

Möglichkeiten und Grenzen des artenschutzrechtlichen Ausgleichs in Solarparks

Fachgutachten / Literaturstudie



Bearbeitung:

Dr. Stephan Feldmeier

unter Mitarbeit von Sandra Folz, Joachim Konrad, Daniel Müller und Martin Seibert

Auftraggeber:

Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende KNE gGmbH

Neue Grünstraße 18

10179 Berlin

Bildnachweise:

Foto Titelseite: Portaflug Flugschule, Bernhard Heller; restliche Fotos: BGHplan

Zitiervorschlag:

Feldmeier, S., Folz, S., Konrad, J., Müller, D., Seibert, M. (2026) Möglichkeiten und Grenzen des artenschutzrechtlichen Ausgleichs in Solarparks. BGHplan Umweltplanung und Landschaftsarchitektur. Fachgutachten / Literaturstudie im Auftrag des KNE (2. Fassung 03/2026). 70 S.

Das Gutachten wurde im Projekt "Solarenergie und Naturschutz: Mehr Biodiversität in Solarparks umsetzen" (SuN-divers, FKZ 3523861000) erarbeitet, gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Die vorliegende Aktualisierung erfolgte im Auftrag und mit Mitteln des Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende gGmbH.

Der Text gibt die Auffassung und Meinung der AutorInnen wieder, die nicht mit der Auffassung des Zuwendungsgebers oder des Auftraggebers übereinstimmen muss.

Die BGHplan Umweltplanung und Landschaftsarchitektur GmbH ist verantwortlich im Sinne des Presserechts und für die Verwendung der Abbildungen in der Publikation.

2. Fassung (Stand 03/2026)

Landschaftsarchitekten bdla | Beratende Ingenieure IKRP

Geschäftsführung: Sandra Folz, Christoph Heckel | HRB 41337 | AG Wittlich

Fleischstraße 57 | 54290 Trier

Fon +49 651 / 145 46-0 | www.bghplan.com | mail@bghplan.com

INHALT

1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund.....	1
1.2 Fragestellung / Ziele.....	2
1.3 Methodik	3
2 Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA).....	4
2.1 Aufbau von PV-FFA.....	4
2.2 Wirkfaktoren von PV-FFA.....	6
2.3 „Biodiversitätsfördernde“ PV-FFA	9
3 Auswirkungen von PV-FFA auf Arten und Biotope	10
3.1 Aktueller Wissensstand und Defizite	10
3.2 Biotoptypen / Vegetation.....	12
3.2.1 Fazit Vegetation	15
3.3 Arthropoden (Gliederfüßer).....	19
3.3.1 Bestäuber-Insekten / Tagfalter	19
3.3.2 Heuschrecken	21
3.3.3 Laufkäfer, Spinnentiere und weitere Gliederfüßer.....	22
3.3.4 Aquatische Insekten.....	23
3.3.5 Fazit Arthropoden.....	23
3.4 Reptilien / Amphibien.....	27
3.4.1 Fazit Amphibien / Reptilen	27
3.5 Säugetiere	30
3.5.1 Fledermäuse.....	30
3.5.2 Nicht fliegende Säuger.....	33
3.5.3 Fazit Säugetiere	34
3.6 Vögel	37
3.6.1 Allgemeine Auswirkungen von PV-FFA auf Vögel	37
3.6.2 Auswirkungen auf Arten des Offen- und Halboffenlands	40
3.6.3 Exkurs - Auswirkungen von PV-FFA auf die Feldlerche	48
3.6.4 Fazit Vögel	50
4 Möglichkeiten und Grenzen des artenschutzrechtlichen Ausgleichs.....	53
4.1 Gesamtfazit.....	53
4.2 Zusammenfassung / Kernaussagen.....	56
5 Quellenverzeichnis	57

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Konventionelle südausgerichtete PV-FFA und Ost-West-Anlage mit geringen Reihenabständen.....	4
Abb. 2 Kombistation auf Streifenfundamenten und Batteriespeicher	5
Abb. 3 Beispiele von „südausgerichteten“ PV-FFA mit unterschiedlichen Modultischhöhen, -tiefen, -neigungen und Reihenabständen.....	8
Abb. 4 Zerstörung der Grasnarbe und Bodenverdichtungen durch das großflächige und unkoordinierte Befahren der Fläche bei nasser Witterung	13
Abb. 5 Beispiele einer reduzierten Vegetationsbedeckung unter Modulen einer südexponierten Anlage und einer Ost-West-Anlage mit geringen Reihenabständen	14

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Baubedingte Wirkfaktoren von PV-FFA und mögliche Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen.....	6
Tab. 2 Anlagenbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA und mögliche Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen	6
Tab. 3 Betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA und mögliche Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen	7
Tab. 4 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von Biotoptypen/ Vegetation durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA.....	17
Tab. 5 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von Arthropoden/ Insekten durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA.....	25
Tab. 6 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von Reptilien und Amphibien durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA.....	28
Tab. 7 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von Fledermäusen und nicht fliegenden Säugetieren durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA.....	36
Tab. 8 Auswahl von Brutvogel-Nachweisen in verschiedenen Anlagenbereichen	44
Tab. 9 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von Vögeln durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA.....	51
Tab. 10 Zusammenfassung der Habitateverträglichkeit bzw. des Ausgleichspotenzials für wertgebende Biotoptypen und Artengruppen in verschiedenen Bereichen von PV-FFA	54

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Zur Reduzierung der negativen Auswirkungen des Klimawandels hat sich Deutschland das Klimaschutzziel gesetzt, bis zum Jahr 2045 treibhausgasneutral zu sein (§ 3 (2) KSG). In den letzten 25 Jahren wurde die installierte Leistung von Photovoltaikanlagen von unter 1 GW auf aktuell ca. 113 GW¹ ausgebaut (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), 2023). Zum Erreichen der Klimaziele soll die installierte Leistung von Photovoltaikanlagen weiter bis zum Jahr 2030 auf 215 GW, bis zum Jahr 2040 sogar auf 400 GW – hälftig auf Gebäude- und Freiflächenanlagen aufgeteilt – ausgebaut werden (§ 4 EEG).

In Deutschland werden etwa die Hälfte (ca. 45 %) aller Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, ca. 30 % auf Konversionsflächen und ca. 25 % auf sonstigen Flächen (Gewerbe- und Industriegebiete, planfestgestellte Flächen u. ä.) errichtet. Unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen sind bislang mehr als zwei Drittel an Ackerflächen für die Umsetzung von PV-FFA genutzt worden, mit steigender Tendenz zur Umsetzung von PV-FFA auf Grünlandflächen (Stand 2022, Kelm & Stauch, 2024). Aufgrund der aktuellen Entwicklungen und der klimapolitischen Ziele ist somit auch weiterhin mit einem steigenden Flächenverbrauch, besonders von landwirtschaftlicher Nutzfläche (Acker und Grünland), zu rechnen. Gleichzeitig ist es ein Ziel der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung Deutschland, 2021), dass bis zum Jahr 2050 netto keine neuen Freiflächen mehr von Siedlungs- und Verkehrsflächen beansprucht werden. Bei der Errichtung von PV-FFA sollten der Flächenverbrauch unter dem Aspekt eines flächenschonenden Ausbaus also möglichst minimiert werden.

Der Bau einer PV-FFA im Außenbereich erfordert i. d. R. die Aufstellung eines Bebauungsplans² und stellt einen Eingriff in Natur und Landschaft dar, dessen unvermeidbare Beeinträchtigungen zu kompensieren sind. Als Teil der Umweltprüfung werden im Rahmen der Eingriffsregelung und der artenschutzrechtlichen Beurteilung der Planung zur Vermeidung der Zugriffsverbote gem. §44 BNatSchG standortabhängig mehr oder weniger umfangreiche interne und/oder externe Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichs- / Ersatzmaßnahmen notwendig, welche den Flächenbedarf der Planung erhöhen.

Kommunen müssen bei der Planung einer PV-FFA den Bedarf für Ausgleichsflächen mitberücksichtigen und die erforderlichen Flächen ebenfalls planungsrechtlich sichern. Diese Verpflichtung stellt die Kommunen vor die Herausforderung, bei ohnehin begrenzter Flächenverfügbarkeit zu den in der Regel großen PV-FFA zusätzlich auch Ausgleichsflächen zu sichern. Insofern haben Kommunen

¹ Stand: Oktober 2025, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EE-Statistik/DL/EEStatistikMaStR.pdf?__blob=publicationFile&v=43

² Ausnahmen stellen z.B. gem. § 35 Abs. 1 Nr. 8 lit. b) u.Nr.9 BauGB privilegierte PV-FFA dar

ein Interesse daran, neben den Ausgleichsverpflichtungen aus der Eingriffsregelung, auch den artenschutzrechtlichen Ausgleich bereits innerhalb von PV-FFA zu erbringen. Auf diese Weise würde sich die Flächeninanspruchnahme sowie der Aufwand für die Aufstellung von Bebauungsplänen reduzieren.

1.2 Fragestellung / Ziele

Ziel des Fachgutachtens ist die Klärung der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen ein artenschutzrechtlicher Ausgleich innerhalb von PV-FFA, d. h. ohne Inanspruchnahme externer Ausgleichsflächen, erfolgreich umsetzbar ist.

Aufgrund der unterschiedlichen Bauweisen und Ausgestaltungen von PV-FFA wird im Rahmen des Gutachtens der Ausgleich als „innerhalb von PV-FFA“ bewertet, wenn dieser innerhalb des technisch überprägten Bereiches umgesetzt wird. Der technisch überprägte Bereich umfasst dabei den mit Solarmodulen überstellten sowie mit Nebenanlagen (Wechselrichter, Trafostationen, Speicher, Zaun u.ä.) überplanten Raum, der als direkter Eingriffsverursacher einen entsprechenden Ausgleichsbedarf erzeugt. Bei auf max. Energieertrag ausgelegten, „naturfernen“ PV-FFA stellt dies den für die Umsetzung der Anlage in Anspruch genommenen Raum dar. Mögliche Freiflächen umfassen hier nur die technisch erforderlichen Mindestabstände zur Umsetzung, zum Betrieb und zur Pflege (i. d. R. durch Mulchen) der Anlage.

An die technisch überprägten Bereiche angrenzende Freiflächen (z. B. Waldabstandsflächen) sowie großflächige, nicht überstellte Bereiche im direkten Umfeld der technischen Komponenten (z. B. weitläufigere Abstände zwischen Modulen und Zaunanlage) können i. S. einer naturverträglicheren oder biodiversitätsfördernden Umsetzung (vgl. Kap. 2.3) für naturschutzfachliche Maßnahmen herangezogen werden. Da sie jedoch nicht im direkten Zusammenhang mit der eigentlichen technischen Anlage stehen, fallen sie nicht in die hier zugrunde gelegte Definition eines Ausgleichs innerhalb der PV-FFA. Wohl können diese angrenzenden Flächen in einem Bebauungsplan aus planungsrechtlichen Gründen mit in den Geltungsbereich des Bebauungsplanes aufgenommen werden.

Grundlage der fachgutachterlichen Bewertung stellt der aktuell veröffentlichte Wissensstand zu den (v. a. anlage- und betriebsbedingten) Auswirkungen von PV-FFA auf Arten und Lebensräume dar. Der Schwerpunkt liegt hier auf Angaben zur Raumnutzung der Arten innerhalb der Anlagen, aus der wiederum das entstehende Ausgleichspotenzial durch die Umsetzung der PV-FFA abgeleitet werden kann. Als interner Ausgleich wird hier v. a. der Erhalt, die Wiederherstellung bzw. die Aufwertung von Habitaten innerhalb der Anlagen verstanden. Die Ergebnisse des Gutachtens sollen in erster Linie als Bewertungshilfe für die Kommunen als Träger der Bauleitplanung, Projektentwickler oder Genehmigungsbehörden kompakt dargestellt werden.

Es werden v. a. gängige eingegrünte Solarparkkonzepte mit nach Süden ausgerichteten Modulen im Offen- und Halboffenland betrachtet, an relevanten Stellen wird kurz Bezug zu Ost-West-ausgerichteten Anlagen genommen. Agri-PV, Moor-PV oder PV-Anlagen auf Wasserflächen (Floating-PV) werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

1.3 Methodik

Die Bearbeitung der Fragestellung erfolgte auf der Grundlage einer Literaturrecherche zu den Auswirkungen von PV-FFA auf die Biodiversität bzw. der grundlegenden Habitateignung für Arten. Hierbei wurden aus Gründen der Übertragbarkeit v. a. Studien aus Europa ausgewertet, Studien aus z. B. ariden Wüstenregionen wurden i. d. R. nicht berücksichtigt. Die Recherche erfolgte unter Benutzung entsprechender Suchabfragen auf Englisch und Deutsch (zu Biodiversität / Artengruppen in Kombination mit Photovoltaik / Solarenergie / utility-scale solar energy) in Google Scholar und ResearchGate, in Zeitschriften zu den Themen Naturschutz, Ökologie und Landschaftspflege sowie einer weitergehenden Recherche nach dem „Schneeballsystem“. Zudem dienten rezente systematische Literaturstudien zu dem Thema als Grundlagen für die Recherche (Schlegel, 2021; Lafitte *et al.*, 2023; Gómez-Catasús *et al.*, 2024). Eigene Untersuchungen sowie eine systematische Abfrage wissenschaftlicher Datenbanken mit kombinierten Suchstrings wurden daher nicht durchgeführt.

Weitere wichtige Übersichtswerke und rezente Veröffentlichungen zu Auswirkungen von PV-FFA auf Arten sind u.a. Herden *et al.* (2009), Peschel *et al.* (2019), Badelt *et al.* (2020), Dhar *et al.* (2020), Bennun *et al.* (2021), Chock *et al.* (2021), Trautner *et al.* (2022 & 2024), Strohmeier & Kuhn (2023), Seidel *et al.* (2024b), Fleming (2025) oder Peschel & Peschel (2025).

Neben bevorzugten systematischen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen (peer-reviewed) wurde in der Auswertung auch „graue Literatur“ berücksichtigt, die in Form von Berichten, Gutachten und Veröffentlichungen u.a. von Verbänden und Ministerien einen Großteil der Referenzen ausmachen. Viele Gutachten und Monitorings zu bestehenden PV-FFA liegen nur in unveröffentlichter Form vor und standen für die Auswertung nicht zur Verfügung. Eine Liste mit den Kernaussagen (inkl. fachlicher Anmerkungen) vieler dieser unveröffentlichten Vogel-Gutachten wird von der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW) auf ihrer Homepage zur Verfügung gestellt³. Da eine Bewertung bzw. Einordnung der Ergebnisse ohne Vorlage der Originalgutachten nicht möglich ist, wurden diese Kernaussagen für die Auswertung nicht berücksichtigt.

In dieser aktualisierten zweiten Fassung des Fachgutachtens wurden nationale und internationale Quellen ergänzt, die seit dem Abschluss der ersten Fassung im August 2024 erschienen sind bzw. noch nicht berücksichtigt worden waren. Hierzu gehören u.a. die für die deutsche Zielgruppe relevante Studie des Bundesverbands Neue Energiewirtschaft e. V. zur Artenvielfalt in Solarparks (Peschel & Peschel, 2025) oder neuere Studien zu Vögeln, insbesondere der Feldlerche (Anderson *et al.*, 2025; Copping *et al.*, 2025; Golawski *et al.*, 2025; Hemmer *et al.*, 2025; Thiemann, 2023), und Fledermäusen (Baudouin *et al.*, 2026; Szoldatits *et al.*, 2025).

³ http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/publikationen_ffpva.pdf

2 Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA)

2.1 Aufbau von PV-FFA

Im Folgenden werden die Auswirkungen gängiger Konzepte für erdgebundene, aufgeständerte PV-Anlagen betrachtet. Grundlage der Bewertung stellt das bislang am häufigsten umgesetzte Konzept der südausgerichteten PV-FFA dar (s. Abb. 1). In diesen werden die einzelnen Photovoltaikmodule auf sogenannten Modultischen zusammengefasst, welche wiederum in parallelen, nach Süden ausgerichteten Reihen angeordnet werden. Die Modultische bestehen dabei meistens aus einem filigranen Stützwerk aus Metall. Dieses wird von Stützpfeuern getragen, welche i. d. R. ohne die Verwendung von Fundamenten in den Boden gerammt werden. Nur unter bestimmten Voraussetzungen und in Ausnahmefällen ist das Aufständern auf Betonfundamenten aus statischen Gründen notwendig.



Abb. 1 Konventionelle südausgerichtete PV-FFA (links) und Ost-West-Anlage mit geringen Reihenabständen (rechts).

Die Modultische beginnen i. d. R. in etwa 0,80 m über Geländeniveau und können eine Gesamthöhe von über 4 m über Geländeniveau und eine Tiefe von über 7 m (bei Ost-West-Anlagen doppelt so tief) erreichen. Je nach Modultyp und Aufständersart können Flächen fast vollständig mit Modulen überstellt werden.

Als Nebenanlagen werden meist Transformatorenstationen bzw. mit Zentralwechselrichtern kombinierte Kompaktstationen errichtet (s. Abb. 2). Alternativ können die Wechselrichter als String-Wechselrichter direkt an den Modulgestellen montiert werden. Je nach Bauweise werden diese Stationen auf einer Schottertragschicht oder unter Verwendung von Punkt- oder Streifenfundamenten aufgestellt. Der erzeugte Strom wird aus den Anlagen über Erdkabel verteilt. Es zeigt sich aktuell bereits die Tendenz, dass PV-FFA immer häufiger mit weiteren Nebenanlagen zu Speicherung von Strom (Batteriespeicher, Elektrolyseure zur Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff u. ä.) ausgestattet werden (s. Abb. 2). Abhängig von der Art dieser Speicher sind die sich daraus ergebenden baulichen Auswirkungen zu ermitteln und zu bewerten (KNE, 2025b).

Aus versicherungstechnischen Gründen werden PV-FFA üblicherweise eingezäunt und zur Reduzierung der Auswirkungen auf das Landschaftsbild eingegrünt.



Abb. 2 Kombistation (Trafo, Zentralwechselrichter und Schaltanlage) auf Streifenfundamenten (links) und Batteriespeicher (rechts).

Die unversiegelten Flächen werden i. d. R. als Grünland erhalten bzw. entwickelt und über die Betriebszeit der Anlage (durch Beweidung, Mahd oder Mulchen) gepflegt. Kleinere Flächen innerhalb des Anlagengebietes werden z. B. für den Transport der schweren Infrastruktur (Trafo-Stationen) meist als geschotterte Wege ausgebaut.

Hintergrund der südausgerichteten PV-FFA stellt das Bestreben dar, maximale Leistungserträge in der Stromproduktion zu erzielen. Hierbei sind bei der Planung der Anlage bspw. gewisse Reihenabstände zu berücksichtigen, um Verschattungen der einzelnen Module untereinander zu vermeiden. Die technische Entwicklung der letzten Jahre zeigt dabei eine deutliche Steigerung der Modulgrößen, was in Summe zu einer Vergrößerung der Modultische geführt hat. Unter der Beachtung technischer Weiterentwicklungen mit Blick auf geringere Ertragseinbußen durch Verschattungen stellen sich neuere PV-FFA in vielen Fällen als größere und kompaktere (d.h. mit geringeren Reihenabständen) technische Anlagen dar.

Aufgrund von Netzstabilitätsaspekten sowie betriebswirtschaftlicher Hintergründe ist nach Erfahrung der AutorInnen – zumindest regional – ein deutlicher Trend zur Planung und Umsetzung sogenannter Ost-West-Anlagen erkennbar (s. Abb. 1). Hier werden die Modulreihen gegenläufig angeordnet und entsprechen somit einer einfachen Satteldachkonstruktion. Aufgrund der Ost-West-exponierten Anordnung spielen Verschattungsaspekte eine untergeordnete Rolle für den Betrieb der Anlage, wodurch die Reihenabstände nochmal deutlich reduziert werden können. Diese Entwicklung ist im Rahmen der Bewertung artenschutzrechtlicher Eingriffe durch PV-FFA entsprechend zu berücksichtigen.

2.2 Wirkfaktoren von PV-FFA

Im Folgenden (Tab. 1 bis Tab. 3) werden zur Übersicht die allgemeinen Wirkfaktoren von PV-FFA dargestellt (nach Günnewig *et al.*, 2007, verändert).

Tab. 1 Baubedingte Wirkfaktoren von PV-FFA und mögliche Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen (nach Günnewig *et al.*, 2007, verändert).

Baubedingte (durch die Vorbereitung und Durchführung der Bauarbeiten)	
Wirkfaktoren	Mögliche Beeinträchtigungen
Baufeldfreimachung und Baustelleneinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> – Beseitigung der Vegetationsdecke – Rodung von Gehölzen – Entwertung von Habitatstrukturen – (temporärer/vollständiger) Verlust von Habitaten – Störung, Vertreibung von Tieren
Maschineneinsatz, Baustellenverkehr und Bautätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Störung, Vertreibung von Tieren – Verletzen/ Töten von Individuen – Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen

Tab. 2 Anlagenbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA und mögliche Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen (nach Günnewig *et al.*, 2007, verändert).

Anlagenbedingte (von den baulichen Anlagen selbst verursacht)	
Wirkfaktoren	Mögliche Beeinträchtigungen
Flächenversiegelung (durch Modulpfosten, Fundamente und Nebenanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> – Verlust der natürlichen Bodenfunktionen – vollständiger Verlust von Habitaten
Überstellung der Bodenoberfläche mit Modulen	<ul style="list-style-type: none"> – mikroklimatische Veränderungen durch die Verschattung des Bodens – kleinräumige Veränderung des (Boden-) Wasserhaushaltes – Eingeschränkte Entwicklung einer geschlossenen Vegetationsdecke – Veränderung / ggf. teilweiser bis vollständiger Verlust von Habitatstrukturen
Zaunanlage	<ul style="list-style-type: none"> – Barrierewirkung – Zerschneidung von Wanderkorridoren – Tötungsrisiko für Vögel, Fledermäuse, Kleinsäuger durch das Anbringen von Stacheldraht als Übersteigschutz

Visuelle Wirkung der Modulfläche	<ul style="list-style-type: none"> – Kulisseneffekt – Reflexionen/ Spiegelungen – Verwechslung mit Wasserflächen
---	---

Tab. 3 Betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA und mögliche Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen (nach Günnewig *et al.*, 2007, verändert).

Betriebsbedingte (dauerhaft mit der Nutzung der Anlage verbunden)	
Wirkfaktoren	Mögliche Beeinträchtigungen
Bewirtschaftung (Mulchen, Mahd oder Beweidung)	<ul style="list-style-type: none"> – Entwertung von Habitatstrukturen – temporäre Störung – Verletzen/ Töten von Individuen
elektromagnetische Strahlung (im unmittelbaren Umfeld der Module und Nebenanlagen)	– Vermutlich vernachlässigbar
Geräuschemissionen (durch Lüfter der Wechselrichter, Trafostationen und sonst. Nebenanlagen)	– Meidungsverhalten
Stofflicher Austrag (durch Leckagen oder Auswaschungen von den Modulen und der Modulgestelle)	– Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen und des Grundwassers

Einen wesentlichen Einfluss auf die Wirkfaktoren und die damit verbundenen Beeinträchtigungen für Arten und Biotope stellt die Standortwahl für die Umsetzung einer PV-FFA dar. Ausmaß und Grad der naturschutzfachlichen und artenschutzrechtlichen Beeinträchtigungen ergeben sich dabei sehr stark aus dem Ausgangszustand der Planfläche sowie den Standortbedingungen bei der Umsetzung der Anlage (Demuth *et al.*, 2019; Günnewig *et al.*, 2007; Herden *et al.*, 2009; Trautner *et al.*, 2022).

Auch wenn der grundlegende Aufbau verschiedener PV-FFA ähnlich ist, so können sich die anlagenbedingten Wirkungen verschiedener Solarparks in den mit Modulen überstellten Bereichen aufgrund unterschiedlicher Ausprägungen technischer Parameter (überstellte Fläche, Modulhöhe, -tiefe oder -reihenabstand) durchaus deutlich unterscheiden (s. Abb. 3) (vgl. Günnewig *et al.*, 2024; Johannwerner *et al.*, 2024). Bezüglich der Veränderung der Standortbedingungen unter und neben den Modulen (s. Kap. 3.2) oder der Kulissenwirkung einer Anlage spielen neben dem Modulreihenabstand z. B. auch andere technische Parameter eine Rolle. In vielen älteren Anlagen sind die Modultische beispielsweise lediglich ein Modul tief, während bei vielen neueren Anlagen pro Modultisch bis zu sechs Module übereinander angebracht werden (bei Ost-West-Anlagen somit bis zu 12 Module). Während die Höhe der Oberkante der Module bei älteren Anlagen oft eher niedrig ist (< 1,5 m), werden in neueren Anlagen teilweise Modulhöhen von über 4 m geplant. Daher sind Untersuchungsergebnisse aus älteren Bestandsanlagen für die Bewertung der Auswirkungen neuerer Planungen auf z.B. Vogelarten nicht immer direkt übertragbar.



Abb. 3 Beispiele von „südausgerichteten“ PV-FFA mit unterschiedlichen Modultischhöhen, -tiefen, -neigungen und Reihenabständen.

In der öffentlichen Diskussion, aber auch in Bewertungen im Rahmen von Umweltprüfungen oder Artenschutzfachbeiträgen, wurden in der Vergangenheit bzw. werden nach dem Empfinden der AutorInnen z.T. immer noch Solarparks, unabhängig von der technischen Gestaltung, pauschal die positiven Eigenschaften einiger besonders artenreicher Anlagen (durch z. B. bereits hochwertigen Ausgangszustand bzw. dem Vorkommen naher hochwertiger Spenderbiotop) zugesprochen. Das Vorhandensein von naturfernen Anlagen mit geringen Reihenabständen, ohne Randeingrünung und mit dauerhaft kurz geschnittener Vegetation wird in dieser Diskussion oft nicht ausreichend thematisiert. Negative Auswirkungen einzelner Planungen auf Arten werden hierdurch potenziell unterschätzt (vgl. auch Trautner *et al.*, 2022).

