

Freiflächen- Photovoltaikanlagen und der Naturschutz



Zusammenfassung der aktuellen Forschungslage,
Antonia Widmer im Rahmen eines
Praktikums beim BUND Regionalverband
Südlicher Oberrhein, betreut durch
Dipl. Ing (FH) Stefan Auchter

Freiburg (März 2025)

Inhalt

1. Einleitung.....	2
2. Auswirkungen von FF-PV auf Flora und Fauna	3
2.1 Auswirkungen auf Pflanzen und deren Lebensräume	3
2.2 Auswirkungen auf Klein-, Mittel- und Großsäuger	3
2.3 Auswirkungen auf Vögel.....	4
2.4 Auswirkungen auf Wirbellose.....	5
2.5 Auswirkungen auf Amphibien und Reptilien	7
3. Der Bau einer FF-PV Anlage.....	8
3.1 Rechtliche Lage.....	8
3.2 Naturverträgliche Standortwahl	10
3.3 Vorschläge für Maßnahmen.....	11
4. Unterarten der FF-PV	14
4.1 Agri Photovoltaik.....	14
4.2 Moor Photovoltaik.....	15
4.3 Schwimmende Photovoltaik	17
5. Zusammenfassung	18
6. Literaturverzeichnis.....	19

1. Einleitung

Die Bekämpfung des Klimawandels erfordert umfassende Veränderungen. Die Energiewende, also die Umstellung auf CO₂-arme Stromquellen, spielt dabei eine zentrale Rolle.

Im Fokus dieses Textes stehen Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FF-PV), bei denen PV-Module auf Gestellen montiert und auf Naturflächen installiert werden.

Freiflächenanlagen erhöhen den Druck auf Naturräume, bieten aber auch Chancen: FF-PV liefert etwa 40-mal mehr Strom pro Hektar als Biogas aus Mais (INES, 2024). Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) von 2023 setzt ein Ausbauziel von 215 GW Photovoltaik-Leistung bis 2030 fest. Bei einem PV-Ausbau auf 215 GW würde bei hälftiger Verteilung auf Dach- und Freiflächen etwa rund 0,6% der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands benötigt. Die Flächen sind da, etwa 14 % der landwirtschaftlichen Flächen dienen derzeit dem Anbau von Energiepflanzen (Umweltbundesamt), könnten somit Freiflächenanlagen zur Verfügung stehen und dennoch zusätzliche Flächen für die Biotopvernetzung oder Renaturierungen bereitstellen.

PV-Anlagen gelten als umweltfreundlich, auch unter Berücksichtigung der Herstellung und Entsorgung. Über ihre Lebensdauer produzieren sie mindestens das Zehnfache der zur Herstellung benötigten Energie (Wirth et al., 2025). Glas-Glas-Module schneiden besonders gut ab, werden aber selten eingesetzt.

Beim Ausbau sollte der Schwerpunkt auf bereits genutzten Flächen wie Dächern und Parkplätzen liegen. Das Solarpaket der Bundesregierung fördert dies, doch der Ausbau ist noch unzureichend. Langfristig könnten eine deutschlandweite Solardachpflicht, Bürgerprojekte und dezentrale Marktmodelle den Ausbau und damit die lokale Stromerzeugung stärken.

Es bestehen Konflikte zwischen Freiflächen-Photovoltaik und Naturschutz, jedoch können auch Synergien entstehen, wenn der Artenschutz bei der Planung berücksichtigt wird (Johannwerner et al., 2024). Durch geeignete Maßnahmen können hier gezielt wertvolle Lebensräume geschaffen werden.

Dieser Text soll einen Überblick über die aktuelle Forschungslage geben und aufzeigen, wie eine Freiflächen-Solaranlage möglichst naturfreundlich gestaltet werden kann – z.B. als Unterstützung für lokale Naturschutzaktive bei Stellungnahmen zu Anlagen, die in Ihrem Wirkungsbereich geplant werden.

2. Auswirkungen von FF-PV auf Flora und Fauna

Generell ermöglichen FF-PV Anlagen, wenn richtig konstruiert, Ko-Existenzen auf kleinem Raum, da durch die Modulreihen teils schattig-kühle sowie sonnig-warme Bereiche entstehen, was wiederum zu einer großen Standort- und Strukturvielfalt auf einer vergleichsweise kleinen Fläche führt. Gerade daran mangelt es in der vor allem intensiv genutzten Agrarlandschaft, womit FF-PV Anlagen einen erheblichen Beitrag zur Artenvielfalt leisten können. In vielen bereits bestehenden Anlagen konnte eine Vielzahl von Pflanzen-, Vogel-, Reptilien- und Insektenarten nachgewiesen werden (Peschel et al., 2024). Allerdings sind dabei Bauweise und Art der Bewirtschaftung entscheidende Faktoren, weswegen eine abschließende Bewertung der Auswirkungen nur standortspezifisch möglich ist und es unbedingt erforderlich macht, die ökologischen Wirkungen zu berücksichtigen.

2.1 Auswirkungen auf Pflanzen und deren Lebensräume

Das Konfliktpotenzial für Pflanzen und deren Lebensräume hängt wesentlich von der Qualität der genutzten Flächen ab. Bei ökologisch wertvollen Ausgangsflächen kann es – beispielsweise durch eine enge Modulstellung oder intensive Bewirtschaftung – zu einer Verschlechterung des ökologischen Wertes und einer Reduzierung der Artenvielfalt kommen (Schuberth, o. D.-b). Allerdings ist insbesondere bei zuvor intensiv genutzten Ackerflächen eine deutliche Aufwertung der Lebensraumfunktionen zu erwarten.

Eine umfangreiche Untersuchung des Bundesverband Neue Energiewirtschaft e.V. (bne) von 25 Solarparks in Deutschland sowie einer Anlage in Dänemark konnte über 350 unterschiedliche Pflanzenarten erfassen, darunter auch gefährdete Arten wie der Österreichische Ehrenpreis (*Veronica austriaca*) oder das Gelbweiße Ruhekraut (*Helichrysum luteoalbum*) (Peschel et al., 2024). Das kühlere, feuchtere Klima unter den Modultischen bewirkt auch die Ansiedlung von Arten, die typisch für Wald- und Waldrandbereiche sind. Insgesamt ist die Vegetation auf den PV-Flächen sehr unterschiedlich, was darauf schließen lässt, dass jede Fläche eine individuelle Artenausstattung aufweist, was auch individuelle Pflegekonzepte erforderlich macht. Insbesondere die Anpflanzung von gebietsheimischen Wildpflanzen kann ökologisch wertvolle Flächen schaffen und wiederum Insekten anziehen.

2.2 Auswirkungen auf Klein-, Mittel- und Großsäuger

Die Auswirkungen von FF-PV Anlagen auf Mittel- und Großsäuger sind derzeit noch wenig erforscht. Es gibt bislang keine Hinweise darauf, dass heimische Wildarten FF-PV meiden. Baubedingte Störungen könnten jedoch zu einer temporären Meidung führen. Die Vegetationsentwicklung auf den Flächen ohne mechanische Bodenbearbeitung fördert hingegen einen besseren Lebensraum für Kleinsäuger, die wiederum als Nahrungsquelle für verschiedene Beutegreifer dienen. Allerdings kann die aus versicherungstechnischen Gründen oft erforderliche Abzäunung des Betriebsgeländes zu erheblichen Habitatverlusten oder Zerschneidungen für größere Tierarten (z.B. Wildkatzen) führen (Herden et al., 2009). Eine Bewertung der Auswirkungen auf kleine Säugetiere, wie etwa den Feldhamster, ist bisher nicht erfolgt (oder wir haben sie nicht gefunden).

Des Weiteren gibt es Studien zu Fledermäusen, die darauf hinweisen, dass horizontale Flächen mit Wasser und vertikale Flächen mit offenen Flugwegen verwechselt werden könnten, ähnlich

wie Fensterscheiben (Taylor et al., 2019). Diese Untersuchungen beziehen sich jedoch nicht speziell auf Solarmodule, sodass nicht geschlussfolgert werden kann, dass Fledermäuse insbesondere im Zusammenhang mit PV-Solarmodulen zu Kollisionen neigen. Generell ist weitere Forschung notwendig, um mögliche Risiken besser zu verstehen. Solarparks sind für Fledermäuse aufgrund des hohen Insektenreichtums als Jagdhabitat von Bedeutung (Peschel et al., 2019).

