

J. Landschaftsökologisches Gutachten von Herrn Dr. Karl Müller Sämman

I. Modul 1: Recherchen zu den Standorten, Anlagen und Versuchsplanung⁴⁴⁷

In diesem Arbeitskapitel wurden Berichte von anderen Anlagen und zu durchgeführten Untersuchungen in diesen Anlagen ermittelt. Dabei stellte sich heraus, dass es sowohl Anlagen gibt, die prioritär nur zur Stromerzeugung geplant wurden, als auch Anlagen, bei denen von Anfang an naturschutzfachliche Planungen mit einbezogen wurden, die darauf abzielen diesen Aspekt bei der Anlagenkonzeption zu berücksichtigen oder sogar zu optimieren (BfN 2019).

Nach bisher vorliegenden Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass Fotovoltaik-Freiflächenanlagen sich in intensiv genutzten Agrarlandschaften positiv auf den Artenschutz auswirken. So kommt eine Studie der Agentur für erneuerbare Energien (Peschel, 2010) zu dem Schluss, dass bei der Nutzung von PV-Freiflächenanlagen auf ehemaligen Ackerflächen oder intensiv genutztem Grünland eine wesentliche Verbesserung der Artenvielfalt, des Boden- und Grundwasserschutzes (Nährstoffezug, Nitrateintrag) erwartet werden kann. Seltene Pflanzen- und Vogelarten können gemäß der Studie von den geschaffenen „Ruhezonen“ deutlich profitieren.

Bei Projektstart vorliegende Untersuchungen konnten auch zeigen, dass die Struktur der Anlagen und die Vernetzung mit angrenzenden Lebensräumen einen großen Einfluss haben, wenn es darum geht, die Artenvielfalt zu erhöhen (BNE, 2019). Für einige wertgebende Arten, die in Deutschland durch die intensive Landwirtschaft und Siedlungsstrukturen in ihrem Bestand gefährdet sind, könnten Solarparks günstige Lebensräume sein (Salje, P. 2015). Raab et al. (2015) stellten fest, dass insbesondere die Nähe zu Lieferbiotopen (möglichst unter 500 m) und das Alter der Anlagen einen starken Einfluss auf die Artenvielfalt hatten (BBZ, 2019). In anderen Untersuchungen erwies sich die Erhöhung der Abstände zwischen den Modul-Reihen als wirksame Maßnahme zur Steigerung der Artenvielfalt

447 Das landschaftsökologische Gutachten wurde bearbeitet von Herrn Dr. Karl Müller Sämman, cult-tec Agrolutions UG, Juni 2023.

in FFA, – eine Aussage, die durch einen Trend zu eng gestellten Modulen relativiert wird (Walz, solarkomplex, pers. Information, 2021). Auch die Schaffung von Rohbodenflächen innerhalb von Anlagen steigert die Artenvielfalt, ist aber klar als zusätzliche Maßnahme im Sinne eines Landschaftspflegeplans einzustufen. Mahdregime können optimiert werden (möglichst nur 2 Schnitte pro Jahr) und haben bei Entnahme des Aufwuchses eine bessere Wirkung auf die Artenvielfalt als Mulchmaßnahmen mit Belassen der Biomasse und folglich ohne Abmagerungseffekt. Dies trifft vor allem zu, wenn Solaranlagen auf nährstoffreichen Ackerstandorten errichtet werden. In jedem Fall führt dies aber zu höheren Kosten, da die Abfuhr arbeits- und kostenintensiv ist, eine entsprechende Technik und Anlagenplanung voraussetzt (!) und weil Erträge und Futterqualitäten – zumindest in eng gestellten Pultanlagen nur mittelmäßig sind (siehe dazu auch vorläufige Ergebnisse in Modul 3). Sind die Anlagen in ein System aus vorhandenen Trittsteinbiotopen und Habitatstrukturen eingebunden, wird ihr Beitrag zur Biodiversität gegenüber isoliert stehenden Anlagen gesteigert (Tröltzsch und Neuling, 2013).