2.3 „Biodiversitätsfördernde“ PV-FFA

PV-FFA können in Abhängigkeit der Umgebung, der Standortbedingungen und der Vornutzung mehr oder weniger artenreich sein und auch durch die Bauweise „naturverträglicher“ oder „biodiversitätsfördernder“ umgesetzt werden. In diesen Anlagen werden durch eine entsprechende bauliche Gestaltung (z. B. der Schaffung von größeren Freiflächen durch Reduzierung der überstellten Flächen) und v.a. durch Pflege- und Maßnahmenkonzepte (z. B. durch eine extensive, biodiversitätsfördernde und an Zielarten angepasste Pflege, Erhöhung der Struktur- und Habitatdiversität) die Beeinträchtigungen von Arten minimiert bzw. die Habitateignung der Anlagen optimiert. In der jüngeren englischsprachigen Literatur werden diese Anlagen z.T. als „ecovoltaic“-PV-FFA bezeichnet (nach Tölgyesi *et al.*, 2023).

Hierzu ist wichtig anzumerken, dass es keine klare Definition gibt, ab wann eine Anlage als naturverträglich oder biodiversitätsfördernd gilt. Auch eine Umsetzung gem. den naturschutzfachlichen Mindestkriterien des EEG⁴ kann je nach Auswahl der umgesetzten Kriterien zu kurzrasigen, artenarmen Anlagen führen. Zur Umsetzung biodiversitätsfördernder Anlagen gibt es jedoch zahlreiche Publikationen (Blaydes *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2023; Engl *et al.*, 2020; Demuth *et al.*, 2019; Hietel *et al.*, 2021b; KNE, 2021; Niedermeir-Stürzer & Klett, 2014; Niedersächsischer Landkreistag *et al.*, 2023; Seidel *et al.*, 2024a; Peschel, 2010; Peschel & Peschel, 2023, 2025; Reinke, 2022; Tölgyesi *et al.*, 2023) und Positionspapiere (Ammermann *et al.*, 2022; Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V., 2022; Neumann & Frobel, 2022; DNR – Deutscher Naturschutzring *et al.*, 2022; Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., 2021).

Eine naturverträgliche Gestaltung von PV-FFA ist jedoch – mit Ausnahme von Maßnahmen, die im Rahmen der Eingriffsregelung oder der Artenschutzprüfung als Vermeidungs- oder Kompensationsmaßnahmen zwingend notwendig werden – nicht verpflichtend. In vielen Fällen steht die Naturverträglichkeit von Anlagen unter biodiversitätsfördernden Gesichtspunkten aufgrund des damit verbundenen erhöhten Freiflächenbedarfs im Gegensatz zu der technisch maximal installierbaren Leistung. Dies kann zu Konflikten mit den finanziellen Interessen der Projektentwickler bzw. auch der Kommunen als Träger der Bauleitplanung führen. Gerade für finanzschwache Kommunen im ländlichen Raum können PV-FFA wichtige Einnahmequellen darstellen. Gleichzeitig zeigen sich in den ländlichen Regionen, welche den räumlichen Schwerpunkt zum Ausbau der PV-FFA bilden, zunehmend Grenzen der Netzeinspeisekapazitäten. Für großflächige PV-FFA sind, verbunden mit ggf. langen Netzanschlusswegen, regelmäßig Umspannwerke und Speicher zu errichten. Dies bedarf i. d. R. einer höheren installierten Leistung zur Darstellung der Wirtschaftlichkeit der erforderlichen Infrastruktur, was ggf. im Konflikt zur Umsetzung einer naturverträglichen PV-FFA steht.

⁴ §§ 37 Absatz 1a, 48 Absatz 6 EEG 2023

3 Auswirkungen von PV-FFA auf Arten und Biotope

Zur Bewertung der Kompensationsmöglichkeiten innerhalb von Solarparks stellt sich zunächst die Frage des potenziellen Ausgleichsbedarfs. Hierzu werden in diesem Kapitel die nach aktuellem Wissensstand zu erwartenden (v. a. anlage- und betriebsbedingten) Beeinträchtigungen durch PV-FFA für bisher untersuchte Arten bzw. Artengruppen sowie die generelle Habitataignung von PV-FFA, falls möglich mit Bezug zur Raumnutzung verschiedener Anlagenbereiche, dargestellt und bewertet.

Da der Ausgleichsbedarf vom jeweiligen Ausgangszustand der Plangebiete (u. a. der Biotop- und Artausstattung) sowie den technischen Parametern der Planung (vgl. Kap. 2.2) abhängig ist, ist dieser immer standortspezifisch zu bestimmen.

Nach jedem artengruppenbezogenen Unterkapitel werden zur Übersicht die Beeinträchtigungen unter Berücksichtigung der in Kap. 2.2 dargestellten Wirkfaktoren mit ggf. notwendigen internen bzw. externen Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen steckbriefhaft aufgelistet. Weiterführende Informationen zu konkreten artspezifischen Maßnahmen können entsprechenden Leitfäden entnommen werden (z. B. Landesbetrieb Mobilität (LBM) Rheinland-Pfalz, 2020; MKULNV NRW, 2013; Runge *et al.*, 2010).

3.1 Aktueller Wissensstand und Defizite

Viele der Erkenntnisse zu den Auswirkungen von PV-FFA auf Arten basieren auf nicht-systematischen (teils unveröffentlichten) Untersuchungen von einzelnen bzw. wenigen Anlagen. Aufgrund teils unterschiedlicher Methodik lassen sich aus diesen Quellen v. a. lokale Aussagen, weniger aber allgemeingültige Ergebnisse ableiten (Schlegel, 2021). Die Defizite beziehen sich v. a. auf folgende Aspekte: fehlende aussagekräftige quantitative Erhebungen, fehlende Vorher-Nachher-Betrachtungen, fehlende Einbeziehung der Umgebung bzw. von Kontrollen in die Erhebungen, fehlende Beschreibung der Vegetation zum Kartierungszeitpunkt, fehlende Informationen zu den Bauweisen der Anlagen oder fehlende exakte Verortung von Artvorkommen innerhalb der Anlagen. Umfassende Untersuchungen zum Potenzial von Solarparks für den Arten- und Biotopschutz „im Sinne harter empirischer Evidenz“ (Peschel & Peschel, 2023) stehen selbst für gut untersuchte Artengruppen wie z. B. Vögel immer noch aus (Copping *et al.*, 2025; Dhar *et al.*, 2020; Jarčuška *et al.*, 2024; Peschel & Peschel, 2023; Schlegel, 2021; Schwaiger, 2022; Strohmeier & Kuhn, 2023; Zaplata & Dullau, 2022). Die Zahl an wissenschaftlichen Untersuchungen zu PV-FFA (im Englischen „utility-scale“ solar parks) hat in den letzten Jahren jedoch deutlich zugenommen (Gómez-Catasús *et al.*, 2024; Lafitte *et al.*, 2023).

Ein aktueller Stand der wissenschaftlichen Literatur zu den Auswirkungen von PV-FFA auf die Biodiversität wurde in zwei rezenten Literatur-Reviews dargestellt (Gómez-Catasús *et al.*, 2024; Lafitte *et al.*, 2023):

- Lafitte *et al.* (2023) weisen in ihrem Review (Stand 06/2022) u. a. darauf hin, dass Deutschland bzgl. veröffentlichter Studien im Vergleich zur installierten Leistung stark unterrepräsentiert sei. Hier wurden in ihrer Recherche keine englischsprachigen wissenschaftlichen Studien aus

Deutschland gefunden⁵. Die meisten Studien stammten aus den USA und dem Vereinigten Königreich und beschäftigten sich am häufigsten mit den Auswirkungen auf Pflanzen und Arthropoden, hier v. a. Bestäuber (v. a. Bienen, Hummeln und Schmetterlinge). Bemerkenswert ist, dass lt. den AutorInnen keine wissenschaftlichen Studien zu den Auswirkungen von Solarparks auf Reptilien und Amphibien und nur wenige zu nicht-fliegenden Säugetieren und Fledermäuse vorlagen.

- Gómez-Catasús *et al.* (2024) (Stand 09/2023) bestätigen, dass die Forschung im Bereich der Auswirkungen von PV-FFA nicht proportional zu ihrer Entwicklung zunimmt und im Vergleich zur Windenergie deutliche Wissenslücken vorliegen. Zudem liegen die meisten Erkenntnisse aus Wüstenökosystemen in Nordamerika vor, die sich hierdurch nur bedingt auf Agrarlandschaften in Europa übertragen lassen. Die AutorInnen fanden im Gegensatz zu Latitte *et al.* (2023) wenige Studien zu Reptilien, die sich jedoch v. a. auf Wüstenlebensräume beschränkten. Über die Hälfte der analysierten Studien betrachten lediglich einzelne Anlagen und die Bedingungen vor dem Bau der Anlagen werden nur selten angegeben. Gómez-Catasús *et al.* (2024) betonen, dass sich die Auswirkungen kumulativer Effekte bzw. Effekte über längere Zeiträume sowie größere Räume durch das Fehlen standardisierter und robuster Methoden nicht bewerten und somit auch keine übertragbaren Ergebnisse ableiten lassen.

Das Vorkommen von Arten in PV-FFA kann von vielen sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren abhängig sein, wie z. B. dem Vegetationstyp und der Vegetationsstruktur, der Entwicklungszeit nach dem Bau, der Nutzung bzw. Pflege, der Isolation bzw. Vernetzung des Gebiets sowie dem Vorkommen von Spenderflächen und Quellpopulationen von Arten in der Umgebung. Um die Gründe für das Vorkommen und v. a. auch die Abwesenheit von Arten besser bewerten zu können, sollten zukünftige systematische Untersuchungen soweit möglich folgende Aspekte berücksichtigen bzw. aufnehmen (vgl. auch Baudouin *et al.*, 2026; Chock *et al.*, 2021; Dhar *et al.*, 2020; Gómez-Catasús *et al.*, 2024; Schlegel, 2021; Szoldatits *et al.*, 2025; Thiemann, 2023; Valera *et al.*, 2024; Zitzmann *et al.*, 2024):

- Einbeziehung von naturfernen Anlagen (intensiv gepflegt, strukturarm, großflächig technisch überprägt) in Untersuchungen, kein „cherry-picking“ von biodiversitätsfreundlichen Anlagen oder Anlagen mit hochwertigen Sonderstrukturen
- Vollständige Angabe des Alters und der technischen Parameter einer PV-FFA (überstellter Flächenanteil, Modulreihenabstand, Modulhöhe und -tiefe)
- Tatsächliche Nutzung/Pflege (Mahd inkl. der Art und der Zeitpunkte, Beweidung inkl. Zeitraum und Besatzstärke, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln/Dünger) vor und nach dem Bau der PV-FFA
- Faunistische und floristische Kartierung der Anlagenstandorte sowie vergleichbarer Kontrollflächen im räumlichen Zusammenhang jeweils vor und nach dem Bau („before-after-control-

⁵ mittlerweile wurden auch wissenschaftliche Studien aus Deutschland veröffentlicht, z.B. Diekmann *et al.* (2025), Feistel *et al.* (2024), Zappek *et al.* (2025), Zinken *et al.* (2024) oder Zitzmann *et al.* (2024).

impact“ Kartierung) mit anschließendem langjährigem Monitoring (bei Vögeln Überprüfung des tatsächlichen Bruterfolgs innerhalb von PV-FFA)

- Exakte Verortung der Artvorkommen innerhalb der Anlagen (Randbereich, zwischen bzw. unter den Modulen, Sonderstrukturen) mit Vegetationsbeschreibung in den jeweiligen Bereichen, Differenzierung von freien und überstellten Teilflächen bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Aufgrund der beschriebenen Quellenlage ist die Bewertung in diesem Gutachten keinesfalls abschließend und kann sich entsprechend v. a. auf die „graue“ Literatur mit den oben genannten Defiziten und nur teilweise auf wissenschaftliche Studien stützen. Dies gilt generell noch für Aussagen zu den Auswirkungen von PV-FFA auf die Biodiversität, v.a. wenn der Komplexität der zuvor genannten relevanten Faktoren nicht genügend Beachtung geschenkt und pauschalisierend über PV-FFA gesprochen wird.

3.2 Biototypen / Vegetation

Durch im Offen- bzw. auch Halboffenland errichtete PV-FFA können eine Vielzahl von Biototypen und -strukturen beeinflusst werden. Neben intensiv genutzten artenarmen Acker-, Grünland- oder Konversionsflächen können – teilweise auch nur kleinräumig - naturschutzfachlich hochwertige und gefährdete Biototypen (vgl. Finck *et al.*, 2017) wie extensive Äcker mit artenreicher Segetalvegetation, Trocken- und Halbtrockenrasen, Borstgrasrasen, Zwergstrauchheiden, artenreiche extensive Mähwiesen oder auch einzelne Gehölze, Bäume sowie Streuobstbestände beeinträchtigt werden.

Viele dieser hochwertigen Biototypen sind nach §30 BNatSchG gesetzlich geschützt oder ziehen im Rahmen der Eingriffsregelung, falls überhaupt eine Ausnahme oder Befreiung erreicht werden kann, aufgrund der hohen Bedeutung als Lebensraum für gefährdete Arten einen erhöhten Ausgleichsbedarf nach sich. Aus naturschutzfachlicher Sicht sollten solche Flächen im Rahmen der Standortwahl für PV-FFA im Vorhinein ausgeschlossen bzw. in Teilbereichen mit hohen Anforderungen an die Planung, Umsetzung und Pflege der Flächen nach Umsetzung der PV-FFA verbunden werden. Jedoch zeigt die Praxis, dass auch immer wieder hochwertigere Biototypen überplant werden, gerade (aber nicht ausschließlich), wenn diese kleinräumig innerhalb weniger hochwertiger Flächen liegen.

Im Vergleich zu intensiv genutzten, eher artenarmen Acker- und Grünlandflächen kann in PV-FFA durch eine Umwandlung in eine i.d.R. extensive Grünlandnutzung ohne Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln sowie der Schaffung neuer heterogener Habitatstrukturen die Anzahl an Pflanzenarten teils deutlich erhöht werden (Kocsis *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2025; Montag *et al.*, 2016; Parker & McQueen, 2013; Peschel & Peschel, 2025). Werden jedoch bereits hochwertigere Biototypen überplant, sind die Auswirkungen der PV-Anlage – v.a. der Modulüberstellung – differenzierter zu betrachten.

Neben den anlagenbedingten Auswirkungen von PV-FFA sind an baubedingten Auswirkungen v. a. die Rodung von Gehölzen, die teils großflächige Zerstörung der Vegetationsdecke und die potenzielle starke Bodendegradation (v. a. der Bodenstruktur) durch den Bau der Anlage zu erwähnen (s. Abb. 4), welche wiederum die gewünschte – für den Artenschutz notwendige –

Vegetationsentwicklung negativ beeinflussen kann (Carvalho *et al.*, 2025; Lambert *et al.*, 2021). Zur Vermeidung der Tötung und Störung von im Offenland brütenden Vogelarten wird der Bau von PV-FFA oft ab Oktober bis März, außerhalb der Vogelbrutzeit, durchgeführt. Da Herbst und Winter in den letzten Jahren immer nasser werden⁶, ist mit der Zunahme negativer Wirkungen auf den Boden und damit verbundener Konsequenzen auf die Vegetation zu rechnen. Zur Vermeidung von erheblichen Beeinträchtigungen der Bodenstruktur durch das Befahren und die Bearbeitung nasser Böden sollten bei der Planung von Anlagen Bodenschutzkonzepte erstellt werden, deren Umsetzung bzw. Einhaltung durch eine bodenkundliche Baubegleitung überprüft werden sollte (vgl. Miller *et al.*, 2023).



Abb. 4 Zerstörung der Grasnarbe und Bodenverdichtungen durch das großflächige und unkoordinierte Befahren der Fläche bei nasser Witterung

Die anlagenbedingten Wirkungen der PV-Module gehen v. a. von der Veränderung der mikroklimatischen Standortbedingungen unter und neben den Modultischen aus. Durch die Überstellung mit Modulen werden vorrangig besonnte Lebensräume großflächig beschattet und v. a. die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit unterhalb der Module beeinflusst. Mehrere Studien haben gezeigt, dass PV-Module Temperaturschwankungen im Jahres- und Tagesverlauf reduzieren und die Bereiche unter den Modulen im Sommer kühler sowie im Winter wärmer sind als die Umgebung; zudem ist die Luftfeuchtigkeit unter den Modulen höher und die Evapotranspiration in Trockenperioden geringer als außerhalb der Module (Armstrong *et al.*, 2016; Feistel *et al.*, 2024; Knecht *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2025; Vervloesem *et al.*, 2022; Zitzmann *et al.*, 2024).

Zahlreiche Studien⁷ zeigen mittlerweile, dass diese Veränderungen der Standortbedingungen unterhalb der Module zu einer geringeren Vegetationsdeckung und -biomasse, Vergeilung (d. h. beschleunigtes Längenwachstum auf Kosten der Entwicklung von Festigungsgewebe), geringerem Artenreichtum, mehr offenen Bodenstellen, verringerter Bodenbiodiversität und -funktion,

⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe#teilweise-sehr-regenreiche-jahre-seit-1965>

⁷ z.B. Ambjörn & v. Brackel (2022); Armstrong *et al.* (2016); Bienvenu *et al.* (2025); Carvalho *et al.* (2025); Clarkson & Woods (2019, 2020); Knecht *et al.* (2021); Lambert *et al.* (2022); Lambert *et al.* (2023); Lambert *et al.* (2024); Landeck *et al.* (2013); Scholten *et al.* (2025); Seidler *et al.* (2013); Solar Energy UK (2023, 2024); Uldrijan *et al.* (2022); Zappek *et al.* (2025); Zinken *et al.* (2024).

verringertes Besiedlung mit Mykorrhiza-Pilzen, sowie Veränderungen in den Pflanzengesellschaften unterhalb der Module führen können (s. Abb. 5).



Abb. 5 Beispiele einer reduzierten Vegetationsbedeckung unter Modulen einer südexponierten Anlage (links) und einer Ost-West-Anlage mit geringen Reihenabständen (rechts)

Des Weiteren zeigten in einigen Anlagen Messungen und Zeigerpflanzen (für Säure, Stickstoff, Phosphor, Salz) unterhalb der Module extremere Bodenverhältnisse oder erhöhte Stickstoffwerte an, welche potenzielle Etablierungsstellen für invasive Arten sein können (Carvalho *et al.*, 2025; Uldrijan *et al.*, 2023; Vervloesem *et al.*, 2022). Die Mechanismen hinter den beobachteten Nährstoffverlagerungen und Bodenbedingungen sind noch unbekannt (Uldrijan *et al.*, 2023; Vervloesem *et al.*, 2022). Untersuchungen zur Schafbeweidung von PV-FFA haben festgestellt, dass die Tiere zudem bevorzugt unter den Modulen liegen (Hamidi *et al.*, 2024; Zappek *et al.*, 2025). Hierdurch könnten die oben genannten – nicht auf beweidete Anlagen beschränkten – Veränderungen unter den Modulen durch den erhöhten Tritt und eine Eutrophierung aufgrund der Anreicherung von Kot noch verstärkt werden.

Während die Vegetation unter den Modulen wie oben beschrieben eine geringere Relevanz für die Biodiversität haben kann (i. S. der Anzahl an Arten, die diese als Nahrungsquelle oder Habitat nutzen, Uldrijan *et al.*, 2022), können die besonnten Bereiche zwischen den Reihen bzw. in Randbereichen jedoch als naturnahes Grünland entwickelt werden und wichtige Ökosystemfunktionen übernehmen (Lambert *et al.*, 2023; Uldrijan *et al.*, 2022; Uldrijan *et al.*, 2023). Monitorings im Vereinigten Königreich geben an, dass die Randbereiche und die Modulzwischenbereiche floristisch die artenreichsten sind (Clarkson & Woods, 2019, 2020; Solar Energy UK, 2023, 2024). Raab (2015) berichtet ebenfalls, dass der hohe naturschutzfachliche Wert einer betrachteten Anlage v. a. in größeren nicht mit Modulen überstellten extensiven Wiesenflächen liegt.

Es ist jedoch auch zu erwähnen, dass Unterschiede in der Vegetation zwischen den überstellten und offenen Bereichen nicht immer derart ausgeprägt sein müssen (Biesmeijer *et al.*, 2020; Montag *et al.*, 2016; Zappek *et al.*, 2025). V.a. bei Systemen mit einachsigen in Ost-West Richtung schwenkbaren Modulen in ariden Klimaten waren u.a. aufgrund der beschränkten Wasserverfügbarkeit sowie im Tagesgang variablen Lichtverhältnisse unterhalb der Module Unterschiede zwischen überstellten und

nicht überstellten Bereichen nicht bzw. weniger stark ausgeprägt (Li *et al.*, 2025; Sturchio *et al.*, 2022; Sturchio *et al.*, 2024).

Die einzige den AutorInnen bekannte Studie, die die Begrünung innerhalb von PV-FFA direkt mit geschütztem artenreichem Extensivgrünland im Umfeld der Anlage vergleicht, stammt von Hietel *et al.* (2021a). Bei einem Vergleich des Grünlands innerhalb von PV-FFA (Reihenabstände 3 - 6 m, mind. 8 Jahre in Betrieb, gemulcht, Vornutzung Acker) mit umliegenden Referenzflächen (magere Flachland-Mähwiesen, FFH-LRT 6510) in Rheinland-Pfalz zeigte sich, dass die Anteile an lebensraumtypischen Arten und Magerkeitszeigern in den PV-FFA geringer waren als auf den Referenzflächen. Zudem fanden sich mehr Neophyten und Störzeiger in den PV-FFA, Rote-Liste-Arten fanden sich nur auf dem Referenzgrünland. Zur Vegetation unter den Modulen werden keine Aussagen getroffen. Die absoluten Artenzahlen waren jedoch aufgrund der diverseren Habitatstrukturen (Licht- und Schattenbereiche, Rand- und Saumstrukturen) innerhalb der PV-FFA höher. Hietel *et al.* (2021a) kommen zu dem Schluss, dass Solarparks, die auf Ackerflächen errichtet wurden, extensiv bewirtschaftet werden (Mulchen zweimal jährlich) und sich über mehrere Jahre entwickeln konnten, durchaus artenreiche Vegetationsbestände aufweisen können. Da sie jedoch nicht die Wertigkeit von extensiv genutztem artenreichem Grünland ohne Modulüberstellung erreichen, wird empfohlen Solarparks nicht auf derartigen Grünland-Standorten zu errichten.

Die potenzielle Entwicklung von artenreichem Grünland innerhalb von PV-FFA, auch in den Randbereichen, ist in der Regel mit einem an den Standort angepassten dauerhaften, sich an Zielarten orientierenden, extensiven Pflegeregime (z. B. Mahd mit Abräumen, Extensivweide) verbunden (vgl. Dullau & Tischew, 2019; Hietel *et al.*, 2021b; KNE, 2025a; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2019; Reinke, 2022). An gewissen Standorten kann unter speziellen Rahmenbedingungen auch ein angepasstes Mulchen zu artenreicherem Grünland führen, jedoch ist dies nicht pauschal zu erwarten (Hietel *et al.*, 2021a; Dullau & Tischew, 2019; Schreiber, 2013). Bei PV-FFA auf artenarmen Ausgangsflächen ohne umliegende Spenderflächen wertgebender Arten ist für das Ziel der Entwicklung von hochwertigerem Grünland in Absprache mit den zuständigen Naturschutzbehörden, ggf. nach einer Aushagerungsphase, die Ansaat mit einer standortgerechten, autochtonen Saatgutmischung bzw. auch die Mahdgutübertragung von hochwertigen Spenderflächen notwendig. Die Entwicklung der Vegetation in PV-FFA wird jedoch ebenfalls von den lokalen Standortbedingungen, der bereits vorhandenen Samenbank bzw. vegetativen Pflanzenteilen sowie dem Eintrag von Arten aus der Umgebung beeinflusst (Seidler *et al.*, 2013; Peschel & Peschel, 2025). Peschel & Peschel (2025) konnten zeigen, dass sich selbst nahe beieinander liegende PV-FFA in ihrer Artenzusammensetzung deutlich unterscheiden können, was pauschale Aussagen zur Entwicklung von Zielbiotopen schwierig macht. Nach Inbetriebnahme der Anlagen können sich aufgrund der baubedingten Störungen auch erst einmal von Ruderalarten geprägte, artenarme Vegetationsbestände entwickeln, die die Entwicklung des gewünschten Zielbiotops erschweren bzw. verzögern können (Ambjörn & v. Brackel, 2022; Herden *et al.*, 2009; Seidler *et al.*, 2013).

3.2.1 Fazit Vegetation

Beeinträchtigungen von offenen und halboffenen Habitaten als Lebensraum geschützter Arten können je nach naturschutzfachlicher Wertigkeit des Ausgangszustand prinzipiell innerhalb von Solarparks ausgeglichen werden. Zum Erhalt oder der standortgerechten Wiederherstellung bzw.

Aufwertung überplanter naturschutzfachlich hochwertiger Biotoptypen eignen sich jedoch v. a. Randbereiche und besonnte Streifen zwischen den Modulreihen, vorausgesetzt die Flächen werden zielgerecht gepflegt. Gehölzrodungen können i. d. R. durch die Eingrünung der Randbereiche (Anpflanzung von Sträuchern) kompensiert werden.

Die Bereiche unter den Modulen sind aufgrund der deutlich veränderten Standortbedingungen bei der Eingriffsbewertung und -bilanzierung differenziert zu betrachten. Die im Rahmen der Eingriffsbewertung immer wieder pauschal getroffene Annahme, dass sich im gesamten Solarpark als Zielbiotop flächig extensives (artenreiches) Grünland entwickelt, wird aufgrund der oben dargestellten Auswirkungen der Modulüberstellung als nicht haltbar bewertet.