2.3 Auswirkungen auf Vögel

Der Bau von FF-PV Anlagen führt zu einer punktuellen Versiegelung der Flächen, einer Verschattung sowie einer Änderung der Bodenwasserversorgung. Dies kann den Verlust von Lebensräumen, wie Nistplätzen und Rastgebieten, zur Folge haben und Vogelarten erheblich beeinträchtigen. Allerdings kann bei der Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte die Habitatqualität für viele Arten auch verbessert werden, insbesondere durch das zusätzliche Angebot an Nistmöglichkeiten (z.B. Holzgestelle der Modulträgersysteme) und Nahrung (z.B. Sämereien aus Hochstaudenfluren) (Mieritz & NABU Energie & Klima, 2021). Auch die Bewirtschaftung hat einen erheblichen Einfluss auf die Lebensraumqualität, denn wenn beispielsweise Schafe in der Anlage grasen, schaffen sie eine offene, gemischte Vegetation, die Insekten anzieht, die dann wiederum als Nahrung für Vögel und andere Tiere dienen. Gleichzeitig kann eine zu häufige Mahd auch dazu führen, dass Bodenbrüter gestört werden, weswegen bestimmte Kriterien eingehalten werden müssen – dazu später mehr.

Insgesamt ist der aktuelle Wissensstand über die Eignung von Solarparks als Habitat für bodenbrütende Offenlandvögel noch begrenzt. Aufgrund der unterschiedlichen Habitatansprüche der Arten muss die Beurteilung der Auswirkungen jeweils art- und einzelfallspezifisch erfolgen. Zumindest für Arten, die keine weitläufigen, störungs- und barrierefreien Offenlandflächen benötigen, scheinen Solarparks aber unter bestimmten Bedingungen sowohl als Nahrungsflächen als auch als Bruthabitate weiterhin geeignet zu sein – dies gilt offenbar auch für das stark bestandsbedrohte Rebhuhn. Auch einige andere bedrohte Vogelarten, wie die Feldlerche und das Braunkehlchen, nutzen die Solarparks gerne als Brutplätze (BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V. et al., 2021). Laut Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (KNE) ist für die Eignung als Bruthabitat insbesondere die Größe der Freiflächen zwischen den Modulen oder im Randbereich der Anlage von Bedeutung.

Kleinere Solarparks können zudem aufgrund ihrer Randbereiche und strukturellen Elemente, wie Module und Zäune, als Biotopinseln für Brutvögel in strukturschwachen Lebensräumen fungieren. Arten wie Neuntöter und Schwarzkehlchen nutzen diese vertikalen Strukturen als Ansitzwarten und verlagern ihre Reviere in die Randbereiche der Parks. Durch Strukturerrhöhungen wie Gehölzpflanzungen und künstliche Nisthilfen kann dem Rückgang anderer Arten, wie Freibrüter, Höhlenbrüter und Nischenbrüter entgegengewirkt werden. Solarparks bieten zudem Nahrungshabitate für Rast- und Gastvögel, besonders durch heterogene Strukturen und schneefreie Winterflächen. Forschungsbedarf besteht hierbei insbesondere noch hinsichtlich der Nutzung durch nachtaktive Arten wie Eulen und Ziegenmelker (Peschel et al., 2019).

Generell beginnen Solarparks sich als neue Lebensräume in der Kulturlandschaft zu etablieren, ähnlich wie in der Vergangenheit beispielsweise Kirchtürme. Klassische Vogelarten der Agrarlandschaft, wie die Grauammer, erschließen sich Solarparks zunehmend als Rastplatz und Brutstätte. Diverse Arten fliegen die FF-PV Anlagen regelmäßig an, um dort Nahrung zu finden, und es wurden auch auffällige Verhaltensweisen beobachtet, wie zum Beispiel Reiherspuren unter den Modultischen der FF-PV ANLAGEN im Salmtal, einer Anlage mit temporärem Gewässer. Auf der Jagd nach Amphibien gerät der Reiher dabei in eine Position, aus der er im Notfall nur schwer entkommen könnte, gleichzeitig ist dies aber auch ein Indiz für die hohe Anpassungsfähigkeit der Tiere (Peschel et al., 2024).

Gegner von Freiflächen-PV argumentieren manchmal, Vögel könnten sich die Flügel am reflektierten Licht der Anlagen versengen. Sie stützen sich auf ein Dokument von McCrary et al. (1986), das über die Vogelsterblichkeit in der Solar One-Anlage in der Mojave-Wüste in Kalifornien berichtet. Dieser Solarpark ist jedoch eine der Anlagen, die in offenen Savannen- oder Wüstengebieten errichtet wurden. Hier wird eine große Fläche mit nachführbaren Spiegeln ausgestattet, die das Sonnenlicht gebündelt auf einen Turm richtet, um am Fokuspunkt Hitze zu erzeugen, ähnlich wie mit einem Brennglas. Ein direkter Vergleich der Auswirkungen solcher Anlagen mit den in Deutschland bestehenden Solarparks ist aufgrund der erheblichen technologischen Unterschiede völlig absurd.

Es gibt jedoch Hinweise auf Kollisionen von Vögeln mit PV-Modulen. Es wurde vermutet, dass Vögel, die im Flug trinken, wie etwa Schwalben, Gefahr laufen, mit Solarpanels zu kollidieren, da diese – ähnlich wie Plastikplanen – polarisiertes Licht reflektieren. Hingegen ist es unwahrscheinlich, dass Vögel, die von einem Sitzplatz aus trinken, einem ähnlichen Risiko ausgesetzt sind (Harrison et al. 2017). Insgesamt wird das Kollisionsrisiko von Vögeln mit PV-Modulen, etwa durch eine Verwechslung mit Wasserflächen, jedoch als gering eingeschätzt. Dennoch können unter bestimmten ungünstigen Umweltbedingungen Einzelfälle nicht ausgeschlossen werden. Besonders empfindlich sind hier nachts ziehende Vögel mit schlechter Flugfähigkeit, wie See- und Lappentaucher oder Alken (Herden et al., 2009).

Eine Übersichtsarbeit von Natural England (Harrison et al. 2017) zeigt, dass die Auswirkungen von Solaranlagen auf Vögel artspezifisch sind und von den räumlichen Anforderungen sowie dem Suchverhalten der jeweiligen Arten abhängen. Es mangelt jedoch an belastbaren Daten zu den tatsächlichen Auswirkungen von Solarparks auf Vögel. Best-Practice-Leitlinien von Organisationen wie BirdLife Südafrika, BirdLife Europe, RSPB¹ und Natural England betonen daher die Notwendigkeit einer Überwachung des Standorts vor und nach dem Bau von Solarparks. Das hilft dabei, die Auswirkungen auf Vögel zu bewerten und die richtigen Standorte auszuwählen, um sensible Arten zu schützen.

2.4 Auswirkungen auf Wirbellose

Die Gestaltung von Solarparkflächen als potenzielle Insektenlebensräume kann einen Beitrag zum lokalen Artenschutz leisten – auch wenn sie den übergeordneten Verlust an Lebensräumen nicht ausgleichen kann. Eine Feldstudie aus Minnesota von Walston et al. (2023) untersuchte dabei die Entwicklung der Flächen in zwei Solarparks über einen Zeitraum

¹ Royal Society for the Protection of Birds

von fünf Jahren hinweg. Zu Beginn der Studie wurde die Fläche unter den PV-Modulen mit Gräsern und Kräutern neu begrünt. Die Studienergebnisse zeigen einen erheblichen Anstieg der Insektenbiodiversität: die Anzahl der Bestäuberinsekten und Nützlinge verdreifachte sich im Laufe der Zeit, die Vielfalt der Insektengruppen nahm jährlich um durchschnittlich 13 % zu. Besonders auffällig war der Anstieg der Populationsdichte einheimischer Bienen, deren Zahl sich im Verlauf der Studie um das Zwanzigfache erhöhte, wovon durch die Dichte an Bestäuberinsekten auch umliegende Flächen profitierten.

Eine Studie des bne zeigte eine ähnliche Tendenz in der Insektenabundanz auf und konnte in 23 Solaranlagen insgesamt 30 Heuschreckenarten nachweisen, was etwa ein Drittel der in Deutschland vorkommenden Arten ausmacht. Darüber hinaus wurden mehr als 30 Falterarten nachgewiesen, wobei häufige Arten wie der Kleine Kohlweißling besonders stark vertreten waren. Gleichzeitig war auffällig, dass auch viele seltene beziehungsweise spezialisierte Arten vorkommen (Peschel et al., 2019). Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Heuschrecken als auch Falter Solaranlagen schnell in großer Zahl besiedeln. Besonders bei Anlagen auf Ackerflächen, deren Ausgangszustand keine geeigneten Bedingungen für Insekten bietet, stellt dies eine signifikante Verbesserung des Lebensraums dar. Zudem bieten die Insekten eine wichtige Nahrungsquelle für Vögel oder Reptilien (Peschel et al., 2024).

