Nationalen Naturerbes	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
12	Kompensations- bzw. Ausgleichsfläche	X	O	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	X	X	O	X
13	Ausgewiesenes Überschwemmungsgebiet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
14	Fläche von Hochwasserschutzplanungen (Hochwasserrisikogebiet) nach HWRM-RL und NHWSP	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Wasserschutzgebiet oder Trinkwasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet der Zone I	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
16	Fläche mit vorgesehenen Maßnahmen gemäß § 82 WHG (Maßnahmenprogramm) zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31, 44 WHG (Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer und Küstengewässer), z. B. Gewässerentwicklungsflächen/-räume, Gewässer-/Auenkorridore	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	O	X	X	X	O	O
17	Fläche mit vorgesehenen Maßnahmen gemäß § 82 (Maßnahmenprogramm)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nr.	Kriterium	BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
	zur Umsetzung der WRRL-Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe des § 47 WHG (Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser)																
18	Fläche von Vorranggebieten im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit faktischem Ausschlusscharakter für Moorvernäsung und/oder PV-Anlagenerrichtung	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	O	O	X	X	O
19	Bodendenkmal (Abstand ≤ 20 m)	O	O	O	O	O	O	X	X	O	O	X	O	X	X	O	X
20	Siedlungsgebiet (Abstand ≤ 100 m)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
21	Flughafenzentrum (Abstand ≤ 1,5 km)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
22	Straße (Bundesautobahn, Bundesstraße, Kreis- oder Landstraße; Abstand ≤ 5 m)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
23	Wald (Abstand ≤ 30 m)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
24	Schienenstrecke (Abstand ≤ 5 m)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
25	Natura 2000-Gebiet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
26	FFH-Lebensraumtypen außerhalb von Schutzgebieten	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	X
27	Gesetzlich geschütztes Biotop	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O
28	Wiesenbrütergebiet	X	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O
29	Landschaftsschutzgebiet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
30	Naturpark	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
31	Pflege- oder Entwicklungszone eines Biosphärenreservates	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
32	Landschaftsbild „sehr hoch“ bis „hoch“ (obere 33 %)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
33	Eigentumsfläche von Naturschutzverbänden und -stiftungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X
34	Potenzielle Wiederherstellungsfläche zur Erfüllung von Naturschutzzielen wie eines günstigen Erhaltungszustands nach FFH-Richtlinie oder Vogelschutz-Richtlinie (betrifft sowohl Arten als auch LRT) (z. B. Mähwiesenverlustfläche, Entwicklungsfläche im Managementplan, Maßnahmenflächen des Biotopverbunds)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
35	Vorkommen seltener und gefährdeter Arten nach aktueller Roter Liste bzw.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nr.	Kriterium	BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
	Arten des landesweiten Arten- und Bi- otopschutzprogramms																
36	Risikogebiet außerhalb von Über- schwemmungsgebieten	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
37	Wasserschutzgebiet oder Trinkwasser- schutzgebiet oder Heilquellenschutz- gebiet der Zone II	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
38	Fläche von Vorbehaltsgebieten für be- stimmte Nutzungen im Ergebnis einer Festlegung der Raumstruktur gemäß § 7 Abs. 3 ROG mit Konfliktpotenzial für Moorvernässung und/oder PV-Anla- generrichtung	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	O	O	X	X	O
39	Hoch-/Höchstspannungsfreileitungen (Abstand ≤ 100 m)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

A.4 Verwendete Datensätze

Tab. 105: Verwendete Datensätze mit Hinweisen auf die Bezugsquellen, die Aktualität, die Qualität/Auflösung (Maßstab) und die Vollständigkeit