Dies bedeutet, dass sich lediglich Biotoptypen geringer Wertigkeit, für die nach dem Bau keine Verschlechterung zu erwarten ist bzw. die auf den besonnten Teilbereichen ausreichend aufgewertet werden können (v.a. intensiv genutzte, artenarme Acker- und Grünlandflächen), innerhalb der PV-FFA kompensiert werden können. Der Ausgleich großräumig vorkommender höherwertiger Biotoptypen löst i. d. R. einen externen Ausgleichsbedarf aus und kann nicht innerhalb von PV-FFA erbracht werden.

Eine umfassende Übersicht von Maßnahmen zur Vermeidung potenzieller Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG, die sich durch Beeinträchtigungen aus den verschiedenen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren von PV-FFA (s. Kap. 2.2) ergeben, ist in der folgenden Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von **Biototypen/ Vegetation** durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA (nach Hietel *et al.*, 2021b; Günnewig *et al.*, 2007; Seidel *et al.*, 2024a, ergänzt u. verändert).

Wirkfaktoren	Beeinträchtigungen	Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen	
baubedingt		intern	extern
Baufeldfreimachung und Baustelleneinrichtung sowie Maschineneinsatz, Baustellenverkehr und Bautätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Großflächige Schädigung/ Beseitigung der vorhandenen Vegetationsdecke – Zerstörung/ Verlust hochwertiger und geschützter Biotopstrukturen – Rodung von Gehölzen – Verstärkte Bodendegradation durch Verdichtung und Umschichtung 	<ul style="list-style-type: none"> – Bodenschutzkonzept/ Bodenkundliche Baubegleitung nach DIN 19639 – Erstellen eines Baustelleneinrichtungsplan mit Baueinrichtungsflächen, Baustraßen, Lager- und Stellflächen sowie Tabuflächen – Frühzeitiger Ausschluss hochwertiger und geschützter Biotopstrukturen – Erhalt kleinräumiger Biotopstrukturen (Gehölze, Einzelbäume) – frühzeitige Einsaat von Ackerflächen mit einer Feldgrasmischung (Bodenschutz) – Gleichwertige Wiederherstellung der Biotopstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> – Ersatz/ Ausgleich durch die Neuanlage von Biotopstrukturen – Neupflanzung von Gehölzen
anlagenbedingt		intern	extern
Flächeninanspruchnahme (Flächenversiegelung und Überstellung der Bodenoberfläche mit Modulen)	<ul style="list-style-type: none"> – Kleinflächiger dauerhafter Verlust von Vegetationsflächen durch Versiegelung – Geringere Vegetationsdeckung, geringerer Artenreichtum und vegetationslose Flächen unter den Modultischen – Verringerte Wasserverfügbarkeit für Pflanzen unter den Modultischen 	<ul style="list-style-type: none"> – Minimierung/ Begrenzung der zulässigen Versiegelung – Festlegung einer Mindesthöhe für die Module von 80 cm – Größere Modulreihenabstände mit besonnten Bereichen – Lückenhafte Montage der Module zur breitflächigen Verteilung des Niederschlagswassers unter den Modultischen 	<ul style="list-style-type: none"> – Ersatz/ Ausgleich durch die Neuanlage von Biotopstrukturen

		<ul style="list-style-type: none"> – Begrenzung der Modultischtiefe zu Minimierung der Verschattung – Festlegung von Mindestabständen im Falle von Ost-West-ausgerichteter Anlagen im Bereich der Modulober- und Unterkanten – Einsaat mit standortgerechter, autochthoner Saatgutmischung oder Mahdgutübertragung 	
betriebsbedingt		intern	extern
Bewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> – Verlust von Artenvielfalt durch eine ungeeignete Bewirtschaftung 	<ul style="list-style-type: none"> – Abschnittsweise Bewirtschaftung – Extensive Bewirtschaftung (Mahd mit Abräumen des Mahdguts oder Beweidung mit begrenzter Besatzdichte) – Ausschluss von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln – Belassen von Altgrasstreifen 	

3.3 Arthropoden (Gliederfüßer)

3.3.1 Bestäuber-Insekten / Tagfalter

Besonders in Großbritannien wurden auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen zahlreiche Aufnahmen von Bestäuber-Insekten, v. a. Hummeln und Tagfaltern, sowie Untersuchungen zur Aufwertung von PV-FFA durch Blühflächen durchgeführt. Diese haben gezeigt, dass Bestäuber-Insekten die Anlagen nutzen und insbesondere von der Anlage von Blühflächen profitieren (Blaydes *et al.*, 2021; Blaydes *et al.*, 2022; Blaydes *et al.*, 2024; Clarkson & Woods, 2019, 2020; Montag *et al.*, 2016; Parker & McQueen, 2013; Solar Energy UK, 2023, 2024b, 2024a). Es ist jedoch hervorzuheben, dass hier v.a. weit verbreitete, generalistische Arten in ähnlichen Häufigkeiten wie in anderen Agroökosystemen kartiert wurden (Blaydes *et al.*, 2024; Solar Energy UK, 2024b). In Untersuchungen, in denen die Lage verschiedener Aufnahmetransekte in der Auswertung angegeben wurde, wurden jedoch mehr Arten und Individuen in den besonnten Randbereichen und artenreichen Biodiversitätsflächen erfasst als zwischen den Modulreihen. Vergleiche mit umliegenden Grünland-Kontrollflächen wurden nicht durchgeführt. Graham *et al.* (2021) konnten für eine Anlage in den USA zeigen, dass Artenzahlen und Häufigkeit von Bestäubern in der Sonne und im Halbschatten höher als im Vollschatten waren, zudem hat sich der Blühzeitraum von Pflanzen im Halbschatten verzögert, wovon Insekten, die noch später im Jahr aktiv sind, profitieren könnten.

In einer aktuellen Studie aus Holland (Kocsis *et al.*, 2025) wurden extensiv gepflegte PV-FFA mit landwirtschaftlich genutztem Intensivgrünland und Extensivgrünland verglichen. Wildbienen und Schwebfliegen zeigten in den PV-FFA ähnlich hohe Häufigkeiten und Diversität wie in extensivem Grünland, Tagfalter waren jedoch nicht häufiger als im Intensivgrünland. Die AutorInnen schließen, dass v.a. bodenbewohnende Arthropoden und Tagfalter von der Bodeneingriffen während des Baus sowie der Modulüberstellung negativ beeinflusst werden. Die Studie unterscheidet nicht zwischen offenen und mit Modulen überstellten Bereichen innerhalb der PV-FFA.

Die direkten Auswirkungen der Modulüberstellung und des Pflegemanagements auf Bestäuber (u.a. Wildbienen, Tagfalter, Schwebfliegen) wurden jedoch in einer Studie (Lec'hvien *et al.*, 2025) in PV-FFA in atlantischen und mediterranen Regionen in Frankreich untersucht. Unabhängig von der Region – und somit von Klima, Boden u. Vegetation – konnte im Vergleich zu offenen Bereichen ein sehr starker Rückgang der Häufigkeit und v.a. auch der Bestäuber-Pflanze-Interaktionen unter den Modulen festgestellt werden, die Bereiche zwischen den Modulen nahmen eine mittlere Stellung ein. Dies bestätigt die Bedeutung der offenen, besonnten Bereiche innerhalb von PV-FFA für Bestäuber-Insekten. Die Studie hat zudem festgestellt, dass sich eine Beweidung im Vergleich zur Mahd (ohne Abtransport des Mahdguts) ebenfalls negativ auf Bestäuber ausgewirkt hat, was an einer höheren Intensität der Beweidung im Vergleich zur Mahd liegen könnte. Die Autoren betonen jedoch, dass bei der Auswertung nicht nach Mahd- und Beweidungsintensität differenziert wurde und hier weiterer Forschungsbedarf besteht.

Peschel *et al.* (2019) werteten Kartierungen von PV-FFA auf Konversionsflächen aus, die zeigten, dass viele seltene bzw. spezialisierte Tagfalterarten die Anlage nutzen. Nach dem Bau wurden fast gleich viele Arten wie vor dem Bau kartiert. Hier ist anzumerken, dass sich in den Anlagen durch extensive Pflege (Mahd mit Abräumen) Trockenrasen entwickelt haben und sich im Umfeld hochwertige

trockene Quellbiotope befinden. Generell wurde für Insekten beobachtet, dass der Abstand der Modulreihen zueinander einen Einfluss auf die Artenzahl und auf die erreichten Populationsdichten hat. Durch besonnte Streifen von mind. 3 m wurde in den untersuchten Kartierungen die Diversität erheblich erhöht. In einer aktuellen Untersuchung von PV-FFA auf ehemaligen Ackerstandorten konnten Peschel & Peschel (2025) aufgrund der Lage in intensiv genutzter Agrarlandschaft überwiegend weit verbreitete, wenig anspruchsvolle Tagfalter Arten nachweisen, die jedoch stellenhaft massenhaft vorkamen.

Bei der Kartierung der Anlage Schornhof bei Berg im Gau (Stille, 2023) dominierten häufige, generalistische Arten und Arten der offenen Kulturlandschaften ohne besonderen Schutzstatus die Tagfalterfauna. Die vorliegende Ruderalvegetation wies hier eine geringe Diversität an Blütenpflanzen auf. Auch in einer Anlage in Niederbayern (Gabriel, 2018) wurde eine eher artenarme Tagfalterfauna kartiert, obwohl für Tagfalter gute kleinklimatische und strukturelle Voraussetzungen vorlagen. Begründet wurde dies durch das stark reduzierte Blütenangebot der Flächen verbunden mit dem für Tagfalter suboptimalen Pflegeregime (Mulchen, Mahd zu ungünstigen Zeitpunkten sowie Beweidung). Alle Probetransekte lagen in damals jungen Maßnahmenflächen außerhalb der eingezäunten überstellten Modulflächen, somit können keine Aussagen zu den Auswirkungen der Modulüberstellung getroffen werden. Die eingezäunten Modulflächen wurden als vergleichsweise monoton beschrieben, weswegen keine weiteren Artenfunde erwartet wurden. Beide PV-FFA (Gabriel, 2018; Stille, 2023) liegen zudem relativ isoliert in intensiv genutzter Agrarlandschaft mit teils dokumentiertem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, was die Besiedlung spezialisierter und wenig mobiler Arten erschwert. Diese Ergebnisse heben die Bedeutung des Umfelds bzw. der Vornutzung von PV-Anlagen bei der Bewertung der zu erwartenden Biodiversität einer Anlage hervor (Gabriel, 2018; Peschel & Peschel, 2025; Stille, 2023).

Zu den Auswirkungen von PV-FFA auf Tagfalter ist insbesondere eine Feldstudie von Reich *et al.* (2019) hervorzuheben, in der die Habitatnutzung unterschiedlicher Teilbereiche (Freiflächen, Modulzwischenräume) einer PV-FFA (ca. 3 m Reihenabstand) und die Bewegungsmuster der Falter auf der PV-FFA untersucht wurden. In der Anlage wurden v. a. typische Grünlandarten gefunden, jedoch auch der in Niedersachsen stark gefährdete bzw. vom Aussterben bedrohte Art-Komplex Kleiner/Großer Sonnenröschen-Bläuling. Auf der PV-FFA wurden vor allem die Randbereiche der Flächen genutzt, die eine hohe Besonnung und ein vermehrtes Angebot blühender Pflanzen aufwiesen, v. a. auch geschotterte Zaunbereiche mit lückiger, weniger grasdominierter Vegetation. Die Bereiche zwischen den Modulreihen wurden, wie auch von Lec'hvien *et al.* (2025) beobachtet, weniger genutzt, wobei Individuen ebenfalls auf einzelnen Blüten sitzend und entlang der Reihen durchfliegend beobachtet wurden. Negative Effekte der technischen Elemente der Anlage konnten nicht beobachtet werden, einzelne Falterindividuen wurden sitzend auf den Modulen beobachtet. Zudem stellte die Einzäunung keine Barriere für die Falter dar, die Modulreihen konnten von den meisten Arten über- und unterfliegen werden. Auch bei Einzäunung sind PV-FFA für Tagfalter nicht isoliert. Die AutorInnen kamen zu dem Schluss, dass die Strukturvielfalt, ein hohes Blütenangebot und verschiedene Feuchtegradienten auf PV-FFA – neben dem Einwanderungspotenzial der umliegenden Landschaft – entscheidende Faktoren für die Artenvielfalt sind. Auch ältere Studien bestätigten, dass das Vorkommen und die Artenzahlen von Tagfalterarten auf Vegetationstyp und Blütenreichtum zurückzuführen sind. Auch hier hielten sich Tagfalter, insbesondere nach der Mahd auf den PV-FFA,

häufig in zaunhaften Saumstrukturen auf (Hübner et al. 2014 & Landeck et al. 2014 in Reich *et al.*, 2019).

3.3.2 Heuschrecken

Herden *et al.* (2009) konnten zeigen, dass auf Betriebsflächen mit heterogener Vegetation (ohne Einsaat, keine Pestizidbehandlung) auch anspruchsvollere Heuschreckenarten vorkommen können und dass die besonnten Streifen gegenüber den von den Modulen beschatteten Streifen deutlich bevorzugt werden. Dieser Effekt war sowohl bei trockenheitsliebenden als auch bei mesophilen und feuchtigkeitsliebenden Arten feststellbar.

Landeck *et al.* (2013) berichten ebenfalls, dass in PV-FFA u.a. für Heuschrecken kleinräumige Unterschiede zwischen Standorten in den Modulzwischenräumen und unterhalb der Module feststellbar waren. Während die Lebensgemeinschaften zwischen den Modulreihen meist noch mit denen des Offenlands außerhalb der Modulreihen vergleichbar sind, weisen die Gemeinschaften unterhalb der Module eine andere Artenzusammensetzung mit oftmals geringerer Besiedlungsdichte auf.

Bei einem Vergleich zweier benachbarter PV-FFA mit unterschiedlichem Reihenabstand (1,5 - 2,5 m und 5 - 6 m) konnten in der Anlage mit den breiteren Abständen mehr Heuschreckenarten gefunden werden (Peschel *et al.*, 2019; Peschel & Peschel, 2023). Weiterhin wurden besonders auf Magerrasen oder vegetationsarme oder -lose Flächen angewiesene stenöke Arten wie Blauflügelige Sandschrecke, Italienische Schönschrecke und Rotleibiger Grashüpfer nur in der Anlage mit größerem Reihenabstand gefunden.

Peschel & Peschel (2025) konnten in PV-FFA auf ehemaligen Ackerstandorten v.a. ungefährdete Heuschreckenarten nachweisen. Die meisten Arten bevorzugten offene und sonnige Habitate. Somit sind grundsätzlich Wege und deren Randbereiche in den Anlagen von besonderer Bedeutung, v.a. wenn die Modulreihen eng gestellt sind. Bereiche zwischen den Modulreihen wurden genutzt, wenn dies ausreichend besonnt waren. Massenbestände von Heuschrecken fanden sich ausschließlich auf Flächen, die eine ausreichende Besonnung aufwiesen. Peschel & Peschel (2025) kommen zu dem Schluss, dass die Reihenabstände einen relativ geringen Einfluss auf das Vorkommen von Heuschrecken haben, da v.a. den Wegen und deren Randstrukturen innerhalb der Anlage eine herausragende Bedeutung zugesprochen wird. Diese Bereiche bieten vielen Arten einen geeigneten Lebensraum und eine ausreichende Möglichkeit stabile Populationen aufzubauen.

Bei Gabriel (2018) wurde in einer Anlage in Niederbayern, wie bei den Tagfaltern auch, eine eher artenarme Heuschreckenfauna aufgenommen, allerdings wurden mit der Lauschschrecke und dem Wiesengrashüpfer zwei auf der Vorwarnstufe der Roten Liste Bayerns eingestufte Arten mit regionaler Bedeutung kartiert. Im Gebiet liegen gute kleinklimatische und strukturelle Voraussetzungen für Heuschrecken vor, jedoch erschwert die isolierte Lage in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft die Besiedlung der PV-FFA. Bei Stille (2023) wurden in der untersuchten Anlage wie bei den Tagfaltern auch bei den Heuschrecken v. a. Arten des Wirtschaftsgrünlands und der Brachen ohne Schutzstatus vorgefunden.

3.3.3 Laufkäfer, Spinnentiere und weitere Gliederfüßer

Eine der wenigen wissenschaftlichen Studien kommt von Zitzmann *et al.* (2024), die in drei PV-FFA (Reihenabstand 3,5 - 4 m, Tischtiefe 3 m) in Niedersachsen die Habitatnutzung von Laufkäfern untersucht haben. Hierbei wurde die Nutzung der Randbereiche mit den Bereichen zwischen und unter den Modulreihen verglichen. In den Anlagen wurden fast ausschließlich weit verbreitete, generalistische Arten gefunden, für die die Randbereiche und Bereiche zwischen den Modulreihen ähnlich gute Habitatbedingungen aufwiesen. Die Bereiche unter den Modulen waren bzgl. der gefundenen Artenzahlen und der Aktivität der Käfer stark verarmt. Da selbst anpassungsfähige, weit verbreitete Arten Bereiche unter den Modulen kaum nutzen, wurde gefolgert, dass diese für seltene xerotherme Arten vermutlich keinen Wert als Habitat aufweisen.

Auch Landeck *et al.* (2013) berichten, dass in PV-FFA u.a. für Laufkäfer und Spinnen kleinräumige Unterschiede der Artengemeinschaften zwischen Standorten in den Modulzwischenräumen und unterhalb der Module feststellbar waren. Während die Artengemeinschaften zwischen den Modulreihen meist noch mit denen des Offenlands außerhalb der Modulreihen vergleichbar sind, wiesen die Gemeinschaften unterhalb der Module eine andere Artenzusammensetzung mit oftmals geringerer Besiedlungsdichte auf.

Neben dem Vergleich des Grünlands betrachteten Hietel *et al.* (2021a) ebenfalls die Arthropodenfauna innerhalb und außerhalb von PV-FFA. Innerhalb der drei Anlagen wurde zwischen Licht- und Schattenbereichen, also Bereiche neben und unterhalb der Module, unterschieden. Die gefundenen Arthropoden-Abundanzen waren in Solarparks zwar vergleichbar mit den Referenzflächen, dies ließ sich jedoch nur mit der größeren Vielfalt an Lebensraumstrukturen, insbesondere Licht- und Schattenstrukturen in den Solarparks erklären, die auf den Referenzflächen ohne Modulüberstellung nicht vorhanden waren. Bei der hochwertigsten Grünland-Referenzfläche (FFH-LRT 6510) waren die Abundanzen höher als im Solarpark. Dennoch können PV-FFA vielfältige Arthropodengemeinschaften aufweisen. Aus den Fängen ließ sich ableiten, dass Flächen unter sehr tiefen Modultischen (hier 7,5 m) aufgrund der ausgeprägten Schattenverhältnisse offenbar keinen guten Lebensraum mehr für Arthropoden darstellen. Während mehr Käfer auf den Flächen außerhalb der PV-FFA gefangen wurden, profitierten Spinnen und Weberknechte von der Strukturvielfalt in den Anlagen. Springschwänze wurden ebenfalls häufiger in den Anlagen, hier vermehrt in den Schattenbereichen gefangen. Zudem wurden relativ wenige Bestäuber-Insekten, z. B. kaum Bienen, gefangen. Heuschrecken wurden fast ausschließlich in den besonnten Bereichen gefangen.

In der in Kap. 3.3.1 bereits angesprochenen Studie aus den Niederlanden (Kocsis *et al.*, 2025) wurden extensiv gepflegte PV-FFA mit landwirtschaftlich genutztem Intensivgrünland und Extensivgrünland verglichen. Bodenbewohnende Arthropoden zeigten keine Unterschiede in den Artenzahlen zwischen den Flächen, es wurde jedoch eine geringere Biomasse und Häufigkeit innerhalb der PV-FFA festgestellt. Die Studie unterscheidet nicht zwischen offenen und mit Modulen überstellten Bereichen innerhalb der PV-FFA.

3.3.4 Aquatische Insekten

In einigen wenigen Studien wurde darüber diskutiert, ob aquatische Insekten Solarmodule durch deren Reflexion von polarisiertem Licht mit Wasserflächen verwechseln können und sogar zu Eiablage verleitet werden, wodurch die Module ökologische Fallen darstellen könnten (sog. „lake-effect“-Hypothese) (Fraleigh *et al.*, 2021; Horváth *et al.*, 2009; Horváth *et al.*, 2010). Dieser „lake-effect“ kann durch eine Partitionierung der Module mit weißen Rändern oder matten Oberflächen reduziert werden (Black & Robertson, 2020; Forgan *et al.*, 2026; Fritz *et al.*, 2020; Száz *et al.*, 2016). Von einigen AutorInnen wird darüber hinaus empfohlen PV-FFA nicht in die unmittelbare Nähe von Gewässern zu bauen. Forgan *et al.* (2026) weisen darauf hin, dass die aktuellen Module durch den Rasterverbund eventuell bereits so gebaut sind, dass sie aquatische Insekten vertreiben. Es sind zudem empirische Studien notwendig, um eine relevante Anziehung aquatischer Insekten in Bestandsanlagen zu belegen. Bisher gibt es nur wenige und v.a. experimentelle Belege für den lake-effect (insbesondere für Insekten) und deren Auswirkungen auf lokale Populationen (Gómez-Catasús *et al.*, 2024). Zur Vermeidung von Reflexionsverlusten und Ertragseinbußen sind die Module im europäischen Markt heute faktisch standardmäßig mit Antireflexschicht bzw. strukturiertem, entspiegeltem Frontglas ausgestattet. Dies lässt ebenfalls vermuten, dass eine Verwechslungsgefahr der Module mit Wasserflächen für aquatische Insekten in Anlagen an Gewässern gering ist.

3.3.5 Fazit Arthropoden

Käfer, Bestäuber, Tagfalter und Heuschrecken zeigen die klare Präferenz in PV-FFA vorrangig die besonnten Randbereiche und Streifen zwischen den Modulreihen zu nutzen. Als ektotherme Artengruppe, deren Vorkommen eng an bestimmte mikroklimatische Bedingungen, heterogene Vegetationsstrukturen und ein diverses Blühpflanzenangebot gebunden ist (Fartmann *et al.*, 2021), ist dies nicht unerwartet. Durch die Überstellung mit Modultischen ist nach dem aktuellen Kenntnisstand somit mit einer Beeinträchtigung der Lebensräume zu rechnen.

Für einen notwendigen Erhalt bzw. eine Wiederansiedlung betroffener geschützter Arten ist es unabdingbar, dass die überplanten Lebensräume innerhalb der Anlage erhalten bzw. wiederhergestellt und durch ein angepasstes extensives Pflegeregime dauerhaft erhalten werden (Bonari *et al.*, 2017; Fumy *et al.*, 2023). Entwickeln sich artenarme homogene Vegetationsbestände, ist mit einer Verarmung der Artengemeinschaften zu rechnen. Für den Erhalt bzw. die fachgerechte Wiederherstellung der Ausgangsbiotope kommen, wie in Kap. 3.2.1 beschrieben, v. a. die Randbereiche und besonnte Streifen zwischen den Modulreihen in Frage. Der Erhalt von Arten auf der Fläche hängt zudem von dem Grad des Habitatverlusts durch die Modulüberstellung und der Beeinträchtigung während der Bauphase, die Wiederbesiedlung von vorhandenen angrenzenden Rückzugsräumen oder der Vernetzung mit artenreichen Spenderflächen in der Umgebung ab. Die Berücksichtigung des Wiederbesiedlungspotenzials ist besonders bei isolierten „Biotopinseln“ von besonderer Bedeutung. Im Falle einiger streng geschützter, spezialisierter Tagfalter, die an das Vorkommen weniger oder einzelner Wirtspflanzen gebunden sind, ist das kurzfristige Ausgleichspotenzial auch in den Randbereichen von PV-Anlagen kritisch zu sehen. Durch die baubedingten Störungen kann die Entwicklung des gewünschten Zielbiotoptyps mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

Empfehlungen für einen Mindest-Reihenabstand zum teilweisen Erhalt der Habitats im Bereich der Module lassen sich lediglich aus Beobachtungen einzelner Anlagen ableiten. So geben einige

AutorInnen besonnte Mindestbreiten zwischen den Modulreihen von 2,5 - 3 m an, was in der Anlage einem Reihenabstand von ca. 5 - 6 m entsprach (Peschel *et al.*, 2019; Peschel & Peschel, 2023), andere empfehlen pauschal einen Reihenabstand von mind. 3,5 m, im Optimalfall 5 - 6 m (Hietel *et al.*, 2021a; Hietel *et al.*, 2021b). Im Falle der Heuschrecken verweisen Peschel & Peschel (2025) wiederum auf den geringen Einfluss der Reihenabstände und die Bedeutung von Wegen und Randstrukturen. Ein systematischer Vergleich der Auswirkungen der Breite besonnener Streifen auf die Diversität und Aktivität von Artengruppen steht noch aus.

Unter Berücksichtigung des hohen Werts besonnener Freiflächen für viele Arten scheint bei einer festgesetzten überbaubaren Grundfläche (GRZ) der Ansatz sinnvoll, die Größe zusammenhängender (randlicher) Freiflächen und breiter Wege inkl. Saumstrukturen zwischen Modulblöcken auf Kosten der weniger optimalen Bereiche zwischen den Modulen zu maximieren. So könnten anstelle einer großflächigen Modulüberstellung mit mittleren Reihenabständen die Module in Blöcke mit geringen Reihenabständen gruppiert werden, die regelmäßig durch breite begrünte Wege bzw. Korridore getrennt sind. So können größere vernetzte und ungestörte Lebensräume für geschützte Arten mit geringeren negativen Randeffekten durch angrenzende Module geschaffen werden. Zudem kann durch die Korridore die Barrierewirkung bzw. der Raumwiderstand der Module für einige Arten reduziert werden.