Allerdings zeigt sich auch hier die bereits erwähnte Problematik, dass PV-Module aufgrund der Reflektion mit Wasser verwechselt und so zu ökologischen Fallen werden können. Manche Insektenarten suchen durch Polarotaxis, also durch die Orientierung entlang polarisierter Lichtanteile, nach Wasser. Eine Verwechslung ist besonders folgenschwer für Arten, die einen mit Wasser assoziierten Eiablageprozess durchlaufen, da die Gelege auf PV-Modulen nicht überlebensfähig sind und somit verloren gehen. Ähnliche Effekte wurden auch bei reflektierenden Folien in der Landwirtschaft festgestellt. Ungarische Forschungsarbeiten mit aquatischen Wirbellosen kommen zu dem Schluss, dass weiße Gitter und Antireflexbeschichtungen auf PV-Modulen die Anziehungskraft auf einige Wirbellosenarten verringern. Allerdings haben Antireflexbeschichtungen nicht bei allen Wirbellosenarten eine abschreckende Wirkung, insbesondere nicht bei Eintagsfliegen und Mücken (Horváth et al., 2010).

Auch in Bezug auf gefährdete Libellenarten, wie der Zierlichen Moosjungfer (*Leucorrhinia caudalis*), kann das zu Konflikten mit dem Artenschutzrecht führen, da PV-Anlagen die Population erheblich beeinträchtigen können, ganz besonders auch in Kombination mit der generell sinkenden Zahl an Fortpflanzungsgewässern aufgrund von Trockenheit (Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e.V. et al., 2023).

Die Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg e.V. (SGL) und der Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e.V. (GdO) fordern deswegen PV-Module mit einem maximalen Reflexionsgrad von 3 Prozent, um dieses Risiko zu vermindern. In welchem Ausmaß das erreicht werden kann, ist noch nicht ausreichend untersucht. Heutzutage sind bereits nahezu alle PV-Module mit Anti-Reflexbeschichtung ausgestattet, trotzdem ist ein Reflexionsgrad unter 3 Prozent bisher noch nicht der Standard (Herrmann et al., o. D.).

Insgesamt scheint es ratsam, Solarparks nicht in der Nähe empfindlicher Populationen aquatischer Wirbelloser zu errichten. Besonders im Hinblick auf Floating-PV-Anlagen, die

meist mit Abstand zum Ufer installiert werden, ist die tatsächliche Betroffenheit unklar und es bedarf weiterer, gezielter Forschung.

2.5 Auswirkungen auf Amphibien und Reptilien

Insgesamt zeigen die Studien des bne, dass Solarparks in der Regel keinen geeigneten Lebensraum für Amphibien bieten, da Gewässer fehlen (Peschel et al., 2019). Sie können jedoch als Landlebensräume oder Wanderrouten dienen, da viele heimische Amphibien einen großen Teil ihres Lebens außerhalb des Wassers verbringen. Besonders die zunehmende Errichtung von Solarparks in agrarisch geprägten Gebieten, beispielsweise in gewässerreichen Regionen wie Mecklenburg-Vorpommern oder Brandenburg, kann die Bedeutung von Solarparks als Winter- oder Zwischenquartier steigern. Studien zeigen, dass gezielte Maßnahmen dies unterstützen können. Einige Solarparks haben bereits Gewässer innerhalb oder am Rand der Anlagen, die als Laichgewässer für Amphibien dienen können. In einem Solarpark in Eberswalde wurden beispielsweise die Belange von dort vorkommenden Moorfröschen bei der Planung berücksichtigt und zusätzliche Gewässer angelegt (Peschel et al., 2019).

Bei den Reptilien ist insbesondere die Zauneidechse die häufigste relevante Art. Für eine erfolgreiche Besiedlung sind spezifische Bedingungen notwendig, wie beispielsweise ausreichend sonnige Bereiche. Studien zeigen, dass zu enge Modulabstände zu geringeren Populationsgrößen führen (Peschel et al., 2019): Bei angepasster Planung, d.h. ausreichenden Modulabständen und der Schaffung von Versteckmöglichkeiten, können Solarparks allerdings wichtige Lebensräume für Reptilien darstellen und es kann je nach der Beschaffenheit der Fläche sogar eine Habitataufwertung erreicht werden, insbesondere wenn es sich um zuvor intensiv genutztes Agrarland handelt. Zudem bieten FF-PV ANLAGEN durch die oft hohe Besiedelung von Heuschrecken auch ein großes Nahrungsangebot. Die Studien des bne zeigen, dass sich manchmal sogar so große Bestände entwickeln können, dass sie in der Lage sind, sich auch außerhalb des Parks wieder anzusiedeln. Damit kann ein wichtiger Beitrag zur Biodiversität geleistet werden.

3. Der Bau einer FF-PV Anlage

FF-PV Anlagen stellen grundsätzlich einen Eingriff in die Landschaft dar und sowohl die Nutzung von Fläche als auch deren ökologische Aufwertung müssen sorgfältig aufeinander abgestimmt werden, um negative Auswirkungen auf Flora und Fauna zu vermeiden und idealerweise die Biodiversität zu steigern. Neben der Wahl des richtigen Standorts spielen auch bauliche Maßnahmen, die Berücksichtigung von Naturschutzauflagen, sowie die Einhaltung rechtlicher Vorgaben eine zentrale Rolle. Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität und ein umfassendes kontinuierliches Monitoring sind dabei unerlässlich.

3.1 Rechtliche Lage

Der Bau einer FF-PV Anlage unterliegt in Deutschland einer Reihe rechtlicher und administrativer Verfahren. Die relevantesten Gesetze sind dabei das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Baurecht (BauGB) und das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG).

Das **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** ist ein Gesetz, das die Förderung erneuerbarer Energien wie Wind-, Solar- und Biomassekraftwerken regelt. Ziel ist es, den Ausbau erneuerbarer Energien zu beschleunigen und die Energiewende voranzutreiben. Es garantiert den Betreibern von Anlagen feste Vergütungen oder Einspeisevergütungen für den erzeugten Strom. Um negative Auswirkungen auf Natur und Landschaft zu minimieren, enthält das Solarpaket I vom April 2024 eine weitergehende und verbindlichere Regelung, indem die naturschutzfachlichen Mindestkriterien erstmals als fester Bestandteil des EEG definiert werden und nicht nur als ergänzende Vorgaben für die Umsetzung gelten.

Die Naturschutzfachlichen Mindestkriterien bei FF-PV Anlagen (§§ 37 Absatz 1a, 48 Absatz 6 EEG 2023):

- Die von den Modulen maximal in Anspruch genommene Grundfläche beträgt höchstens 60 % der Grundfläche des Gesamtvorhabens.
- Es wird auf dem Boden unter der Anlage ein biodiversitätsförderndes Pflegekonzept angewandt, um zu verhindern, dass die Fläche überweidet wird (Mahd maximal zweischürig und Mahdgut abräumen oder Portionsweide mit angepasster Besatzdichte).
- Die Durchgängigkeit für Tierarten wird gewährleistet, sowohl für kleinere Tierarten, als auch durch das Anlegen von Wanderkorridoren für Großsäuger bei Anlagen, die an mindestens einer Seite eine Seitenlänge von mehr als 500 Metern aufweisen. Breite und Bepflanzung der Korridore sollen die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigen.
- Mindestens 10 % der Fläche wird mit standortangepassten Biotopelementen bepflanzt.
- Es werden keine Pflanzenschutz- oder Düngemittel verwendet, nur biologisch abbaubare Reinigungsmittel, wenn nötig.

Diese fünf festgelegten Mindestkriterien könnten laut Umweltverbänden bei vollständiger Umsetzung zu ökologisch wertvolleren Solarparks führen als die meisten derzeit realisierten Anlagen. Für die Förderfähigkeit genügt jedoch der Nachweis der Einhaltung von nur drei dieser fünf Kriterien, was die Förderung von Solarparks mit geringerem ökologischem Nutzen ermöglicht. Das ist nicht im Sinne des Naturschutzes. Zudem wird in der Begründung des Gesetzes betont, dass auch Mindestkriterien akzeptiert werden können, die aufgrund technischer oder baulicher Gegebenheiten bereits erfüllt sind.