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
bundesweit	Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland	Thünen Institut	Direktdownload (Web)	Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)	Wittnebel, Ma-reille/Frank, Stefan/Tie-meyer, Bärbel: [Daten-satz] Aktualisierte Ku-lisse organischer Böden in Deutschland. Göttin-gen: OpenAgrar-Repository.	Polygon	Shapefile	12/2022	-	1 : 1.000 bis 1 : 50.000
Baden-Württemberg	WFS LGL-BW ALKIS - Tatsächliche Nutzung	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)	LGL, www.lgl-bw.de , dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	BW	1 : 5.000
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Unterfranken	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Unterfranken	-
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Schwaben	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Schwaben	-
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Oberpfalz	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Oberpfalz	-
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Oberfranken	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Oberfranken	-
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Oberbayern	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Oberbayern	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Niederbayern	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Niederbayern	-
Bayern	Shape-02.06.2023-Feldstuecke-Mittelfranken	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	Regierungsbezirk Mittelfranken	-
Berlin	Digitales Feldblock Kataster	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)	Direktdownload (Web)	uneingeschränkte Nutzung	© MLUK, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	BB, BE	1 : 2.500
Brandenburg	Digitales Feldblock Kataster	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)	Direktdownload (Web)	uneingeschränkte Nutzung	© MLUK, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	BB, BE	1 : 2.500
Bremen	Feldblöcke in Niedersachsen, Bremen und Hamburg	Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung (SLA)	WFS-Dienst	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ (https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0) kostenfrei für kommerzielle und nicht kommerzielle Zwecke genutzt werden.	ML/SLA Niedersachsen, dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	HB, HH, NI	1 : 25.000
Hamburg	Feldblöcke in Niedersachsen, Bremen und Hamburg	Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung (SLA)	WFS-Dienst	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ (https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0) kostenfrei für kommerzielle und nicht kommerzielle Zwecke genutzt werden.	ML/SLA Niedersachsen, dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	HB, HH, NI	1 : 25.000
Hessen	adv_AX_Landwirtschaft - WFS HE ALKIS AAA-Modell-basiert	Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0	Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (2024), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	05/2024	HE	1 : 1.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstel- lungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature- Class	Datenfor- mat	Aktualität	Vollständigkeit		Auflösung
Mecklen- burg-Vor- pommern	Feldblockkataster MV WFS	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt M- V	WFS-Dienst	Nutzungsbedingungen: Die über Geowebdienste visuali- sierten Geodaten sind durch das das Urheberrechtsgesetz (UrhG) in den jeweils gelten- den Fassungen gesetzlich ge- schützt.	Ministerium für Land- wirtschaft und Umwelt M-V (2024), Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	01/2024	MV		-
Niedersach- sen	Feldblöcke in Niedersach- sen, Bremen und Hamburg	Servicezentrum Landentwick- lung und Agrar- förderung (SLA)	WFS-Dienst	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ (https://www.govdata.de/dl- de/by-2-0) kostenfrei für kommerzielle und nicht kom- merzielle Zwecke genutzt werden.	ML/SLA Niedersachsen, dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl- de/by-2-0), Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	01/2024	HB, HH, NI		1 : 25.000
Nordrhein- Westfalen	Feldblöcke in NRW (V_OD_LFK_AKTI)	Landwirt- schaftskammer NRW	Direktdown- load (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Land NRW (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl- de/by-2-0), Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	05/2024	NW		-
Rheinland- Pfalz	WFS RP ALKIS vereinfacht Tatsaechliche Nutzung Einzellayer - Landwirt- schaft	Landesamt für Vermessung und Geobasisin- formation Rheinland-Pfalz (LVermGeo)	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Na- mensnennung 2.0; https://lvermgeo.rlp.de/geo- daten-geoshop/open- data/gewaehrleistung-haf- tung"	© GeoBasis-DE / LVerm- GeoRP (2024), dl-de/by- 2-0, http://www.lverm- geo.rlp.de [Daten bear- beitet]	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	06/2024	RP		1 : 1.000
Saarland	Antragsschläge InVeKoS Saarland	Ministerium für Umwelt Klima Mobilität Agrar und Verbrau- cherschutz	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Ministerium für Umwelt Klima Mobilität Agrar und Verbraucherschutz (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	SL		1 : 5.000
Sachsen	Feldblöcke 2024	Sächsisches Staatsministe- rium für Ener- gie, Klima- schutz, Umwelt und Landwirt- schaft	Direktdown- load (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0 (dl-de/by-2-0) (https://www.govdata.de/dl- de/by-2-0)	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirt- schaft und Geologie (2024), dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl- de/by-2-0), Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	02/2024	SN		1 : 500
Sachsen-An- halt	WFS ST ALKIS Vereinfacht	Landesamt fuer Vermessung und Geoinfor- mation Sach- sen-Anhalt	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Na- mensnennung 2.0	© GeoBasis-DE/LVerm- Geo ST (2024), dl-de/by- 2-0 (www.govdata.de/dl- de/by-2-0), Daten geän- dert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	06/2024	ST		1 : 1.000
Schleswig- Holstein	ATOMFeed SH Feldblock- finder Schleswig-Holstein (Downloaddienst) - Feld- blöcke SH 2024	Landesamt für Vermessung und Geoinfor- mation	Direktdown- load (Web)	Namensnennung – Version 2.0 (http://www.govdatn.de/dl- de/by-2-0)	© GeoBasis-DE/LVerm- Geo SH (2024), dl-de/by- 2-0 (www.govdata.de/dl-	Polygon	Shapefile	01/2024	SH		-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
		Schleswig-Holstein (Service-stelle SH-MIS)			de/by-2-0), Daten geändert					
Thüringen	Thüringer Flächenreferenzsystem Feldblock	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Namensnennung – Version 2.0 (http://www.govdatn.de/dl-de/by-2-0)	GDI-Th (2024), dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	TH	1 : 5.000
bundesweit	Biosphärenreservate	Bundesamt für Naturschutz	Cloud-Direktdownload	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	09/2023	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
bundesweit	Ramsar-Gebiete Deutschland	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2022), Daten geändert	Polygon	Shapefile	02/2022	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
bundesweit	Nationale Naturmonumente	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
bundesweit	Nationalparke	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
bundesweit	Naturschutzgebiete	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
Baden-Württemberg	Naturdenkmal, Einzelgebilde	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Es gelten die Bedingungen der Nutzungsvereinbarung für Daten des UIS "https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/umweltinformationssystem/nutzungsvereinbarung"	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Punkt	Shapefile	05/2024	flächendeckend BW	1 : 2.000
Baden-Württemberg	Naturdenkmal, flächenhaft	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Es gelten die Bedingungen der Nutzungsvereinbarung für Daten des UIS "https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/umweltinformationssystem/nutzungsvereinbarung"	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	flächendeckend BW	1 : 2.000
Bayern	naturdenkmal_flaechig_epsg4258_shp	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2023), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2023	flächendeckend BY	1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Bayern	naturdenkmal_punktfoermig_epsg4258_shp	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2023), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Punkt	Shapefile	03/2023	flächendeckend BY	1 : 25.000
Berlin	Standorte Naturdenkmale: Bäume und Findlinge	Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Geoportal Berlin/[Standorte Naturdenkmale: Bäume und Findlinge] (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Punkt	Shapefile	03/2024	BE	1 : 1.000
Berlin	Schutzgebiete und Schutzobjekte nach Naturschutzrecht Berlin (inklusive Natura 2000)	Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Geoportal Berlin/[Schutzgebiete und Schutzobjekte nach Naturschutzrecht Berlin (inklusive Natura 2000)] (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2023	BE	1 : 1.000
Hamburg	INSPIRE HH Schutzgebiete	Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) (2017), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	08/2017	HH	-
Hessen	Naturdenkmale Hessen	Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	NATUREG-Viewer (Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU)); Regierungspräsidien Darmstadt, Gießen, Kassel, Obere Naturschutzbehörde (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	"Der Datenbestand ist im Aufbau und nicht vollständig. Im Zuständigkeitsbereich einiger Unterer Naturschutzbehörden sind die ND vollständig erfasst, in anderen nur als Punktangabe ohne Abgrenzung oder aber lückenhaft. In den nicht genannten Bereichen können bisher keine Naturdenkmale dargestellt werden. Vollständig erfasst: Landkreis Darmstadt-Dieburg, Landkreis Fulda (als Punkte), Landkreis Gießen, Landkreis Groß-Gerau, Landkreis Kassel, Landkreis Limburg-Weilburg, Landkreis Marburg-Biedenkopf, Landkreis Waldeck-Frankenberg, Rheingau-Taunus-Kreis, Schwalm-Eder-Kreis, Stadt Fulda, Stadt Gießen, Stadt Kassel, Stadt Rüsselsheim, Vogelsbergkreis (als Punkte). Teilweise erfasst: Lahn-Dill-Kreis (als Punkte), Landkreis Hersfeld-Rotenburg, Werra-Meißner-Kreis"	
Mecklenburg-Vorpommern	Flächennaturdenkmale - Flächen	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Direktdownload (Web)	Es gelten keine Zugriffsbeschränkungen; Namensnennung – Version 2.0 (dl-de/by-2-0)	LUNG M-V, Abfragen bei den UNB (2017), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-	Polygon	Shapefile	12/2017	MV; keine vollständige und abschließende Darstellung aller FND und ND, sondern nur die, die dem LUNG M-V durch die UNB mitgeteilt wurden.	1 : 10.000 - 1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
				(https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)	de/by-2-0), Daten geändert					
Mecklenburg-Vorpommern	Flächennaturdenkmale - Punkte	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Direktdownload (Web)	Es gelten keine Zugriffsbeschränkungen; Namensnennung – Version 2.0 (dl-de/by-2-0) (https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)	LUNG M-V, Abfragen bei den UNB (2017), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Punkt	Shapefile	12/2017	MV; keine vollständige und abschließende Darstellung aller FND und ND, sondern nur die, die dem LUNG M-V durch die UNB mitgeteilt wurden.	1 : 10.000 - 1 : 100.000
Niedersachsen	Naturdenkmale (ND)	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	© 2022, daten@nlwkn.niedersachsen.de, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2022	NI	1 : 25.000
Rheinland-Pfalz	ND (Naturdenkmale) (Polygon)	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der OdbI mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP, soweit von der UNB geliefert	1 : 1.000
Rheinland-Pfalz	ND (Naturdenkmale) (Punkt)	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der OdbI mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Punkt	Shapefile	06/2024	RP, soweit von der UNB geliefert	1 : 1.000
Saarland	Schutzgebiete_INS - Naturdenkmal_Flaechen - OGC WFS Interface	Landesamtes für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamtes für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2021	SL	1 : 5.000
Sachsen	Flächennaturdenkmäler	Sächsisches Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2024), dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	SN	-
Sachsen-Anhalt	Flächenhafte Naturdenkmale (NDF) - Schutzgebiete - GDI Sachsen-Anhalt	Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	ST	1 : 10.000
Sachsen-Anhalt	Flächennaturdenkmale (FND) - Schutzgebiete - GDI Sachsen-Anhalt	Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-	Punkt	Shapefile	06/2024	ST	1 : 10.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					de/by-2-0), Daten geändert					
Thüringen	(Baum-)Naturdenkmal (ND)	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0“ bzw. „dl-de/by-2-0“	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Punkt	Shapefile	04/2024	Noch nicht enthalten sind Baum-ND der Lkr. Gotha und Nordhausen sowie die lagemäßige Korrektur der ND in der kreisfreien Stadt Eisenach.	1 : 25.000
Thüringen	ND/GLB/flächige ND/geschützte Gehölze (GH)	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0“ bzw. „dl-de/by-2-0“	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	04/2024	TH	1 : 25.000
Bayern	landschaftsbestandteil_flaechig_epsg4258_shp	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2023), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	07/2023	flächendeckend BY	1 : 25.000
Mecklenburg-Vorpommern	geschützte Landschaftsbestandteile - Flächen	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Direktdownload (Web)	Es gelten keine Zugriffsbeschränkungen; Namensnennung – Version 2.0 (dl-de/by-2-0) (https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)	LUNG M-V, Abfragen bei den UNB (2017), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2017	MV; keine vollständige und abschließende Darstellung, sondern nur die, die dem LUNG M-V durch die UNB mitgeteilt wurden.	1 : 10.000 - 1 : 25.000
Niedersachsen	Landschaftsbestand_FI_DTK25_NI	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	© 2023, daten@nlwkn.niedersachsen.de, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	10/2023	NI	1 : 25.000
Rheinland-Pfalz	LB (gesch. Landsch.bestandt.) (Polygon)	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der OdbI mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP, soweit von der UNB geliefert	1 : 1.000
Saarland	Geschützte Landschaftsbestandteile, flächenhaft	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung	WFS-Dienst	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	SL	1 : 5.000
Sachsen-Anhalt	Geschützte Landschaftsbestandteile	Landesamt für Umweltschutz	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt (2017), dl_de/by-	Polygon	Shapefile	04/2017	ST	1 : 10.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
		(LAU) Sachsen-Anhalt			2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert					
bundesweit	Küstenlinie Ostsee	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) von Schleswig Holstein	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung – 4.0 International (CC BY 4.0)	LLUR-SH (2024), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Linie	Shapefile	10/2020	-	-
bundesweit	Küstenlinie Nordsee	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) von Schleswig Holstein	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung – 4.0 International (CC BY 4.0)	LLUR-SH (2024), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Linie	Shapefile	10/2018	-	-
bundesweit	Flächen des Nationalen Naturerbes (Bund)	Bundesamt für Naturschutz	Cloud-Direktdownload	Es gelten die Vorgaben der mit dem BfN geschlossenen Datennutzungsbedingungen. Die Daten dürfen somit nur im Rahmen des betreffenden Projektes genutzt und nicht an Dritte weitergegeben werden.	BlmA – Sparte Bundesforst 2023, Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2023	Bei diesem Geodatensatz handelt sich nicht um die Gesamtkulisse des Nationalen Naturerbes, sondern um die Kulisse der Naturerbeflächen, die beim Bund verblieben sind (Naturerbe Bund). Die Geodaten der übertragenen Naturerbeflächen müssen bei den jeweiligen Flächenempfängern angefragt werden.	-
Baden-Württemberg	Moor-Photovoltaik_F	Regierungspräsidium Stuttgart, Referat 84.2 – Operative Archäologie	E-Mail	Die Daten dürfen nur zu mit dem Landesamt für Denkmalpflege abgestimmten Zwecken verarbeitet, d.h. insbesondere genutzt und übermittelt werden - projektbezogene Nutzung	Regierungspräsidium Stuttgart (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	Bodendenkmale innerhalb der organischen Bodenkulisse (TI)	-
Baden-Württemberg	Moor-Photovoltaik_M	Regierungspräsidium Stuttgart, Referat 84.2 – Operative Archäologie	E-Mail	Die Daten dürfen nur zu mit dem Landesamt für Denkmalpflege abgestimmten Zwecken verarbeitet, d.h. insbesondere genutzt und übermittelt werden - projektbezogene Nutzung	Regierungspräsidium Stuttgart (2023), Daten geändert	Punkt	Shapefile	12/2023	Bodendenkmale innerhalb der organischen Bodenkulisse (TI)	-
Baden-Württemberg	Moor-Photovoltaik_P	Regierungspräsidium Stuttgart, Referat 84.2 – Operative Archäologie	E-Mail	Die Daten dürfen nur zu mit dem Landesamt für Denkmalpflege abgestimmten Zwecken verarbeitet, d.h. insbesondere genutzt und übermittelt werden - projektbezogene Nutzung	Regierungspräsidium Stuttgart (2023), Daten geändert	Punkt	Shapefile	12/2023	Bodendenkmale innerhalb der organischen Bodenkulisse (TI)	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Bayern	Bodendenkmaeler	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege	via E-Mail	projektbezogene Nutzung	© Denkmalkartierungen BLfD, Stand 16.11.2023, Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	flächendeckend BY	1 : 25.000
Berlin	Koordinaten Bodendenkmale	Landedenkmalamt Berlin	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Geoportal Berlin/[Koordinaten Bodendenkmale] (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	-	Keyhole Markup Language (kml)	12/2023	BE	-
Bremen	Denkmalliste_P.shp	Landesarchäologie Bremen	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Landesarchäologie Bremen (2022), Daten geändert	Punkt	Shapefile	05/2022	HB	-
Hamburg	HH_WFS_Denkmal_public	Freie und Hansestadt Hamburg, Archäologisches Museum Hamburg	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Freie und Hansestadt Hamburg, Archäologisches Museum Hamburg, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	HH	
Niedersachsen	ADABweb_org-Kulisse_F.shp	Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege/ADABweb (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	NI in Kulisse der organischen Bodenkulisse (TI)	-
Niedersachsen	ADABweb_org-Kulisse_P.shp	Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege/ADABweb (2023), Daten geändert	Punkt	Shapefile	12/2023	NI in Kulisse der organischen Bodenkulisse (TI)	-
Niedersachsen	ADABweb_org-Kulisse_L.shp	Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege/ADABweb (2023), Daten geändert	Linie	Shapefile	12/2023	NI in Kulisse der organischen Bodenkulisse (TI)	-
Nordrhein-Westfalen	WFS NW Denkmal - ProtectedSites - Cultural - Point	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Punkt	Shapefile	11/2023	NW, Dienst befindet sich zur Zeit noch im Aufbau und kann daher u.U. bezüglich der bereitgestellten Informationen unvollständig sein	-
Nordrhein-Westfalen	WFS NW Denkmal - ProtectedSites - Cultural - Surface	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-	Polygon	Shapefile	11/2023	NW, Dienst befindet sich zur Zeit noch im Aufbau und kann daher u.U. bezüglich der bereitgestellten Informationen unvollständig sein	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					de/by-2-0), Daten geändert					
Nordrhein-Westfalen	WFS NW Denkmal - ProtectedSites - Archaeological - Multipoint	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	NW, Dienst befindet sich zur Zeit noch im Aufbau und kann daher u.U. bezüglich der bereitgestellten Informationen unvollständig sein	-
Nordrhein-Westfalen	WFS NW Denkmal - ProtectedSites - Archaeological - Point	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Punkt	Shapefile	11/2023	NW, Dienst befindet sich zur Zeit noch im Aufbau und kann daher u.U. bezüglich der bereitgestellten Informationen unvollständig sein	-
Nordrhein-Westfalen	WFS NW Denkmal - ProtectedSites - Archaeological - Surface	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0.	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	NW, Dienst befindet sich zur Zeit noch im Aufbau und kann daher u.U. bezüglich der bereitgestellten Informationen unvollständig sein	-
Saarland	Bodendenkmäler des Saarlandes	Ministerium für Umwelt Klima Mobilität Agrar und Verbraucherschutz	WFS-Dienst	Creative Commons Namensnennung – 4.0 International (CC BY 4.0)	© GDI-SL (2024), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Punkt	Shapefile	01/2024	Der Datensatz ist nicht vollständig, er befindet sich noch in Bearbeitung.	
Schleswig-Holstein	INSPIRE SH Schutzgebiete in Schleswig-Holstein - Archäologische Funde	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein	WFS-Dienst	Creative Commons (CC BY 4.0) – Namensnennung 4.0 International	© GeoBasis-DE/LVerm-Geo SH (2023), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	04/2023	Herzogtum Lauenburg ist nicht abgedeckt	-
bundesweit	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2019), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2019	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
Baden-Württemberg	FFH-LRT	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ist Nutzungsrechtsinhaber von Geometrie- und Sachdaten, Dokumenten und Bildern aus dem Staatlich-Kommunalen Datenverbund (SKDV), kurz: "UIS-Daten".	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2023), Daten geändert	Polygon	GML	11/2023	ganz BW, auch außerhalb von Schutzgebieten	1 : 2.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstel- lungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature- Class	Datenfor- mat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
				Der Nutzer kann die UIS-Da- ten von der LUBW unter fol- genden Bedingungen herun- terladen: Bei der Weiterver- wendung der Daten ist an ge- eigneter Stelle wie folgt auf die LUBW hinzuweisen: „Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesam- stalt für Umwelt Baden- Württemberg". Die UIS-Da- ten wurden mit der zur Erfül- lung ihrer öffentlichen Aufga- ben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Die LUBW übernimmt jedoch keine Ge- währ für die Richtigkeit und Genauigkeit der überlasse- nen Daten. Die Aktualität richtet sich nach dem jeweili- gen Fortführungsstand. Eine Haftung für mögliche aus der Datennutzung resultierende Schäden wird ausgeschlos- sen.						
Bayern	bio_sbk_epsg25832_shp	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 Interna- tional (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://crea- tivecommons.org/licen- ses/by/4.0/), Daten ge- ändert	Polygon	Shapefile	02/2024	BY, keine Militärgebiete	1 : 2.500
Bayern	bio_fbk_epsg25832_shp	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 Interna- tional (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://crea- tivecommons.org/licen- ses/by/4.0/), Daten ge- ändert	Polygon	Shapefile	02/2024	BY keine Alpen, kreisfreier Städte und Militärgebiete	1 : 2.500
Bayern	bio_abk_epsg25832_shp	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 Interna- tional (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://crea- tivecommons.org/licen- ses/by/4.0/), Daten ge- ändert	Polygon	Shapefile	02/2024	BY, keine Militärgebiete	1 : 2.500
Bayern	bio_sbk.mdb	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 Interna- tional (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, CC	-	Microsoft DataBase	02/2024	BY, keine Militärgebiete	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert					
Bayern	bio_fbk.mdb	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	-	Microsoft DataBase	02/2024	BY keine Alpen, kreisfreier Städte und Militärgebiete	-
Bayern	bio_abk.mdb	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	-	Microsoft DataBase	02/2024	BY, keine Militärgebiete	-
Bayern	ffh_LRT	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Cloud-Direktdownload	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2020	Punktuelle Erhebungen, nicht flächendeckend	1 : 2.500
Berlin	Biotoptypen (Umweltatlas)	Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Geoportal Berlin/[Biotoptypen (Umweltatlas)] (2014), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	08/2014	BE	1 : 5.000
Brandenburg	bbk_fl.shp - Biotope, geschützte Biotope (§ 30 BNatSchG und § 18 BbgNatSchAG) und FFH-Lebensraumtypen im Land Brandenburg	Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU)	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Landesamt für Umwelt Brandenburg (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	BB	1 : 10.000
Bremen	FFH_LRT_HB_INSPIRE	Freie Hansestadt Bremen, Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung (CC-BY)	Freie Hansestadt Bremen, Naturschutzbehörde (2022), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	07/2022	HB	1 : 5.000
Hamburg	de.hh.up:flaechenhafte_biotope_vollstaendig_geschuetzt	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie (2021), dl_de/by-2-0	Polygon	Shapefile	05/2021	HH	DK5 im 2 x 2 km-Raster