Eine umfassende Übersicht von Maßnahmen zur Vermeidung potenzieller Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG, die sich durch Beeinträchtigungen aus den verschiedenen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren von PV-FFA (s. Kap. 2.2) ergeben, ist in der folgenden Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von **Arthropoden/ Insekten** durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA (nach Hietel *et al.*, 2021b; Günnewig *et al.*, 2007; Seidel *et al.*, 2024a, ergänzt u. verändert).

Wirkfaktoren	Beeinträchtigungen	Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen	
baubedingt		intern	extern
Baufeldfreimachung und Baustelleneinrichtung sowie Maschineneinsatz, Baustellenverkehr und Bautätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Temporärer bis vollständiger Verlust des Habitats – Störung, Vertreibung, Tötung von Tieren – Störung von Nachtinsekten durch Baustellenbeleuchtung 	<ul style="list-style-type: none"> – Bauzeitenregelung – Freihaltung von Teilflächen – Erhalt und Integration wertvoller Biotopstrukturen (z. B. Saumstrukturen) – Verzicht oder Minimierung der Baustellenbeleuchtung – Insektenfreundliche Beleuchtung 	<ul style="list-style-type: none"> – Anlage angrenzender Ausweichhabitate
anlagenbedingt		intern	extern
Flächeninanspruchnahme (Flächenversiegelung und Überstellung der Bodenoberfläche mit Modulen)	<ul style="list-style-type: none"> – Keine geschlossenen Vegetationsdecke unter den Modulen – ggf. artenarme homogene Vegetation zwischen den Modulreihen – Verlust von Habitatstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> – Belassen von Flächen mit lückenhafter Vegetation – Aussparung von besonnten Freiflächen zur Anlage von Blüh- und Saumstreifen – Größere Modulreihenabstände mit besonnten Bereichen – Begrenzte Tiefe der Modultische 	<ul style="list-style-type: none"> – Vernetzung mit angrenzenden Biotopen zur Steigerung des Einwanderungspotentials
Visuelle Wirkung der Modulfläche	<ul style="list-style-type: none"> – Verwechslung mit Wasserflächen (ökologische Falle) 	<ul style="list-style-type: none"> – PV-FFA nicht in der Nähe von sensiblen Gewässern errichten – Partitionierung der Module oder anti-reflektierende bzw. bioreplizierte Beschichtung (noch nicht verfügbar) 	

betriebsbedingt		intern	extern
Bewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> – ggf. artenarme homogene Vegetation zwischen den Modulreihen – Beeinträchtigungen der Artenzahl und -vielfalt durch „falsche“ Pflege (großflächiges Mulchen) 	<ul style="list-style-type: none"> – Zeitlich angepasste Bewirtschaftung – Abschnittsweise Bewirtschaftung – Extensive Bewirtschaftung (Mahd mit Abräumen des Mahdguts oder Beweidung mit begrenzter Besatzdichte) – Ausschluss von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln – Belassen von Altgrasstreifen 	

3.4 Reptilien / Amphibien

Zu den Auswirkungen von Solarparks auf Reptilien und Amphibien liegen bislang immer noch keine wissenschaftlichen Studien aus klimatisch mit Mitteleuropa vergleichbaren Lebensräumen vor (Schlegel, 2021; Lafitte *et al.*, 2023; Gómez-Catasús *et al.*, 2024).

Die Zauneidechse stellt eine der am häufigsten betroffenen planungsrelevanten Arten in PV-FFA dar, für die regelmäßig Vermeidungsmaßnahmen sowie interne Kompensationsmaßnahmen in den Randbereichen der Parks (Anlage von Sonn-, Versteck-, Eiablage- und Überwinterungsplätzen) sowie auf eigenen Maßnahmenflächen durchgeführt werden (Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V., 2021; Peschel *et al.*, 2019; Peschel & Peschel, 2023; Peschel & Peschel, 2025). Die Art besiedelt nachweislich Anlagen nach dem Bau wieder und profitiert hier deutlich von Reihenabständen von 5 - 6 m (Peschel & Peschel, 2023).

Je nach Region könnten auch weitere streng geschützte Reptilienarten wie z. B. die Mauereidechse oder auch die Schlingnatter betroffen sein, die oft syntop mit der Zauneidechse vorkommt. In England wurden in PV-FFA die Ringelnatter und die Waldeidechse als weitere in Deutschland besonders geschützte Reptilienarten gesichtet (Clarkson & Woods, 2020).

Bei Amphibien geht man davon aus, dass PV-FFA geeignete Landlebensräume darstellen bzw. als Wanderrouen dienen. Liegen Gewässer planungsrelevanter Amphibienarten bereits in Plangebiet vor, können diese i. d. R. erhalten und umliegende Flächen gemäß der jeweiligen Habitatansprüche entwickelt werden (Peschel *et al.*, 2019; Peschel & Peschel, 2025). Amphibien können nachträglich PV-FFA besiedeln, falls sich dort geeignete stehende Gewässer entwickeln. So wurde z.B. die Kreuzkröte in Solarparks in Schleswig-Holstein oder Bayern nachgewiesen (Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V., 2021; Schwaiger, 2022). Hier ist anzumerken, dass die Art in ihrem Verbreitungsgebiet auch in temporären Kleingewässern auf Äckern vorkommen kann, weswegen Ackerflächen als Standort nicht pauschal als konfliktarm anzusehen sind. In PV-FFA Anlagen in England wurden mit dem Kammolch sowie dem in Deutschland jeweils besonders geschützten Teich- und Fadenmolch weitere geschützte Arten gefunden (Clarkson & Woods, 2020). Die Beschattung durch die Module wird für Amphibien im Landlebensraum als eher positiv bewertet (Peschel *et al.*, 2019; Peschel & Peschel, 2025), weswegen Reihenabstände von keiner besonderen Bedeutung zu sein scheinen. Jedoch könnten Amphibien indirekt von größeren Reihenabständen profitieren, da diese den Insektenreichtum im Gebiet fördern können (vgl. Kap. 3.3).

3.4.1 Fazit Amphibien / Reptilien

Aus den oben dargelegten Erfahrungswerten lässt sich schließen, dass ein geschützter Reptilien- und Amphibienarten Vorkommen in PV-FFA bei Erhaltung bzw. fachgerechter Wiederherstellung der Ausgangsbiotope, einer zielartenkonforme (z.B. reptilienfreundliche) Pflege und ggf. ausreichend großen Reihenabständen möglich ist. Für die Anlage von Sonn-, Versteck-, Eiablage- und Überwinterungsplätzen für Reptilien eignen sich v. a. die Randbereiche der Anlagen.

Eine umfassende Übersicht von Maßnahmen zur Vermeidung potenzieller Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG, die sich durch Beeinträchtigungen aus den verschiedenen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren von PV-FFA (s. Kap. 2.2) ergeben, ist in der folgenden Tab. 6 dargestellt.

Tab. 6 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von **Reptilien und Amphibien** durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA (nach Hietel *et al.*, 2021b; Günnewig *et al.*, 2007; Seidel *et al.*, 2024a, ergänzt u. verändert).

Wirkfaktoren	Beeinträchtigungen	Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen	
baubedingt		intern	extern
Baufeldfreimachung und Baustelleneinrichtung sowie Maschineneinsatz, Baustellenverkehr und Bautätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Temporärer Verlust von Habitaten – Töten, Verletzen oder Stören von Tieren 	<ul style="list-style-type: none"> – Erhalt und Integration wertvoller Biotopstrukturen (Kleingewässer, Feucht- oder Trockenbiotope, Steinbiotope u.a.) – Bauzeitenregelung (z. B. Krötenwanderung) 	<ul style="list-style-type: none"> – Schaffung (temporärer) Ausweichhabitate – Umsiedlung
anlagenbedingt		intern	extern
Flächeninanspruchnahme (Flächenversiegelung und Überstellung der Bodenoberfläche mit Modulen)	<ul style="list-style-type: none"> – Teilweiser bis vollständiger Verlust von Habitatstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> – Wiederherstellung der beanspruchten Habitatstrukturen (Sonn-, Versteck-, Eiablage- und Überwinterungsplätze) – Größere Modulreihenabstände mit besonnten Bereichen – Aussparung von besonnten Freiflächen zur Anlage von Blüh- und Saumstreifen – Anlage von Kleinstrukturen (Lehsesteinhaufen, Kleinstgewässer o.a.) – Anlage von flachen Rückhalte- und Versickerungsmulden (Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes) 	<ul style="list-style-type: none"> – Ausgleich durch Neuanlage von Habitatstrukturen außerhalb der PV-FFA
Zaunanlage	<ul style="list-style-type: none"> – Barrierewirkung bei undurchlässigen Zaunanlagen/ Einfassung mit Kantensteinen o.ä. – Zerschneidung von Wanderkorridoren 	<ul style="list-style-type: none"> – Durchlässige Zaunanlage – Freihaltung/ Anlage von Wanderkorridoren 	

betriebsbedingt		intern	extern
Bewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> – Verletzen / Töten von Tieren – ggf. artenarme homogene Vegetation auf der Anlagenfläche durch Mulchen 	<ul style="list-style-type: none"> – „reptilienfreundliche“ Pflege (u.a. Vermeidung zu niedriger Schnitthöhen, Mahd außerhalb der Aktivitätszeit der Tiere) – Abschnittsweise Bewirtschaftung – Extensive Bewirtschaftung (Mahd mit Abräumen des Mahdguts oder Beweidung mit begrenzter Besatzdichte) – Ausschluss von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln 	

3.5 Säugetiere

3.5.1 Fledermäuse

Auch zu Fledermäusen in PV-FFA gibt es bisher kaum wissenschaftliche Untersuchungen (Lafitte *et al.*, 2023), in den letzten Jahren wurden jedoch einige wissenschaftliche Studien zu der Artengruppe veröffentlicht (Baudouin *et al.*, 2026; Barré *et al.*, 2024; Szabadi *et al.*, 2023; Szoldatits *et al.*, 2025; Tinsley *et al.*, 2023). Aufgrund des Schutzstatus der heimischen Fledermausarten und der laufenden Diskussion zu den Auswirkungen von PV-FFA werden diese Studien etwas ausführlicher betrachtet.

Montag *et al.* (2016) lieferten für PV-FFA in England erste Hinweise, dass die Anlagen im Vergleich zu Kontrollflächen zwar nicht die Artenzahl, wohl aber die Aktivität von Fledermäusen negativ beeinflussten. In einer Studie aus den USA (Smallwood, 2022) wurden Fledermäuse als Opfer von Zäunen um PV-FFA genannt, die Schätzung betrug 2,6 tote Tiere pro km und Jahr. Hierzu besteht jedoch ebenfalls weiterer Forschungsbedarf.

In Ungarn wurde die Aktivität von Fledermäusen in 15 PV-FFA und deren Umgebung untersucht (Szabadi *et al.*, 2023). In den Solarparks wurden 8 der insgesamt 9 vorkommenden Arten bzw. Artengruppen – nicht nur im Transferflug, sondern auch jagend – nachgewiesen. Die Anlagen wurden in großer Individuenzahl von Fledermausarten als Nahrungshabitat genutzt, die auch innerhalb von Siedlungen und auf landwirtschaftlichen Flächen jagen (v. a. Alpenfledermaus, Großer Abendsegler und Weißbrandfledermaus). Diese Arten wurden in den PV-FFA jedoch weniger häufig erfasst als in Grünflächen innerhalb von Siedlungen, was mit einem geringeren Wert der Solarparks für die Arten aufgrund fehlender Gehölze erklärt wurde. Die AutorInnen gaben an, dass in den Solarparks ähnliche Fledermaus-Gesellschaften wie im Ackerland gefunden wurden, was darauf hinweist, dass PV-FFA ein ähnlich „schlechtes“ Habitat darstellen könnte. Allerdings waren viele der untersuchten Anlagen von Ackerland umgeben, was dieses Ergebnis auch beeinflussen kann. Arten wie Mopsfledermaus und Mückenfledermaus sowie die undifferenzierte Artengruppe der Mausohren wurden in den Anlagen nicht bzw. in geringerer Aktivität als im Umland erfasst.

Szabadi *et al.* (2023) betonten zudem explizit, dass die Tiere durch die PV-Module nicht in ihrer Orientierung beeinträchtigt wurden. Dass die glatten Moduloberflächen mit Wasserflächen verwechselt werden („lake-effect“-Hypothese, vgl. Kap. 3.3.4) bzw. als potenzielle akustische Spiegel wirken und zu Kollisionen mit Fledermäusen führen können (Greif & Siemers, 2010; Greif *et al.*, 2017), konnte nicht bestätigt werden. Kollisionen wurden bisher (experimentell und im Feld) nur für das Große Mausohr für vertikale, glatte (Metall-) Oberflächen nachgewiesen. Bei horizontalen, glatten Oberflächen wurden lediglich Trinkversuche ohne Kollisionen aufgenommen, ebenso kam es zu keinen Kollisionen mit den normalen Wänden (Greif *et al.*, 2017). Aufgrund dieser Erkenntnisse sind Kollisionen bei PV-Modulen, die (mit Ausnahme einiger Agri-PV-Systeme) i.d.R. nicht vertikal angeordnet und zur Vermeidung von Reflexionsverlusten mit einer Antireflexschicht bzw. strukturiertem, entspiegeltem Frontglas ausgestattet sind, auch nicht unbedingt zu erwarten.

In England untersuchten Tinsley *et al.* (2023) die Fledermausaktivität innerhalb und am Rand von 19 Solarparks und verglichen diese mit Referenzflächen ohne PV-FFA. Sie wiesen insgesamt 10 Arten bzw. Artengruppen nach, die alle sowohl in den Solarparks als auch in den Referenzflächen nachgewiesen wurden, in den Referenzflächen wurde jedoch eine höhere Aktivität als in den Anlagen

aufgenommen. Ebenso wurden in Randbereichen im Vergleich zu offenen Bereichen höhere Aktivitäten gemessen, sowohl in den Solarparks als auch in den Referenzflächen. Bei 6 von 8 statistisch auswertbaren Arten/-gruppen wurde jedoch eine verringerte Aktivität innerhalb der PV-FFA festgestellt, teilweise in Abhängigkeit der genutzten Anlagenbereiche (offene Bereiche oder Randbereiche). Zu den negativ betroffenen Arten gehörten wie bei Szabadi *et al.* (2023) die Mückenfledermaus und die undifferenzierte Artengruppe der Mausohren. Aufgrund der Ergebnisse empfehlen die AutorInnen, den Einfluss von PV-Anlagen auf Fledermäuse artspezifisch zu bewerten, anstatt das Risiko für Artengruppen zusammenzufassen. Tinsley *et al.* (2023) betonten auch, dass weitere Untersuchungen notwendig seien, um zu klären, ob die verringerte Aktivität einiger Arten von dem schlechteren Nahrungsangebot innerhalb von Anlagen oder der potenziellen Kollision mit Modulen verursacht werden. Gegen letzteres sprechen die oben genannten Ausführungen von Szabadi *et al.* (2023).

In einer Studie aus Frankreich wurden die Flugbahnen und das Jagdverhalten von 7 Fledermausarten bzw. -artengruppen innerhalb von 16 PV-FFA analysiert (Barré *et al.*, 2024). Die gefundenen Änderungen der Flugbahnen waren ein klarer Indikator für ein reduziertes Jagdverhalten. Hieraus wurde geschlossen, dass PV-FFA die Qualität von Jagdhabitaten verringern. Die AutorInnen betonten ebenfalls, dass weitere Untersuchungen notwendig seien, um zu klären, ob der zugrunde liegende Effekt z.B. das verringerte Nahrungsangebot aufgrund der beeinträchtigten Biotope ist.

Zur Beantwortung der Frage der Ursachen der verringerten Jagdaktivität einiger Fledermausarten liefert eine Studie aus den USA erste Hinweise (Szoldatits *et al.*, 2025). In der Studie wurde die Fledermausaktivität auf intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen mit „ecovoltaic“ PV-FFA verglichen, d.h. Anlagen mit artenreicherem Grünland mit dem Ziel der Förderung von Bestäubern und anderen Arten. Die artspezifische Aktivität in den PV-FFA war zu keiner Zeit geringer – in gewissen Zeiträumen sogar bis zu 50 % höher – als auf den landwirtschaftlichen Flächen. Bei einer Umsetzung von PV-FFA, die das Insekten-Nahrungsangebot für Fledermäuse erhöht, scheint die Modulüberstellung kein Hindernis für eine Nutzung als Jagdhabitat zu sein. Dies spricht dafür, dass auch die Ergebnisse der oben beschriebenen Studien (Barré *et al.*, 2024; Tinsley *et al.*, 2023; Szabadi *et al.*, 2023) eher durch die geringere Qualität als Nahrungshabitat, als durch die Modulüberstellung an sich bedingt sein könnten. Szoldatits *et al.* (2025) betonten jedoch auch, dass weitere Untersuchungen, v.a. auch der direkte Vergleich naturferner und naturnaher PV-FFA, notwendig seien.

Baudouin *et al.* (2026; preprint ohne Anhang mit weitergehenden Informationen) untersuchten in der biogeographischen mediterranen Region im Südosten Frankreichs Fledermaus-Aktivitäten in 15 PV-FFA auf vorwiegend Konversionsflächen. Die Fledermausaktivität wurde im Zentrum und in den Randbereichen von Anlagen und umliegenden Habitaten (Acker, Grünland u. Wald) aufgenommen. Zudem wurden die Effekte von Größe und Alter der Anlagen, des Modultyps (fest / tracker) und der Pflege (Mahd / Beweidung) auf die Arten und Gilden (long-range (LRE) / mid-range (MRE) / short-range echolocators (SRE)) untersucht. Die Aktivität war innerhalb der Anlagen für einige Arten (z.B. einige Zwergfledermausarten, Fransenfledermaus, Breitflügelfledermaus) und Gilden (MRE, LRE) geringer als in einigen Habitaten außerhalb. Dies galt jedoch nicht für alle Arten / Gilden bzw. alle Flächen außerhalb.

Keine der Arten zeigte innerhalb der PV-FFA eine höhere Aktivität als außerhalb. Bei 4 der 14 untersuchten Taxa (MRE Gilde und Zwerg-, Weißbrand- u. Mückenfledermaus) nahm die Aktivität innerhalb

der Anlagen mit der Größe der überstellten Fläche zu, was jedoch an einer negativen Korrelation mit der Waldrandlänge liegen könnte; hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Bei 4 Taxa (MRE Gilde, Zwerg-, Weißrandfledermaus u. Großer Abendsegler) war die Aktivität in den Ost-West-Tracker-Anlagen geringer als in den Anlagen mit festen Modulen. Für die MRE Gilde und die Weißrandfledermaus nahm die Aktivität mit dem Alter der Anlage zu, während die Aktivität des Braunen Langohrs in jüngeren Anlagen höher war. Da die untersuchten Anlagen jedoch maximal 8 Jahre alt waren, besteht hier ebenfalls weiterer Untersuchungsbedarf zu der Langzeitnutzung einer PV-FFA. Bei 9 der 14 Taxa nahm die Aktivität innerhalb der Anlagen von den Randbereichen in Richtung des Zentrums ab.

Die Auswirkungen der Pflege unterschieden sich grundlegend je nach Art und betrachtetem Parameter. Es ist daher unwahrscheinlich, dass Standard-Pflegekonzepte zu einer hohen Fledermausdiversität von Arten mit unterschiedlichem Jagdverhalten innerhalb von Parks führen. Für die MRE Gilde sowie die Zwerg- u. Flughautfledermaus führte eine höhere Vegetation zu niedrigeren Aktivitäten. In den untersuchten Anlagen führte eine Schafbeweidung zu einer niedrigeren Vegetationshöhe. Zum Artenreichtum der Vegetation in den Anlagen wurden keine Angaben gemacht.

Überraschenderweise fanden die AutorInnen z.T. höhere Aktivitäten auf Ackerflächen als im Grünland oder in den Anlagen, was evtl. an der Aufstellungen der Aufnahmegeräte an den Rändern der Ackerflächen lag. Im Gegensatz zu anderen Studien wurden für die SRE Gilde und Langohr-Arten keine Aktivitätsunterschiede zwischen PV-FFA und Grünland gefunden. Die AutorInnen verwiesen auf den weiteren Untersuchungsbedarf, u.a. aufgrund der begrenzten Region und der Anzahl der untersuchten Anlagen. Die Ergebnisse der Studie geben jedoch wertvolle Hinweise auf die Komplexität der Faktoren, die eine Nutzung durch Fledermäuse beeinflussen können und lassen auf eine art- und gildenspezifische Empfindlichkeit gegenüber PV-FFA bzw. Nutzung von Anlagen mit unterschiedlichen Parametern schließen.

Neben den zuvor genannten wissenschaftlichen Studien wurden in der bne-Studie zur Artenvielfalt in PV-FFA (Peschel & Peschel, 2025) ebenfalls Fledermäuse in PV-FFA und teilweise angrenzenden Bereichen nachgewiesen. Kartierungen der Flächen vor dem Bau bzw. von unabhängigen Acker-Kontrollflächen, die nicht im Einflussbereich der PV-FFA liegen, wurden i.d.R. nicht durchgeführt. Unterschiede in den Aktivitäten wurden von den Autoren nicht statistisch ausgewertet. Insgesamt wurden 13 Arten und 3 Artengruppen nachgewiesen. Die häufigsten Arten waren der Große und Kleine Abendsegler sowie die Zwergfledermaus. Die Arten wurden v.a. in den Randbereichen und entlang der Wege nachgewiesen, in denen die Transekte aus nachvollziehbaren Gründen zum Großteil verliefen. Es wurden jedoch auch Arten zwischen den Modulreihen kartiert. Die Autoren schließen daraus, dass eine Nutzung v.a. durch die Attraktivität als zusätzliches Nahrungshabitat im Kontext der umliegenden Habitate bedingt ist. Dies stützt die Ergebnisse der zuvor genannten Studien, dass Fledermäuse Anlagen prinzipiell nutzen können.

Zur Beantwortung komplexerer Fragestellungen, v.a. auch denen der vorherigen Studien (Barré *et al.*, 2024; Szabadi *et al.*, 2023; Tinsley *et al.*, 2023) sind die Ergebnisse aufgrund der verwendeten Methodik jedoch nicht geeignet. Dies ist wichtig zu betonen, da Peschel & Peschel (2025) den Anspruch erheben mit ihrer Studie deren Ergebnisse „gründlich zu widerlegen“ (S. 114, Peschel & Peschel, 2025), obwohl sie an diesen Studien Aspekte kritisieren, die gleichermaßen bzw. größtenteils auf ihre

eigene Studie zutreffen⁸. Fachkundigen LeserInnen wird empfohlen, die als Anhang der bne-Studie veröffentlichten Kartierungen⁹ mit den kritisierten Studien bzgl. Studiendesign, objektiver Auswertung, Aussagekraft oder wissenschaftlichem Anspruch zu vergleichen.

In einer aktuellen Untersuchung aus Bayern wurden Fledermäuse in 5 PV-FFA kartiert (Mandery *et al.*, 2026). Die Anlagen unterschieden sich stark im Alter, es zeigten sich in den Ergebnissen jedoch keine signifikanten altersbedingten Unterschiede.

In den PV-Anlagen wurde eine ähnliche Fledermausdiversität festgestellt wie am Rand der Anlagen und in den angrenzenden Strukturen. In einer Kontrollfläche konnte das gleiche Artenspektrum nachgewiesen werden wie in den Anlagen. Das erfasste Artenspektrum wurde von den AutorInnen jedoch nicht angegeben. Die Fledermäuse nutzten die Anlagen vor allem als Jagdgebiet, aber auch zur Balz. Besonders Zwerg- und Mückenfledermäuse schienen die Anlagen als Revier zu akzeptieren. Insgesamt war die Aktivität der Fledermäuse zwischen den Modulreihen geringer als am Rand der Anlagen. Zu den Modulreihenabständen und anderen technischen Parametern wurden von den AutorInnen keine Angaben gemacht.

In der Untersuchung wurden ebenfalls die Abundanz und die Biomasse von Insekten aufgenommen. Im nächtlichen Verlauf überlagerten sich die Maxima der Insektenbiomasse und der Abundanz größerer Insekten (5–20 mm) mit dem Aktivitätsmaximum der Fledermäuse. Unter weiterer Berücksichtigung der aufgenommenen Jagdrufe gehen die AutorInnen von einer Korrelation der Fledermausaktivität mit der Insektenbiomasse aus. Sie kommen zudem zum Schluss, dass für die Artenvielfalt der Fledermäuse weniger die Biomasse der Insekten, als deren Diversität – und somit auch der Arten- und Strukturreichtum der Vegetation als Lebensraum der Insekten – entscheidend ist.

Die Studie gibt ebenfalls Hinweise darauf, dass eine Nutzung von PV-FFA als Jagdhabitat für einige Arten v.a. von dem vorhandenen Nahrungsangebot abhängen könnte. Aufgrund fehlender Angaben zu dem Anlagendesign und dem aufgenommenen Artenspektrum lassen sich jedoch aus der Studie keine konkreteren Schlüsse ziehen.

3.5.2 Nicht fliegende Säuger

Die einzige den AutorInnen bekannte (Klein)Säugerkartierung wurde in einer eingezäunten Anlage bei Berg im Gau durchgeführt (Stille, 2022). Hierbei wurden an mehreren Standorten innerhalb zweier Teilbereiche der Anlage jeweils 6 bzw. 7 Kleinsäugerarten und 8 bzw. 6 Mittel- und Großsäugerarten aufgenommen, darunter die fast flächendeckend verbreitete Zwergmaus, Arten aus der Familie der Marder, aber auch Feldhase, Fuchs oder Reh. Die meisten Arten wurden in einem Gehölzstreifen mit naturnaher Vegetation sowie einem Schilfbestand gefunden, zwischen und unter den Modulreihen war die Diversität niedriger. Mit Ausnahme der Zwergmaus dominierten generalistische Arten sowie Arten offener Kulturlandschaften die Kleinsäugerfauna. Arten wie die Feldspitzmaus und Zwergmaus besiedelten jedoch auch relativ artenarme Ruderalfluren, möglicherweise profitierten sie von der Deckung gegen Prädatoren (Eulen, Greifvögel).