Dementsprechend schöpfen die Kriterien das Potenzial für eine höhere Biodiversität nicht vollständig aus und sollten erweitert werden. Außerdem müssen rechtliche Begriffe praxisgerecht präzisiert werden – beispielsweise bleibt unklar, was genau ein „biodiversitätsförderndes Pflegekonzept“ beinhalten sollte.

Zunehmend werden außerdem auch Solarparks ohne EEG-Förderung wirtschaftlich betrieben, insbesondere durch sogenannte PPA-Anlagen (Power Purchase Agreement), bei denen die Betreiber ihren Strom direkt an Stromversorger, Direktvermarkter oder Unternehmen verkaufen. Diese Anlagen sind nicht an die im EEG festgelegten förderfähigen Flächen gebunden, sondern können auf allen verfügbaren Flächen errichtet werden. Jedoch müssen auch sie wie geförderte Photovoltaikanlagen ein baurechtliches Genehmigungsverfahren durchlaufen. Außerhalb des EEG gibt es bislang aber kaum Möglichkeiten, Einfluss auf die Nutzung von PV-Flächen zu nehmen. Damit Kommunen einen naturverträglichen Ausbau der Solarparks vorantreiben können, ist es unbedingt notwendig, eine Richtlinie mit bundesweit anwendbaren Kriterien zu entwickeln, um die Biodiversität auf den Flächen zu steigern. Trotz der Möglichkeit, Solarparks aufgrund der niedrigen Modulpreise und der hohen Strompreise ohne Förderung wirtschaftlich zu betreiben, gibt es weitere ökonomische Grenzen. Dies gilt derzeit sowohl für geförderte als auch für ungeforderte PV-Anlagen, da die erzeugte Strommenge nicht unbegrenzt gewinnbringend in den Strommarkt integriert werden kann. Diese ökonomischen Einschränkungen wirken einem ungebremsen Anstieg der Flächeninanspruchnahme entgegen, weshalb zu erwarten ist, dass nur ein relativ kleiner Teil der potenziell nutzbaren Flächen tatsächlich für den Bau von PV-Anlagen genutzt wird.

Das **Baurecht (BauGB)** verankert wichtige Instrumente der kommunalen Bauleitplanung:

- Der Flächennutzungsplan (FNP) dient als vorbereitende Planung und ist nicht direkt rechtsverbindlich.
- Der Bebauungsplan (B-Plan) wird detailliert geregelt, ist rechtsverbindlich und dient der konkreten Festlegung der Nutzung und Gestaltung von Bauflächen. Ein begleitendes Naturschutz-Monitoring sollte im Bebauungsplan verankert werden, wobei bundesweite Standards festgelegt und Kriterien für eine Kompensation der Flächenversiegelung innerhalb der Fläche entwickelt werden müssen, da diese bisher fehlen. Zudem sollte ein Teil des finanziellen Ertrags für den dauerhaften Schutz der Biodiversitätsfläche zwischen und unter den Modulen dienen.
- Ein weiteres Steuerungsinstrument aus kommunaler Sicht ist der städtebauliche Vertrag, der zusätzliche Verpflichtungen festlegt, die über den Bebauungsplan hinausgehen. Das kann beispielsweise die Gestaltung der Flächen im Sinne des Naturschutzes sein, oder auch eine Rückbauverpflichtung.

Eine gute kommunale Bauleitplanung gemäß BauGB umfasst unter anderem die Erstellung eines FNPs und eines B-Plans, wobei beide durch detaillierte Umweltberichte und die Beteiligung der Träger öffentlicher Belange (TÖB) sowie Umwelt- und Naturschutzverbände unterstützt werden sollten. Aus Naturschutzsicht ist es sinnvoll, wenn PV-Anlagen direkt über den B-Plan genehmigt werden, um potentielle negative Auswirkungen auf Flora und Fauna besser kontrollieren zu können. In der Regel ist diese spezifische Planung und Genehmigung auch notwendig, weil FF-PV ANLAGEN nicht privilegiert sind, wie das beispielsweise bei Windenergieanlagen oft der Fall ist. Die Bundesregierung hat allerdings eine neue

Teilprivilegierung für PV-Anlagen auf Flächen entlang von Autobahnen und Schienenwegen verabschiedet. Für die Umsetzung von FF-PV ANLAGEN auf diesen Flächen ist aus baurechtlicher Sicht nun lediglich eine Baugenehmigung erforderlich (Michaelis et al., 2024). Die Erstellung eines B-Plans ist nicht mehr notwendig, trotzdem müssen auch hier die im **Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)** verankerten naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und die Regelungen zum besonderen Artenschutz beachtet werden. Die Eingriffsregelung hat zum Ziel, die Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts und das Erscheinungsbild der Landschaft zu bewahren. Eingriffe in die Natur und Landschaft sind daher grundsätzlich zu vermeiden. Wenn dies nicht möglich ist, müssen geeignete Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen festgelegt werden. Die Regelung zum besonderen Artenschutz besagt, dass auf Flächen, auf denen geschützte Arten aus der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL), die Vogelschutz-Richtlinie (VS-RL) oder national geschützte Arten vorkommen, eine spezielle Prüfung zum Artenschutz durchgeführt werden muss. Dabei wird geprüft, ob die Schutzvorschriften, wie das Verbot, diese Arten zu töten, zu stören oder ihre Fortpflanzungs- und Ruhestätten zu zerstören, eingehalten werden.

3.2 Naturverträgliche Standortwahl

Generell ist eine naturverträgliche Standortwahl entscheidend und es sollte eine Zerschneidung der Landschaft vermieden werden. Erst müssen Gunstflächen genutzt werden, dann Restriktionsflächen. Zudem muss die Nähe zu potentiellen Netzverknüpfungspunkten und anderen Energieinfrastrukturen beachtet werden, um weitere Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden. Im Freiland erfordern PV-Anlagen oft einen weitaus stärkeren Ausbau der Verteilnetze. Außerdem muss auch die entstehende optische Beeinträchtigung bei der Auswahl beachtet werden, was besonders landschaftlich geschützte Flächen betrifft, die beispielsweise für Tourismus und Erholung vorgesehen sind. In der Vergangenheit wurden oft Flächen mit einem hohen Versiegelungsgrad für Solarparks genutzt, wie beispielsweise ehemaliges Militärgelände. Allerdings können diese Flächen aufgrund ihrer Großflächigkeit und oft kontaminationsbedingten Nutzungsverbote auch wichtige ökologische Rückzugsräume sein. Es bieten sich aber auch Synergieeffekte an, wie die Sanierung verunreinigter Böden, allerdings sind PV-Anlagen auf vorbelasteten Flächen als Eingriffe zu betrachten, die laut BNatSchG naturschutzrechtlich kompensiert werden müssen.

Grundsätzlich sollte die Errichtung von Solarparks bevorzugt auf Flächen erfolgen, die keine naturschutzrechtliche Relevanz haben. Für Solarparks, die über das EEG gefördert werden sollen, kommen bisher jedoch vor allem landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete gemäß der EU-Definition in Frage. Diese Gebiete sind durch schwierige Bedingungen wie geringe Bodenerträge oder anspruchsvolles Gelände gekennzeichnet. Allerdings können, ähnlich wie bei Militärflächen, einige dieser benachteiligten Flächen aus naturschutzrechtlicher Sicht schützenswert sein, zum Beispiel solche mit einer seltenen Ackerwildkraut-Flora (Mieritz & NABU Energie & Klima, 2021). Flächen, die nicht unter die EEG-Beschränkungen fallen, können aus naturschutzrechtlicher Sicht bebaut werden, wenn eine ökologische Verbesserung zu erwarten ist, wie beispielsweise Agrarflächen, die bislang für Energiepflanzen genutzt wurden. Für die Umnutzung dieser Flächen müssen passende Konzepte entwickelt werden.

Mit den sogenannten Oster- und Sommerpaketen im Jahr 2022 hat die Bundesregierung zudem auch Anreize geschaffen, die Errichtung von Photovoltaikanlagen in

Landschaftsschutzgebieten zu ermöglichen. Dies stellt jedoch eine rechtliche Herausforderung dar, da solche Vorhaben häufig den Schutzziele der Schutzgebietsverordnungen, wie dem Landschafts- oder Naturschutz, widersprechen. Eine mögliche Lösung könnten Öffnungsklauseln in den Schutzverordnungen (SchuVO) von Landschaftsschutzgebieten sein, die es ermöglichen, diese Gebiete für die Energiewende zu nutzen, ohne deren Schutzstatus zu gefährden. Die SchuVO legt den Schutzgegenstand, den Schutzzweck, sowie die notwendigen Verbote fest und enthält Ermächtigungen gemäß dem BNatSchG.