Mittlerweile gibt es zur naturschutzfachlichen Ausgestaltung von Freiflächenanlagen schon zahlreiche Veröffentlichungen mit Richtlinien zum Bau und Handreichungen für die Berücksichtigung umweltrelevanter Fragen bei Planung und Bau dieser Anlagen (z.B. UM-BW 2019; NABU 2021).

Hoch aufgeständerte Solarmodule über landwirtschaftlichen Flächen (Agri-Fotovoltaik), wie sie beispielsweise in Heggelbach am Bodensee errichtet wurden (Abbildung 1) führen nicht zum Verlust von landwirtschaftlich genutzten Flächen, sondern können bei fortgesetzter landwirtschaftlicher Nutzung die Flächeneffizienz erhöhen. Im Projekt APV-RESOLA (ISE 2015–2021) wurden die Veränderungen des Mikroklimas (Licht, Feuchtigkeits- und Temperaturverteilung) unter den hochaufgeständerten Solarpaneelen auf den Ertrag der Feldfrüchte Kartoffel, Weizen, Klee gras und Sellerie untersucht. In trockenen Anbauperioden in der Sommerzeit ergeben sich durch die Beschattung des Bodens positive Effekte bzgl. des Bodenwasserhaushaltes. Einige Kulturen konnten von der Teilbeschattung profitieren, andere Kulturen brachten geringere Erträge. In wirtschaftlicher Hinsicht sind solche Anlagen unter aktuellen Bedingungen wegen der damit verbundenen Arbeiterschwernisse und Kosten aber nicht attraktiv genug.

Aussichtsreicher sind in dieser Hinsicht hoch aufgeständerte Solarmodule in Sonderkulturen (z. B. Himbeeranlagen, Obstspaliere), wo die Solarmodule anstelle des ohnehin anzubringenden Hagelschutzes als Überdachung von mäßig sonnenbedürftigen Kulturen dienen. Hier können Synergien

genutzt werden und es gibt erste Anlagen auf denen vielversprechende Daten gesammelt werden (z.B. BayWa-Re, 2021).

Auch bifaziale, senkrecht aufgeständerte Module, die eine (mit Einschränkungen) weitgehend reguläre maschinelle landwirtschaftliche Bewirtschaftung und Nutzung in den Gassen erlauben, sind in dieser Hinsicht als praxisnahe echte Agri-Fotovoltaikanlagen anzusehen und werden auch im Rahmen des laufenden Projekts am Beispiel einer großen Anlage bei Donaueschingen untersucht (Abbildung 1).



Abbildung 1: Beispiel einer Agri-Fotovoltaikanlage, die eine „reguläre“ ackerbauliche Nutzung auf der Fläche erlaubt. Kommerzielle Anlage mit senkrecht stehenden bifazialen Modulen in Donaueschingen-Aasen (Foto Müller-Sämann).

II. Quellen

- APV- RESOLA: <http://www.agrophotovoltaik.de/>
- BayWa-Re 2021. Agri-PV Gemeinsam für mehr Klimaresilienz. <https://www.baywa-re.com/de/solar-projekte/agri-pv>.
- BfN (2019): Handbuch Klima- und Naturschutz: Heft 6 Photovoltaik-Freiflächenanlagen Planung und Installation mit Mehrwert für den Naturschutz.
- BBZ 2019. Ackerbau und Artenreichtum unter einem Hut. Badische Bauernzeitung 302019:16–17.
- BNE [Hrsg.] 2019: Solarparks – Gewinne für die Biodiversität. Studie, Bundesverband Neue Energiewirtschaft (BNE) e.V., November 2019,