⁸ vgl. <https://www.naturschutz-energiewende.de/wortmeldung/bne-veroeffentlicht-ergebnisse-seiner-bundesweiten-feldstudie-zur-artenvielfalt-im-solarpark/>

⁹ <https://sonne-sammeln.de/biodiversitaet/biodiversitaets-studie/#solarparks>

Einzelne Sichtmeldungen von z. B. Feldhasen, Dachsen, Füchsen oder Rehen gibt es regelmäßig auch in eingezäunten Anlagen (Clarkson & Woods, 2019, 2020; Peschel & Peschel, 2025; Schwaiger, 2022; Solar Energy UK, 2023, 2024). Für Großsäuger (z. B. Reh, Rotwild) ist dennoch von einer Barriere Wirkung durch die Einzäunung auszugehen (Günnewig *et al.*, 2007; Herden *et al.*, 2009), die v. a. im Bereich bedeutender Wildtierwege planerisch berücksichtigt werden muss (Niemann *et al.*, 2017; Peter *et al.*, 2023).

Zu Auswirkungen von PV-FFA auf streng geschützte Säugetiere wie z. B. Feldhamster, Otter oder Biber sind bisher keine Untersuchungen bekannt.

Durch den Bau einer PV-FFA auf mit Feldhamstern besiedelten Flächen könnten Baue zerstört und der Lebensraum entwertet werden. Andererseits könnten PV-FFA auch geschützte Rückzugsorte für die Art darstellen (Herden *et al.*, 2009). Laut dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2019) wurde in einer Anlage bei Wien eine erfolgreiche Feldhamster Ansiedlung gemeldet. In Niedersachsen sollten PV-FFA nicht auf Flächen mit Feldhamstervorkommen gebaut werden (Niedersächsischer Landkreistag *et al.*, 2023). In Solarparks könne aufgrund der dort herrschenden Bedingungen – insbesondere wegen des fehlenden Anbaus von Nahrungspflanzen sowie eines aufgrund des Angebots an Ansitzwarten hohen Prädationsdrucks – der Schutz des Feldhamsters nicht gewährleistet werden.

Inwiefern PV-FFA durch ihren technischen Charakter Wanderrouten von Wildkatze, Luchs, Wolf, Biber bzw. Otter beeinträchtigen können, ist bisher ebenfalls nicht bekannt.

Generell ist auf Flächen mit älteren Bäumen oder durchgehenden Gehölzen mit bestehendem Verbund zu Wäldern eine Beeinträchtigung von Bilchen, wie z. B. der Haselmaus durch die Baufeldfreimachung nicht auszuschließen. Hierbei handelt es sich jedoch um keine PV-spezifische Wirkung.

3.5.3 Fazit Säugetiere

Abschließende Aussagen zur Bewertung der Auswirkungen von PV-FFA auf Fledermäuse können auf Artniveau aktuell noch nicht getroffen werden.

Es sind jedoch mittlerweile viele Fälle bekannt, in denen Fledermaus-Arten PV-FFA zur Jagd nutzen und in denen die Anlagen nicht pauschal gemieden werden. Es gibt Hinweise, dass einige Arten Anlagen weniger nutzen als Offenland, jedoch auch dafür, dass dies eher an der geringeren Qualität als Nahrungshabitat von naturferneren Anlagen liegen könnte. Solche Anlagen scheinen ein ähnliches Habitat darzustellen, wie intensiv genutzte Ackerflächen (Szabadi *et al.*, 2023). Die Nutzung von PV-FFA als Jagdhabitat scheint prinzipiell art- und gildenspezifisch und von den baulichen Parametern der Anlagen abhängig zu sein (Baudouin *et al.*, 2026).

Bei der Bewertung der Auswirkungen von PV-FFA sollten daher v.a. die Veränderungen des Nahrungshabitats gegenüber dem Ausgangszustand artspezifisch im räumlichen Zusammenhang bewertet werden, vorausgesetzt dass keine Gehölzstrukturen mit Quartiers- oder Leitfunktion beeinträchtigt werden. So kann eine PV-FFA auf einer intensiv genutzten landwirtschaftlichen Fläche für Arten, die nur teilweise oder untergeordnet im Offenland jagen nur eine geringfügige Verschlechterung eines ohnehin nicht sehr bedeutenden Jagdgebiets darstellen. Werden offene (Wald-)Rand-

und Teilbereiche durch die Entwicklung von artenreicherem Grünland und Gehölzpflanzungen als Nahrungshabitat aufgewertet, kann sich die Eignung als Jagdgebiet ggf. sogar verbessern. Wird andererseits jedoch bereits hochwertiges, artenreiches Grünland überplant, kann die Beeinträchtigung des Grünlands durch die Modulüberstellung (vgl. Kap.3.2.1) auch zu erheblichen Beeinträchtigungen der lokalen Population von Arten führen, für die das Gebiet ein essenzielles Nahrungsgebiet darstellt. In diesem Fall würden externe CEF-Maßnahmen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen dieser Arten erforderlich.

Gebiete mit aktuellen Feldhamstervorkommen stellen aufgrund der potenziellen erheblichen Beeinträchtigung der lokalen Vorkommen Ausschlussgebiete für PV-FFA dar.

Erhebliche Beeinträchtigungen von Wild-Populationen durch das Blockieren bedeutender Wildwechsel lassen sich i. d. R. durch die Freihaltung von funktionalen Korridoren (vgl. Peter *et al.*, 2023; Reich *et al.*, 2019), d. h. unter Verringerung der Flächenkulisse vermeiden.

Eine umfassende Übersicht von Maßnahmen zur Vermeidung potenzieller Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG, die sich durch Beeinträchtigungen aus den verschiedenen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren von PV-FFA (s. Kap. 2.2) ergeben, ist in der folgenden Tab. 7 dargestellt.

Tab. 7 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von Fledermäusen und nicht fliegenden **Säugetieren** durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA (nach Hietel *et al.*, 2021b; Günnewig *et al.*, 2007; Seidel *et al.*, 2024a, ergänzt u. verändert).

Wirkfaktoren	Beeinträchtigungen	Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen	
baubedingt		intern	extern
Baufeldfreimachung und Baustelleneinrichtung sowie Maschineneinsatz, Baustellenverkehr und Bautätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Temporärer Verlust von Habitaten – Temporäre Störung, Vertreibung von Tieren 	<ul style="list-style-type: none"> – Bauzeitenregelung 	<ul style="list-style-type: none"> – Schaffung (temporärer) Ausweichhabitats
anlagenbedingt		intern	extern
Flächeninanspruchnahme (Flächenversiegelung und Überstellung der Bodenoberfläche mit Modulen)	<ul style="list-style-type: none"> – Evtl. eingeschränkte Nutzung als Jagdhabitat (Fledermäuse) – Verlust von (Teil-)Habitaten durch Nutzungsänderung – Entwertung von Habitatstrukturen durch die Überstellung mit Modulen 	<ul style="list-style-type: none"> – Erhalt und Integration essenzieller Biotopstrukturen – Größere Modulreihenabstände mit besonnten Bereichen – Freihaltung breiter Randstreifen zwischen Zaunanlage und der Modulfläche 	<ul style="list-style-type: none"> – Aufwertung externer Nahrungshabitats
Zaunanlage	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhtes Verletzungs- und Tötungsrisiko durch Übersteigschutz (Stacheldraht) – Barrierewirkung – Zerschneidung von Wanderkorridoren 	<ul style="list-style-type: none"> – Verzicht auf einen Übersteigschutz (Fledermäuse) – Durchlässige Zaunanlage (Kleinsäuger) – Freihaltung/ Anlage von funktionalen Wildkorridoren bei großen PV-FFA (Mittel- u. Großsäuger) 	
betriebsbedingt		intern	extern
Bewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> – Temporäre Störung – Verletzen/ Töten von Individuen – ggf. artenarme homogene Vegetation auf der Anlagenfläche durch Mulchen 	<ul style="list-style-type: none"> – Zeitlich angepasste Bewirtschaftung – Abschnittsweise Bewirtschaftung – Extensive Bewirtschaftung (Mahd mit Abräumen des Mahdguts oder Beweidung mit begrenzter Besatzdichte) – Ausschluss von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln 	

3.6 Vögel

3.6.1 Allgemeine Auswirkungen von PV-FFA auf Vögel

Bei der Beschreibung der potenziellen allgemeinen Auswirkungen von PV-FFA auf Vogelarten stellte ein aktuelles Review von Birdlife Österreich (Strohmeier & Kuhn, 2023) eine wichtige Grundlage dar, an deren Gliederung sich im Folgenden orientiert wurde. Zu den wichtigsten Veränderungen durch PV-FFA gehört die **Veränderung des Brut-, Rast- und Nahrungslebensraums**. Durch die technischen Anlagenbestandteile werden Offen- und Halboffenlandbiotope technisch überprägt und im Charakter je nach Umsetzung der Anlage stark verändert. Zudem können Rodungen von Gehölzen für gehölzbrütende Arten zum direkten Verlust von Fortpflanzungsstätten führen, für andere Arten lediglich das Nahrungsangebot verschlechtern. Verstärkt werden mögliche Auswirkungen durch die sich i. d. R. ändernde Bewirtschaftung der betroffenen Flächen. Je nach Ausgangszustand kann sich die Änderung der Bewirtschaftung jedoch auch positiv auf die Eignung als Nahrungshabitat auswirken, beispielsweise bei der Änderung einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung in eine extensive Grünlandnutzung. Durch den Zaun, die Modulstische sowie die Randeingrünung werden wiederum auch neue Ansitz- und Singwarten geschaffen, die von vielen Arten, v.a. auch Greifvögeln, genutzt werden und die sich v. a. in strukturarmen Gebieten für Arten wiederum positiv auswirken können (Golawski *et al.*, 2025; Herden *et al.*, 2009; Lieder & Lumpe, 2011; Schwaiger, 2022; Strohmeier & Kuhn, 2023; Tröltzsch & Neuling, 2013). Einige Vogelarten (Bachstelze, Bluthänfling, Feldsperling, Hausrotschwanz, Wacholderdrossel) können die Modul-Gestelle zudem als Nistplatz nutzen (Herden *et al.*, 2009; Jarčuška *et al.*, 2024; Strohmeier & Kuhn, 2023; Tröltzsch & Neuling, 2013). Unter den Modulen werden im Winter schneefreie Bereiche geschaffen, die zur Nahrungssuche genutzt werden können (Herden *et al.*, 2009).

Für Offenlandarten, die auf eine weiträumig offene Landschaft angewiesen sind, können die neu geschaffenen **Vertikalstrukturen** wiederum zu einer kompletten Meidung der Anlage oder der Verlagerung ihrer Reviere in größere Freiflächen innerhalb der Anlagen führen. Zu den artspezifischen Meide- und Abstandsverhalten in Abhängigkeit des Standorts (Landschaftsmatrix, Relief) oder Anlagendesigns (Freiflächen, Modulreihenabstände, Gehölzeingrünung), v.a. auch bei der Rast während des Vogelzugs, besteht noch deutlicher Untersuchungsbedarf. Es gibt z.B. Nachweise, die dafür sprechen, dass das Abstandsverhalten von z. B. Kiebitz und Feldlerche gegenüber PV-FFA geringer ist als gegenüber geschlossenen Gehölzreihen und Waldrändern (Hemmer *et al.*, 2025; Meier & Bayerl, 2024; Schwaiger, 2022). Für die Feldlerche gibt es mittlerweile diverse Brutnachweise innerhalb von PV-Anlagen (z.B. Peschel & Peschel, 2025; Strohmeier & Kuhn, 2023; Thiemann, 2023), jedoch auch weiterhin Absenzen bei unmittelbar angrenzenden Vorkommen (Hemmer *et al.*, 2025; Meier & Bayerl, 2024). Peschel & Peschel (2025) stellen die Hypothese auf, dass Arten ein Brüten in PV-FFA erlernen können, v.a. in Regionen mit vielen Solarparks. Dies impliziert, dass sich auch ein Meideverhalten von Arten über die Zeit verändern kann. Diese Hypothese ist jedoch noch zu belegen. Der aktuelle Wissensstand zur Eignung von PV-FFA als Bruthabitat für Vögel (v.a. auch der Feldlerche) wird in den nächsten Kapiteln 0 und 3.6.3 vertiefend dargestellt. Neben den baulichen Veränderungen sind die Pflege und die sich hierdurch entwickelnde Vegetation entscheidend für die Habitat-eignung von PV-FFA für Vogelarten.

Es gibt zudem Hinweise auf mögliche **Kollisionen** von Vögeln mit PV-Modulen. Informationen zu Faktoren, die das Kollisionsrisiko beeinflussen sowie Schätzungen von Opferzahlen sind kaum vorhanden, zudem sind die zugrunde liegenden Mechanismen noch unklar (Gómez-Catasús *et al.*, 2024). Als Ursache für Kollisionen wird v. a. die Verwechslung mit Wasserflächen diskutiert, für eine kausale Wirkung dieser **lake-effect-Hypothese** gibt es aktuell jedoch immer noch wenig Belege (Anderson *et al.*, 2025; Gómez-Catasús *et al.*, 2024; Kosciuch *et al.*, 2021). In einer aktuellen Veröffentlichung zeigten Kosciuch *et al.* (2025) auf, dass die aktuelle Diskussion über den „lake-effect“ in der wissenschaftlichen Literatur v.a. von Daten aus älteren Anlagen – zum Großteil auf einem einzigen Datensatz aus einer Anlage – mit Modulen ohne Antireflexschicht basiere. Diese Art der Module wird in den USA seit ca. 2017 nicht mehr verbaut, wodurch die Ergebnisse aus solchen Anlagen ggf. nicht mehr auf aktuelle Anlagen übertragbar sind. Module mit Antireflexschicht bzw. strukturiertem, entspiegeltem Frontglas sind heute im europäischen Markt ebenfalls faktisch Standard, um Reflexionsverluste und somit Ertragseinbußen zu vermeiden. In einer Studie aus Südafrika wurden für eine 170 ha große PV-FFA ca. 4,5 Schlagopfer pro MW und Jahr extrapoliert (Visser *et al.*, 2019). Die AutorInnen gaben jedoch an, dass keine frischen Kadaver gefunden wurden und die Schlagopferzahl v.a. anhand gefundener Federn geschätzt wurde. Zudem wurden keine Beschädigungen oder Abdrücke auf Modulen gefunden, die auf eine Kollision mit diesen hinwiesen. Rückschlüsse zur Todesursache ließen sich hierdurch nicht ziehen. Da die meisten „Opfer“ unterhalb der Module gefunden wurden, wurde davon ausgegangen, dass eventuelle Kollisionen nicht mit den Moduloberseiten stattfanden oder dass die Kadaver von Aasfressern unter die Module transportiert wurden. Die AutorInnen geben daher an, dass ihre extrapolierte Schätzung der Schlagopfer vermutlich eine Überschätzung darstellt. In Kalifornien wurden für PV-FFA ca. 12 Kollisionsopfer pro MW und Jahr geschätzt (Smallwood, 2022), die grundlegenden Daten stammten jedoch auch fast vollständig aus älteren Anlagen ohne Antireflexschicht (Kosciuch *et al.*, 2025). Laut Jarčuška *et al.* (2024) scheint es, dass Kollisionsopferzahlen bei PV-FFA niedriger sind als bei anderen anthropogenen Strukturen, jedoch besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Es ist auch denkbar, dass durch großflächige PV-FFA **Migrationsrouten** unterbrochen werden können und bekannte **Rastplätze** ihre Funktion verlieren können. Hierzu besteht noch grundlegender Forschungsbedarf. Es wird vermutet, dass Zug- und Rastvögel neue Anlagen mit Wasserflächen und somit Orientierungsmarken verwechseln können (Anderson *et al.*, 2025; Strohmeier & Kuhn, 2023). Strohmeier & Kuhn (2023) berichten von einer Untersuchung (Neuling, 2009 in Strohmeier & Kuhn (2023)), die Verhaltensweisen bei Vögeln beobachtete, die einer Inspektion von Wasserflächen glich. Dies konnte jedoch von Herden *et al.* (2009) für die damals untersuchten Anlagen (mit ggf. veraltetem Anlagendesign) nicht bestätigt werden. Hier wurden weder modulbedingte Verhaltensänderungen (z.B. Landeversuche auf vermeintlichen Wasserflächen) noch Kollisionen beobachtet.

Mögliche **Blendwirkungen, Schall- und Lichtemissionen** werden aufgrund der geringen Relevanz bzw. der räumlichen Begrenzung um Traföhäuschen als vernachlässigbar bewertet (Strohmeier & Kuhn, 2023; Herden *et al.*, 2009). Sensible Vogelarten (z. B. Flussregenpfeifer) könnten allerdings durch Wartungs- oder Reinigungsarbeiten bei der Brut innerhalb von PV-FFA gestört werden (Tröltzsch & Neuling, 2013).

In der Literatur wird eine Vielzahl von Vogelarten genannt, die nur als **Nahrungsgast** innerhalb von Anlagen gesichtet wurden¹⁰. Auf diese wird hier nicht im Detail eingegangen. Dennoch sind diese Nachweise wichtig zur Bewertung der Überplanung von Nahrungshabitaten verschiedener Arten. Da jedoch die Beeinträchtigung von Nahrungshabitaten von Greifvögeln durch PV-FFA Gegenstand aktueller Diskussionen ist, wird im Folgenden kurz der Wissensstand zu bekannten Auswirkungen von PV-FFA auf Greifvögel eingegangen.

Durch den Bau von PV-FFA wird i. d. R. nicht in Waldflächen oder Horstbäume von **Greifvögeln** eingegriffen. Beeinträchtigungen von Brutvorkommen von Greifvögeln durch PV-FFA sind nicht bekannt, dennoch werden zur Vermeidung bau- und betriebsbedingter Störungen während der Brutzeit teilweise Tabuzonen von 500 m um z. B. Horste geschützter Greifvogelarten empfohlen (Strohmeier & Kuhn, 2023).

Für viele PV-FFA gibt es Nachweise, dass Greifvögel (z. B. Baumfalke, Mäusebussard, Rohrweihe, Rotmilan, Schwarzmilan, Sperber, Turmfalke) diese als Nahrungshabitat und die Module als Ansitze nutzen (Gabriel, 2018; Herden *et al.*, 2009; Lieder & Lumpe, 2011; Meier & Bayerl, 2024; Peschel & Peschel, 2025; Raab, 2015; Scheller, 2020; Strohmeier & Kuhn, 2023; Thiemann, 2023). Dabei wurden teilweise unterhalb der Modultische jagende Mäusebussarde und Turmfalken in Anlagen mit Reihenabständen von 3 m gesichtet (z. B. Anlage Mühlhausen) (Herden *et al.*, 2009). Lieder & Lumpe (2011) berichten, dass im Flugverhalten der Greifvögel (z. B. Mäusebussard, Rotmilan, Schwarzmilan) bei der Nahrungssuche über dem Solarpark (3 m Reihenabstand) keine Abweichungen zu anderen nahe gelegenen Freiflächen festgestellt werden konnten. Bei Peschel & Peschel (2025) werden ebenfalls diverse Greifvögel, sogar in einer Anlagen mit lediglich 2,2 m Reihenabstand jagend, als Nahrungsgäste angegeben. Hingegen gibt es auch Berichte, in denen zwar ein auf Modulen ansitzender Mäusebussard in einer Anlage mit 4 m Reihenabstand gesichtet wurde, aber kein Jagdverhalten innerhalb der Anlage nachgewiesen werden konnte (Schwaiger, 2022). Auch hier ist die Frage der artspezifischen Eignung in Abhängigkeit von der Bauweise noch nicht abschließend geklärt, von einer generellen Meidung ist jedoch nicht auszugehen. Zudem können PV-FFA je nach Bewirtschaftung/Biotoptyp auch deutlich in ihrer Eignung für Beutetiere (z. B. Kleinsäuger, Reptilien) variieren. Daher könnten Greifvögel indirekt durch ein besseres Nahrungsangebot in PV-FFA mit größeren Reihenabständen profitieren, zumal hierdurch auch mehr bejagdbare Freifläche verbleibt. Systematische Untersuchungen zur Navigation zwischen den Modulreihen oder auch der Vergleich zur vorherigen Nutzung in Abhängigkeit der Ausgangs- und Zielbiotope in den PV-FFA stehen noch aus.

¹⁰ Übersichten sind z.B. bei Peschel & Peschel (2025) oder Strohmeier & Kuhn (2023) zu finden

3.6.2 Auswirkungen auf Arten des Offen- und Halboffenlands

Vögel gehören zwar zu der Gruppe von Arten, die standardmäßig bei PV-Planungen untersucht werden, Zaplata & Dullau (2022) weisen aber noch im Jahr 2022 darauf hin, dass trotz zahlreicher Berichte und einiger Reviews¹¹ immer noch kein vollständiges Bild der Auswirkungen von PV-FFA gibt, aus dem sich Vogelschutzmaßnahmen ableiten ließen. In vielen Fällen herrscht immer noch Unklarheit darüber, wie sich die Errichtung von PV-FFA – die wie in Kap. 2.2 erläutert unterschiedliche Bauweisen und Wirkfaktoren aufweisen können – auf bestimmte Vogelarten auswirkt (Strohmeier & Kuhn, 2023). Nach Ansicht der AutorInnen dieses Fachgutachtens sind diese Aussagen auch im Jahr 2026 immer noch zutreffend. Anderson *et al.* (2025) betonen in einem aktuellen Review zu den Auswirkungen von PV-FFA auf Wasservögel, dass immer noch großer Forschungsbedarf bzgl. der Auswirkungen auf Arten der Feuchtgebiete und ziehende Wasservögel, v.a. Gänsevögel besteht.

Probleme bei der Bewertung des Einflusses der Modulüberstellung auf Vogelarten sind u.a. die in Kap. 3.1 beschriebenen Mängel vieler Untersuchungen, die die Übertragbarkeit lokaler Ergebnisse auf andere PV-FFA erschweren. Hierzu zählen z.B. ein fehlendes belastbares systematisches Studiendesign, fehlende Angaben zu Anlagenparametern, dem Brutstatus oder der Verortung der Nachweise innerhalb der Parks und v.a. auch fehlende Vorher-Nachher-Untersuchungen der Anlagen und der Umgebung. Es sind zudem mehrjährige Erhebungen notwendig, um z. B. die Auswirkungen der langjährigen Vegetationsentwicklung bewerten zu können oder eine verzögerte Aufgabe der Brutplatztreue von Arten festzustellen (Heindl, 2016; Tröltzsch & Neuling, 2013). Eine reine Auflistung von Arten in PV-FFA aus einem Jahr sagt ohne Vergleich mit dem Zustand vor dem Bau wenig über den Einfluss der Bebauung aus. Selbst bei vorhandenen Untersuchungen vor dem Bau sind Änderungen der Bestandsentwicklung in den Solarparks nicht zwangsläufig auf die Wirkung der Bebauung zurückzuführen, wenn die Bestandsentwicklung in der Umgebung nicht bekannt ist¹². So können auch Änderungen der Landnutzung oder der Nutzungsintensität in der Umgebung einzeln oder in Abhängigkeit voneinander die Vogeldiversität in den Anlagen beeinflussen (Valera *et al.*, 2024). Der Einfluss solcher Drittvariablen lässt sich nur durch ein aufwendigeres „before-after-control-impact“ (BACI) Studiendesign kontrollieren (Baudouin *et al.*, 2026; Valera *et al.*, 2024), in dem sowohl Kontrollflächen als auch die PV-FFA vor und nach dem Bau untersucht werden. Thiemann (2023) weist zudem auf den häufig nicht erfassten Aspekt des Bruterfolgs hin, der im Vergleich zur Brutvogelkartierung nur durch einen deutlich höheren Untersuchungsaufwand hinreichend untersucht werden kann. Dass eine PV-Anlage grundsätzlich als Bruthabitat in Frage kommt, sagt nichts direkt über den Bruterfolg von Arten und darüber aus, ob die Anlage auch der Erhaltung bzw. der

¹¹ z.B. Anderson *et al.* (2025); Badelt *et al.* (2020); Chock *et al.* (2021); Copping *et al.* (2025); Dhar *et al.* (2020); Fleming (2025); Fox (2022); Gabriel (2018); Golawski *et al.* (2025); Gómez-Catasús *et al.* (2024); Harrison *et al.* (2017); Heindl (2014), (2016); Hemmer *et al.* (2025); Herden *et al.* (2009); Jarčuška *et al.* (2024); Lieder & Lumpe (2011); Meier & Bayerl (2024); Montag *et al.* (2016); Peschel *et al.* (2019); Peschel & Peschel (2023), (2025); Raab (2015); Scheller (2020); Schlegel (2021); Schwaiger (2022); Solar Energy UK (2023), (2024b), (2025); Strohmeier & Kuhn (2023); Thiemann (2023); Tröltzsch & Neuling (2013); Valera *et al.* (2024); Visser *et al.* (2019); Walston *et al.* (2016); Walston *et al.* (2025); Zaplata & Stöfer (2022), vgl. auch die Literaturübersicht der Länderarbeitsgemeinschaft Vogelschutzwarten: http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/publikationen_ffpva.pdf

¹² aufgrund der daher unvollständigen Datengrundlage wurden die in der ersten Fassung des Gutachtens in Tab. 8 enthaltenen Eignungstrends entfernt und dort nur noch Nachweise aufgeführt

Förderung einer Vogelart dienlich ist oder im Extremfall gar als ökologische Falle wirkt (Thiemann, 2023). Jarčuška *et al.* (2024) werfen die Frage auf, ob eine Brut in den Modulgestellen eine ökologische Falle darstellt, da die Nester leicht von Räubern erreicht werden können. All die in diesem Absatz genannten Aspekte führen dazu, dass die artspezifischen Faktoren, die eine Eignung von PV-FFA als Bruthabitat beeinflussen immer noch nicht gänzlich verstanden sind. Hinzukommt, dass die in der Literatur angegebenen Brutnachweise für viele Arten noch kein einheitliches Bild ergeben.