Ausschlussflächen sind Flächen, die dem Naturschutz dienen, wie zum Beispiel Naturschutzgebiete, Biotop und Nationalparks. Desweiterem sollten unter anderem artenreiche Wiesen und Weiden, Wiesenbrüteregebiete, Rückzugsorte für streng geschützte Arten, sowie Wälder und deren Umgebung für den Bau von FF-PV Anlagen ausgeschlossen werden.

Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu Konflikten mit den Schutzgütern, Arten- und Biotopschutz, Landschaftsbild oder auch Nutzungskonkurrenzen mit der Landwirtschaft kommt, ist bei sehr großen FF-PV Anlagen größer. Deshalb sollten Anlagen auf eine Fläche von max. 20 ha begrenzt werden. Größere Anlagen sollten in Teilbereiche strukturiert werden, zwischen denen größere ökologisch wertvolle und wirksame Flächen (Biotopstrukturen, naturnahe Gewässer etc.) angelegt werden. Alternativ sollten die Anlagen auf verschiedene Gebiete innerhalb einer Region aufgeteilt werden (BUND Niedersachsen, 2022).

3.3 Vorschläge für Maßnahmen

Abhängig von Bodenbeschaffenheit und Landschaftsstruktur gibt es unterschiedliche Naturschutzkonzepte. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Kriterienkataloge und Checklisten für den Bau ökologischer FF-PV Anlagen veröffentlicht, unter anderem vom Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (KNE, 2024), dem NABU (BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V., Mieritz, Menke, et al., 2021), dem BUND (BUND, 2023) und in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität (Hietel et al., 2021).

Maßnahmen für die Planungsphase:

- Auswahl eines naturverträglichen Standorts außerhalb von Ausschlussflächen, bevorzugt auf priorisierten Flächen (z. B. entlang von Autobahnen) und Prüfung der Eignung für Agri-Photovoltaik.
- Untersuchung der optischen Integration in das Landschaftsbild, etwa durch die Einplanung angepasster Hecken.
- Einbeziehung von Naturschutzaspekten und Ausgleichsbedarf bei der Planung der Anlage (z.B. Verspiegelungsgrad, Modulabstände). Entwicklung eines ökologischen Pflege- und Monitoringkonzepts unter frühzeitiger Einbindung eines Fachbüros. Identifizierung und Berücksichtigung bestehender Lebensräume sowie Absicherung der Naturschutzmaßnahmen im Bebauungsplan oder städtebaulichen Vertrag. Erstellung eines Bodengutachtens.

- Planung der Bauarbeiten außerhalb der Brut- und Wanderzeiten, Festlegung von Befahrungsstraßen zur Minimierung von Beeinträchtigungen, Reduzierung der Versiegelung durch Nutzung bestehender Wege und Sicherstellung der Mindestabstände von Materiallagern zu Gewässern, sowie getrennte Lagerung von Bodenaushub und Mutterboden.
- Dokumentation von Vereinbarungen zum Rückbau und der Renaturierung im städtebaulichen Vertrag.
- Auswahl umweltfreundlicher Materialien für die Module und Modulträger unter Berücksichtigung der Ökobilanz des Produktionsstandorts.
- Frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit und Beteiligung relevanter Zielgruppen.
- Modul-Reihenabstand von mindestens 3,5 Metern, besser 5-6 Metern zur Förderung der Biodiversität, sowie eine besonnte Fläche von mindestens 2,5 bis 3 Metern zwischen den Modulreihen zur Mittagszeit zwischen Mai und September.
- Berücksichtigung freigelassener Flächenanteile für Bodenbrüter.
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands der Module zum Boden (z. B. > 80 cm), um einen ausreichenden Lichteinfall zu gewährleisten und die Entwicklung einer durchgängigen Vegetationsdecke zu ermöglichen.
- Die Modultiefe sollte maximal 5 Meter betragen. Bei einer Tiefe von über 3 Metern sollte innerhalb der Modulreihen ein Regenwasserabfluss eingerichtet werden, eventuell in Verbindung mit der Schaffung eines Feuchtbiotops.
- Verwendung von Holz anstelle von Metall für die Rahmenkonstruktion der Module, wenn möglich.
- Verzicht auf Zäune, soweit möglich, und Nutzung von rückbaubaren Zaunarten (z.B. Rammpfähle) oder Alternativen wie Hecken, Baumreihen oder Gräben. Der Zaun sollte mindestens 15–20 cm Abstand zum Boden haben, um die Durchlässigkeit für Kleintiere zu gewährleisten.
- Einrichtung von Querungshilfen und Wanderkorridoren für Großsäuger, insbesondere bei großen Anlagen mit einer Zaunlänge ab 500 Metern. Die Korridore sollten mindestens 20 bzw. 60 Meter breit und naturnah gestaltet werden (z. B. durch Begrünung). Sie dürfen nicht an Straßen enden.
- Bei der Oberflächenbeschichtung der Module muss der Insektenschutz berücksichtigt werden; die Module sollten durch weiße Ränder und Raster unterbrochen werden und es sollten weniger reflektierende Materialien verwendet werden.
- Einrichtung von Nisthilfen für Vögel, Fledermäuse und Insekten sowie regelmäßige Kontrolle und Pflege.
- Einrichtung von Feuchtbiotopen (z.B. Tümpel und Teiche) und Trockenbiotopen (z.B. Totholzansammlungen), ebenfalls mit regelmäßiger Kontrolle und Pflege.
- Integration von Blühstreifen zur Förderung der Insektenbiodiversität, z.B. durch die Aussaat von gebietsheimischen, niedrigwüchsigen Wildpflanzenarten und ggf. die Integration von Nutzpflanzen wie Streuobstbäumen.

Maßnahmen für die Betriebsphase:

- Entwicklung eines standortangepassten Pflegekonzepts zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Fläche.

- Vermeidung der Mahd während der Brutzeit und Nutzung eines diversifizierten Mahd- oder Beweidungsmanagements, das räumlich und zeitlich gestaffelt ist. Bei Beweidung muss bereits in der Planungsphase darauf geachtet werden, dass die Solarmodule hoch genug aufgestellt sind, damit die Weidetiere problemlos darunter laufen können.
- Verzicht auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie Herbizide, und auf Chemikalien und Biozide bei der Reinigung der Module.
- Wartungsarbeiten und Kontrollen sollten möglichst störungsfrei durchgeführt werden (z.B. durch Vermeidung lauter Fahrzeuge) und maximal zweimal im Jahr stattfinden, immer außerhalb der Brutzeiten.
- Umfassendes ökologisches Monitoring als unverzichtbares Kontrollinstrument.

4. Unterarten der FF-PV

Es existieren mehrere Unterarten, die sich jedoch noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden und oft mit mehr Aufwand sowie größeren Investitionskosten verbunden sind. Der Forschungsbedarf ist hoch, auch Umweltverbände vertreten teils unterschiedliche Einschätzungen. Dennoch bieten auch diese Lösungen ein ökologisches Potenzial.

4.1 Agri-Photovoltaik

Flächenkonkurrenz ist ein zentrales Thema im Kontext der konventionellen FF-PV Anlagen, da häufig argumentiert wird, dass dadurch wertvolle Flächen verloren gehen, die dringend für die Landwirtschaft benötigt werden. Die sogenannte Agri-Photovoltaik (Agri-PV) verbindet die Produktion landwirtschaftlicher Produkte mit der Solarstromerzeugung und ermöglicht so eine Doppelernte auf derselben Fläche. Dies könnte den Flächenkonflikt entschärfen, besonders weil laut Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft die Installation von Agri-PV lediglich 15 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche beansprucht, während 85 Prozent weiterhin uneingeschränkt für landwirtschaftliche Zwecke genutzt werden können (Agri-Photovoltaik, 2024).