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
		Agrarwirtschaft (BUKEA)			(www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert					
Hamburg	de.hh.up:flaechenhafte_biotope_teilweise_geschuetzt	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA)	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie (2021), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2021	HH	DK5 im 2 x 2 km-Raster
Hessen	HLBK_LRT	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2023	"In der HLBK werden in Abhängigkeit vom Kartiergebiet (KG) nicht immer alle LRTs und GGBTs, sondern nur diejenigen bestimmter Biotoptypengruppen (Module) erfasst. Bei modularer Bearbeitung eines bestimmten Untersuchungsgebietes geben die Daten daher nur Auskunft über die Lebensräume und Biotope der bearbeiteten Module"	-
Niedersachsen	NLWKN_selekt_Bio-kart_clip_organ_Bod_buff500	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	08/2021	Organische Bodenkulisse TI in NI	-
Niedersachsen	NLWKN_EP11_clip_organ_Bod_ohNLF.DBU	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	09/2021	Organische Bodenkulisse TI in NI; durch die DBU betreuten Flächen (hier im LK Osnabrück FFH 238) nicht enthalten	-
Nordrhein-Westfalen	Vorkommen der FFH-Lebensraumtypen in Nordrhein-Westfalen	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2024), dl-de/zero-2-0 (https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	02/2024	NW	1 : 5.000
Saarland	FFH-Lebensraumtypen	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamtes für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2023	SL	1 : 5.000
Sachsen	WFS - IS SaND LRT - Lebensraumtypen	Sächsisches Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-	Polygon	Shapefile	08/2023	SN	1 : 10.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					de/by-2-0), Daten geändert					
Sachsen-Anhalt	Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie in Sachsen-Anhalt	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Naturschutzfachdaten © Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	Kartierung nicht flächendeckend und nicht in jedem Falle aktuell ist. Entsprechend der weiteren Verwendung können eine Überprüfung und ggf. Aktualisierung der Daten notwendig sein.	1 : 10.000
Schleswig-Holstein	Biotopkartierung	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein		Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	LANIS-SH (2023), © Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	10/2023	SH	1 : 5.000
bundesweit	Vogelschutzgebiete	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2019), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2019	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
Baden-Württemberg	Waldbiotopkartierung_polygon	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ist Nutzungsrechtsinhaber von Geometrie- und Sachdaten, Dokumenten und Bildern aus dem Staatlich-Kommunalen Datenverbund (SKDV), kurz: "UIS-Daten". Der Nutzer kann die UIS-Daten von der LUBW unter folgenden Bedingungen herunterladen: Bei der Weiterverwendung der Daten ist an geeigneter Stelle wie folgt auf die LUBW hinzuweisen: „Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg". Die UIS-Daten wurden mit der zur Erfüllung ihrer öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Die LUBW übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit und Genauigkeit der überlassenen Daten. Die Aktualität richtet sich nach dem jeweiligen Fortführungsstand. Eine Haftung für mögliche aus der Datennutzung resultierende	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024 (2010-2024)		1 : 10.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
				Schäden wird ausgeschlossen.						
Baden-Württemberg	Offenlandkartierung_polygon	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ist Nutzungsrechtsinhaber von Geometrie- und Sachdaten, Dokumenten und Bildern aus dem Staatlich-Kommunalen Datenverbund (SKDV), kurz: "UIS-Daten". Der Nutzer kann die UIS-Daten von der LUBW unter folgenden Bedingungen herunterladen: Bei der Weiterverwendung der Daten ist an geeigneter Stelle wie folgt auf die LUBW hinzuweisen: „Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg". Die UIS-Daten wurden mit der zur Erfüllung ihrer öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Die LUBW übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit und Genauigkeit der überlassenen Daten. Die Aktualität richtet sich nach dem jeweiligen Fortführungsstand. Eine Haftung für mögliche aus der Datennutzung resultierende Schäden wird ausgeschlossen.	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024 (2010-2024)		1 : 10.000
Bremen	GeschuetzteBiotope	Freie Hansestadt Bremen, Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung (CC-BY)	Freie Hansestadt Bremen, Naturschutzbehörde (2022), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	07/2022	HB	1 : 5.000
Hessen	GESCH_BIOTOPE	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Direktdownload (Web)	Creative Commons: Namensnennung 3.0 Deutschland	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2024), CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	1992 - 2006	"Eine flächengenaue Erfassung der gesetzlich geschützten Biotope in Hessen wird derzeit vorbereitet. Für die Übergangszeit liefert die Hessische Biotopkartierung (HB) aus den Jahren 1992 bis 2006 Hinweise auf Flächen, auf denen ein Schutz nach § 30 (2) BNatSchG bzw. 13 HAGBNatSchG überprüft werden sollte"	1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Mecklenburg-Vorpommern	gesetzlich geschützte Biotope, 1. Durchgang, Gesamtdatensatz	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	CD-Lieferung	Es gelten keine Zugriffsbeschränkungen; Namensnennung – Version 2.0 (dl-de/by-2-0) (https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)	LUNG M-V (2015), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2015	MV (außer nicht kartierter Bereiche)	1 : 10.000
Nordrhein-Westfalen	Gesetzlich geschützte Biotope nach §30 BNatSchG / §42 LNatSchG NRW (Fläche)	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2024), dl-de/zero-2-0 (https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	NW	1 : 5.000
Rheinland-Pfalz	gesetzl. geschützte Biotope des § 30 BNatSchG u. § 15 LNatSchG (Polygon)	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der OdbI mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP, soweit in Biotoptypenkartierung vorhanden	-
Saarland	Geschützte Biotope Flächen Saarland	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamtes für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2023	SL	1 : 5.000
Sachsen	gesetz_gesch_biotope:BTPVZ_f_neu	Sächsisches Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2024), dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	02/2024	SN; Stadtbereiche insb. Z. B. Chemnitz sind nicht enthalten	1 : 5.000 - 1 : 10.000
Sachsen-Anhalt	Gesetzlich geschützte Biotope gem. §30 BNatSchG und §21-22 NatSchG LSA	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Naturschutzfachdaten © Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2015), Daten geändert	Polygon	Shapefile	10/2015	ST, militärische Sperrgebiete sind nicht enthalten	1 : 10.000
Thüringen	GESCHUETZTE_BIOTOPE_FL.shp	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Biotoptkartierungen der Bundesländer (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	02/2021	TH	1 : 10.000
bundesweit	Landschaftsschutzgebiete	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2022), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2022	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
bundesweit	Naturparke	Bundesamt für Naturschutz	WFS-Dienst	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
bundesweit	Biosphärenreservate, Pflege- und Entwicklungszonen	Bundesamt für Naturschutz	Cloud-Direktdownload	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Naturschutz (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	09/2023	-	1 : 10.000 bis 1 : 25.000
bundesweit	Landschaftsbild	Leibniz Universität Hannover - Institut für Umweltplanung	Direktdownload (Web)	Creative Commons Attribution 3.0	Hermes et al. (2018), CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), Daten geändert	-	Raster	2018	-	100 m x 100 m Raster
Rheinland-Pfalz	FSN Flurstücke i.Eigent. d.Nsch.behörde	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der OdbI mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP	-
Bayern	Ökoflächenkataster (aus Flurbereinigung)	Bayerisches Landesamt für Umwelt	WFS-Dienst	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	flächendeckend BY	1 : 5.000
Bayern	Ökoflächenkataster (Ankauf)	Bayerisches Landesamt für Umwelt	WFS-Dienst	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	flächendeckend BY	1 : 5.000
Bayern	Ökoflächenkataster (Ausgleich/Ersatz)	Bayerisches Landesamt für Umwelt	WFS-Dienst	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	flächendeckend BY	1 : 5.000
Bayern	Ökoflächenkataster (Ökokonto)	Bayerisches Landesamt für Umwelt	WFS-Dienst	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de , CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	flächendeckend BY	1 : 5.000
Berlin	KompensationsInformationssystem Berlin (Kompensationsflächen, Ökokontoflächen)	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0	Geoportal Berlin/[KompensationsInformationssystem Berlin (Kompensationsflächen, Ökokontoflächen)] (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-	Polygon	Shapefile	02/2024	BE	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					de/by-2-0), Daten geändert					
Brandenburg	Eingriffs- und Kompensationsflächen-Informationssystem	Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU)	WFS-Dienst	Allgemeine Nutzungsbedingungen: https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/service/geoinformationen/	Daten des LfU Brandenburg (2022), Version V 1.1, Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2022	BB	1 : 10.000
Bremen	Kompensation_Flächen.shp	Freie Hansestadt Bremen, Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung (CC-BY)	Freie Hansestadt Bremen, Naturschutzbehörde (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	07/2023	HB	1 : 5.000
Hamburg	HH_WFS_Ausgleichsflächen.gml	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA)	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0	Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie (2023), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	02/2023	HH	1 : 5.000
Hessen	Kompensationsmaßnahmen aus Ökokonten	Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat	Direktdownload (Web)	Creative Commons: Namensnennung 3.0 Deutschland	NATUREG-Viewer (Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU)); Regierungspräsidien Darmstadt, Gießen, Kassel, Obere Naturschutzbehörde (2024), CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	"Die Darstellung der veröffentlichten Flächen umfasst alle in Ökokonten eingebuchten, potentiellen Kompensationsmaßnahmen, die als Ökokontomaßnahme anerkannt und im behördeninternen NATUREG Produktivsystem erfasst wurden. Eine Gewähr für die Vollständigkeit des Datenbestandes wird nicht übernommen."	-
Hessen	Kompensationsflächen	Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat	Direktdownload (Web)	Creative Commons: Namensnennung 3.0 Deutschland	NATUREG-Viewer (Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU)); Regierungspräsidien Darmstadt, Gießen, Kassel, Obere Naturschutzbehörde (2024), CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	03/2024	"Die Darstellung der veröffentlichten Flächen umfasst alle Kompensationsmaßnahmen, die im behördeninternen NATUREG Produktivsystem erfasst oder importiert wurden. Eine Gewähr für die Vollständigkeit des Datenbestandes wird nicht übernommen."	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Rheinland-Pfalz	OEK	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der Odbl mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP	-
Rheinland-Pfalz	OEK - In Bearbeitung	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der Odbl mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP	-
Rheinland-Pfalz	KOM	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der Odbl mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP	-
Rheinland-Pfalz	KOM - In Bearbeitung	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Direktdownload (Web)	Nutzung entsprechend den Lizenzbestimmungen der Odbl mit Quellenangabe zulässig	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2024	RP	-
Saarland	Ökokontoflächen Saarlands	Ministerium für Umwelt Klima Mobilität Agrar und Verbraucherschutz	WFS-Dienst	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	10/2023	SL	1 : 5.000
Schleswig-Holstein	Kompensationskataster	Landesamt für Umwelt	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0 (LfU-SH)	LfU-SH (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	02/2024	SH; Die einzelnen Daten unterscheiden sich je nach Kreis/kreisfreier Stadt hinsichtlich Erfassungstiefe und -intensität. Auf eine inhomogene Datenlage wird hiermit hingewiesen. Eine unmittelbare Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Kreisen/kreisfreien Städten ist deshalb nicht gegeben.	-
Schleswig-Holstein	Ökokonto	Landesamt für Umwelt	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0 (LfU-SH)	LfU-SH (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	02/2024	SH; Die einzelnen Daten unterscheiden sich je nach Kreis/kreisfreier Stadt hinsichtlich Erfassungstiefe und -intensität. Auf eine inhomogene Datenlage wird hiermit hingewiesen. Eine unmittelbare Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Kreisen/kreisfreien Städten ist deshalb nicht gegeben.	-
Bayern	WBK2018_FIN_View	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2018), www.lfu.bayern.de, CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2018	flächendeckend BY	-
Berlin	Verbreitungsübersichten für ausgewählte Vogelarten im Land Brandenburg	Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU)	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0; https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0; dl-de-by-2.0	Land Brandenburg; https://data.geobasis-bb.de/geofachdaten/Natur_und_Landschaft/Artenschutz_Voegel/wiesenbrueter.zip; Verbreitungsübersichten für	Polygon	Shapefile	01/2014	BB, z. T. BE	1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					ausgewählte Vogelarten im Land Brandenburg (2014), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert					
Brandenburg	Verbreitungsübersichten für ausgewählte Vogelarten im Land Brandenburg	Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU)	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0; https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0 ; dl-de-by-2.0	Land Brandenburg; https://data.geobasis-bb.de/geofachdaten/Natur_und_Landschaft/Artenschutz_Voegel/wiesenbrueter.zip ; Verbreitungsübersichten für ausgewählte Vogelarten im Land Brandenburg (2014), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2014	BB, z. T. BE	1 : 25.000
Schleswig-Holstein	Wiesenvogelbrutgebiet	Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU)	WFS-Dienst	Creative Commons Namensnennung 4.0 International	LLUR SH (2019), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Geography Markup Language (GML)	12/2019	SH	-
Thüringen	Fachkulissen der KULAP-Naturschutzmaßnahmen in der neuen Förderperiode (ab 2023) - kulap_g	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0“	GDI-Th (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2022	TH	-
bundesweit	Ausgewiesene Überschwemmungsgebiete	Bundesamt für Gewässerkunde	Direktdownload (Web)	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Gewässerkunde (2023), Daten geändert	Polygon	Geodatabase	05/2023	Keine Überschwemmungsgebiete für Baden-Württemberg, Bayern	1 : 25.000
Baden-Württemberg	Überschwemmungsgebiete (ÜSG)	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ist Nutzungsrechtsinhaber von Geometrie- und Sachdaten, Dokumenten und Bildern aus dem Staatlich-Kommunalen Datenverbund (SKDV), kurz: "UIS-Daten". Der Nutzer kann die UIS-Daten von der LUBW unter folgenden Bedingungen herunterladen: Bei der Weiterverwendung der Daten ist an geeigneter Stelle wie folgt auf die LUBW hinzuweisen: „Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	-	1 : 500 - 1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstel- lungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature- Class	Datenfor- mat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
				Landesanstalt für Umwelt Ba- den-Württemberg". Die UIS- Daten wurden mit der zur Er- füllung ihrer öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Die LUBW übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtig- keit und Genauigkeit der überlassenen Daten. Die Ak- tualität richtet sich nach dem jeweiligen Fortführungs- stand. Eine Haftung für mög- liche aus der Datennutzung resultierende Schäden wird ausgeschlossen.						
Bayern	UeGeb_vorl_gesi- chert_10_04_2024	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Cloud-Di- rektdown- load	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, Da- ten geändert	Polygon	Shapefile	04/2024	BY	1 : 25.000
Bayern	UeGeb_festge- setzt_10_04_2024	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Cloud-Di- rektdown- load	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, Da- ten geändert	Polygon	Shapefile	04/2024	BY	1 : 25.000
Bayern	hwgfHQ100_10_04_2024	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Cloud-Di- rektdown- load	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2024), www.lfu.bayern.de, Da- ten geändert	Polygon	Shapefile	04/2024	BY	1 : 25.000
Brandenburg	Polder_DRV_BB_221214	Landesamt für Umwelt Bran- denburg (LfU)	E-Mail	projektbezogene Nutzung	© Landesamt für Um- welt, Land Brandenburg, Stand 2022, Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	2022	BB	-
Brandenburg	Retentionsflae- chen_BB_nat_221214	Landesamt für Umwelt Bran- denburg (LfU)	E-Mail	projektbezogene Nutzung	© Landesamt für Um- welt, Land Brandenburg, Stand 2022, Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	2022	BB	-
Mecklen- burg-Vor- pommern	Polder.shp	Landesamt für Umwelt, Natur- schutz und Geo- logie Mecklen- burg-Vorpom- mern	E-Mail	projektbezogene Nutzung	LUNG M-V (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	MV	-
bundesweit	Trinkwasserschutzgebiete	Bundesamt für Gewässerkunde	Direktdown- load (Web)	Es gilt die GeoNutzV des Bun- des vom 19. März 2013.	Bundesamt für Gewäs- serkunde (2024), Daten geändert	Polygon	Geodata- base	04/2024	Keine Trinkwasserschutzgebiete für Baden-Württem- berg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz; 3333 Ob- jekte ohne Angabe der Zone (vollständig für alle Objekte in Bayern und Berlin und tlw. in Niedersachsen); Nach Prüfung der Objekte in NI mit dem Landesdatensatz wurde festgestellt, dass die Objekte ohne Angabe auch	1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
									nicht in den Landesdaten vorkommen - dementsprechend kann auf den bundesweiten Datensatz zurückgegriffen werden - Zonen ohne Angabe werden somit herausgefiltert.	
Baden-Württemberg	Wasserschutzgebietszone (M1)	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ist Nutzungsrechtsinhaber von Geometrie- und Sachdaten, Dokumenten und Bildern aus dem Staatlich-Kommunalen Datenverbund (SKDV), kurz: "UIS-Daten". Der Nutzer kann die UIS-Daten von der LUBW unter folgenden Bedingungen herunterladen: Bei der Weiterverwendung der Daten ist an geeigneter Stelle wie folgt auf die LUBW hinzuweisen: „Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg". Die UIS-Daten wurden mit der zur Erfüllung ihrer öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Die LUBW übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit und Genauigkeit der überlassenen Daten. Die Aktualität richtet sich nach dem jeweiligen Fortführungsstand. Eine Haftung für mögliche aus der Datennutzung resultierende Schäden wird ausgeschlossen.	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	05/2024	Datenbestand umfasst die rechtskräftig festgesetzten, vorläufig angeordneten, fachtechnisch abgegrenzten und im Festsetzungsverfahren befindlichen Wasserschutzgebiete sowie die festgesetzten und vorläufig angeordneten Wasserschutzgebietszonen in Baden-Württemberg.	1 : 2.000
Bayern	Fachklasse Wasserschutzgebiete	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016), www.lfu.bayern.de , Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2016	BY	1 : 5.000
Berlin	Wasserschutzgebiete	Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin	WFS-Dienst	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Geoportal Berlin/[Wasserschutzgebiete] (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	04/2009	BE	1 : 5.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstel- lungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature- Class	Datenfor- mat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Brandenburg	Wasserschutzgebiete des Landes Brandenburg	Landesamt für Umwelt Bran- denburg (LfU)	Direktdown- load (Web)	Datenlizenz Deutschland Na- mensnennung 2.0	Landesamt für Umwelt Brandenburg, dl_de/by- 2-0 (www.govdata.de/dl- de/by-2-0), Daten geän- dert	Polygon	Shapefile	08/2023	BB	1 : 10.000
Nordrhein- Westfalen	Trinkwasserschutzge- biet_ea_Shape	Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr Nordrhein- Westfalen	Cloud-Di- rektdown- load	projektbezogene Nutzung	Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr Nordrhein-Westfalen (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	NW	-
Nordrhein- Westfalen	WasserschutzgebietZon- en_Shape	Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr Nordrhein- Westfalen	Cloud-Di- rektdown- load	projektbezogene Nutzung	Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr Nordrhein-Westfalen (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	NW	-
Rheinland- Pfalz	Trinkwasserschutzgebiete mit RVO	Landesamt für Umwelt Rhein- land-Pfalz (LfU)	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namens- nennung 4.0	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) (2024), CC BY 4.0 (https://creativecom- mons.org/licen- ses/by/4.0/), Daten ge- ändert	Polygon	Shapefile	04/2024	RP	-
Rheinland- Pfalz	Trinkwasserschutzgebiete abgegrenzt	Landesamt für Umwelt Rhein- land-Pfalz (LfU)	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namens- nennung 4.0	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) (2024), CC BY 4.0 (https://creativecom- mons.org/licen- ses/by/4.0/), Daten ge- ändert	Polygon	Shapefile	04/2024	RP	-
Rheinland- Pfalz	Trinkwasserschutzgebiete im Entwurf	Landesamt für Umwelt Rhein- land-Pfalz (LfU)	Direktdown- load (Web)	Creative Commons Namens- nennung 4.0	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) (2024), CC BY 4.0 (https://creativecom- mons.org/licen- ses/by/4.0/), Daten ge- ändert	Polygon	Shapefile	04/2024	RP	-
Saarland	Wasserschutzgebiete in Planung	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbrau- cherschutz	Direktdown- load (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	09/2023	SL	1 : 25.000
bundesweit	Heilquellenschutzgebiete	Bundesamt für Gewässerkunde	Direktdown- load (Web)	Es gilt die GeoNutzV des Bun- des vom 19. März 2013.	Bundesamt für Gewäs- serkunde (2024), Daten geändert	Polygon	Geodata- base	04/2024	Keine Heilquellenschutzgebiete für TH, BW, BY, BE, BB, HE, NRW, RP, SH; In NI liegen Heilquellenschutzgebiete vor, die keine Zonen zugewiesen haben - auch im Lan- desdatensatz liegt keine Zonierung vor - hier werden die Objekte ohne Angabe als zu prüfen festgelegt. BE be- sitzt keine HQSG - nicht relevant.	1 : 25.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Baden-Württemberg	Heilquellenschutzgebiete	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	WFS-Dienst	Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ist Nutzungsrechtsinhaber von Geometrie- und Sachdaten, Dokumenten und Bildern aus dem Staatlich-Kommunalen Datenverbund (SKDV), kurz: "UIS-Daten". Der Nutzer kann die UIS-Daten von der LUBW unter folgenden Bedingungen herunterladen: Bei der Weiterverwendung der Daten ist an geeigneter Stelle wie folgt auf die LUBW hinzuweisen: „Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg". Die UIS-Daten wurden mit der zur Erfüllung ihrer öffentlichen Aufgaben erforderlichen Sorgfalt bereitgestellt. Die LUBW übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit und Genauigkeit der überlassenen Daten. Die Aktualität richtet sich nach dem jeweiligen Fortführungsstand. Eine Haftung für mögliche aus der Datennutzung resultierende Schäden wird ausgeschlossen.	Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	5/2024	-	-
Nordrhein-Westfalen	Heilquellenschutzgebiet_ea_Shape	Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr Nordrhein-Westfalen	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Ministerium für Umwelt, Natur und Verkehr Nordrhein-Westfalen (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	NW	-
Rheinland-Pfalz	Heilquellenschutzgebiete mit RVO	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU)	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) (2024), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	04/2024	RP	-
Rheinland-Pfalz	Heilquellenschutzgebiete abgegrenzt	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU)	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) (2024), CC BY 4.0	Polygon	Shapefile	04/2024	RP	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert					
Rheinland-Pfalz	Heilquellenschutzgebiete im Entwurf	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU)	Direktdownload (Web)	Creative Commons Namensnennung 4.0	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) (2024), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Polygon	Shapefile	04/2024	RP	-
Mecklenburg-Vorpommern	m_f_bis_2027	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	LUNG M-V (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	MV, Wasserrahmenrichtlinienrelevante Fließgewässer-Wasserkörper	-
Mecklenburg-Vorpommern	2023_11_29_gef_flaechen_aktuell	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	LUNG M-V (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	11/2023	MV, Wasserrahmenrichtlinienrelevante Fließgewässer-Wasserkörper	-
Nordrhein-Westfalen	EK_HOEP_NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	NW	-
Nordrhein-Westfalen	EK_GOEZ_NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	NW	-
Nordrhein-Westfalen	EK_SOEZ_NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	NW	-
Schleswig-Holstein	Talraum als Kulisse	Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU)	E-Mail	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (2018), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	10/2018	SH	-
Schleswig-Holstein	MPol.shp	Landesamt für Umwelt des Landes	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-	Polygon	Shapefile	01/2024	SH	-