Im Folgenden werden die wenigen wissenschaftliche Studien, die systematisch mehrere PV-FFA verglichen, zusammengefasst (Copping *et al.*, 2025; Golawski *et al.*, 2025; Jarčuška *et al.*, 2024).

Golawski *et al.* (2025) untersuchten 43 kleine PV-FFA (< 5 ha) in Polen, zu denen lediglich die Angabe gemacht wurde, dass sie spät im Jahr oder überhaupt nicht gemäht wurden, und verglichen diese mit Acker-Kontrollflächen in der Umgebung. In den PV-FFA wurden eine leicht erhöhte Artenzahl und α -Diversität im Gegensatz zu den Kontrollflächen gefunden, was mit den geschützten (eingezäunten) Brutbedingungen und dem extensiv gemähten Grünland in den Anlagen erklärt wurde. Braunkehlchen und Grauwammer kamen in deutlich höherer Zahl in den PV-FFA vor, die Feldlerche wurde weniger in der PV-FFA als auf den Ackerflächen gesichtet.

Jarčuška *et al.* (2024) untersuchten in 32 ausschließlich auf Energieerzeugung ausgerichteten (d. h. naturfernen), vermutlich ebenfalls kleineren PV-FFA (Größenangabe lediglich > 2 ha) in der Slowakei die Auswirkungen der Anlagen auf die Vogelfauna. Die Vorkommen in den Anlagen wurden jeweils mit einer Kontrollfläche verglichen, deren Nutzung der Vornutzung der Anlage entsprach (Grünland oder Acker). In den PV-FFA wurde ein größerer Artenreichtum sowie eine höhere α -Diversität als auf den Kontrollflächen gefunden, ebenso ein größerer Reichtum und eine größere Häufigkeit an insektenfressenden Arten. In Solarparks, die auf Grünland errichtet wurden, war die Häufigkeit von am Boden jagenden Arten größer als auf Grünland-Kontrollflächen. Hausrotschwanz, Schwarzkehlchen, Bachstelze und Feldsperling wurden von den AutorInnen als „Zeigerarten“ von Solarparks identifiziert. Die Ergebnisse wurden mit der erhöhten Strukturvielfalt in den Solaranlagen erklärt. Hausrotschwanz, Bachstelze und Feldsperling brüteten in den Modulgestellen, das Schwarzkehlchen brütete unter den Modulen bzw. in den Randbereichen. Die Feldlerche wurde hingegen vorwiegend auf den Ackerkontrollflächen erfasst.

Zu den Studien (Golawski *et al.*, 2025; Jarčuška *et al.*, 2024) ist jedoch zu bemerken, dass deren Kartierungen aufgrund lediglich zweier Begehungen nur Hinweise zur Eignung als Bruthabitat geben können. Zudem lassen sich aus den Studien keine Schlüsse zur räumlichen Verteilung der Arten innerhalb der Anlage ziehen. Die dort ausgewerteten paarweise Vergleiche von PV-FFA mit Kontrollflächen („control-impact“ design) wurden zudem von Valera *et al.* (2024) in einem Kommentar zu Jarčuška *et al.* (2024) bzgl. der fehlenden Aussagekraft gegenüber einem „before-after-control-impact“ (BACI) Studiendesign kritisiert. Dies ist prinzipiell eine berechtigte Kritik, welche auch für „before-after“ Untersuchungen gilt, in denen nur das Gebiet der geplanten PV-FFA vor und nach dem Bau untersucht wird. Da solche BACI-Untersuchungen jedoch bereits vor dem Bau von Anlagen geplant und gestartet werden müssen sind solche Studiendesigns aufwendig und nachträglich nicht mehr auf Bestandsanlagen anwendbar. Hier können lediglich „control-impact“ und/oder „before-after“ Untersuchungen durchgeführt werden, welche auch Grundlage der Bewertung des Fachgutachtens berücksichtigt werden.

In einer weiteren Studie teilten Copping *et al.* (2025) 6 PV-FFA in intensiv gepflegte, naturferne Anlagen (Vegetation dauerhaft kurz geschnitten während des Sommers, keine Gehölzeingrünung) und extensiv gepflegte Anlagen mit Gehölzeingrünung ein und verglichen diese mit umliegenden Ackerflächen in England. Die extensiver gepflegten Anlagen zeigten eine deutlich höhere Arten- und Individuenzahl als die naturfernen Anlagen, die eine ähnliche Arten- und Individuenzahl aufwiesen wie die Ackerflächen. Die Feldlerche wurde häufiger auf Ackerflächen gesichtet als in den extensiver gepflegten Anlagen, in den naturfernen Anlagen gab es keine Nachweise.

Die Studien (Copping *et al.*, 2025; Golawski *et al.*, 2025; Jarčuška *et al.*, 2024) stützen die Ergebnisse anderer Studien, dass PV-FFA im Vergleich zu intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen aufgrund von geeigneteren Brutbedingungen und der Erhöhung der Strukturvielfalt von mehr Vogelarten genutzt werden können (Gabriel, 2018; Meier & Bayerl, 2024; Montag *et al.*, 2016; Peschel *et al.*, 2019; Raab, 2015). Diese positiven Eigenschaften auf einige Vogelarten sind jedoch nicht jeder PV-FFA per se zuzusprechen. Sichtet man veröffentlichte Untersuchungen, die die Lage der Revierzentren bzw. der Brutnachweise verorten, so fällt auf, dass diese häufig in Randbereichen oder größeren Freiflächen mit z.T. auch hochwertigen Sonderstrukturen oder breiteren Wegen innerhalb der Anlagen liegen und nur einige Arten in den (oft auch nur randlichen) Modulbereichen brüten (Gabriel, 2018; Meier & Bayerl, 2024; Peschel & Peschel, 2025; Schwaiger, 2022; Thiemann, 2023; Tröltzsch & Neuling, 2013). In dem Review von Strohmeier & Kuhn (2023) wurde daher anhand von Quellen, welche Informationen zur Verortung von Revieren bzw. von Brutpaaren enthielten, explizit untersucht, welche Bereiche innerhalb von Anlagen von einzelnen Offenlandarten besiedelt werden. Im Ergebnis kommen die AutorInnen zu dem Schluss, dass zentrale Flächen von PV-FFA ohne offene Bereiche artenarm zu sein scheinen und niedrigere Bestandsdichten aufweisen als die Randbereiche. Arten wie Wachtelkönig, Raubwürger, Neuntöter wurden durch die Überbauung mit PV-FFA (und einhergehender Gehölzrodung) völlig verdrängt, hingegen wurden für Nischenbrüter wie die Bachstelze, aber auch den Bluthänfling in den Gestellen neue Nistmöglichkeiten geschaffen. Bei Arten, die (Teil-)Reviere in den Randbereichen der Anlagen haben, ist zumindest davon auszugehen, dass diese durch den Bau angrenzender PV-FFA nicht aus ihrem Habitat verdrängt werden. Die artspezifischen Ergebnisse werden an dieser Stelle nicht im Einzelnen wiedergegeben, hier wird auf das Gutachten (Strohmeier & Kuhn, 2023) verwiesen.

Aufgrund der Hinweise auf eine Abhängigkeit der Habitataignung der überbauten Flächen von den Modulreihenabständen für anderer Artengruppen (vgl. vorherige Kapitel sowie Peschel *et al.*, 2019) wurde im Folgenden der Ansatz von Strohmeier & Kuhn (2023) übernommen und Brutvogel-Nachweise weiter nach den Modulreihenabständen der untersuchten Solarparks differenziert¹³ (s. Tab. 8). Die in der Tabelle aufgeführten Nachweise sind aufgrund der geringen Stichprobenzahl, dem Einfluss weiterer Faktoren auf die Habitataignung (vgl. Kap. 3.1) und da Erkenntnisse aus einzelnen Anlagen nicht generell auf andere Anlagen übertragen werden können, nicht pauschal als Bewertungsgrundlage für ein Vorkommen von Arten in PV-FFA herangezogen werden. Im Einzelfall ist eine potenzielle Eignung einer Art unter Berücksichtigung der angegebenen und aktueller Quellen kritisch

¹³ Die Angaben der Reihenabstände wurden aus den Texten entnommen oder bei fehlender Angabe aus Luftbildern in Kartendiensten ausgemessen.

zu bewerten. Fehlende Nachweise trotz Vorkommen in Randbereichen oder im Umfeld der PV-FFA können jedoch Hinweise auf ein Meideverhalten gegenüber den mit Modulen überstellten Flächen geben.

Die in Tab. 8 dargestellten Nachweise bestätigen, dass sich für viele Arten bzgl. der Besiedlung von PV-FFA noch kein einheitliches Bild ergibt. So sind selbst für typische „Solarparkarten“¹⁴ wie z.B. Bachstelze, Braunkehlchen, Feldlerche, Feldsperling, Goldammer, Grauammer, Hausrotschwanz oder Schwarzkehlchen, die in einigen Anlagen nachweislich auch in mit Modulen überstellten Bereichen brüten, Solarparks bekannt, in denen die Arten nur randlich oder außerhalb der Solarparks brüten (s. Tab. 8). Ob dies an einer fehlenden Eignung lag, in der Umgebung alternative Brutplätze vorhanden waren oder vielleicht einfach nur einzelne Brutpaare in der Region vorkamen, kann ohne Untersuchungen des Umfelds von Anlagen nicht bewertet werden. Es ist aus den Nachweisen ebenfalls nicht ersichtlich, dass die aufgeführten Arten breitere Reihenabstände bevorzugen. Viele streng geschützte oder Rote-Liste-Arten werden durch die Überbauung mit Modulen zudem auf Freiflächen und breite Wege innerhalb der Anlagen oder in die Randbereiche von Solarparks verdrängt. Arten wie Rebhuhn, Sperbergrasmücke, Steinschmätzer, Wachtel oder Wiesenschaftstelze wurden z.T. ebenfalls in Randbereiche und Freiflächen verdrängt, können aber auch komplett aus den Anlagen vertrieben werden. Kiebitz, Turteltaube, Wachtelkönig, Wendehals, Wiedehopf oder Ziegenmelker meiden die Anlagen scheinbar komplett. Auf die widersprüchliche Datenlage bei der Feldlerche wird im nächsten Kapitel im Detail eingegangen.

¹⁴ gem. Golawski *et al.* (2025), Jarčuška *et al.* (2024), Peschel & Peschel (2025) und Thiemann (2023)

Tab. 8 Auswahl von Brutvogel-Nachweisen¹⁵ in verschiedenen Anlagenbereichen.

✓: Nachweise bekannt, ✗: fehlende Nachweise trotz lokaler Vorkommen der Arten¹⁶, ✓/✗: sowohl Nachweise (✓) als auch fehlende Nachweise trotz lokaler Vorkommen (✗) bekannt, -: keine Angaben in Quellen vorhanden.

RL-D-Status (Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 6. Fassung, Ryslavý et al., 2020): - V: Vorwarnliste1: Vom Aussterben bedroht, 2: Stark gefährdet, 3: Gefährdet;

Schutzstatus gem. § 7 Abs. 2 Nr.13 und 14 BNatSchG.: §: besonders geschützt, §§: streng geschützt

Die Artenliste stellt keine abschließende Auflistung von in PV-FFA gesichteten Vogelarten dar. Die abgeleiteten Modulreihenabstände dienen der groben Orientierung. Die in der Tabelle aufgeführten Nachweise sind aufgrund der geringen Stichprobenzahl, dem Einfluss weiterer Faktoren auf die Habitateignung (s. Kap. 3.1) und da Erkenntnisse aus einzelnen Anlagen nicht generell auf andere Anlagen übertragen werden können nicht pauschal als Bewertungsgrundlage für ein Vorkommen von Arten in PV-FFA geeignet. Im Einzelfall ist eine potenzielle Eignung einer Art unter Berücksichtigung der angegebenen und aktueller Quellen kritisch zu bewerten.

dt. Name	wiss. Name	RL-D	Schutzstatus	EU-V Anh.1	Brutplatz	Revierzentren / Brutnachweise			Bemerkung	Quellen
						Modulbereiche Reihenabstand < 3 - 4 m	Modulbereiche Reihenabstand > 5 - 6 m	Freiflächen, Wege, Randbereiche (inkl. Gehölze)		
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	-	§	-	Nischenbrüter	✓ / ✗	✓	✓	Brut in Modulträgern bekannt, Brutverdacht in Trafostation	1,3,7,8,12
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>	V	§	-	Bodenbrüter	✓ / ✗	✓ / ✗	✓		3,8,10,12
Bienenfresser	<i>Merops apiaster</i>	-	§§	-	Höhlenbrüter	✗	✗	✓	Abstand Brutröhre zu Modulen 30 m	13
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	-	§§	+	Bodenbrüter	✓ / ✗	✗	✓		3,10,12
Bluthänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	3	§	-	Gehölzbrüter	✗	✗	✓	Brut in Modulträgern bekannt	2,3,8,10,12
Brachpieper	<i>Anthus campestris</i>	1	§§	+	Bodenbrüter	✗	✗	✓		2,7
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	2	§	-	Bodenbrüter	✓ / ✗	✓ / ✗	✓		2,5,7,12,13

¹⁵ gegenüber der ersten Fassung des Gutachtens wurden Angaben zu Bestandstrends aufgrund der fehlenden Datengrundlage zu Beständen in der Umgebung der PV-FFA entfernt

¹⁶ d.h. Arten wurden in Randbereichen der PV-Anlage nachgewiesen, aber nicht in den Modulbereichen / Arten wurden außerhalb der PV-Anlage nachgewiesen, aber nicht innerhalb der Anlage (d.h. weder in Rand- noch Modulbereichen)

dt. Name	wiss. Name	RL-D	Schutzstatus	EU-V Anh.1	Brutplatz	Revierzentren / Brutnachweise			Bemerkung	Quellen
						Modulbereiche Reihenabstand < 3 - 4 m	Modulbereiche Reihenabstand > 5 - 6 m	Freiflächen, Wege, Randbereiche (inkl. Gehölze)		
Dorngrasmücke	<i>Curruca communis</i>	-	§	-	Gehölzbrüter	✓ / ✗	✗	✓		3,4,8,10,12,13
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	3	§	-	Bodenbrüter	✓ / ✗	✓ / ✗	✓ / ✗		2,3,6,8,10,11,12,13
Feldsperling	<i>Passer montanus</i>	V	§	-	Höhlenbrüter	✓ / ✗	✗	✓	Brut in Modulträgern bekannt	1,4,12,13
Flussregenpfeifer	<i>Charadrius dubius</i>	V	§§	-	Bodenbrüter	✗	✗	✓	Brut aufgabe durch menschliche Störung	7, 12
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	-	§	-	Gehölzbrüter	✗	✗	✓		10,12,13
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>	-	§	-	Gehölzbrüter	✗	✗	✓		4,10,12,13
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	-	§	-	Bodenbrüter	✓ / ✗	✓ / ✗	✓		3,4,7,12,13
Grauhammer	<i>Emberiza calandra</i>	V	§§	-	Bodenbrüter	✓ / ✗	✓ / ✗	✓		2,5,8,12,13
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>	-	§§	-	Höhlenbrüter	✗	-	✓	Brut in Gehölzen	4
Haubenlerche	<i>Galerida cristata</i>	1	§§	-	Bodenbrüter	✗	✗	✓		2,7
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>	-	§	-	Nischenbrüter	✓ / ✗	✓ / ✗	✓	Brut in Modulträgern bekannt	1,3,4,7,8,10,12,13
Heidelerche	<i>Lullula arborea</i>	V	§§	+	Bodenbrüter	✓ / ✗	✗	✓		2,7,8,12
Jagdfasan	<i>Phasianus colchicus</i>	-	§	-	Bodenbrüter	✗	✗	✓		10,12,13
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	2	§§	-	Bodenbrüter	✗	✗	✗	Brutnachweise in ca. 40m (3,10) u 100-150m (12) außerhalb der Anlage	3,10
Klappergrasmücke	<i>Sylvia corruca</i>	-	§	-	Gehölzbrüter	✗	✗	✓		4,12,13

dt. Name	wiss. Name	RL-D	Schutzstatus	EU-V Anh.1	Brutplatz	Revierzentren / Brutnachweise			Bemerkung	Quellen
						Modulbereiche Reihenabstand < 3 - 4 m	Modulbereiche Reihenabstand > 5 - 6 m	Freiflächen, Wege, Randbereiche (inkl. Gehölze)		
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	-	§	-	Gehölzbrüter	✘	✘	✓		10,12,13
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>	-	§	+	Gehölzbrüter	✘	✘	✓	In Einzelfall Brut in Modulträgern (Heindl, 2014)	2,4,10,12,13
Ortolan	<i>Emberiza hortulana</i>	2	§§	+	Bodenbrüter	✓	-	✓	Reviere am Rand der Modulbereiche	12
Raubwürger	<i>Lanius excubitor</i>	1	§§	-	Gehölzbrüter	✘	✘	✓		2,7
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	2	§	-	Bodenbrüter	✘	✘	✓ / ✘		2,3,4,12,13
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	-	§	-	Gehölz-/Nischenbrüter	✘	✘	✓		4,10,13
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola rubicola</i>	-	§	-	Bodenbrüter	✓ / ✘	✓ / ✘	✓		1,2,8,10,12,13
Sperbergrasmücke	<i>Sylvia nisoria</i>	1	§§	+	Bodenbrüter	✘	✘	✓ / ✘		2,7,13
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	3	§	-	Höhlenbrüter	✘	✘	✓ / ✘		3,4,8,10,12,13
Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>	1	§	-	Boden-/Nischenbrüter	✘	✓ / ✘	✓ / ✘	In Anlagen auf Sonderstrukturen angewiesen (vgl. 13)	7,12,13
Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>	-	§	-	Gehölzbrüter	✘	-	✓		3,4,10,12,13
Turteltaube	<i>Streptopelia turtur</i>	2	§§	-	Gehölzbrüter	✘	-	✘		7
Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>	V	§	-	Bodenbrüter	✘	✘	✓ / ✘		2,4,10
Wachtelkönig	<i>Crex crex</i>	1	§§	+	Bodenbrüter	-	✘	✘		2
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>	3	§§	-	Höhlenbrüter	✘	✘	✘		2,8,13

dt. Name	wiss. Name	RL-D	Schutzstatus	EU-V Anh.1	Brutplatz	Revierzentren / Brutnachweise			Bemerkung	Quellen
						Modulbereiche Reihenabstand < 3 - 4 m	Modulbereiche Reihenabstand > 5 - 6 m	Freiflächen, Wege, Randbereiche (inkl. Gehölze)		
Wiedehopf	<i>Upupa epops</i>	3	§§	-	Höhlenbrüter	✘	-	✘	Vorkommen angrenzend an Anlage	2,7
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>	2	§	-	Bodenbrüter	✓ / ✘	✘	✓ / ✘		3,4,8,10,12,13
Wiesenschafstelze	<i>Motacilla flava</i>	-	§	-	Bodenbrüter	✘	✘	✓ / ✘		3,4,10,12,13
Ziegenmelker	<i>Caprimulgus europaeus</i>	3	§§	+	Bodenbrüter	✘	-	✘	Vorkommen angrenzend an Anlage	7

Quellen: 1: Jarčuška *et al.*, 2024, 2: Strohmeier & Kuhn, 2023 (berücksichtigt z.T. 4, 5, 7), 3: Schwaiger, 2022, 4: Gabriel, 2018, 5: Heindl, 2016, 6: Montag *et al.*, 2016, 7: Tröltzsch & Neuling, 2013, 8: Lieder & Lumpe, 2011, 9: Herden *et al.*, 2009, 10: Meier & Bayerl, 2024, 11: Hemmer *et al.*, 2025, 12: Peschel & Peschel, 2025¹⁷, 13: Thiemann, 2023

¹⁷ Verortungen stammen aus den Kartierungen der untersuchten Anlagen im online-Anhang: <https://sonne-sammeln.de/biodiversitaet/biodiversitaets-studie/#solarparks>

3.6.3 Exkurs - Auswirkungen von PV-FFA auf die Feldlerche

Da in Planungen zu PV FFA auf landwirtschaftlich genutzten Flächen regelmäßig Feldlerchen (*Alauda arvensis*) kartiert werden und einen externen Ausgleichsbedarf, z.B. in Form von „Lerchenfenstern“ oder Blüh- und Brachstreifen, auslösen, soll hier kurz auf die aktuelle Datenlage zur Eignung von PV-FFA als Bruthabitat der Feldlerche eingegangen werden.

Es gibt in der Literatur sowohl Beispiele für Brutnachweise in den mit Modulen überstellten Bereichen von PV-FFA (Lieder & Lumpe, 2011; Peschel *et al.*, 2019; Peschel & Peschel, 2025; Thiemann, 2023; Tröltzsch & Neuling, 2013; Zaplata & Stöfer, 2022), als auch Fälle, in denen keine Feldlerchen innerhalb von Anlagen, jedoch randlich oder außerhalb nachgewiesen wurden (Gabriel, 2018; Hemmer *et al.*, 2025; Meier & Bayerl, 2024; Peschel & Peschel, 2025; Schwaiger, 2022; Strohmeier & Kuhn, 2023; Trautner *et al.*, 2022; Tröltzsch & Neuling, 2013). In England werden Feldlerchen regelmäßig singend in PV FFA gesichtet, jedoch konnte bis heute kein Nestnachweis innerhalb der Modulbereiche erbracht werden (Fox, 2022; Solar Energy UK, 2023, 2024). Für eine differenzierte Diskussion der Eignung werden interessierten LeserInnen z.B. die Studien von Hemmer *et al.* (2025) oder Thiemann (2023) empfohlen.

Ein viel diskutierter und für die Habitatsignung bisher als relevant vermuteter Aspekt ist der Reihenabstand zwischen den Modulen. In der Literatur gibt es sowohl sichere Nestnachweise in 0,8 m Entfernung zu Modulen bei lediglich 2,6 m Reihenabstand (Peschel & Peschel, 2025, PV-FFA Weesow-Willmersdorf) als auch fehlende Nachweise in Anlagen mit bis zu 10 m Reihenabstand (Hemmer *et al.*, 2025). In der bne-Studie zur Artenvielfalt in PV-FFA (Peschel & Peschel, 2025) wurden in 25 PV-FFA Brutvogelkartierungen durchgeführt und die Kartierungen der Anlagen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt¹⁸. In den dort untersuchten Anlagen zeigten sich ebenfalls keine klare Differenzierung bei den Reihenabständen von Anlagen mit¹⁹ und ohne²⁰ Feldlerchennachweisen. Thiemann (2023) konnte in einem Solarpark mit unterschiedlichen Reihenabständen Feldlerchen v.a. in den Bereichen mit den engeren Reihen (3,2 m) nachweisen, die zwar auch etwas niedrigere Modultischoberkanten und deutlich kleinere Modultischbreiten aufwiesen, sich aber v.a. deutlich in der Pflege von den Bereichen mit größeren Reihenabständen (5 m) unterschieden. Letztere wurden im Mai vollständig an einem Tag gemäht, während die Anlagenbereiche mit engeren Reihenabständen ab Mai abschnittsweise über insgesamt 8 Wochen in einer Art Staffelmahd gemäht wurden.

Peschel & Peschel (2025) betonen als Voraussetzung für eine Besiedlung ebenfalls die Bedeutung niedriger, lückiger Vegetation mit offenen Bodenstellen mit fach- und ziel(arten)gerechter Pflege in Anlagen und von Wegen, die wie Feldlerchenfenster in PV-FFA fungieren. Auch wenn es Nachweise

¹⁸ <https://sonne-sammeln.de/biodiversitaet/biodiversitaets-studie/#solarparks>

¹⁹ PV-FFA mit Feldlerchennachweisen (n=17) bei Peschel & Peschel (2025):

-Reihenabstand: Mittelwert 4,0 m, Median 3,5 m, Standardabw. 1,6 m, Min. 2,1 m, Max. 7,6 m

-Anlagengröße: Mittelwert 40,5 ha, Median 27,0 ha, Standardabw. 40,7 ha, Min. 8,2 ha, Max. 164,0 ha

²⁰ PV-FFA ohne Feldlerchennachweise (n=8) bei Peschel & Peschel (2025):

-Reihenabstand: Mittelwert 3,4 m, Median 3,0 m, Standardabw. 1,4 m, Min. 2,3 m, Max. 6,6 m

-Anlagengröße: Mittelwert 16,2 ha, Median 12,0 ha, Standardabw. 8,2 ha, Min. 7,8 ha, Max. 36,0 ha

am Rand der Modulfelder und zwischen den Modulreihen in deren Untersuchung gab, wurden Feldlerchen oft in offenen Bereichen innerhalb der Anlage und Randbereichen, offenen Korridoren oder breiten, teils geschotterten, vegetationsarmen Wegen kartiert.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur scheinen die baulichen Parameter womöglich doch eine eher untergeordnete Rolle zu spielen. In der bisherigen Diskussion wurde sich jedoch v.a. auf die Auswirkungen der Modulreihenabstände konzentriert, ob gewisse Modultischhöhen und -breiten vergrämend wirken, muss weiterhin systematisch untersucht werden. Wichtiger scheint zu sein, dass das Habitat und die Pflege in den nicht überstellten Bereichen der PV-FFA den Ansprüchen der Feldlerche genügt, d.h. eine eher niedrige oder gut strukturierte, teils lückige Vegetation mit offenen Bodenstellen während der Brutzeit vorhanden ist. Aufgrund der baulichen Eingriffe findet man diese Bedingungen häufig unmittelbar nach dem Bau, im Laufe der Sukzession können sich diese jedoch ohne Maßnahmen zu Ungunsten der Feldlerche verändern. Bei der Sichtung und Auswertung der Quellen entstand der Eindruck, dass besonders kleinere Anlagen im Bereich der Größenordnung einzelner oder weniger Feldlerchenreviere tendenziell öfter nicht bzw. weniger besiedelt werden (vgl. z.B. Golawski *et al.*, 2025; Hemmer *et al.*, 2025; Jarčuška *et al.*, 2024; Peschel & Peschel, 2025^{19,20}). Ob dies eine Rolle spielt, muss jedoch systematisch unter Berücksichtigung anderer Faktoren, wie Vegetation, Pflege, Gehölzeingrünung, überstellter Fläche oder dem Brutplatzangebot und -bedarf in der Umgebung geprüft werden. Gerade bei kleinen Anlagen in der landwirtschaftlichen Flur sind i.d.R. auch angrenzende Ausweichflächen vorhanden, so dass Feldlerchen ihre angestammten Reviere möglicherweise einfach geringfügig ins verbleibende Offenland verschieben können.