- S. 73 https://www.bne-online.de/wp-content/uploads/20191119_bne_Studie_Solarparks_Gewinne_fuer_die_Biodiversitaet_online.pdf.
- Fraunhofer ISE 2020. Agri-Photovoltaik vereint Landwirtschaft und PV. Flyer, abgerufen 11/2021 <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>.
 - Koordinationsstelle BDM 2014: Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1410: 104 S.
 - NABU 2021. Hintergrundpapier – Der naturverträgliche Ausbau der Solarenergie. Berlin.
<https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/erneuerbare-energien-energiewende/solarenergie/04300.html>
 - Peschel, T. (2010): Solarparks – Chancen für die Biodiversität. Renew's Spezial Ausgabe 45 – Betrachtungen zu den Umweltauswirkungen von Freiflächen-Solarparks. Hrsg. Agentur für Erneuerbare Energien e. V., Berlin, 19 S. https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/15382273/files/images/45_Renews_Spezial_Biodiversitaet_in_Solarparks_online_01.pdf/full.pdf.
 - Raab, B. 2015. Erneuerbare Energien und Naturschutz – Solarparks können einen Beitrag zur Stabilisierung der biologischen Vielfalt leisten. ANLiegen Natur 37 (1), S. 67–76. https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an37106raab_2015_solarfelder.pdf.
 - UM-BW [Hrsg.] 2019. Freiflächensolaranlagen -Handlungsleitfaden. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. Stuttgart, 84 S. <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/handlungsleitfaden-fuer-freiflaechensolaranlagen-veroeffentlicht>.

III. Modul 2: Auswahl der Versuchsstandorte und Implementierung der Versuchsanstellungen

Zu Beginn des Projektes wurde in Zusammenarbeit mit der Projektleitung und den Projektpartnern zunächst eine Urliste von in Frage kommenden und bereits bestehenden Freiflächensolaranlagen erstellt, die für landschaftsökologische und produktionstechnische Untersuchungen in Frage kommen. Von diesen ursprünglich 13 Anlagen konnten mehrere Anlagen wegen fehlender Vergleichsflächen im Umfeld oder wegen ihrer Lage auf Deponieflächen ausgeschlossen werden. Sechs Anlagen blieben in der näheren Auswahl und wurden bei mehreren Bereisungen mit den Pro-

jektpartnern Solarkomplex, Energiedienst und next2sun einer näheren Betrachtung unterzogen.

Am Ende dieses Auswahlprozesses, in dessen Rahmen auch die Landwirtschaftsbetriebe angefragt werden mussten, die angrenzende Flächen für Vergleichsuntersuchungen bereitstellen können, blieben vier Anlagen übrig, die sich für die Untersuchungen eigneten.

Anmerkung: An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die Untersuchungen nicht im Rahmen eines standardisierten Versuchsaufbaus stattfinden, sondern eine Zusammenschau von methodisch durchgeführten Fallstudien an vier repräsentativen Standorten in Baden wiedergeben. Die ausgewählten Freiflächensolaranlagen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.



*Abbildung 2a: Ansicht der Freiflächen Agri-Fotovoltaikanlage in Donaueschingen Aasen bei der Grünlandnutzung (August 2021) und
Abbildung 2b: Ansicht nach dem Pflügen am 30.10.2021 (Bild rechts: Martin Müller).*

Zu allen vier Standorten wurden Textprotokolle mit Luftbildaufnahmen und einer Beschreibung der Flächeneigenschaften, der Umgebungssituation, der Landnutzungsmuster in der Nachbarschaft, den Bewirtschaftern und Pflegebeauftragten und zum aktuellen Stand der Nutzungs- und Besitzsituation erstellt. Diese Protokolle wurden laufend aktualisiert und angepasst. Anlage 1 zeigt beispielhaft das Textprotokoll am Standort Döggingen.