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
		Schleswig-Holstein (LfU)			Holstein (2024), Daten geändert					
Thüringen	Projekt_Wawi_2022_06_21	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (2022), Daten geändert	Polygon	Shapefile	06/2022	TH	-
Thüringen	massnahmenbereiche_struktur	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (2024), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Linie	Shapefile	06/2024	TH	-
Rheinland-Pfalz	Gewässerentwicklungsflächen Rheinland-Pfalz	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU)	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	RP	-
bundesweit	Risikogebiet außerhalb von Überschwemmungsgebieten	Bundesamt für Gewässerkunde	Direktdownload (Web)	Es gilt die GeoNutzV des Bundes vom 19. März 2013.	Bundesamt für Gewässerkunde (2021), Daten geändert	Polygon	Geodatabase	10/2021	Andere administrative Ebenen in Deutschland (Land, Bezirk, Kreis, Kommune) stellen gegebenenfalls zu diesem Thema Dienste in einer höheren räumlichen und vor allem zeitlichen Auflösung bereit (aktuellere Modellierungen)	1 : 25.000
Baden-Württemberg	pg_8123_schwerpunkt_igd	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8180_infrastruktur_standort	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8179_abfallwirt_standort	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8124_schwerp_einzelhandel	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					de/by-2-0), Daten geändert					
Baden-Württemberg	pg_8173_kmb_verkehr_standort	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8169_luftverkehr_standort	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8165_schiene_trasse_neubau	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8154_rohstoffe_sicherung	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8153_rohstoffe_abbau	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8152_hochwasser	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8151_wasservork	Ministerium für Landesentwicklung und	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
		Wohnen Baden-Württemberg			0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert					
Baden-Württemberg	pg_8121_siedlungsbereiche	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8146_forstwirts_waldfunkt	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	ln_8164_schiene_trasse_ausbau	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Linie	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	ln_8162_strasse_trasse_neubau	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Linie	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Baden-Württemberg	pg_8125_schwerp_wohnungsbau	Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000
Bayern	Vorranggebiet_für_Bodenschätze_erweitert	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Rauminformationssystem Bayern (RISBY), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, München (01/2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	BY, ausgewählte Themenbereiche der Regionalplanung können in den Regionen verschiedene Datenstände aufweisen.	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Bayern	Vorranggebiet_für_Hochwasserschutz_erweitert	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Rauminformationssystem Bayern (RISBY), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, München (01/2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	BY, ausgewählte Themenbereiche der Regionalplanung können in den Regionen verschiedene Datenstände aufweisen.	1 : 100.000
Bayern	Vorranggebiet_für_Wasserversorgung_erweitert	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Rauminformationssystem Bayern (RISBY), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, München (01/2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	BY, ausgewählte Themenbereiche der Regionalplanung können in den Regionen verschiedene Datenstände aufweisen.	1 : 100.000
Hessen	xplan_nordhessen — RP_Forstwirtschaft	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000
Hessen	xplan_nordhessen — RP_Hochwasserschutz	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000
Hessen	xplan_nordhessen — RP_IndustrieGewerbe	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000
Hessen	xplan_nordhessen — RP_Luftverkehr	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Hessen	xplan_nordhessen — RP_Rohstoff	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000
Hessen	xplan_nordhessen — RP_Sperrgebiet	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000
Hessen	xplan_nordhessen — RP_WohnenSiedlung	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Nordhessen	1:100.000
Hessen	XPLAN_Mittelhessen — RP_Forstwirtschaft	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Mittelhessen	1:100.000
Hessen	XPLAN_Mittelhessen — RP_Hochwasserschutz	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Mittelhessen	1:100.000
Hessen	XPLAN_Mittelhessen — RP_IndustrieGewerbe	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Mittelhessen	1:100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Hessen	XPLAN_Mittelhessen — RP_Rohstoff	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Mittelhessen	1:100.000
Hessen	XPLAN_Mittelhessen — RP_Sperrgebiet	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Mittelhessen	1:100.000
Hessen	XPLAN_Mittelhessen — RP_WohnenSiedlung	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Mittelhessen	1:100.000
Hessen	suedhessen_xplan — RP_Forstwirtschaft	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Südhausen; Teile von Gemeinde Wetteraukreis; Groß-Gerau; Main-Kinzig-Kreis nicht vorhanden; Gemeinden Frankfurt am Main, Kreisfreie Stadt; Offenbach am Main; Kreisfreie Stadt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Offenbach, Landkreis fehlen ganz	1:100.000
Hessen	suedhessen_xplan — RP_Hochwasserschutz	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Südhausen; Teile von Gemeinde Wetteraukreis, Groß-Gerau, Main-Kinzig-Kreis nicht vorhanden; Gemeinden Frankfurt am Main, Kreisfreie Stadt, Offenbach am Main, Kreisfreie Stadt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Offenbach, Landkreis fehlen ganz	1:100.000
Hessen	suedhessen_xplan — RP_IndustrieGewerbe	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Südhausen; Teile von Gemeinde Wetteraukreis, Groß-Gerau, Main-Kinzig-Kreis nicht vorhanden; Gemeinden Frankfurt am Main, Kreisfreie Stadt, Offenbach am Main, Kreisfreie Stadt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Offenbach, Landkreis fehlen ganz	1:100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Hessen	suedhessen_xplan — RP_Rohstoff	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Südhessen; Teile von Gemeinde Wetteraukreis, Groß-Gerau, Main-Kinzig-Kreis nicht vorhanden; Gemeinden Frankfurt am Main, Kreisfreie Stadt, Offenbach am Main, Kreisfreie Stadt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Offenbach, Landkreis fehlen ganz	1:100.000
Hessen	suedhessen_xplan — RP_Sperrgebiet	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Südhessen; Teile von Gemeinde Wetteraukreis, Groß-Gerau, Main-Kinzig-Kreis nicht vorhanden; Gemeinden Frankfurt am Main, Kreisfreie Stadt, Offenbach am Main, Kreisfreie Stadt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Offenbach, Landkreis fehlen ganz	1:100.000
Hessen	suedhessen_xplan — RP_WohnenSiedlung	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, HMWEVW (2009), dl_de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert	Polygon	Extensible Markup Language (XML)	2009	Südhessen; Teile von Gemeinde Wetteraukreis, Groß-Gerau, Main-Kinzig-Kreis nicht vorhanden; Gemeinden Frankfurt am Main, Kreisfreie Stadt, Offenbach am Main, Kreisfreie Stadt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Offenbach, Landkreis fehlen ganz	1:100.000
Saarland	GVG_Gewerbe_Industrie_Dienstleistungen-VG	Ministerium für Inneres Bauen und Sport	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2004), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2004	SL	1 : 75.000
Saarland	GVG_Hochwasserschutz-VH	Ministerium für Inneres Bauen und Sport	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2004), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2004	SL	1 : 75.000
Saarland	VG_Forschung_Entwicklung-VF	Ministerium für Inneres Bauen und Sport	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2004), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2004	SL	1 : 75.000
Saarland	VG_Gewerbe_Industrie_Dienstleistungen-VG	Ministerium für Inneres Bauen und Sport	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (2004), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2004	SL	1 : 75.000
Saarland	VG_Hochwasserschutz-VH	Ministerium für Inneres Bauen und Sport	Direktdownload (Web)	Die Daten unterliegen dem Urheberrecht	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und	Polygon	Shapefile	2004	SL	1 : 75.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
					Landentwicklung (2004), Daten geändert					
Sachsen	VR_Straßen	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Linie	Shapefile	2008	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	alle_VRG	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2008	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	vorsorgestandorte_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	rohstoffe_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	vr_trinkwasser_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	vr_wald_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	vr_hochwasser_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	vr_strasse	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	Strasse_RNK_VRGVBG_I	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Linie	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	HWVorsorge_VRGVBG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	Radweg_RNK_VRGVBG_I	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Linie	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	Stadtbahn_RNK_VRG_I	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Linie	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	ROH_RNK_VRG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	RLS_RNK_VRG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	GEWERBE_RNK_VRG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	WASS_RNK_VRG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	WALDMEHR_RNK_VRG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	WALD_RNK_VRG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	Kulturdenkmal_KL_VRG_p	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	VS_Industrie_Gewerbe_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_vorbeugender_Hochwasserschutz_Überschwemmungsbe-reich_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_vorbeugender_Hochwasserschutz_Risikobereich_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_vorbeugender_HW_Schutz_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Waldmeh-rung_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Waldschutz_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Wasserversorgung_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_langfristige_Rohstoff-sicherung_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Rohstoffab-bau_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Verteidi-gung_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VR_Schutz_vorhande-ner_Wald	Planungsver-band Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	VR_Trasse_Ausbau_Straßenverkehr	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Linie	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_Trasse_Neubau_Straßenverkehr	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Linie	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_Waldmehrung	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_Wasserversorgung	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_Hochwasser_Risikobereich	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_Hochwasser_Überschwemmungsbereich	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_langfristige_Rohstoffe	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VR_Rohstoffabbau	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	Vorsorgestandort	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	Trasse_Neubau_Straße	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Linie	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	Korridor_Neubau_Straße	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Linie	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	Trasse_Neubau_Radverkehr	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Linie	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Rohstoffabbau	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Rohstoffsicherung	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Verteidigung	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_vorbeugender_Hochwasserschutz_Hochwasservorsorge	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_vorbeugender_Hochwasserschutz_Retentionsraum	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Waldmehrung	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Waldschutz	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VRG_Wasserversorgung	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland.	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Thüringen	DB_M_Waldmehrung_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Waldmehrung_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Waldmehrung_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Trassensicherung_Schienenverbindung	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Linie	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Trassensicherung_Schienenverbindung	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Trassensicherung_Schienenverbindung	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Sicherung_Schienenverbindung	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Trassenfreihaltung_Straße_(Korridor)	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Linie	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Trassenfreihaltung_Straße_(Korridor)	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Trassenfreihaltung_Straße	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Trassenfreihaltung_Straße	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Linie	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Trassenfreihaltung_Straße	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Trassenfreihaltung_Straße_(Korridor)	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Sicherung_im_öffentlichen_Interesse_erforderlicher_Trassenkorridor	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Sicherung_im_öffentlichen_Interest_erforderliche_Trasse	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Linie	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Rohstoffe_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Rohstoffe_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Rohstoffe_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Rohstoffe_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Hochwasserschutz_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Hochwasserschutz_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Hochwasserschutz_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Hochwasserschutz_Vorrang	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Großflächige_Industrieansiedlungen	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Großflächige_Industrieansiedlungen	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Großflächige_Industrieansiedlungen	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Großflächige_Industrieansiedlungen	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Baden-Württemberg	pg_8144_bodenerhaltung	Ministerium für Landesentwicklung und	Direktdownload (Web)	„Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“	© Daten aus dem Geoportal Raumordnung Baden-Württemberg, Stand 2023, dl_de/by-2-	Polygon	Shapefile	12/2023	heterogene Abdeckung	1 : 50.000 - 1 : 75.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
		Wohnen Baden-Württemberg			0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), Daten geändert					
Bayern	Vorbehaltsgebiet_für_Bodenschätze_erweitert	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Rauminformationssystem Bayern (RISBY), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, München (01/2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	BY, ausgewählte Themenbereiche der Regionalplanung können in den Regionen verschiedene Datenstände aufweisen.	1 : 100.000
Bayern	Vorbehaltsgebiet_für_Wasserversorgung_erweitert	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	Rauminformationssystem Bayern (RISBY), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, München (01/2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	01/2024	BY, ausgewählte Themenbereiche der Regionalplanung können in den Regionen verschiedene Datenstände aufweisen.	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Waldschutz	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2008	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Wasserressourcen	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2009	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Braunkohlengewinnung	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2010	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Hochwasserschutz	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Industrie	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Rohstoffe	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2013	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Waldmehrung	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2008), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2014	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	vb_hochwasser_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	vb_trinkwasser_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	vb_waldmehring_08	Regionaler Planungsverband Südwestsachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Südwestsachsen-Version 2.0 (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	Planungsregion Südwestsachsen	1 : 100.000
Sachsen	Schiene_RNK_VBG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	roh_RNK_VBG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	Hochspannungsleitung_RNK_VBG_I	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Linie	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	wass_RNK_VBG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	wald_RNK_VBG_f	Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberes Elbtal/Osterzgebirge-Version 2.0 (2020), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2020	Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge	1 : 50.000
Sachsen	VBG_Waldmehring_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Waldschutz_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	VBG_Wasserversorgung_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Korridor_Neubau_Radverkehr_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Korridor_Neubau_Schienenverkehr_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_standortgebundene_einheimische_Rohstoffe_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_vorbeugender_HW_Schutz_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VBG_vorbeugender_Hochwasserschutz_Risikobereich_7_2_HP	Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Leipzig-West-sachsen-Version 2.0 (2021), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2021	Planungsregion Leipzig-West-sachsen	1 : 100.000
Sachsen	VB_Korridor_Neubau_Schienenverkehr	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VB_Korridor_Neubau_Radverkehr	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VB_Hochwasser_Risikobereich	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VB_Waldmehrung	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VB_standortgebundene_Rohstoffe	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Sachsen	VB_Schutz_vorhandener_Wald	Planungsverband Region Chemnitz	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-PV Region Chemnitz-Version 2.0 (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2024	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Rohstoffabbau	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Region Chemnitz	1 : 100.000
Sachsen	VBG_vorbeugender_Hochwasserschutz_Hochwasservorsorge	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Sachsen	VBG_Wasserversorgung	Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien	Direktdownload (Web)	Die Geodaten des Regionalplans unterliegen der Datenlizenz Deutschland	Datenlizenz Deutschland-RPV Oberlausitz-Niederschlesien-Version 2.0 (2023), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2023	Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Waldmehrerung_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Waldmehrerung_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Waldmehrerung_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Waldmehrerung_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Rohstoffe_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Rohstoffe_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Rohstoffe_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Rohstoffe_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000