Es ist jedoch zu beachten, dass der landwirtschaftliche Ertrag bei Agri-PV in der Regel niedriger ausfällt als bei einer rein landwirtschaftlich genutzten Fläche und auch der Stromertrag im Vergleich zu einer klassischen FF-PV Anlagen im Durchschnitt geringer ist. Die Kombination von Landwirtschaft und Photovoltaik kann jedoch insgesamt zu höheren finanziellen Erträgen führen als die ausschließliche landwirtschaftliche Nutzung. Dabei steigen allerdings gleichzeitig auch die Kosten, ob ein höherer Gewinn erzielt wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Oftmals werden die geringeren Erträge der kombinierten Nutzung dabei nicht durch die Einsparungen bei den Flächenkosten ausgeglichen, besonders nicht im konventionellen Ackerbau (Gerhards et al., 2022). Zudem ist die Realisierung von Agri-PV-Anlagen bislang aufwendig und teuer, weshalb eine stärkere finanzielle Unterstützung durch Fördermittel notwendig ist, um Agri-PV gegenüber anderen PV-Systemen wettbewerbsfähig zu machen. Rechtlich sind Agri-PV-Anlagen gemäß dem EEG 2023 grundsätzlich auf allen Acker- und Grünlandflächen förderfähig, mit Ausnahme von Moorböden und Naturschutzgebieten. Wie bei FF-PV Anlagen muss auch bei Agri-PV ein Bebauungsplan erstellt und eine naturschutzrechtliche Genehmigung eingeholt werden.

Grundsätzlich wird bei Agri-PV zwischen zwei Kategorien unterschieden: hochaufgeständerten Anlagen, bei denen die Bewirtschaftung unter den Solarmodulen erfolgt, und bodennahen Anlagen mit senkrecht aufgestellten Modulen, bei denen die Bewirtschaftung zwischen den Modulreihen stattfindet. Zudem existieren verschiedene Betreibermodelle: Eine Betreibergesellschaft kann die PV-Anlage betreiben und dem landwirtschaftlichen Betrieb eine Pacht für die Nutzung der Fläche zahlen, oder der Landwirtschaftsbetrieb kann die PV-Anlage selbst betreiben und direkt von den Solarerträgen profitieren. In beiden Fällen können sich Synergieeffekte ergeben, da Landwirte und Landwirtinnen so zusätzliche Einnahmen generieren und ihr Einkommen diversifizieren können. Dies kann insbesondere angesichts der Folgen des Klimawandels, wie zunehmender Dürreperioden, hilfreich sein, um Einkommensausfälle aus der Landwirtschaft zu kompensieren und Betriebe insgesamt widerstandsfähiger zu machen. Der temporäre Schatten, den die Module werfen, kann auch

die Verdunstung in Dürrezeiten verringern. Studien zeigen, dass der wirtschaftliche Wert von Betrieben, die Agri-PV statt konventioneller Landwirtschaft nutzen, um mehr als 30 Prozent steigen kann, wenn die Solarstromproduktion mit dem Anbau schattentoleranter Pflanzen kombiniert wird. Dies kann helfen, Ertragsverluste zu minimieren und die Erntepreise stabil zu halten (Dinesh & Pearce, 2015). In solchen Fällen kann Agri-PV also sogar zu einer Ertragssteigerung führen, wenn das Hauptproblem für das Pflanzenwachstum nicht der Lichtmangel, sondern die Wasserverfügbarkeit ist. Der Schatten der Solarmodule kann den Boden feuchter halten und so bessere Wachstumsbedingungen schaffen, beispielsweise beim Beerenanbau unter hochaufgeständerten Modulen.

Aus Naturschutzperspektive ist es essentiell wichtig, naturschutzfördernde Maßnahmen zu integrieren, wie etwa die Anlage von Grünstreifen oder die Aussaat von Ackerwildkräutern. Es hat sich gezeigt, dass die Biodiversität in Agri-PV-Anlagen erheblich zunehmen kann. Eine umfangreiche Fallstudie mit einundfünfzig Solarparks in Nordostdeutschland hat untersucht, wie sich die Kombination von jährlich und mehrjährig angebauten Pflanzen mit habitatfördernden Eigenschaften auf die landwirtschaftliche Vielfalt auswirkt. In den Szenarien "Mini" und "Midi", die dem deutschen Agri-Photovoltaik-Standard entsprechen, wurden bis zu 15 Prozent der Fläche mit habitatfördernden Elementen integriert, während im Szenario "Maxi" dieser Anteil 22 Prozent betrug. Die Modellergebnisse zeigten, dass die Ökosystemleistungen im Vergleich zu herkömmlichen Anbaumethoden deutlich verbessert werden konnten: Es wurden 33-88 Prozent mehr Bestäuber, 9-22 Prozent mehr Wasserrückhalt, 7,5-20 Prozent mehr Sedimentrückhalt und bis zu 8 Prozent mehr Kohlenstoff gespeichert. Besonders diese Diversifizierungsansätze zeigten großes Potenzial, die biologische Vielfalt zu fördern und gleichzeitig den Landwirten eine größere Einkommensvielfalt zu bieten (Ludzuweit et al., 2025).

Eine spezielle Form von Agri-PV stellt die Biodiversitäts-Photovoltaik dar, auch als Extensive Agri-PV bezeichnet. Diese Anlagen zeichnen sich durch einen breiten, gut besonnten Streifen, eine gleichmäßige Wasserverteilung dank Abtropfkanten zwischen den Modulen und eine biodiversitätsfördernde Nutzung aus. Dazu gehören unter anderem eine insektenschonende Mahd sowie der Verzicht auf Düngemittel und Pflanzenschutzmittel (Gemeinsames Pressepapier BMWK, BMUV, BMEL, 2023). Detaillierte ökologische Anforderungen müssen jedoch noch in einer Verordnung festgelegt werden.

4.2 Moor-Photovoltaik

Moor-Photovoltaik (Moor-PV) sind Solaranlagen, die auf entwässerten Moorböden aufgestellt werden und bei denen das Moor langfristig wiedervernässt werden soll. Moore bestehen aus kohlenstoffreichen Torfböden. Laut Umweltbundesamt stammen derzeit knapp 7 Prozent der Treibhausgasemissionen Deutschlands von entwässerten Moorböden, obwohl diese nur knapp 5 Prozent der Gesamtfläche des Landes ausmachen. Intakte Moore sind jedoch Kohlenstoffspeicher, das heißt, durch die Wiedervernässung können sogar Treibhausgasemissionen an anderer Stelle ausgeglichen werden. Zudem sind Moore ein wichtiges Ökosystem, und regional äußerst vielfältig geprägt bieten sie Lebensraum für viele Tier und Pflanzenarten. Die meisten Moorlebensraumtypen gelten jedoch laut Roter Liste als stark gefährdet. Moore kommen hauptsächlich in der norddeutschen Tiefebene und im Alpenvorland vor und sind aktuell zu rund 70 Prozent landwirtschaftlich genutzt (Moor-

Photovoltaik - Fraunhofer ISE, o. D.). Um die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, wäre eine flächendeckende Wiedervernässung der Moore in Deutschland notwendig. Die gleichzeitige Nutzung dieser Flächen für die Stromproduktion könnte die Wiedervernässung für landwirtschaftliche Betriebe dabei interessanter machen und gleichzeitig den Flächendruck bei der Ausweitung von Photovoltaikanlagen verringern. Bei der Analyse der Auswirkungen einer FF-PV Anlagen sollten laut Fraunhofer ISE die potenziellen Effekte mit denen der bisherigen intensiven landwirtschaftlichen Nutzung verglichen werden, um sowohl die positiven als auch die negativen Folgen der neuen Landnutzung klar zu verdeutlichen. Allerdings muss der Bau von Moor-PV immer mit der Einhaltung von Naturschutzanforderungen und der Gewährleistung einer Wiedervernässung verbunden sein, samt zwingend erforderlichem Nachweis des erreichten Zielwasserstandes und es dürfen keine PV-Anlagen innerhalb von Schutzgebieten gebaut werden (Seidel et al., 2024). Langfristig kann es aber zu Nutzungsänderungen oder einem Nutzungsverzicht nach der Wiedervernässung kommen. Ziel des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft ist der Anbau von Paludikulturen nach der Wiedervernässung von Mooren. Dabei werden oft speziell angepasste Pflanzen kultiviert und gleichzeitig der Wasserstand im Moor hochgehalten. So sollen Ökosystemdienstleistungen erhalten und gleichzeitig eine produktive Bewirtschaftung der Fläche fortgesetzt werden. Aus Naturschutzperspektive sind Paludikulturen durchaus auch interessant, da sie bei richtiger Umsetzung Biodiversität fördern können und wertvollen Lebensraum für Arten bieten (Martens et al., 2023).