In Anbetracht der oben aufgeführten Negativbeispiele und auch der Ergebnisse der Kartierungen von Peschel & Peschel (2025) selbst, teilen die AutorInnen dieses Gutachtens nicht deren Auffassung, dass Feldlerchen in PVA regelmäßig in gleicher oder größerer Anzahl brüten als auf Ackerflächen und daher auch regelmäßig keine externen Kompensationsmaßnahmen bei der Überplanung von Feldlerchenrevieren notwendig sind. Die Feldlerche wurde bei Peschel & Peschel (2025) zwar in ca. 73 % der 25 Anlagen²¹ nachgewiesen, jedoch mit sehr stark variierenden Häufigkeiten und Brutdichten²² und einem deutlichen Ausreißer (PV-FFA Weesow-Willmersdorf). Zudem gab es auch hier prinzipiell geeignete Anlagen, für die nicht abschließend geklärt werden konnte, warum die Art dort nicht brütete²³.

²¹ Die untersuchten PV-FFA wurden von Unternehmen vorgeschlagen, die zu untersuchenden Artengruppen wurden anhand der potenziellen Eignung der einzelnen Anlagen im Vorfeld ausgewählt (Peschel & Peschel 2025). PV-FFA ohne Eignungspotenzial wurden somit tendenziell aussortiert. So wurden in lediglich 25 der untersuchten 30 PV-FFA Brutvögel kartiert. Die Stetigkeit von Arten in PV-FFA wird durch diesen Ansatz überschätzt.

²² Feldlerchen Brutpaare pro 10 ha in kartierten PV-FFA (n=25) bei Peschel & Peschel (2025): Mittelwert 3,2, Median 1,4, Standardabw. 6,2, Min. 0, Max. 31,2; Angaben aus Brutvogelkartierungen der Einzelanlagen oder eigene Berechnung anhand der Tab. 10.4 (Peschel & Peschel 2025) und den Anlagengrößen

²³ z.B. scheint die PV-FFA in Hollerstetten grundsätzlich geeignet und weist breite Wege auf, die Feldlerche brütet aber nur im Umfeld. Von Peschel & Peschel (2025) wird der Lärm der angrenzenden Autobahn als Ursache der fehlenden Besiedlung diskutiert. Es wurden jedoch zwei Feldlerchen-Brutreviere zwischen der PV-FFA und der Autobahn kartiert, die trotz geringerer Distanz zur Autobahn nicht vom Lärm beeinträchtigt wurden.

Wie oben dargelegt sind die Faktoren, die eine Besiedlung von PV-FFA durch die Feldlerche sicher vorhersagen lassen, weiterhin nicht abschließend geklärt. Der Bedarf an systematischen, großräumigen, mehrjährigen Untersuchungen, die eine Vielzahl von Anlagentypen mit genauen Angaben zu den baulichen Parametern, der Vegetationsstruktur und -höhe und der Bewirtschaftung aufnehmen ist besonders für die Bewertung von bodenbrütenden Arten weiterhin vorhanden.

3.6.4 Fazit Vögel

Auch bei den Vögeln zeigt sich mit Ausnahme einiger bodenbrütender „Solarparkarten“, wie Braunkehlchen, Feldlerche, Goldammer, Grauammer oder Schwarzkehlchen und von kulturfolgenden Nischen- und Höhlenbrütern wie Bachstelze, Feldsperling oder Hausrotschwanz, die Tendenz, dass viele Arten in die Randbereiche von PV-FFA vertrieben werden. Selbst die genannten „Solarparkarten“ kommen in manchen Anlagen nur in den Randbereichen vor. Von größeren Modulreihenabständen alleine scheinen bodenbrütende Arten des Offenlands nicht pauschal zu profitieren. Arten wie Kiebitz, Turteltaube, Wachtelkönig, Wendehals, Wiedehopf oder Ziegenmelker meiden PV-FFA scheinbar komplett.

In den Randbereichen von Anlagen oder größeren Freiflächen und breiteren Wegen innerhalb der Modulfelder lassen sich jedoch Reviere vieler Arten erhalten oder auch neue Habitate schaffen, wenn die notwendigen Habitat- und Sonderstrukturen als „schmückendes Beiwerk“ (Thiemann, 2023) vorhanden sind. Neben Pflegemaßnahmen zum Erhalt der gewünschten Vegetationsstruktur ist für bodenbrütende Vogelarten zudem ein zielartenangepasstes Pflegeregime notwendig, dass u.a. die Mahd in den Brutzeiträumen ausschließt.

Übertrifft die Besatzdichte betroffener Arten in den Plangebieten das Besatzpotenzial der Randbereiche und Freiflächen und sind im räumlichen Zusammenhang keine geeigneten, unbesetzten Ersatzhabitate vorhanden, werden externe Ausgleichsmaßnahmen notwendig. Bis die Faktoren zur sicheren Vorhersage der Feldlerche in PV-FFA bekannt sind, ist durch den Bau von Solarparks von einem Verlust der Feldlerchen-Brutplätze auszugehen, welcher durch externe Maßnahmen zu kompensieren ist.

Eine umfassende Übersicht von Maßnahmen zur Vermeidung potenzieller Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG, die sich durch Beeinträchtigungen aus den verschiedenen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren von PV-FFA (s. Kap. 2.2) ergeben, ist in der folgenden Tab. 9 dargestellt.

Tab. 9 Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen für potenzielle Beeinträchtigungen von **Vögeln** durch bau-, anlage- und betriebsbedingte Wirkfaktoren von PV-FFA (nach Hietel *et al.*, 2021b; Günnewig *et al.*, 2007; Seidel *et al.*, 2024a, ergänzt u. verändert).

Wirkfaktoren	Beeinträchtigungen	Vermeidungs-, Minimierungs- oder Ausgleichsmaßnahmen	
baubedingt		intern	extern
Baufeldfreimachung und Baustelleneinrichtung sowie Maschineneinsatz, Baustellenverkehr und Bautätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Störung des Brutgeschäftes, Vertreibung von Vögeln – Zerstörung der Gelege – Verletzen/ Töten von Individuen – Temporärer Verlust von Brut- oder Jagdhabitaten 	<ul style="list-style-type: none"> – Bauzeitenregelung (keine Bauarbeiten während der Brutzeit) – Erstellen eines Baustelleneinrichtungsplan mit Baueinrichtungsflächen, Baustraßen, Lager- und Stellflächen sowie Tabuflächen – Freihaltung von Teilflächen – Erhalt und Integration wertvoller Biotopstrukturen (Gehölze, Einzelbäume u.a.) – Rodungsarbeiten ausschließlich im gesetzlich vorgegebenen Zeitraum nach §39 Abs. 5 Nr. 2 BNatSchG – Vergrämuungsmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> – Schaffung (temporärer) Ausweichhabitats
anlagenbedingt		intern	extern
Flächeninanspruchnahme (Flächenversiegelung und Überstellung der Bodenoberfläche mit Modulen)	<ul style="list-style-type: none"> – Vollständiger Habitatverlust durch versiegelte Flächen – Vollständiger Habitatverlust durch die Rodung von Gehölzen (Heckenbrüter) – Entwertung und Reduzierung von Habitatstrukturen und potenziellen Bruthabitaten durch die Überstellung mit Modulen 	<ul style="list-style-type: none"> – Erhalt und Integration essenzieller Gehölze – Anpflanzung von Sträuchern/ Gehölzen in den Randbereichen – Aussparung von Freiflächen oder breiter begrünter Wege innerhalb der Modulfläche – Größere Modulreihenabstände – Freihaltung breiter Randstreifen zwischen Zaunanlage und der Modulfläche 	<ul style="list-style-type: none"> – Schaffung von Ersatzhabitats (z. B. Feldlerchenfenster, Blühflächen in Kombination mit Brachestreifen, Ackerbrachen mit Selbstbegrünung) – Anpflanzung von Sträuchern/ Bäumen im (näheren) Umfeld der PV-FFA – Nutzung von (Wald-) Abstandsflächen zur Anlage von Blüh-/ Saumstreifen
Visuelle Wirkung der Modulfläche	<ul style="list-style-type: none"> – Störwirkung durch Silhouetteneffekt für Rastvögel 	<ul style="list-style-type: none"> – Abstand zu Rastgebieten 	

betriebsbedingt		intern	extern
Bewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> – Störung des Brutgeschäftes durch eine Bewirtschaftung während der Brutzeit 	<ul style="list-style-type: none"> – An Brutzeiten zeitlich angepasste Bewirtschaftung – Abschnittsweise Bewirtschaftung / Belassen von Altgrasstreifen – Extensive Bewirtschaftung (Mahd mit Abräumen des Mahdguts oder Beweidung mit begrenzter Besatzdichte) – Ausschluss von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln 	

4 Möglichkeiten und Grenzen des artenschutzrechtlichen Ausgleichs

4.1 Gesamtfazit

Photovoltaik-Freiflächenanlagen können bei entsprechender Standortwahl und Ausgestaltung durchaus geeignete Lebensräume für geschützte und gefährdete Arten darstellen (s. Kap. 3). Hier ist jedoch zu betonen, dass es immer noch ein erhebliches Forschungsdefizit über die Auswirkungen von PV-FFA auf Arten, insbesondere auch auf Vogelarten, gibt. Dementsprechend sind die Folgerungen aus diesem Gutachten – ebenso wie verallgemeinernde positive Aussagen zu den Auswirkungen von PV-FFA auf die Biodiversität – anhand zukünftiger systematischer, methodisch robuster Erhebungen kritisch zu prüfen (vgl. Kap. 3.1). Zudem ist anzumerken, dass sich die Auswirkungen bzw. Beeinträchtigungen verschiedener Solarparks aufgrund unterschiedlicher Bauweisen (überstellte Fläche, Lage und Größe von Freiflächen, Modulhöhe, -tiefe, -reihenabstand) und Standortwahl deutlich unterscheiden können. Dies ist aufgrund der technischen Entwicklungen der letzten Jahre insbesondere auch bei der Interpretation älterer Quellen zur Bewertung von aktuellen Vorhaben zu berücksichtigen. Die im öffentlichen Diskurs oft undifferenzierte Betrachtung von PV-FFA kann nach Ansicht der AutorInnen zu unzulässigen Schlussfolgerungen führen, beispielsweise wenn der oft in Freiflächen oder Sonderstrukturen lokalisierte hohe Artenreichtum besonders hochwertiger „Vorzeiganlagen“ auf die mit Modulen überstellten Bereiche naturferner Anlagen in ausgeräumten Agrarlandschaften übertragen wird.

Die durchgeführte Literaturrecherche zu den Beeinträchtigungen von Arten und Biotopen durch PV-FFA hat gezeigt, dass sich nach aktuellem Kenntnisstand nur Teilbereiche der Solarparks als Lebensraum für einen Großteil wertgebender Arten eignen (s. Tab. 10). Zur Entwicklung artenreicher Biotoptypen als Lebensräume für v. a. wärmebedürftige Artengruppen wie Tagfalter, Heuschrecken und Reptilien eignen sich innerhalb der Solarparks lediglich die besonnten Randbereiche und breitere Streifen zwischen den Modulreihen, sowie die innere breitere Wege-Erschließung mit ihren Säumen. Für bodenbrütende Vogelarten eignen sich v. a. die Freiflächen, breite Wege und Randbereiche der Anlagen (tlw. auch breitere Modulzwischenräume), für gehölzbrütende Arten die Gehölze der Randeingrünung als Bruthabitat. Ein systematischer Vergleich bestehender Auswirkungen der Breite einzelner Modulreihenabstände oder anderer technischer Anlagenparameter (in Abhängigkeit der Vegetation) auf die Diversität und Aktivität von Artengruppen steht jedoch ebenfalls noch aus. Ist der Erhalt geschützter Arten bzw. die Entwicklung von artenreichem Grünland in Solarparks das Ziel, sollten möglichst große, besonnte Bereiche geplant werden.

In dicht mit Modulen überstellten, technisch überprägten Bereichen eignen sich die großteils beschatteten Zwischenräume der Modulreihen bzw. die Bereiche unter den Modulen i. d. R. höchstens für artenärmere Vegetationsbestände und verbreitete, anspruchslose Arten. In naturfernen, auf Energieertrag ausgelegten, Anlagen beschränkt sich die Habitataignung wertgebender Arten somit auf größere besonnte Randbereiche. Dieser Umstand ist v. a. bei der Abschätzung des Zielbiotops

von Solarparks und v. a. auch der Eingriffsbilanzierung (durch Punkteverfahren oder verbal-argumentativ) entsprechend zu berücksichtigen.

Tab. 10 Zusammenfassung der Habitataignung bzw. des Ausgleichspotenzials für wertgebende Biotoptypen und Artengruppen in verschiedenen Bereichen von PV-FFA (vgl. Kap. 3 für eine differenziertere Betrachtung). Voraussetzung für die Bewertung ist das Vorhandsein **geeigneter (oft artenreicher) Biotope / Habitatstrukturen** und ein **zielartenkonformes Pflegeregime**. Insbesondere zur Eignung der mit Modulen überstellten Bereiche besteht hinsichtlich des artspezifischen Verhaltens (insbesondere bei Fledermäusen und (Greif-)Vögeln) weiterer Forschungsbedarf.

Biotope / Artengruppe	Habitataignung / Ausgleichspotenzial	
	Modulbereiche	Freiflächen, breite Wege und Randbereiche
artenreiche extensive Offenlandbiotope	<ul style="list-style-type: none"> dauerhaft besonnte Bereiche zwischen den Modulen geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> offene, besonnte Bereiche geeignet
Brutvögel des Offen- und Halboffenlands	<ul style="list-style-type: none"> Bereiche zwischen den Modulen lediglich für wenige „Solarparkarten“ als Brutplatz geeignet Modulgestelle werden von einigen Arten als Nistplatz genutzt Einfluss der Modulreihenabstände immer noch unklar, evtl. sind die Vegetation zwischen den Reihen und deren Pflege die relevanteren Eignungsfaktoren Eignung als Nahrungsgebiet 	<ul style="list-style-type: none"> für Arten ohne nachgewiesenem Meideverhalten von PV-Anlagen geeignet Eignung zur Anlage von Gehölzstrukturen oder Nisthilfen Eignung als Nahrungsgebiet
Greifvögel	<ul style="list-style-type: none"> Bereiche zwischen den Modulen prinzipiell als Nahrungsgebiet geeignet profitieren wahrscheinlich von größeren Reihenabständen 	<ul style="list-style-type: none"> Eignung als Nahrungsgebiet
Tagfalter / Heuschrecken / Laufkäfer	<ul style="list-style-type: none"> Bereiche zwischen den Modulen weisen z.T. reduzierte Eignung im Vergleich zu Freiflächen, Wegen und Randbereichen auf profitieren indirekt von größeren Reihenabständen 	<ul style="list-style-type: none"> besonnte Bereiche geeignet
Reptilien	<ul style="list-style-type: none"> besonnte Bereiche geeignet profitieren von größeren Reihenabständen (5-6 m) 	<ul style="list-style-type: none"> besonnte Bereiche geeignet Eignung zur Anlage von Ersatzquartieren
Amphibien	<ul style="list-style-type: none"> Eignung als Landlebensraum und Wanderkorridor 	<ul style="list-style-type: none"> Eignung als Landlebensraum und Wanderkorridor Eignung zur Anlage von Ersatzgewässern
Fledermäuse	<ul style="list-style-type: none"> Bereiche zwischen den Modulen weisen evtl. reduzierte Eignung im Vergleich zu Freiflächen, Wegen und Randbereichen auf → möglicherweise indirekter Effekt des verringerten Insekten-Nahrungsangebots aufgrund der beschatteten, artenärmeren Vegetation profitieren wahrscheinlich indirekt von größeren Reihenabständen 	<ul style="list-style-type: none"> als Jagdgebiet geeignet (Eignung wahrscheinlich art- und gildenspezifisch sowie (indirekt?) von den baulichen Parametern der Anlagen abhängig)
Kleinsäuger	<ul style="list-style-type: none"> Eignung als Lebensraum (außer Feldhamster) und Wanderkorridor bei entsprechender Ausgestaltung der Einzäunung 	
Mittel- / Großsäuger	<ul style="list-style-type: none"> Barrierewirkung (oder mögl. Meidewirkung) auf z. B. Schalenwild, Luchs, Wolf, Wildkatze 	

Soll die Frage eines möglichen Ausgleichs innerhalb von PV-FFA beantwortet werden, so hängt das Ergebnis immer vom Ausgangszustand der Fläche (und damit vom Einzelfall) ab. Vor allem intensiv genutzte, artenarme Acker- und Grünlandflächen als Ausgangsbestand werden i. d. R. durch die Umwandlung in eine extensive Grünlandnutzung und die randlichen Gehölzpflanzungen naturschutzfachlich aufgewertet, sofern keine geschützten Vogelarten wie z. B. Feldlerche oder Kiebitz betroffen sind. Dies gilt prinzipiell auch in naturfernen Anlagen, in denen sich lediglich artenarmes mesophiles Grünland entwickeln lässt.

Werden jedoch hochwertigere Offenlandbiotope überplant, die bereits geeignete Lebensräume für gefährdete oder geschützte Arten darstellen, kann nicht davon ausgegangen werden, dass diese Arten in naturfernen PV-FFA erhalten werden können. In diesen Fällen können allenfalls durch die Anlage breiter Randbereiche und Wege, oder eine Erhöhung des Modulreihenabstandes, d. h. unter erhöhtem Flächenbedarf bzw. unter verringertem Energieertrag, Bereiche geschaffen werden, in denen durch Erhalt, Wiederherstellung oder Aufwertung der Ausgangsbiotope Beeinträchtigungen von geschützten Arten vermieden oder kompensiert werden können. Diese Maßnahmen schließen jedoch nicht aus, dass weitere externe Maßnahmen notwendig werden. Dies hängt immer vom Einzelfall ab und ist im Rahmen der Umweltprüfung zu bewerten und zu bilanzieren. Bei großflächig betroffenen hochwertigeren Biotopen oder einer Vielzahl an betroffenen Brutrevieren können die potenziellen Ausgleichsflächen auch innerhalb von „naturverträglichen“ PV-FFA für einen Ausgleich immer noch unzureichend sein.

In PV-FFA erfolgt die Kompensation der überplanten Biotoptypen im Optimalfall intern durch die Begrünung des Solarparks. Zudem erfolgt die artenschutzrechtliche Beurteilung von PV-Planungen ebenfalls anhand der Habitateignung des Zielbiototyps für betroffene Arten. Ist aufgrund des Ausgangszustands oder der Ansprüche betroffener Arten die Entwicklung artenreicher Zielbiotope notwendig, sind diese i. d. R. nur über eine vergleichsweise aufwändige, standortangepasste, extensive Pflege (z. B. Mahd mit Abräumen des Mahdguts) oder auch Standortvorbereitungen zu entwickeln und dauerhaft zu erhalten. In der Praxis besteht das Risiko, dass derartige festgesetzte Pflegemaßnahmen nicht immer entsprechend umgesetzt werden und somit, entgegen der Bewertung der artenschutzrechtlichen Prüfungen, dennoch Verbotstatbestände nach § 44 BNatSchG ausgelöst werden können. Nach Ansicht der AutorInnen besteht bzgl. der Einhaltung solcher festgesetzten Pflegemaßnahmen und der Entwicklung höherwertiger Zielbiototype häufig ein Kontrolldefizit.

Das wichtigste Mittel zur Minimierung des potenziellen Ausgleichsbedarfs von PV-FFA stellt eine übergeordnete Standortsteuerung dar, welche natur- und artenschutzrechtliche Belange (z. B. Schutzgebiete, schutzwürdige Biotoptypen, bekannte Vogelrastgebiete, wichtige Flächen des Biotopverbunds) im Vorfeld berücksichtigt und somit die Anlagen auf naturschutzfachlich „geringwertige“ Flächen lenkt (Demuth *et al.*, 2019; Günnewig *et al.*, 2007; Trautner *et al.*, 2022). Dies trifft i. d. R. auf intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen zu. Hier ist jedoch zu beachten, dass z. B. Ackerflächen nicht pauschal als unkritisch zu betrachten sind, da diese durchaus Habitate für geschützte oder gefährdete Arten (z. B. Feldhamster, Kreuzkröte, gefährdete Segetalflora) oder bedeutende Rastplätze für Vogelarten darstellen können (Trautner *et al.*, 2022).

4.2 Zusammenfassung / Kernaussagen

- PV-FFA können sich je nach Standort, Umgebung, Freiflächenanteil, Bauweise und Bewirtschaftung in ihren Auswirkungen bzw. der zu erwartenden naturschutzfachlichen Entwicklung deutlich voneinander unterscheiden, was bei der Bewertung von Vorhaben und Studienergebnissen sowie dem generellen öffentlichen Diskurs mehr berücksichtigt werden sollte (vgl. Kap. 2).
- Zur Frage der Eignung von PV-FFA als Lebensraum für Arten herrscht immer noch ein erhebliches Defizit an systematischen, methodisch robusten Studien, die übertragbare Aussagen für unterschiedliche Varianten von PV-FFA zulassen (vgl. Kap. 3.1). Pauschalisierende Aussagen sind aufgrund der defizitären Quellenlage im Einzelfall kritisch zu hinterfragen.
- Bei genauer Betrachtung stellen v. a. größere Freiflächen, breitere Randbereiche und Wege (z.T. auch breitere Streifen zwischen den Modulreihen) die wichtigsten Lebensräume für die meisten wertgebenden Arten(-gruppen) (wie Pflanzen, Heuschrecken, Tagfalter, Reptilien, Brutvögel) dar. In diesen Bereichen können bei standortgerechter extensiver Pflege am ehesten artenreichere Offenlandbiotope erhalten bzw. entwickelt werden. Dementsprechend kann v. a. in diesen Bereichen ein Ausgleich für betroffene Offenland-Arten erbracht werden (vgl. Kap. 3.2 - 3.6).
- Dicht mit Modulen überstellte, technisch überprägte Bereiche, d. h. die großteils beschatteten Bereiche zwischen den Modulreihen bzw. unterhalb der Module, eignen sich nach aktuellem Kenntnisstand i.d.R. eher für artenärmere Vegetationsbestände und verbreitete, anspruchslose Arten (vgl. Kap. 3.2 - 3.6).
- In der Gruppe der Brutvögel des Offenlands verlagern viele Arten ihre Reviere in die Randbereiche, hier sind die Auswirkungen von PV-FFA für viele Arten noch nicht ausreichend verstanden. Einige nischen- und höhlenbrütende Arten können die Gestelle als Brutplatz nutzen, jedoch könnte für die Nester eine erhöhte Prädationsgefahr bestehen (vgl. Kap. 3.6).
- Bei Untersuchungen in PV-FFA sollten möglichst umfangreiche Anlagen-Parameter aufgenommen werden und bei Artnachweisen zwischen den mit Modulen überstellten, technisch geprägten Bereichen (unterhalb und zwischen den Modulreihen) und größeren Freiflächen außerhalb der Modulbereiche unterschieden werden. Letztere sind i. d. R. keine charakteristischen Bestandteile von PV-FFA, sondern gerade in auf Energieertrag ausgelegten, naturfernen PV-FFA eher die Ausnahme. Positive Eigenschaften auf die Biodiversität von größeren Freiflächen oder Pflege- und Entwicklungsflächen einzelner Solarparks können nicht pauschal PV-FFA – hier v. a. nicht den mit Modulen überstellten Bereichen – zugeschrieben werden. Das „cherry-picking“ von biodiversitätsfreundlichen Solarparks mit hochwertigen Sonderstrukturen sollte bei der Auswahl der PV-FFA für Studien vermieden bzw. durch die bewusste Einbeziehung von naturfernen Anlagen ergänzt werden.
- Sind naturschutzfachlich hochwertige Biotoptypen und Arten von einem geplanten Solarpark betroffen, ist nach aktuellem Kenntnisstand davon auszugehen, dass Beeinträchtigungen nur durch externe Maßnahmen bzw. die Schaffung größerer Freiflächen (mit zielkonformer Pflege) zu vermeiden sind.