Bundesland	Datensatz	Institution	Bereitstellungsart	Nutzungsbedingungen	Quellenvermerk	Feature-Class	Datenformat	Aktualität	Vollständigkeit	Auflösung
Thüringen	DB_ETRS89_SW_Hochwasserschutz_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, SW	1 : 100.000
Thüringen	DB_O_Hochwasserschutz_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, O	1 : 100.000
Thüringen	DB_N_Hochwasserschutz_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2012), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2012	TH, N	1 : 100.000
Thüringen	DB_M_Hochwasserschutz_Vorbehalt	Thüringer Landesverwaltungsamt	E-Mail	projektbezogene Nutzung	Thüringer Landesverwaltungsamt (2011), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2011	TH, M	1 : 100.000
bundesweit	LBM-DE2018	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	Cloud-Direktdownload	projektbezogene Nutzung	© GeoBasis-DE/BKG (2024), Daten geändert	Polygon	Shapefile	2018	DE	1 : 25.000
bundesweit	Flughäfen (Points of Interest Open)	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	Direktdownload (Web)	Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0	© BKG (2024), Datenquellen: https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_POI-Open.pdf , Daten geändert	Punkt	Shapefile	06/2023	DE	1 : 250.000
bundesweit	Straßenverkehrsnetz (OpenStreetMap)	OpenStreetMap.org	Direktdownload (Web)	Open Database License (ODb)	© OpenStreetMap contributors (2024), Daten geändert	Linie	Shapefile	05/2024		-
bundesweit	Bundesfernstraßennetz	Bundesanstalt für Straßenwesen	Direktdownload (Web)	CC-BY 4.0 (Namensnennung)	Bundesanstalt für Straßenwesen (2023), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Linie	Geojson	2023	DE	-
bundesweit	Hoch-/Höchstspannungsfreileitungen	OpenStreetMap.org	Direktdownload (Web)	Open Database License (ODb)	© OpenStreetMap contributors (2024), Daten geändert	Linie	Shapefile	04/2024		-
bundesweit	Schienenverkehrsnetz	Open Data Portal der Deutschen Bahn AG.	WFS-Dienst	Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)	DB Netz AG, Bahn-Geodaten (2019), CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), Daten geändert	Linie	Shapefile	2019	DE	-