Generell kann es bei der Wiedervernässung von Moorböden allerdings zu Zielkonflikten im Naturschutz kommen, insbesondere wenn geschützte Arten auf durch den Torfabbau entstandenen Strukturen leben. Eine Wiedervernässung könnte die Lebensräume von Fischen, Amphibien und Pflanzen gefährden sowie zu Versauerungen in den Randbereichen der Moore führen (Wiehe & Bruns, 2024). Die Errichtung einer Moor-PV kann also durchaus negative oder positive Auswirkungen auf Flora und Fauna, den Boden/Wasserhaushalt, das Mikroklima und das Landschaftsbild haben. Die Solarmodule können die Niederschlagsverteilung beeinflussen, indem Regenwasser an den Kanten abläuft, aber wiederum auch in trockenen Sommern die Verdunstung reduzieren, was die Wiedervernässung begünstigen könnte. Angesichts steigender Temperaturen und zunehmender Trockenheit wird jedoch generell erwartet, dass die Wasserverfügbarkeit sinkt, was Wiedervernässung erschwert. Zudem darf die Verschattung durch die PV-Module die Vegetationsentwicklung nicht beeinträchtigen, da eine geschlossene Vegetationsdecke notwendig ist, um die Torfschicht zu schützen und Treibhausgasemissionen zu verhindern (Ssymanck et al., 2015b). Diese Vegetation dient außerdem als Lebensraum für die Moorfauna. Daher sollten die Module hoch über der Vegetation und mit ausreichend Abstand installiert werden. Auf Düngung und Pestizide sollte verzichtet und eine angepasste Mahd eingeführt werden.

Insgesamt lässt sich sagen, dass es große Wissenslücken über die ökologischen Konsequenzen von Moor PV gibt, da es noch nicht so viele laufende Pilotprojekte in Deutschland gibt. Grundsätzlich scheint es aber, als ob PV-Anlagen auf solchen Flächen eine gute Lösung sein können, um Übergangsflächen zwischen intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen und Mooren zu nutzen und so sowohl den Naturschutz als auch den Ausbau erneuerbarer Energien zu unterstützen. Dabei müssen aber bei Wiedervernässungsprojekten unbedingt die Anforderungen des Artenschutzes berücksichtigt werden.

4.3 Schwimmende-Photovoltaik

Das EEG sieht zudem auch die Förderung von schwimmenden PV-Anlagen/Floating PV (FPV) vor, also die Installierung von PV-Modulen auf stehenden Gewässern oder dem Meer, wobei die Module am Ufer oder dem Grund befestigt sind. Laut EEG dürfen die Anlagen dabei maximal 15 Prozent der Fläche mit Solarmodulen belegen und es muss ein Uferabstand von 40 Metern eingehalten werden. Naturnahe und sensible Gewässer sind ausgeschlossen. In Deutschland sind es laut Fraunhofer ISE vor allem geflutete Tagebauflächen, Kiesgruben und teilweise Stauseen, die für FPV in Frage kommen. FPV bietet ein erhebliches Stromerzeugungspotential, insbesondere aufgrund der höheren Energieeffizienz, die durch die Kühlung der PV-Module durch das Gewässer erzielt wird. Gleichzeitig ist diese neue Technologie mit sehr hohen Investitionskosten verbunden, auch weil die Module einer ständigen hohen Luftfeuchtigkeit und im Meer einer salzigen Umgebung ausgesetzt sind.

Ein großer Vorteil ist, dass FPV keine kostbaren Landflächen belegen und so zu einer Entschärfung von Landnutzungs- und Abholzungskonflikten beitragen können, wodurch Umweltschäden an anderer Stelle minimiert werden. Allerdings ist aus Naturschutzperspektive unbedingt Vorsicht geboten; auch künstliche Gewässer sind Rückzugsgebiete und erfüllen oft sehr wichtige Funktionen für den Artenschutz. Dieser wurde bei den bereits bestehenden FPV-Anlagen nicht genügend beachtet. Außerdem gibt es große Wissenslücken, da es an praktischen Studien und fundierten Erkenntnissen mangelt. Dieser Mangel kann auch nicht durch die Einbeziehung von Studien zu anderen wasserbedeckten Strukturen ausgeglichen werden, da viele Ergebnisse nur eingeschränkt übertragbar sind. Bisher lag der Fokus der Forschung hauptsächlich auf den Auswirkungen im Bereich der Limnologie, insbesondere in Bezug auf die trophischen Verhältnisse von Seen. Es gibt jedoch kaum Studien oder Erkenntnisse zu den möglichen Auswirkungen auf Arten und Lebensräume (Mehl et al., 2024). Bevor FPV-Projekte genehmigt und gefördert werden, bräuchte es also unbedingt aussagekräftige Langzeitstudien.

Bisher hat sich gezeigt, dass die Beschattung der Wasseroberfläche durch die Module im Klimawandel positiv zur Reduzierung der Wassertemperatur beitragen könnte. Der verminderte Sonneneinfall hat aber Auswirkungen auf die Gewässerökologie: Eine stärkere Beschattung und Kühlung können Nährstoffumsetzungsprozesse verlangsamen und die Photosynthese reduzieren, was die Lebensraumfunktion der Gewässer beeinträchtigt. Bau- und Wartungsarbeiten, einschließlich der Reinigung, können die Natur stören, wobei chemische Reinigungsmittel vermieden werden müssen, um Mikroplastik-Kontaminationen zu verhindern (Gorjian et al., 2021). Besonders die bereits erwähnten Auswirkungen auf Insekten stellen ein Problem dar, und auch in Bezug auf Wasservögel wurde eine erhebliche Irritationswirkung festgestellt. Vögel können die PV-Module als Ruhe- und Rastplätze nutzen, was zu einer Minderung der Leistung führen würde. Dabei dürfen Nester aus naturschutzrechtlichen Gründen keinesfalls entfernt werden.

5. Zusammenfassung

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Potenziale von Photovoltaik für eine ökologische Aufwertung von Flächen, insbesondere von artenarmen Agrarflächen, erheblich sind. Allerdings hat die Auswertung bestehender Studien gezeigt, dass noch zahlreiche Wissenslücken bestehen, die weiterführende Forschung erfordern – ein Bereich, der in den letzten Jahren jedoch zunehmend an Bedeutung gewonnen hat. Besonders die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, wie das Meideverhalten von Arten, sowie die Entwicklung standortgerechter Saatgut-Mischungen sind bislang noch nicht ausreichend untersucht.

Grundsätzlich stellt die Errichtung von Solaranlagen immer einen Eingriff in die Landschaft dar und kann je nach Standortwahl natürliche Lebensräume beeinträchtigen, jedoch können bei der richtigen Umsetzung auch neue Lebensräume für gefährdete Tiere und Pflanzen geschaffen werden. Bei entsprechender Planung und naturschutzfachlicher Begleitung bieten Solarparks sogar eine große Chance, wenn bedrohte Arten, für die die Region besondere Verantwortung trägt, durch geeignete Maßnahmen speziell gefördert werden.

Wünschenswert - weil akzeptanzfördernd - wäre bei allen Projekten, die in frequenter Lage errichtet werden, das Aufstellen von Hinweistafeln, auf denen die Naturschutzmaßnahmen und die dadurch erhofften Verbesserungen für den Artenschutz laienverständlich erläutert werden.

6. Literaturverzeichnis

- Agri-Photovoltaik*. (2024, 24. April). BMEL.
<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/Agri-PV.html>
- BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V., Mieritz, T., Menke, C. & Naturschutzbund Deutschland e. V. (2021). Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen. In www.solarwirtschaft.de.
https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/210505-nabu-bsw-kriterien_fuer_naturvertraegliche_solarparks.pdf
- BUND Niedersachsen. (2022). Naturverträgliche Freiflächensolaranlagen für Strom und Wärme. In Positionspapier (S. 1–4).
- BUND. (2023). BUND-Stellungnahme zum Entwurf Solarstrategie 1.
https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/energiewende/BU-ND-Stellungnahme_zur_Solarstrategie_01.pdf
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2024). Energiewende und Klimaschutz: Herausforderungen und Wege der Transformation. In *Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz*.
<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975228/2266514/00de41ff941d38178607fb4b9e1ab75a/2024-03-20-transformationsbericht-energiewandel-klimaschutz-data.pdf?download=1>
- Da Silva, G. D. P. & Branco, D. A. C. (2018). Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assessment And Project Appraisal*, 36(5), 390–400. <https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1477498>
- Dinesh, H. & Pearce, J. M. (2015). The potential of agrivoltaic systems. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 54, 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
- Gemeinsames Pressepapier BMWK, BMUV, BMEL. (2023). *Flächen für die Photovoltaik: Synergien für Landwirtschaft, Energiewirtschaft und Naturschutz*.
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Presse/pi-bmwk-bmuv-bmel-photovoltaik.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Gerhards, C., Schubert, L., Lenz, C., Wittmann, F., Richter, D., GICON GmbH, Volz, B., Next2Sun GmbH, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Pommer, R., Jäkel, Dr. K. & Meltzer, M. (2022). Agri-PV – Kombination von Landwirtschaft und Photovoltaik. In *Schriftenreihe*.
<https://slub.qucosa.de/api/qucosa%3A77460/attachment/ATT-0/>
- Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e.V., Conze, K.-J., Post, M., Willigalla, C., Modus Consult Gericke GmbH & Co. KG & Herrmann, A. (2023). *Stellungnahme zur geplanten Anlage einer Photovoltaikanlage im Außenbereich über Parkplätzen zum Bebauungsplanverfahren „Landeshafen Süd“* [Report].
- Gorjian, S., Sharon, H., Ebadi, H., Kant, K., Scavo, F. B., & Tina, G. M. (2021). Recent technical advancements, economics and environmental impacts of floating photovoltaic solar energy conversion systems. *Journal of Cleaner Production*, 278, 124285. Harrison, C., Lloyd, H., & Field, C. (2017). *Evidence review of the impact of solar farms on birds, bats and general ecology*. Natural England.
- Hengstler, J., Russ, M., Stoffregen, A., Hendrich, A., Weidner, S., Sphera Solutions GmbH, Held, M., Briem, A.-K. & Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP. (2021). Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen. In CLIMATE CHANGE (report