5 Quellenverzeichnis

- Ambjörn, R. & v. Brackel, J. (2022). Vegetationskartierung und Vegetationsaufnahmen auf dem Solarpark Schornhof bei Berg im Gau, Lkr. Neuburg-Schrobenhausen. Abschlussbericht.
- Ammermann, K., Bunzel, K. & Igel, F. (2022). Eckpunkte für einen nachverträglichen Ausbau der Solarenergie. Positionspapier.
- Anderson, C.M., Hopkins, A.P. & Anderson, J.T. (2025). Assessing the Impact of Solar Farms on Waterbirds: A Literature Review of Ecological Interactions and Habitat Alterations. *Conservation*, 5, 4.
- Armstrong, A., Ostle, N.J. & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters*, 11.
- Badelt, O., Niepelt, R., Wiehe, J., Matthies, S., Gewohn, T., Stratmann, M., Brendel, R. & Haaren, C. von (2020). Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE).
- Barré, K., Baudouin, A., Froidevaux, J.S.P., Chartendrault, V. & Kerbiriou, C. (2024). Insectivorous bats alter their flight and feeding behaviour at ground-mounted solar farms. *Journal of Applied Ecology*, 61, 328–339.
- Baudouin, A., Hette-Tronquart, N., Brun, C., Gay, N., Chartendrault, V. & Kerbiriou, C. (2026). Balancing renewable energy and biodiversity: Assessing solar farm effects on bat activity. *Biological Conservation*, 314.
- Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N. & Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development: guidelines for project developers. IUCN, International Union for Conservation of Nature.
- Biennvenu, L., Lec'hvien, A., Gros, R., Kebaili, E., Schatz, B., Bischoff, A. & Isselin-Nondedeu, F. (2025). Effects of Panels and Management on Plant Community Composition in Southern French Solar Parks. *Applied Vegetation Science*, 28.
- Biesmeijer, K., van Kolfschoten, L., Wit, F. & Moens, M. (2020). The effects of solar parks on plants and pollinators: the case of Shell Moerdijk.
- Black, T.V. & Robertson, B.A. (2020). How to disguise evolutionary traps created by solar panels. *Journal of Insect Conservation*, 24, 241–247.
- Blaydes, H., Gardner, E., Whyatt, J.D., Potts, S.G. & Armstrong, A. (2022). Solar park management and design to boost bumble bee populations. *Environmental Research Letters*, 17.
- Blaydes, H., Potts, S.G., Whyatt, J.D. & Armstrong, A. (2021). Opportunities to enhance pollinator biodiversity in solar parks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145.
- Blaydes, H., Potts, S.G., Whyatt, J.D. & Armstrong, A. (2024). On-site floral resources and surrounding landscape characteristics impact pollinator biodiversity at solar parks. *Ecological Solutions and Evidence*, 5.

- Bonari, G., Fajmon, K., Malenovský, I., Zelený, D., Holuša, J., Jongepierová, I., Kočárek, P., Konvička, O., Uříčář, J. & Chytrý, M. (2017). Management of semi-natural grasslands benefiting both plant and insect diversity: The importance of heterogeneity and tradition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 246, 243–252.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023). Photovoltaik-Strategie. Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik.
- Bundesregierung Deutschland (2021). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021.
- Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V. (2021). GEO-Tag der Natur 2021. Biodiversität in Solarparks.
- Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V. (2022). Gute Planung - Best Practice für PV-Freilandanlagen.
- Carvalho, F., Montag, H., Bentley, L., Šarlej, R., Broyd, R.C., Blaydes, H., Cattin, M., Burke, M., Wallwork, A., Ramanayaka, S., White, P.C.L., Sharp, S.P., Clarkson, T. & Armstrong, A. (2025). Plant and soil responses to ground-mounted solar panels in temperate agricultural systems. *Environmental Research Letters*, 20.
- Carvalho, F., Treasure, L., Robinson, S.J.B., Blaydes, H., Exley, G., Hayes, R., Howell, B., Keith, A., Montag, H., Parker, G., Sharp, S.P., Witten, C. & Armstrong, A. (2023). Towards a standardized protocol to assess natural capital and ecosystem services in solar parks. *Ecological Solutions and Evidence*, 4.
- Chock, R.Y., Clucas, B., Peterson, E.K., Blackwell, B.F., Blumstein, D.T., Church, K., Fernández-Juricic, E., Francescoli, G., Greggor, A.L., Kemp, P., Pinho, G.M., Sanzenbacher, P.M., Schulte, B.A. & Toni, P. (2021). Evaluating potential effects of solar power facilities on wildlife from an animal behavior perspective. *Conservation Science and Practice*, 3.
- Clarkson & Woods (2019). Solarview. Ecological monitoring of solar sites - Overview of 2019 surveys.
- Clarkson & Woods (2020). Solarview. Ecological monitoring of solar sites - Overview of 2020 surveys.
- Copping, J.P., Waite, C.E., Balmford, A., Bradbury, R.B., Field, R.H., Morris, I. & Finch, T. (2025). Solar farm management influences breeding bird responses in an arable-dominated landscape. *Bird Study*, 1–6.
- Demuth, B., Maack, A. & Schumacher, J. (2019). Klima- und Naturschutz. Hand in Hand ; ein Handbuch für Kommunen, Regionen, Klimaschutzbeauftragte, Energie-, Stadt- und Landschaftsplanungsbüros, Berlin 2019 (Bearbeitungsstand: Juni 2018). Bundesamt für Naturschutz, Leipzig.
- 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.

- Diekmann, L., Zitzmann, F., Schaarschmidt, F. & Reich, M. (2025). Habitat Use of Birds on a High-Mounted Agrivoltaic Trial Plot. *Ecology and evolution*, 15.
- DNR – Deutscher Naturschutzring, BUND, DUH, Germanwatch, Greenpeace, WWF & Hrsg. (NABU) (2022). Solaranlagen: Chance für Naturschutz, Erfordernis für Klimaschutz. Forderungen der Umwelt- und Naturschutzorganisationen für einen naturverträglichen Ausbau.
- Dullau, S. & Tischew, S. (2019). Grünlandleitfaden. Bewirtschaftungsempfehlungen für den Lebensraumtypen 6440, 6510 und 6520 in Sachsen-Anhalt, 1. Auflage. Hochschule Anhalt, Bernburg.
- Engl, A., Reinke, M., Gnädinger, J. & Zwander, H. (2020). Endbericht EULE. Evaluierungssystem für eine umweltfreundliche und landschaftsverträgliche Energiewende, am Beispiel von Solarfeldern.
- Fartmann, T., Stuhldreher, G., Streitberger, M. & Helbing, F. (2021). Die Bedeutung der Habitatqualität für den Schutz der Insektendiversität - Mikroklima, Phytodiversität, Habitatheterogenität und Totholz sind Schlüsselfaktoren für artenreiche Insektengemeinschaften. *Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL)*, 53, 12–17.
- Feistel, U., Kettner, S., Ebermann, J., Mueller, F. & Krajcsi, E. (2024). Quantifying the Distribution of Evapotranspiration at PV and APV Sites Using Soil Moisture. *AgriVoltaics Conference Proceedings*, 2.
- Finck, P., Heinze, S., Rath, U., Riecken, U. & Ssymank, A. (2017). Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Dritte fortgeschriebene Fassung 2017. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Fleming, P.A. (2025). All that glitters – Review of solar facility impacts on fauna. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 224.
- Forgan, N.W., Cohen Suárez, C.M., Lovecky, W.S., Crumrine, P.W., Robertson, B.A. & Haynes, K.J. (2026). Disentangling the visual cues of an evolutionary trap for aquatic insects. *Evolutionary Ecology*, 40.
- Fox, H. (2022). Blithe Spirit: Are Skylarks Being Overlooked in Impact Assessment? *Inpractice*, 117.
- Fraleigh, D.C., Heitmann, J.B. & Robertson, B.A. (2021). Ultraviolet polarized light pollution and evolutionary traps for aquatic insects. *Animal Behaviour*, 180, 239–247.
- 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.
- Fumy, F., Schwarz, C. & Fartmann, T. (2023). Intensity of grassland management and landscape heterogeneity determine species richness of insects in fragmented hay meadows. *Global Ecology and Conservation*, 47.
- Gabriel, M. (2018). Ökologische Evaluierung des Solarfeldes Gänsdorf (Landkreis Straubing-Bogen, Niederbayern).

- Golowski, A., Mitrus, C. & Jankowiak, Ł. (2025). Increased bird diversity around small-scale solar energy plants in agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 379.
- 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*.
- 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.
- Greif, S. & Siemers, B.M. (2010). Innate recognition of water bodies in echolocating bats. *Nature communications*, 1.
- Greif, S., Zsebök, S., Schmieder, D. & Siemers, B.M. (2017). Acoustic mirrors as sensory traps for bats. *Science (New York, N.Y.)*, 357, 1045–1047.
- Günnewig, D., Johannwerner, E., Wachter, T., Bleyhl, B., Kelm, T., Liebhart, L., Klingler, M., Wegner, N., Otto, J. & Fietze, D. (2024). Technologien, Auswirkungen, räumliche Zukünftige Solar-Anlagen: Steuerungsmöglichkeiten. Endbericht. BfN-Schriften, 712.
- Günnewig, D., Sieben, A., Püschel, M., Bohl, J. & Mack, M. (2007). Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen.
- Hamidi, D., Sieve, F., Sieve, C., Wilms, L., Zinken, L., Kunz, F., Kayser, M., Hamidi, M. & Isselstein, J. (2024). Solar grazing – spatial distribution of sheep in free-field photovoltaic systems on grassland. *Grassland Science in Europe*, 29.
- Harrison, C., Lloyd, H. & Field, C. (2017). Evidence review of the impact of solar farms on birds, bats and general ecology. Natural England, Manchester Metropolitan University.
- Heindl, M. (2014). Aufständerung eines Solarmoduls als Brutstätte des Neuntöters *Lanius col-lurio*. *Ornithol. Rundbr. Mecklenbg.-Vorpomm.*, 48.
- Heindl, M. (2016). Brutbestandsentwicklung von Braunkehlchen *Saxicola rubetra* und Grauammer *Emberiza calandra* auf einer Photovoltaik-Freiflächenanlage bei Demmin. *Ornithol. Rundbr. Mecklenbg.-Vorpomm.*, 48.
- Hemmer, S., Hanusch, M. & Bachmann, M. (2025). Freiflächen-Photovoltaikanlagen bieten der Feldlerche *Alauda arvensis* keinen (Ersatz-)Lebensraum. *Anliegen Natur*, 47(2), 55-64.
- Herden, C., Gharadjedaghi, B. & Rasmus, J. (2009). Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. BfN – Skripten 247.
- Hietel, E., Lenz, C. & Schnaubelt, H.L. (2021a). Untersuchungsbericht zum Forschungsprojekt „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Entwicklung eines Modellkonzepts für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks“.
- Hietel, E., Reichling, T. & Lenz, C. (2021b). Leitfaden für naturverträgliche und biodiversitätsfreundliche Solarparks – Maßnahmensteckbriefe und Checklisten.

- 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 : the journal of the Society for Conservation Biology*, 24, 1644–1653.
- Jarčuška, B., Gálffyová, M., Schnürmacher, R., Baláž, M., Mišík, M., Repel, M., Fulín, M., Kerestúr, D., Lackovičová, Z., Mojžiš, M., Zámečník, M., Kaňuch, P. & Krištín, A. (2024). Solar parks can enhance bird diversity in agricultural landscape. *Journal of environmental management*, 351.
- Johannwerner, E., Günnewig, D. & Wachter, T. (2024). Photovoltaik-Freiflächenanlagen: Sachstand und Möglichkeiten der Aufwertung von Natur und Landschaft. *Natur und Landschaft*, 99 (12).
- Kelm, T. & Stauch, D. (2024). Flächeninanspruchnahme von PV-Freiflächenanlagen, Update 2023.
- KNE (2021). Kriterien für eine naturverträgliche Gestaltung von Solar-Freiflächenanlagen Übersicht und Hinweise zur Gestaltung.
- KNE (2022). Anfrage Nr. 329 zur Raumbedeutsamkeit von Solarparken. Antwort vom 02. Februar 2022.
- KNE (2025a). Artenreiches Grünland im Solarpark etablieren – aber wie? Hinweise für Bodenvorbereitung, Begrünung sowie Entwicklungs- und Folgepflege.
- KNE (2025b). Rechtliche Rahmenbedingungen für Batteriespeicher im Außenbereich. Analyse mit Blick auf Batteriespeicher und Solarenergie.
- Knegt, C., van Wijngaarden, K., Verweij, P. & Soons, M. (2021). Ecological impacts of ground-mounted solar parks on local vegetation - vegetation, soil, and micro-climate in thirteen solar parks in the Netherlands. *Landschap*.
- Kocsis, T., Groot, A. de, van Beersum, F., Boer, J., Dimmers, W., Laros, I., Lammertsma, D., Polling, M., Schnerch, B., Villing, N., WallisDeVries, M.F. & Fijen, T. (2025). Mixed plant and arthropod biodiversity responses to solar park establishment on former agricultural lands. *Journal of Applied Ecology*, 62, 3078–3091.
- Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Moqtaderi, C. & Erickson, W. (2021). Aquatic Habitat Bird Occurrences at Photovoltaic Solar Energy Development in Southern California, USA. *Diversity*, 13 (11).
- Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D. & Mitchell, M. (2025). Lake effect or data mirage? How accounting for technology differences at utility scale solar energy facilities can change data interpretation. *Environmental Research Letters*, 20.
- Lafitte, A., Sordello, R., Ouédraogo, D.-Y., Thierry, C., Marx, G., Froidevaux, J., Schatz, B., Kerbiriou, C., Gourdain, P. & Reyjol, Y. (2023). Existing evidence on the effects of photovoltaic panels on biodiversity: a systematic map with critical appraisal of study validity. *Environmental Evidence*, 12.
- Lambert, Q., Bischoff, A., Cueff, S., Cluchier, A. & Gros, R. (2021). Effects of solar park construction and solar panels on soil quality, microclimate, CO₂ effluxes, and vegetation under a Mediterranean climate. *Land Degradation & Development*, 32, 5190–5202.

- 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.
- Lambert, Q., Gros, R. & Bischoff, A. (2022). Ecological restoration of solar park plant communities and the effect of solar panels. *Ecological Engineering*, 182.
- Landeck, I., Kempe, K. & Hildmann, C. (2013). Leben unter Sonnenstrom - Wie Photovoltaik-Freiflächenanlagen Offenlandlebensräume verändern, 27, 22–23.
- Landesbetrieb Mobilität (LBM) Rheinland-Pfalz (2020). Leitfaden CEF-Maßnahmen - Hinweise zur Konzeption von vorgezogenen Ausgleichsmaßnahmen (CEF) in Rheinland-Pfalz. Bearbeiter FÖA Landschaftsplanung GmbH (Trier). Schlussbericht.
- Lec’hvien, A., Bienvenu, L., Isselin-Nondedeu, F., Bischoff, A., Gros, R. & Schatz, B. (2025). Effects of solar panels and management on pollinators and their interactions with plants in Southern French solar parks. *Biological Conservation*, 307.
- Li, Y., Armstrong, A., Simmons, C., Krasner, N.Z. & Hernandez, R.R. (2025). Ecological impacts of single-axis photovoltaic solar energy with periodic mowing on microclimate and vegetation. *Frontiers in Sustainability*, 6.
- Lieder, K. & Lumpe, J. (2011). Vögel im Solarpark – eine Chance für den Artenschutz? Auswertung einer Untersuchung im Solarpark Ronneburg „Süd I“.
- Mandery, K., Bruchhof, L. & Römer, J. (2026). Freiflächen-Photovoltaikanlagen – Trittsteine der Biodiversität in der Agrarlandschaft. *Anliegen Natur*, 48(1), 55-62.
- Meier, D. & Bayerl, H. (2024). Kartierung der Brutvögel und Nahrungsgäste im Bereich der Freiflächen-Photovoltaikanlage Schornhof im Donaumoos 2023/2024. Abschlussbericht.
- Miller, R., Peter, M. & Molder, F. (2023). Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2019). Freiflächensolaranlagen Handlungsleitfaden.
- MKULNV NRW (2013). Leitfaden „Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen“ für die Berücksichtigung artenschutzrechtlich erforderlicher Maßnahmen in Nordrhein-Westfalen. Forschungsprojekt des MKULNV Nordrhein-Westfalen (Az.: III-4 - 615.17.03.09). Bearb. FÖA Landschaftsplanung GmbH (Trier). Schlussbericht.
- Montag, H., Parker, G. & Clarkson, T. (2016). The Effects of Solar Farms on Local Biodiversity; A Comparative Study.
- Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. (2021). Der naturverträgliche Ausbau der Photovoltaik.
- Neumann, W. & Frobel, K. (2022). BUND-Position 72: Naturverträgliche Freiflächen-Solaranlagen für Strom und Wärme.

- Niedermeir-Stürzer, H. & Klett, S. (2014). Praxis-Leitfaden für die ökologische Gestaltung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen.
- Niedersächsischer Landkreistag, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz & Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2023). Hinweise für einen naturverträglichen Ausbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Stand 11.10.2023.
- Niemann, K., Rüter, S., Bredemeier, B., Diekmann, L., Reich, M. & Böttcher, M. (2017). Photovoltaik-Freiflächenanlagen an Verkehrswegen in Deutschland. *Natur und Landschaft*, 92 (3).
- Parker, G. & McQueen, C. (2013). Can Solar Farms Deliver Significant Benefits for Biodiversity? Preliminary Study July-August 2013.
- Peschel, R. & Peschel, T. (2023). Photovoltaik und Biodiversität – Integration statt Segregation! - Solarparks und das Synergiepotenzial für Förderung und Erhalt biologischer Vielfalt. *Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL)*, 55, 18–25.
- Peschel, R. & Peschel, T. (2025). Artenvielfalt im Solarpark. Eine bundesweite Feldstudie. Herausgeber: Bundesverband Neue Energiewirtschaft e.V., Berlin.
- Peschel, R., Peschel, T., Marchand, M. & Hauke, J. (2019). Solarparks - Gewinne für die Biodiversität.
- Peschel, T. (2010). Solarparks – Chancen für die Biodiversität. *Renews Spezial*.
- Peter, F., Reck, H., Trautner, J., Böttcher, M., Strein, M., Herrmann, M., Meinig, H., Nissen, H. & Weidler, M. (2023). Lebensraumverbund und Wildtierwege -erforderliche Standards bei der Bündelung von Verkehrswegen und Photovoltaik-Freiflächenanlagen. *Natur und Landschaft*, 98 (11).
- Raab, B. (2015). Erneuerbare Energien und Naturschutz - Solarparks können einen Beitrag zur Stabilisierung der biologischen Vielfalt leisten. *Anliegen Natur*, 37(1), 67-76.
- Reich, M., Rüter, S., Niemann, K., Wix, N., Bredemeier, B. & Böttcher, M. (2019). Photovoltaik-Freiflächenanlagen und die Vernetzung von Lebensräumen an überörtlichen Verkehrswegen. Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung.
- Reinke, M. (2022). Biodiversitätsoptimiertes Management von Photovoltaik-Freiflächenanlagen. *Rundbrief Winter 2022*, 44–48.
- Runge, H., Simon, M. & Widdig, T. (2010). Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. *Umweltforschungsplan 2007 ; Forschungskennziffer 3507 82 080 ; Endbericht ; FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umweltschutz, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 3507 82 080. Planungsgruppe Umwelt; Simon & Widdig GbR [u.a.], Hannover, Marburg u.a.*
- Ryslavy, T., Bauer, H.-G., Gerlach, B., Hüppop, O., Stahmer, J., Südbeck, P. & Sudfeldt, C. (2020). Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 6. Fassung, 30. September 2020.

- Scheller, W. (2020). Studie zu Auswirkungen von Photovoltaik-Anlagen auf Schreiadlerlebensräume. Teil 1.
- Schlegel, J. (2021). Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt.
- Schreiber, K.-F. (ed.) (2013). Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg, 2. Aufl. Verl. Regionalkultur, Heidelberg, Ubstadt-Weiher, Basel.
- Schwaiger, H. (2022). Kartierung der Brutvögel und Nahrungsgäste im Bereich der Freiflächen-Photovoltaikanlage Schornhof im Donaumoos 2021/2022.
- Seidel, A., Schmidt, C. & Richter, F. (2024a). Förderung von Biodiversität in Freiflächensolaranlagen: fachliche Vorschläge zur Gestaltung und Umsetzung. Teil A.
- Seidel, A., Schmidt, C. & Richter, F. (2024b). Förderung von Biodiversität in Freiflächensolaranlagen: fachliche Vorschläge zur Gestaltung und Umsetzung. Teil B.
- Seidler, C., Haase, H., Blechinger, K., Kändler, M. & Kamenz, J. (2013). Einfluss der Solarpaneele auf die Vegetationsentwicklung am Beispiel der Deponie Bautzen-Nadelwitz.
- Smallwood, K.S. (2022). Utility-scale solar impacts to volant wildlife. *The Journal of Wildlife Management*, 86.
- Solar Energy UK (2023). SolarHabitat: Ecological trends on solar farms in the UK.
- Solar Energy UK (2024a). Solar Energy UK Briefing. Promoting pollinators on solar farms.
- Solar Energy UK (2024b). SolarHabitat 2024: Ecological trends on solar farms in the UK.
- Solar Energy UK (2025). Solar Habitat 2025: Ecological trends on solar farms in the UK.
- Stille, D. (2022). Kleinsäugerkartierung auf der Photovoltaikanlage Schornhof bei Berg im Gau 2021. Kleinsäuger in Bayern.
- Stille, D. (2023). Insektenkartierung auf der PVA Schornhof bei Berg im Gau 2023. Abschlussbericht.
- Strohmeier, B. & Kuhn, C. (2023). Photovoltaik-Freiflächenanlagen und Vogelschutz in Österreich – Konflikt oder Synergie?
- Sturchio, M.A., Kannenberg, S.A., Pinkowitz, T.A. & Knapp, A.K. (2024). Solar arrays create novel environments that uniquely alter plant responses. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 6, 1522–1533.
- Sturchio, M.A., Macknick, J.E., Barron-Gafford, G.A., Chen, A., Alderfer, C., Condon, K., Hajek, O.L., Miller, B., Pauletto, B., Siggers, J.A., Slette, I.J. & Knapp, A.K. (2022). Grassland productivity responds unexpectedly to dynamic light and soil water environments induced by photovoltaic arrays. *Ecosphere*, 13.
- Szabadi, K.L., Kurali, A., Rahman, N.A.A., Froidevaux, J.S., Tinsley, E., Jones, G., Görföl, T., Estók, P. & Zsebők, S. (2023). The use of solar farms by bats in mosaic landscapes: Implications for conservation. *Global Ecology and Conservation*, 44.

- Száz, D., Mihályi, D., Farkas, A., Egri, Á., Barta, A., Kriska, G., Robertson, B. & Horváth, G. (2016). Polarized light pollution of matte solar panels: anti-reflective photovoltaics reduce polarized light pollution but benefit only some aquatic insects. *Journal of Insect Conservation*, 20, 663–675.
- Szoldatits, K.E., Walston, L.J., Hartmann, H.M., Fox, L., Stanger, M.E., Steele, S.E., Hogstrom, I. & Macknick, J. (2025). Bat activity at ecovoltaic solar energy developments in the Midwestern United States. *Global Ecology and Conservation*, 63.
- Thiemann, R. (2023). Auswirkungen von Freiflächenphotovoltaikanlagen (FF-PVA) auf Vögel und Vogelmenschen in einem Solarpark bei Köthen. *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt*, 60.
- 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, 1752–1762.
- Tölgyesi, C., Bátor, Z., Pascarella, J., Erdős, L., Török, P., Batáry, P., Birkhofer, K., Scherer, L., Michalko, R., Košulič, O., Zaller, J.G. & Gallé, R. (2023). Ecovoltaics: Framework and future research directions to reconcile land-based solar power development with ecosystem conservation. *Biological Conservation*, 285, 110242.
- 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.
- 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), 5-14.
- Tröltzsch, P. & Neuling, E. (2013). Die Brutvögel großflächiger Photovoltaikanlagen in Brandenburg. *Vogelwelt*, 155–179.
- Uldrijan, D., Černý, M. & Winkler, J. (2022). Solar Park – Opportunity or Threat for Vegetation and Ecosystem. *Journal of Ecological Engineering*, 23, 1–10.
- Uldrijan, D., Winkler, J. & Vaverková, M.D. (2023). Bioindication of Environmental Conditions Using Solar Park Vegetation. *Environments*, 10, 86.
- Valera, F., Šálek, M., Bolonio, L. & Václav, R. (2024). Comment on „Solar parks can enhance bird diversity in agricultural landscape“ by Jarčuška et al. *Journal of environmental management*, 366.
- Vervloesem, J., Marcheggiani, E., Choudhury, M.A.M. & Muys, B. (2022). Effects of Photovoltaic Solar Farms on Microclimate and Vegetation Diversity. *Sustainability*, 14.
- Visser, E., Perold, V., Ralston-Paton, S., Cardenal, A.C. & Ryan, P.G. (2019). Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. *Renewable Energy*, 133, 1285–1294.

- Walston, L.J., Hartmann, H.M., Fox, L., Stanger, M.E., Steele, S.E., Narváez, N.R., Szoldatits, K.E., Hogstrom, I. & Macknick, J. (2025). Ecovoltaic solar energy development can promote grassland bird communities. *Journal of Applied Ecology*.
- Walston, L.J., Rollins, K.E., LaGory, K.E., Smith, K.P. & Meyers, S.A. (2016). A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy*, 92, 405–414.
- Zaplata, M.K. & Dullau, S. (2022). Applying Ecological Succession Theory to Birds in Solar Parks: An Approach to Address Protection and Planning. *Land*, 11(5).
- Zaplata, M.K. & Stöfer, M. (2022). Metakurzstudie zu Solarparks und Vögeln des Offenlands.
- Zappek, N., Achtziger, R., Glaser, K. & Richert, E. (2025). Analyse der Vegetation von drei Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) im Raum Freiberg. *Freiberg Ecology online*, 1–26.
- Zinken, L., Hamidi, D., Tegtmeyer, P., Kayser, M. & Isselstein, J. (2024). Microclimate, grass growth and herbage quality of peat grassland under free field photovoltaic modules. *Grassland Science in Europe*, 29.
- Zitzmann, F., Stern, M., Schmidt, M. & Schirmel, J. (2024). Carabid beetles in solar parks: assemblages under solar panels are severely impoverished compared to gaps between panel rows and edge areas. *Journal of Insect Conservation*.