A.5 Übersicht der verwendeten Literaturquellen zur Einordnung des aktuellen Kenntnisstandes und vorläufigen Schlussfolgerungen zu den ökologischen Auswirkungen von Moor-PV-Anlagen (Abschnitt 3.5)

Tab. 106: Analyse der recherchierten Literaturquellen (alphabetische Reihenfolge) im Hinblick auf potenzielle Wirkungen (Systematik gemäß Abschnitt 3.5; Angabe der fachlichen Bewertung: positive Wirkung (+), negative Wirkung (-), unklar, ggf. nicht betrachtet (+/-); x = Zuordnung zur jeweiligen Kategorie

Literaturquelle	Jahr	3.5.2 – Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaushalt, Abschirmung, Wasserhaushalt	3.5.4 – Bodenerosion	3.5.5 – Bodenmechanische / hydrologische Veränderungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüssen	3.5.8 – Nährstoffeintrag in Boden und Gewässer	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsketten / Nahrungs-/Rasthabitaten	3.5.10 – Schadstoffabgabe, Gefährdung durch Havarien	3.5.11 – Bau-(Rückbau)bedingte Störungen und Wirkungen	3.5.12 – Störungen durch Anlagenunterhaltung/Paludikulturen	3.5.13 – Störungen/Wirkungen durch Anlagenbegleitelemente	3.5.14 – Veränderungen des Landschaftsbildes
Abbasi & Abbasi	2000	+/-	+/-	-		-			-			-	-		-
Abubakar et al.	2023											+/-	-		
Adeh et al.	2019		+												
Agha et al.	2020					-					-	-		-	
AL-agele et al.	2021	-	+												
Ali Jan et al.	2023											+/-			
ARGE Monitoring PV-Anlagen	2007	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-		+/-		+/-	-	+/-		-
Armstrong et al.	2014		+/-					+/-							
Armstrong et al.	2016	-	+					-							
Bai et al.	2022		+	+											
Barron-Gafford et al.	2016		-												
Barron-Gafford et al.	2019	+	+												
Beatty et al.	2017	-											+/-		
Biesmeijer et al.	2020	-				+							+/-		
Bosch & Peyke	2011													-	+/-
Breeze	2016								+/-			-			
Brunet et al.	2020		+/-			+/-						+/-	+/-		+/-
Buer & Regner	2002					-									
BfN	2022														
Bushra Javeed et al.	2023				+				-			+		+	
Chock et al.	2021					+/-	+/-			+/-			+/-		
Choi et al.	2020							-							
Cuce et al.	2022	+	+/-					+/-		+/-		-			-
Demuth & Maack	2019	+/-		+	+							+/-	+/-	-	+/-

Literaturquelle	Jahr	3.5.2 – Änderung der Lichtverhält- nisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaus- halt, Abschir- mung, Was- serhaushalt	3.5.4 – Bodenero- sion	3.5.5 – Bodenme- chanische / hydrologi- sche Verän- derungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attrakti- vitätserhö- hung bei Tie- ren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüs- sen	3.5.8 – Nährstoffein- trag in Boden und Gewäs- ser	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsket- ten / Nah- rungs-/Rast- habitaten	3.5.10 – Schadstoffab- gabe, Gefähr- dung durch Havarien	3.5.11 – Bau-(Rück- bau)bedingte Störungen und Wirkun- gen	3.5.12 – Störungen durch Anla- genunterhal- tung/Paludi- kulturen	3.5.13 – Störun- gen/Wirkun- gen durch Anlagenbe- gleitele- mente	3.5.14 – Veränderun- gen des Land- schaftsbildes
DeVault et al.	2014					-									
Dhar et al.	2020		-		-	+/-	-	-		-	-	-			+/-
Dietrich & Behrendt	2022		+												
Dwyer et al.	2018					-	-					-			
Emsens et al.	2016							+/-							
Emsens et al.	2017							+/-							
Fakharizadehshirazi & Rösch	2024														-
Florea et al.	2024							+/-							
Fritz et al.	2020					-									
Fthenakis et al.	2011					+/-								+/-	
Gehrlein et al.	2017		-			+/-			+/-	+/-		-		-	+/-
George et al.	2013			+/-											
Graham et al.	2021	+				+									
Greif et al.	2017						-						-		
GMC	2020	+/-										+/-			
GMC	2022	+/-			+/-	+/-	+/-	+/-				+/-	+/-		
GMC	2023	+/-	+/-			+/-	+/-	+/-	+/-			+/-			
Haas et al.	2020	+/-								+/-					
Haase	2022	+		+											
Harrison et al.	2017					-	-								
Hassanpour et al.	2018	+	+/-	-											
Haupt, H.	2011						+/-								
Hernandez et al.	2014		-	-		+/-	-	-	-		-	-	-	-	
Herzsprung et al.	2017							-							
Hietel et al.	2021	-	+/-			-							-		
Hilker et al.	2024		+/-												
Horváth et al.	2010					-									
Husain et al.	2018														

Literaturquelle	Jahr	3.5.2 – Änderung der Lichtverhält- nisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaus- halt, Abschir- mung, Was- serhaushalt	3.5.4 – Bodenero- sion	3.5.5 – Bodenme- chanische / hydrologi- sche Verän- derungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attrakti- vitätserhö- hung bei Tie- ren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüs- sen	3.5.8 – Nährstoffein- trag in Boden und Gewäs- ser	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsket- ten / Nah- rungs-/Rast- habitaten	3.5.10 – Schadstoffab- gabe, Gefähr- dung durch Havarien	3.5.11 – Bau-(Rück- bau)bedingte Störungen und Wirkun- gen	3.5.12 – Störungen durch Anla- genunterhal- tung/Paludi- kulturen	3.5.13 – Störun- gen/Wirkun- gen durch Anlagenbe- gleitele- mente	3.5.14 – Veränderun- gen des Land- schaftsbildes
Ismail et al.	2023		+/-			-		-			-	-			-
Kaygusuz	2009										-	-			
KBU	2023		-		-							-	-	-	
Keinath	2023											+/-			
Ketzer et al.	2020		+												+/-
Kitt	2020	+/-		+/-		+	+/-			+		-	+/-	-	
Klatt et al.	2020														
KNE	2022	-	+/-									-	+/-	-	
Kowsar et al.	2022					+	+				+/-				
Kufeld	2019							+/-				+/-	+/-	+/-	-
Kumar et al.	2020											-	-		
Lambert et al.	2023	-				-		-							
Levin et al.	2023													-	
Lovich & Ennen	2011		-			-			-		-	-	-	-	
Makaronidou	2020	-	+	-	-			-				-	-		
Maniscalco et al.	2024	+/-													
Marrou et al.	2013 a	+													
Marrou et al.	2013 b	+	+												
Mathijssen et al.	2020								-						
Mehl et al.	2023	-	+/-			+/-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meier & Bayerl	2024					+/-	+/-								
Montag et al.	2016					+									
Moore-O'Leary et al.	2017	+/-	-		+/-	+/-		+/-		+/-		+/-		+/-	
Moscatelli et al.	2022		+/-		+/-			-							
NATURSTROM AG	2023														
Nobre et al.	2023	-	-			-		-		+/-					
Nordberg et al.	2021	+	+/-		+	+/-	-					-		+/-	

Literaturquelle	Jahr	3.5.2 – Änderung der Lichtverhält- nisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaus- halt, Abschir- mung, Was- serhaushalt	3.5.4 – Bodenero- sion	3.5.5 – Bodenme- chanische / hydrologi- sche Verän- derungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attrakti- vitätserhö- hung bei Tie- ren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüs- sen	3.5.8 – Nährstoffein- trag in Boden und Gewäs- ser	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsket- ten / Nah- rungs-/Rast- habitaten	3.5.10 – Schadstoffab- gabe, Gefähr- dung durch Havarien	3.5.11 – Bau-(Rück- bau)bedingte Störungen und Wirkun- gen	3.5.12 – Störungen durch Anla- genunterhal- tung/Paludi- kulturen	3.5.13 – Störun- gen/Wirkun- gen durch Anlagenbe- gleitele- mente	3.5.14 – Veränderun- gen des Land- schaftsbildes
Nordt et al.	2022	-			-							-			
Northrup & Wittemyer	2013					+/-									
Owens et al.	2020					-				-			-	-	
Parker & McQueen	2013					+							+		
Pereszlényi et al.	2017					-				-					
Peschel et al.	2019					+							+		
Peschel et al.	2010					+/-							+	+/-	
Peter et al.	2023 a						-						+/-	-	
Peter et al.	2023 b						-						+/-	-	
Piasecka et al.	2020										+/-				
Raab	2015		+			+							+/-		
Randle-Boggis et al.	2020												+/-		
Rösch	2016	+/-													-
Rudolph & v. Brackel	2023	-	-												
Schalow	2013												+		
Scheller et al.	2020					+/-				+/-			-		
Schindler et al.	2018		+/-			-									
Schlegel	2021	+/-	+/-	-	-	+/-	-		+/-	+/-	-	+/-	+/-		+/-
Semeraro et al.	2018					+/-							+/-		
Sinha et al.	2018		+/-		+/-	+/-						-			
SL Rack	2023								+/-			+/-			
Song et al.	2023					+/-	-			+/-					
Sun et al.	2017														
Sundaram et al.	2016					-					-				+/-
Suuronen et al.	2017	+	+/-			+/-									
Tammaro et al.	2016										-				
Tanner et al.	2020		+										+/-		

Literaturquelle	Jahr	3.5.2 – Änderung der Lichtverhält- nisse durch Verschattung	3.5.3 – Wärmehaus- halt, Abschir- mung, Was- serhaushalt	3.5.4 – Bodenero- sion	3.5.5 – Bodenme- chanische / hydrologi- sche Verän- derungen	3.5.6 – Störwirkung oder Attrakti- vitätserhö- hung bei Tie- ren	3.5.7 – Mechanische Abschirmung gegenüber von Tieren	3.5.8 – Veränderung von Stoffflüs- sen	3.5.8 – Nährstoffein- trag in Boden und Gewäs- ser	3.5.9 – Einflüsse auf Nahrungsket- ten / Nah- rungs-/Rast- habitaten	3.5.10 – Schadstoffab- gabe, Gefähr- dung durch Havarien	3.5.11 – Bau-(Rück- bau)bedingte Störungen und Wirkun- gen	3.5.12 – Störungen durch Anla- genunterhal- tung/Paludi- kulturen	3.5.13 – Störun- gen/Wirkun- gen durch Anlagenbe- gleitele- mente	3.5.14 – Veränderun- gen des Land- schaftsbildes
Tawalbeh et al.	2021											-	-		-
Taylor et al.	2019					+/-	+/-								
Tinsley et al.	2023					-	-								
Touil et al.	2021	+/-	+												
Trautner et al.	2024	-				-	-			-		-	+/-	-	
Tröltzsch & Neuling	2013					+/-	+/-			+/-		-	+/-	+	
Tsoutsos et al.	2005								-		-	-			-
Turney & Fthenakis	2011				+/-			+/-	+/-		+/-	+/-		+/-	+/-
Uldrijan et al.	2021	+/-	-	+											
unn	2021	+	+			+							+		
Vervloesem et al.	2022	-	+												
Visser et al.	2019					+/-				+					
Walston et al.	2024					+/-				+/-			+/-		
Walston et al.	2021												+/-		
Walston et al.	2018		+												
Walston et al.	2016						-								
Wang et al.	2020								-		-				
Wang et al.	2023							-					-		
Wattmanufactur	2023	+						+							
Weselek et al.	2021	+/-	-												
Weselek et al.	2019 a	-	+												
Weselek et al.	2019 b	-	+	-											
Wilkening & Rautenstrauch	2019					+							+		
Zak & McInnes	2022							+/-				+			
Zak et al.	2021							+/-					+/-		
ZSW	2023	-						+				+/-			