- 37EV 16 119 0). Umweltbundesamt.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf (Ursprünglich veröffentlicht 2021)
- Herden, C., Rassmus, J., Gharadjedaghi, B., GFN, Gödderz, S., Geiger, S., Jansen, S. & Jessel, B. (2009). Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. In BfN, *BfN – Skripten*.
<https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript247.pdf>
- Herrmann, A., Hunger, H., Schiel, F.-J., Conze, K.-J., Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg e.V. (SGL) & Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e.V. (GdO). (o. D.). Libellen und Photovoltaik: Minderung des Reflexionsgrads von Solarmodulen zur Vermeidung ökologischer Fallen und artenschutzrechtlicher Konflikte bei polarotaktischen Insekten. In *Band 23 Mercuriale - LIBELLEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG 2023*.
- Hietel, E., Reichling, T., Lenz, C. & Hermann-Hoepke-Institut der TH Bingen. (2021). Leitfaden für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks – Maßnahmensteckbriefe und Checklisten. Hochschule Bingen.
https://mkuem.rlp.de/fileadmin/14/Themen/Energie_und_Klimaschutz/3_Erneuerbare_Energien/Solarenergie/Leitfaden_Massnahmensteckbriefe.pdf
- Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I. & Robertson, B. (2010). Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x>
- INES. (2024). *Vorstellung der neuen BMWK-Langfristszenarien: Orientierungsszenarien*.
https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_045_Webinar_Energieangebot.pdf
- Johannwerner, E., et al., Günnewig, D. & Wachter, T. (2024). Ground-mounted photovoltaic systems: Status and options to enhance nature and landscape [Original manuscript]. *Natur und Landschaft*, 99(12), 573–574. <https://doi.org/10.19217/NuL2024-12-01>
- KNE. (2024). Naturverträgliche Gestaltung von Solarparks - Maßnahmen und Hinweise zur Gestaltung. In KNE. https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Kriterienkatalog-zur-naturvertraeglichen-Anlagengestaltung-PV-Freiflaechenanlagen.pdf
- Ludzuweit, A., Paterson, J., Wydra, K., Pump, C., Müller, K. & Miller, Y. (2025). Enhancing ecosystem services and biodiversity in agrivoltaics through habitat-enhancing strategies. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 212, 115380.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115380>
- Martens, H. R., Laage, K., Eickmanns, M., Drexler, A., Heinsohn, V., Wegner, N., Muster, C., Diekmann, M., Seeber, E., Kreyling, J., Michalik, P. & Tanneberger, F. (2023). Paludiculture can support biodiversity conservation in rewetted fen peatlands. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44481-0>
- McCrary, M. D., Jr., McKernan, R. L., Schreiber, R. W., Wagner, W. D. & Sciarrotta, T. C. (1986). AVIAN MORTALITY AT a SOLAR ENERGY POWER PLANT. In *J. Field Ornithol.* (Bd. 57, Nummer 2, S. 135–141).
<https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jfo/v057n02/p0135-p0141.pdf>

- Mehl, D., Mehl, C., Kühl, A.-R., Johnson, D., Bunzel, K. & BfN-Schriften. (2024). Schwimmende PV-Anlagen: Auswirkungen auf Arten, Lebensräume und Landschaftsbild (und Ansätze zur Vermeidung). In BfN-Schriften (Bd. 685).
<https://doi.org/10.19217/skr685>
- Michaelis, P., Wiehe, Dr. J. & Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende. (2024). Bauplanungsrechtliche Teilprivilegierung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen [Book]. In *Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende*. KNE gGmbH.
https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Bauplanungsrechtliche_Teilprivilegierung_von_PV-Freiflaechenanlagen.pdf
- Mieritz, T. & NABU Energie & Klima. (2021). Der naturverträgliche Ausbau der Photovoltaik [Book]. In *NABU-EMPFEHLUNGEN*.
<https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/210421-nabu-infopapier-photovoltaik.pdf>
- Moor-Photovoltaik - Fraunhofer ISE*. (o. D.). Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/solkraftwerke-und-integrierte-photovoltaik/integrierte-photovoltaik/moor-photovoltaik-moor-pv.html>
- Natur auf Zeit*. (2021, 22. Juli). BfN. <https://www.bfn.de/natur-auf-zeit>
- Peschel, R., Peschel, Dr. T., Marchand, Dr. M. & Hauke, J. (2019). Solarparks - Gewinne für die Biodiversität. In M. Weiß & M. Meyer (Hrsg.), Studie. https://www.bne-online.de/wp-content/uploads/20191119_bne_Studie_Solarparks_Gewinne_fuer_die_Biodiversitaet_online.pdf
- Peschel, R., Peschel, Dr. T., Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) & sieben professionelle Gutachterbüros. (2024). Artenvielfalt im Solarpark – Die ersten Ergebnisse. In *Artenvielfalt Im Solarpark – Eine Bundesweite Feldstudie*.
https://www.bne-online.de/wp-content/uploads/Handout_Studie-Artenvielfalt-im-Solarpark_Zwischenergebnis.pdf
- 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*. In Dong Jiang (Hrsg.), *Land* (Bd. 13, S. 1548).
<https://doi.org/10.3390/land13101548>
- Schuberth, J. (o. D.). *Photovoltaik-Freiflächenanlagen*. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-freiflaechenanlagen#flacheninanspruchnahme-durch-photovoltaik-im-vergleich-zur-bioenergie>
- Schuberth, J. (o. D.-b). *Photovoltaik-Freiflächenanlagen*. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-freiflaechenanlagen#starkere-ausrichtung-der-flachenkulisse-an-umweltbelangen>
- Schwimmende Photovoltaik - Fraunhofer ISE*. (o. D.). Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/solkraftwerke-und-integrierte-photovoltaik/integrierte-photovoltaik/schwimmende-photovoltaik-fpv.html>
- Ssymanck, A., Ullrich, K., Vischer-Leopold, M., Belting, S., Bernotat, D. (2015b). *Handlungsleitfaden „Moorschutz und Natura 2000“ für die Durchführung von Moorrevitalisierungsprojekten*. Bundesamt für Naturschutz. <https://www.biostation-d>

me.de/fileadmin/user_upload/Ssymank_-
_2016_Handlungsleitfaden_Moorschutz_und_Natura2000_BfN.pdf

Taylor, R., Conway, J., Gabb, O. & BSG Ecology. (2019). *Potential ecological impacts of ground-mounted photovoltaic solar panels*. <https://www.bsg-ecology.com/wp-content/uploads/2019/04/Solar-Panels-and-Wildlife-Review-2019.pdf>

Walston, L. J., Hartmann, H. M., Fox, L., Macknick, J., McCall, J., Janski, J. & Jenkins, L. (2023). 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), 014053. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad0f72>

Wiehe, J. & Bruns, E. (2024). Photovoltaik auf wiedervernässten Moorböden - Eine neue Flächenkulisse im EEG 2023. In T. Raynal-Ehrke, Photovoltaik Auf Wiedervernässten Moorböden (S. 4–15). https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Photovoltaik_auf-wiedervernaessten_Moorboeden.pdf

Wirth, H., Fraunhofer ISE & Bächle, S. J. (2025). Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. <https://www.pv-fakten.de>