Tab. 107: Analyse der recherchierten Literaturquellen (alphabetische Reihenfolge) im Hinblick auf betrachtete geographische Regionen und Standorte (Untergrund); Angabe der fachlichen Bewertung: positive Wirkung (+), negative Wirkung (-), unklar, ggf. nicht betrachtet (+/-); x = Zuordnung zur jeweiligen Kategorie

Literaturquelle	Jahr	Geographische Region Deutschland	Geographische Region Europa	Geographische Region Amerika	Geographische Region Asien	Geographische Region Afrika	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Bodenverhältnisse unbekannt	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Organische Böden	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Mineralische Böden	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Gebäude	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Seeoberflächen	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Fließgewässer	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Küstengewässer	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Künstliche Wasserbecken
Abbasi & Abbasi	2000				x		x							
Abubakar et al.	2023													
Adeh et al.	2019		x	x	x	x		x	x	x				
Agha et al.	2020			x					x					
AL-agele et al.	2021			x					x					
Ali Jan et al.	2023						x			x				
ARGE Monitoring PV-Anlagen	2007	x					x							
Armstrong et al.	2014						x			x				
Armstrong et al.	2016		x				x							
Bai et al.	2022				x			x	x					
Barron-Gafford et al.	2016			x					x					
Barron-Gafford et al.	2019			x					x					
Beatty et al.	2017			x					x					
Biesmeijer et al.	2020		x				x							
Bosch & Peyke	2011	x					x							
Breeze	2016						x							
Brunet et al.	2020					x	x							
Buer & Regner	2002	x												
BfN	2022													
Bushra Javeed et al.	2023			x				x	x					
Chock et al.	2021			x			x							
Choi et al.	2020			x					x					
Cuce et al.	2022						x			x	x	x	x	x
Demuth & Maack	2019	x					x		x					
DeVault et al.	2014			x			x							
Dhar et al.	2020		x	x			x							
Dietrich & Behrendt	2022	x						x						

Literaturquelle	Jahr	Geographische Region Deutschland	Geographische Region Europa	Geographische Region Ame-rika	Geographische Region Asien	Geographische Region Afrika	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Bo-denverhält-nisse unbe-kannt	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Or-ganische Bö-den	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Mi-neralische Bö-den	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Ge-bäude	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): See-oberflächen	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Fließgewässer	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Küs-tengewässer	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Künstliche Wasserbecken
Dwyer et al.	2018			x					x					
Emsens et al.	2016		x					x						
Emsens et al.	2017		x					x						
Fakharizadehshirazi & Rösch	2024	x						x	x					
Florea et al.	2024		x					x	x					
Fritz et al.	2020		x				x							
Fthenakis et al.	2011			x					x					
Gehrlein et al.	2017	x												
George et al.	2013			x			x							
Graham et al.	2021			x					x					
Greif et al.	2017		x											
GMC	2020	x						x						
GMC	2022	x						x						
GMC	2023	x						x						
Haas et al.	2020			x							x			x
Haase	2022	x						x						
Harrison et al.	2017		x				x							
Hassanpour et al.	2018			x				x						
Haupt, H.	2011	x												
Hernandez et al.	2014		x	x			x							
Herzsprung et al.	2017	x						x						
Hietel et al.	2021	x							x					
Hilker et al.	2024	x							x					
Horváth et al.	2010		x				x							
Husain et al.	2018													
Ismail et al.	2023				x		x							
Kaygusuz	2009													
KBU	2023	x						x						
Keinath	2023													

Literaturquelle	Jahr	Geographische Region Deutschland	Geographische Region Europa	Geographische Region Amerika	Geographische Region Asien	Geographische Region Afrika	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Bodenverhältnisse unbekannt	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Organische Böden	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Mineralische Böden	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Gebäude	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Seeoberflächen	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Fließgewässer	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Küstengewässer	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Künstliche Wasserbecken
Ketzer et al.	2020	x					x							
Kitt	2020	x							x					
Klatt et al.	2020	x						x						
KNE	2022	x						x						
Kowsar et al.	2022				x			x						
Kufeld	2019	x						x						
Kumar et al.	2020		x	x	x		x							
Lambert et al.	2023		x						x					
Levin et al.	2023			x										
Lovich & Ennen	2011			x					x					
Makaronidou	2020		x				x							
Maniscalco et al.	2024						x							
Marrou et al.	2013 a		x						x					
Marrou et al.	2013 b		x						x					
Mathijssen et al.	2020		x								x			
Mehl et al.	2023	x	x	x	x	x					x	x	x	x
Meier & Bayerl	2024	x						x						
Montag et al.	2016		x				x							
Moore-O'Leary et al.	2017		x	x					x					
Moscatelli et al.	2022		x						x					
NATURSTROM AG	2023	x												
Nobre et al.	2023	x	x	x	x	x					x			x
Nordberg et al.	2021		x	x					x					
Nordt et al.	2022	x						x						
Northrup & Wittemyer	2013			x			x							
Owens et al.	2020													
Parker & McQueen	2013		x						x					
Pereszlényi et al.	2017		x											

Literaturquelle	Jahr	Geographische Region Deutschland	Geographische Region Europa	Geographische Region Ame-rika	Geographische Region Asien	Geographische Region Afrika	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Bo-denverhält-nisse unbe-kannt	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Or-ganische Bö-den	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Mi-neralische Bö-den	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Ge-bäude	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): See-oberflächen	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Fließgewässer	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Küs-tengewässer	Photovoltaik-Standorte (Un-tergrund): Künstliche Wasserbecken
Peschel et al.	2019	x						x						
Peschel et al.	2010	x					x							
Peter et al.	2023 a	x					x							
Peter et al.	2023 b	x					x							
Piasecka et al.	2020		x											
Raab	2015	x					x							
Randle-Boggis et al.	2020		x				x							
Rösch	2016	x					x							
Rudolph & v. Brackel	2023	x						x						
Schalow	2013	x					x							
Scheller et al.	2020	x					x							
Schindler et al.	2018				x					x				
Schlegel	2021	x	x	x	x			x	x	x	x		x	
Semeraro et al.	2018		x						x					
Sinha et al.	2018			x					x					
SL Rack	2023	x						x	x					
Song et al.	2023				x									x
Sun et al.	2017													
Sundaram et al.	2016													
Suuronen et al.	2017			x					x					
Tammaro et al.	2016		x	x	x									
Tanner et al.	2020		x						x					
Tawalbeh et al.	2021			x	x				x	x				
Taylor et al.	2019		x				x							
Tinsley et al.	2023		x				x							
Touil et al.	2021		x						x					
Trautner et al.	2024	x	x	x										
Tröltzsch & Neuling	2013	x							x					

Literaturquelle	Jahr	Geographische Region Deutschland	Geographische Region Europa	Geographische Region Amerika	Geographische Region Asien	Geographische Region Afrika	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Bodenverhältnisse unbekannt	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Organische Böden	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Mineralische Böden	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Gebäude	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Seeoberflächen	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Fließgewässer	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Küstengewässer	Photovoltaik-Standorte (Untergrund): Künstliche Wasserbecken
Tsoutsos et al.	2005						x							
Turney & Fthenakis	2011						x							
Uldrijan et al.	2021		x						x					
unn	2021	x						x						
Vervloesem et al.	2022		x						x					
Visser et al.	2019					x			x					
Walston et al.	2024			x			x							
Walston et al.	2021			x			x							
Walston et al.	2018			x			x							
Walston et al.	2016			x					x					
Wang et al.	2020													
Wang et al.	2023	x						x						
Wattmanufactur	2023	x						x						
Weselek et al.	2021	x							x					
Weselek et al.	2019 a	x							x					
Weselek et al.	2019 b													
Wilkening & Rautenstrauch	2019			x					x					
Zak & McInnes	2022	x	x					x						
Zak et al.	2021	x	x					x						
ZSW	2023	x						x	x	x				

Tab. 108 Analyse der recherchierten Literaturquellen (alphabetische Reihenfolge) im Hinblick auf den methodischen Ansatz sowie Kennzeichnung „grauer“ Literatur; Angabe der fachlichen Bewertung: positive Wirkung (+), negative Wirkung (-), unklar, ggf. nicht betrachtet (+/-); x = Zuordnung zur jeweiligen Kategorie

Literaturquelle	Jahr	Methodik: Deterministischer, statistischer oder konzeptioneller Modellansatz	Methodik: Praktischer Untersuchungsansatz	Methodik: Literaturanalyse	Methodik: Expertenbefragung	Methodik: Berichte, Buchkapitel	Rechtliche Rahmenbedingungen	Potenzielle Minderungsmaßnahmen/Monitoring	Unspezifische/allgemeine Aussagen zu Moor-PV	„Graue“ Literatur: Produktkataloge	„Graue“ Literatur: Anlagenbetreiber/Wirtschaft	„Graue“ Literatur: Behörden	„Graue“ Literatur: Zeitschriften	„Graue“ Literatur: Forschungsinstitute, Gutachter
Abbasi & Abbasi	2000			x				x						
Abubakar et al.	2023			x										
Adeh et al.	2019	x							x					
Agha et al.	2020			x				x						
AL-agele et al.	2021													
Ali Jan et al.	2023			x										
ARGE Monitoring PV-Anlagen	2007					x	x	x				x		
Armstrong et al.	2014			x										
Armstrong et al.	2016		x											
Bai et al.	2022		x											
Barron-Gafford et al.	2016		x											
Barron-Gafford et al.	2019		x											
Beatty et al.	2017		x			x								x
Biesmeijer et al.	2020		x			x								x
Bosch & Peyke	2011			x				x						
Breeze	2016												x	
Brunet et al.	2020		x											
Buer & Regner	2002			x				x				x	x	
BfN	2022						x	x	x			x		
Bushra Javeed et al.	2023	x							x					
Chock et al.	2021			x				x						
Choi et al.	2020		x					x						
Cuce et al.	2022			x										
Demuth & Maack	2019			x				x						x
DeVault et al.	2014		x											
Dhar et al.	2020			x			(x)	x						

Literaturquelle	Jahr	Methodik: Deterministischer, statistischer oder konzeptioneller Modellansatz	Methodik: Praktischer Untersuchungsansatz	Methodik: Literaturanalyse	Methodik: Expertenbefragung	Methodik: Berichte, Buchkapitel	Rechtliche Rahmenbedingungen	Potenzielle Minderungsmaßnahmen/Monitoring	Unspezifische/allgemeine Aussagen zu Moorpv	„Graue“ Literatur: Produktkataloge	„Graue“ Literatur: Anlagenbetreiber/Wirtschaft	„Graue“ Literatur: Behörden	„Graue“ Literatur: Zeitschriften	„Graue“ Literatur: Forschungsinstitute, Gutachter
Dietrich & Behrendt	2022		x											
Dwyer et al.	2018					x		x						
Emsens et al.	2016		x					x						
Emsens et al.	2017		x					x						
Fakharizadehshirazi & Rösch	2024	x						x						x
Florea et al.	2024		x											
Fritz et al.	2020							x						
Fthenakis et al.	2011			x				x						
Gehrlein et al.	2017			x		x		x				x		x
George et al.	2013							x			x			
Graham et al.	2021		x					x						
Greif et al.	2017		x					x						
GMC	2020			x		x		x	x					x
GMC	2022			x		x	x	x	x					x
GMC	2023			x		x	x	x						x
Haas et al.	2020	x												
Haase	2022					x		x	x		x		x	
Harrison et al.	2017			x				x						
Hassanpour et al.	2018		x											
Haupt, H.	2011			x									x	
Hernandez et al.	2014			x				x						
Herzsprung et al.	2017		x											
Hietel et al.	2021		x					x						x
Hilker et al.	2024				x			x						
Horváth et al.	2010		x					x						
Husain et al.	2018			x				x						
Ismail et al.	2023	x						x						
Kaygusuz	2009			x										

Literaturquelle	Jahr	Methodik: De-terministi-scher, statisti-scher oder konzeptionel-ler Modellan-satz	Methodik: Praktischer Untersu-chungsansatz	Methodik: Li-teraturanalyse	Methodik: Ex-pertenbefra-gung	Methodik: Be-richte, Buchka-pitel	Rechtliche Rahmenbedin-gungen	Potenzielle Minderungs-maßnah-men/Monito-ring	Unspezifi-sche/allge-meine Aussa-gen zu Moor-PV	„Graue“ Litera-tur: Pro-duktkataloge	„Graue“ Litera-tur: Anlagen-betrei-ber/Wirtschaft	„Graue“ Litera-tur: Behörden	„Graue“ Litera-tur: Zeitschrif-ten	„Graue“ Litera-tur: For-schungsinsti-tute, Gutach-ter
KBU	2023				x			x	x			x		
Keinath	2023								x					x
Ketzer et al.	2020		x		x			x						
Kitt	2020					x		x						x
Klatt et al.	2020					x	x		x					x
KNE	2022			x		x	x	x	x					x
Kowsar et al.	2022	x						x	x					
Kufeld	2019					x								x
Kumar et al.	2020					x								
Lambert et al.	2023		x					x						
Levin et al.	2023	x												
Lovich & Ennen	2011			x										
Makaronidou	2020	x	x											x
Maniscalco et al.	2024			x				x						
Marrou et al. a	2013		x											
Marrou et al. b	2013		x											
Mathijssen et al.	2020		x											
Mehl et al.	2023			x				x						x
Meier & Bayerl	2024		x					x				x		x
Montag et al.	2016		x											
Moore-O'Leary et al.	2017			x				x						
Moscatelli et al.	2022		x											
NATURSTROM AG	2023				x				x				x	
Nobre et al.	2023			x										
Nordberg et al.	2021			x				x						
Nordt et al.	2022					x		x	x					x
Northrup & Wittemyer	2013			x										

Literaturquelle	Jahr	Methodik: Deterministischer, statistischer oder konzeptioneller Modellansatz	Methodik: Praktischer Untersuchungsansatz	Methodik: Literaturanalyse	Methodik: Expertenbefragung	Methodik: Berichte, Buchkapitel	Rechtliche Rahmenbedingungen	Potenzielle Minderungsmaßnahmen/Monitoring	Unspezifische/allgemeine Aussagen zu Moor-PV	„Graue“ Literatur: Produktkataloge	„Graue“ Literatur: Anlagenbetreiber/Wirtschaft	„Graue“ Literatur: Behörden	„Graue“ Literatur: Zeitschriften	„Graue“ Literatur: Forschungsinstitute, Gutachter
Owens et al.	2020			x				x						
Parker & McQueen	2013		x					x						x
Pereszlényi et al.	2017		x											
Peschel et al.	2019			x				x			x			
Peschel et al.	2010			x				x			x			
Peter et al.	2023 a				x	x		x				x		
Peter et al.	2023 b			x				x						
Piasecka et al.	2020	x												
Raab	2015					x		x				x		
Randle-Boggis et al.	2020	x		x				x						
Rösch	2016			x				x						
Rudolph & v. Brackel	2023		x					x				x		x
Schalow	2013	x			x			x						x
Scheller et al.	2020	x		x				x						x
Schindler et al.	2018		x											
Schlegel	2021			x		x		x						x
Semeraro et al.	2018	x						x						
Sinha et al.	2018		x					x						
SL Rack	2023									x				
Song et al.	2023		x											
Sun et al.	2017			x				x						
Sundaram et al.	2016					x								
Suuronen et al.	2017		x					x						
Tammaro et al.	2016		x	x										
Tanner et al.	2020		x					x						
Tawalbeh et al.	2021			x										
Taylor et al.	2019			x				x						x

Literaturquelle	Jahr	Methodik: Deterministischer, statistischer oder konzeptioneller Modellansatz	Methodik: Praktischer Untersuchungsansatz	Methodik: Literaturanalyse	Methodik: Expertenbefragung	Methodik: Berichte, Buchkapitel	Rechtliche Rahmenbedingungen	Potenzielle Minderungsmaßnahmen/Monitoring	Unspezifische/allgemeine Aussagen zu Moorpv	„Graue“ Literatur: Produktkataloge	„Graue“ Literatur: Anlagenbetreiber/Wirtschaft	„Graue“ Literatur: Behörden	„Graue“ Literatur: Zeitschriften	„Graue“ Literatur: Forschungsinstitute, Gutachter
Tinsley et al.	2023		x					x						
Touil et al.	2021			x										
Trautner et al.	2024			x				x				x		x
Tröltzsch & Neuling	2013		x					x						
Tsoutsos et al.	2005			x										
Turney & Fthenakis	2011			x				x						
Uldrijan et al.	2021		x					x						
unn	2021					x		x			x			
Vervloesem et al.	2022		x											
Visser et al.	2019		x											
Walston et al.	2024		x					x						
Walston et al.	2021	x						x						
Walston et al.	2018	x						x						
Walston et al.	2016			x				x						
Wang et al.	2020		x											x
Wang et al.	2023		x											
Wattmanufactur	2023					x		x			x			
Weselek et al.	2021		x											
Weselek et al.	2019 a		x			x								x
Weselek et al.	2019 b			x										
Wilkening & Rautenstrauch	2019			x		x		x					x	
Zak & McInnes	2022			x										
Zak et al.	2021			x				x						
ZSW	2023			x		x			x					x

A.6 Bei Freiflächen-PV-Anlagen gängige oder vor dem Hintergrund von Moor-PV-Anlagen einsetzbare Stoffe/Materialien

Tab. 109: Bei Freiflächen-PV-Anlagen gängige oder vor dem Hintergrund von Moor-PV-Anlagen einsetzbare Stoffe/Materialien, differenziert nach Anlagenteilen, Tabelle verändert/erweitert nach Mehl et al. (2024); x – zutreffend, (x) – bedingt zutreffend

Material/Stoff	Fundamentierung, Pfahlgründung, Verankerung, Abspannung	Unterkonstruktion, Tragsysteme, Nachführsysteme	Solarmodul (aus mehreren Solarzellen, eingebettet in zusätzliches Material)	Einfassung der Solarmodule	Wechselrichter	Stromkabel
Metalle						
Edelstahl (rostfrei/korrosionsbeständig, Gruppe der Austenite bestehend aus Eisen, Chrom, Nickel, Molybdän und Kohlenstoff), V2A, V4A	x			x		
Stahl (im Regelfall noch farb- oder epoxidharzbeschichtet); Legierungszusätze: Kupfer, Phosphor, Silizium, Nickel und Chrom, ggf. auch feuerverzinkter Stahl (Zink)	x	x			x	
Aluminium (Nichteisenmetall), bei Bodenberührung im Regelfall verzinkt oder epoxidharzbeschichtet		x		x		
Zink (vor allem aus einer etwaigen Verzinkung)	x	x				
Kupfer (kein direkter Kontakt mit der Umgebung, durch Isolation mit PE oder PVC)		x				x
Weitere Metalle in PV-Elementen, u. a.: Silber oder Kupfer für elektrische Kontakte an den Siliziumplättchen, Indium als Spurenstoff in den Solarzellen (elektrisch leitend und durchsichtig), Blei oder Cadmium in den Solarzellen (Cadmium in			x			

Material/Stoff	Fundamentierung, Pfahlgründung, Verankerung, Abspannung	Unterkonstruktion, Tragsysteme, Nachführsysteme	Solarmodul (aus mehreren Solarzellen, eingebettet in zusätzliches Material)	Einfassung der Solarmodule	Wechselrichter	Stromkabel
Dünnschichtmodulen), Blei kann ggf. durch Zinn ersetzt werden, Selen (in Dünnschichtmodulen)						
Kunststoffe						
PE (Polyethylen)-HD (High density), -LD (Low density)		x				x
Polyvinylchlorid (PVC)						x
Epoxidharz (duroplastischer Kunststoff) als beständige Beschichtung	x	x				
Carbon bzw. carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK, Mix von Kunststoff und Kohlestofffasern)	(x)	x				
Wood-Plastic Composites (WPC)	(x)	(x)				
Glasfaserverstärkter Kunststoff		x				
3-schäftiger Polyester (als Tau: auch "Festmacherleine")	x					
Polykristallines Modul (Rohstoff Silizium, geschmolzen, Halbleitermaterial); verschiedene Siliziumkristalle			x			
Monokristallines Modul (geschmolzenes Silizium, einkristalline Stäbe, Zusammenschluss zu Wafern)			x			
Dünnschichtmodul (Trägermaterial, bedampft mit einer dünnen Schicht aus amorphem oder kristallinem Silizium)			x			

Material/Stoff	Fundamentierung, Pfahlgründung, Verankerung, Abspannung	Unterkonstruktion, Tragsysteme, Nachführungssysteme	Solarmodul (aus mehreren Solarzellen, eingebettet in zusätzliches Material)	Einfassung der Solarmodule	Wechselrichter	Stromkabel
Boden/-schicht aus Kunststoff oder Gießharz zur Stabilisierung unter Solarzellen auf der der Sonne abgewandten Seite bzw. Rückseitenfolie (Kunststoffolie aus Polyvinylfluorid), bekannt als Tedlar oder ICOSOLAR			x			
Einbettungsfolie (EVA, Ethylenvinylacetat) bzw. Gießharzschicht als Feuchtigkeitssperre über und unter dem Solarmodul			x			
Polyamid 6 oder Nylon 6		x				
Weitere Stoffe						
Glasscheibe (ESG, Einscheibensicherheitsglas), auf der der Sonne zugewandten Seite als Witterungsschutz			x			
Perowskite als natürliches Mineral (Kalziumtitanoxid - CaTiO_3) mit Kristallstruktur, im Regelfall Einsatz als synthetische Verbindungen (gezielte Veränderung von Eigenschaften durch Modifizierung der Zusammensetzung)			x			
Glasfaser		x				
Beton (ggf. beschichtet oder ummantelt)	x				(x)	
Öl- und Schmierstoffe		(x)			x	
Halogene: Chlor, Brom oder Jod			x			

A.7 Standortanforderungen ausgewählter Paludikulturarten im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen

Tab. 110: Standortanforderungen ausgewählter Paludikulturarten im Zusammenhang mit Moor-PV-Anlagen (zusammengestellt nach Birr et al. 2021, Nordt et al. 2022a)

Paludikulturart	Moortyp	Wasserstände und Wassermanagement	Nährstoffbedarf	Nährstoffnachlieferung Wasser	Sonneneinstrahlung	Anspruch an Flächenhomogenität (Relief, Neigung etc.)
Schilf <i>Phragmites australis</i>	Niedermoor	dauerhafte Wasserstände in Flur, Leichter Salzwassereinfluss und Überstau wird toleriert (bis 2 m)	Mittel bis hoch	Bedarf an Nährstoffnachlieferung abhängig von der Nutzung, bei Ernte im Winter gering		kleinräumige Standortunterschiede werden toleriert
Rohrkolben <i>Typha spp.</i>	nährstoffreiches Niedermoor	dauerhafte hohe Wasserstände in oder über Flur, Salzwassereinfluss wird toleriert (bis 1,5 m über Flur)	(mittel-) hoch bis sehr hoch	konstante Nachlieferung erforderlich		Flächen sollten homogen sein und das Wasser flächig über die Fläche fließen können
Rohrglanzgras <i>Phalaris arundinacea</i>	basenreiches Niedermoor mit guter Nährstoffversorgung	wechselfeucht bis -nass, sauerstoffreiches Wasser; dauerhafter Überstau wird nicht toleriert	hoch	regelmäßige Nachlieferung von nährstoff- und sauerstoffreichem Wasser durch Überflutung notwendig		kleinräumige Standortunterschiede werden toleriert
Torfmoos <i>Sphagnum spp.</i>	Hochmoor	Wasserstände immer gleichmäßig in Flur (mit dem Wachstum der Torfmoose ansteigend)	gering	natürliche Nachlieferung durch Regenwasser ist ausreichend	Teilschatten	hohe Ansprüche, Flächen sollten nivelliert sein; geringe Höhenunterschiede im Relief (ca. 20 cm) werden toleriert
Nasswiese (Seggen)	Niedermoor	Wasserstände in oder knapp unter Flur, kurzzeitiger Überstau oder Absinken unter Flur möglich	mittel	Bedarf an regelmäßiger Nachlieferung gering (mit Ertragseinbußen)		kleinräumige Standortunterschiede werden toleriert

Die „BfN-Schriften“ sind eine seit 1998 unperiodisch erscheinende Schriftenreihe in der institutionellen Herausgeberschaft des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bonn. Sie sind kurzfristig erstellbar und enthalten u.a. Abschlussberichte von Forschungsvorhaben, Workshop- und Tagungsberichte, Arbeitspapiere oder Bibliographien. Viele der BfN-Schriften sind digital verfügbar. Printausgaben sind auch in kleiner Auflage möglich.

DOI 10.19217/skr784