Zusätzlich zum Textprotokoll existiert zu jedem Standort ein tabellarisches Protokoll mit Kenndaten zu den erhobenen Daten und Probennahmetermenen (Anlage 2 des Berichts).

| Übersicht Solarpark-Flächen (PV und Solarthermie) und vorläufige Einstufung der Eignung für FFVA-Projekt Solarcomplex AG, Energiedienst, next2sun- und Solverde Bürgerkraftwerke | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|---|---|--------------|---|---|--|---|
| Nr. | Name Solarpark/ Ort | Solare Nutzung | Adresse oder Geo-Koordinaten ETRS89 UTM32 | In Betrieb seit / Alter | Fläche ha | Vorherige Nutzung | Pflege/ Nutzung | Eignung für Feldtyp (Fistck.-Nr.) | Erreichbar keit / km von FR |
| 4 | <u>Denkingen</u> | Strom | Geokoordinaten 460365, 5304160 | 2009/ 11 | 2,96 | Landwirtschaft Acker | masch. Mulchen und liegenlassen | Feld 1 (10370) Feld 3 (10361) Feld 4 (10355) | 1h 34 102 |
| 7 | <u>Mooshof</u> | Strom | 8.986837, 47.812972 WSG84 geo Mooshof, Bodman 498975, 5295445 | 2011/ 2009 Bodman, Fistck.3147 & 2802 (Teilflächen) | 13,11 | Landwirtschaft „Mais“acker | Mähen und Abräumen von Beginn an | Feld (729/2 bis 717, Espasingen) Feld 3 (3147 und 2802 Teilflächen, Bodman) Feld 4 (3838 & 3836, Wahlwies) | 1h 36 109 |
| 11 | <u>Döggingen</u> | Strom | 460365, 5304160 Fistck Nr.554, Döggingen | 2018 2019-20 | 1,0 ha | Ackerbau / Anlage / Grünland Ackernutzung | Döggingen (Energiedienste) | Feld 1 ++ (932 & 931) Feld 3 ++ (554) Feld 4 ++ (451 & 437) | 1h 01 58 km |
| 13 | Donaueschingen / Aasen 47.996402 8.533645 | Strom | next 2sun GmbH Dürheimer Straße 465084, 5315861 | 2019 2020 | ca. 14 ha | Grünland (direkt ins Grünland gebaut) ein Streifen (von Ost nach West) war Acker | Grünlandnutzung; i.d.R. 2 Schnitte/Jahr 2021 wetterbedingt nur ein Schnitt und Nachbeweidung mit Schafen im Vorfrühling (?) | Feld 1 (1979) Feld 2 (2019-2028) Feld 3 (2019-2028) Feld 4 (2018) | 65 km 1h 15' eventuell Ackerbau in der Anlage? |
| LEGENDE: | | | | | | | | | |
| Nutzungstyp 1 Ackerbau (Mais) oder sonstige Kultur; offene Ackerfläche | | | | | | | | | |
| Nutzungstyp 2 Ackerbau (Mais) oder sonstige Kultur; in der Fotovoltaikanlage | | | | | | | | | |
| Nutzungstyp 3 (Extensives) Grünland in der Fotovoltaikanlage | | | | | | | | | |
| Nutzungstyp 4 Grünland außerhalb der Anlage | | | | | | | | | |

IV. Modul 3 Erhebungen zur Biomasseproduktion in den Freiflächen- Fotovoltaikanlagen und auf angrenzenden Grünland Vergleichsflächen

1. Biomasseproduktion des Grünlandaufwuchses in den Fotovoltaikanlagen und auf angrenzenden Grünlandvergleichsflächen

Die Erhebungen wurden zu je 2 Terminen im Jahr 2021 und 2022 durchgeführt. 2021 war ein Versuchsjahr mit spätem Vegetationsbeginn, unterdurchschnittlichen Frühsommer- und Sommertemperaturen und überdurchschnittlichen und periodisch in kurzen Abständen auftretenden Sommerniederschlägen (siehe Abbildung 2 in Berichtsteil Insektenmonitoring). Erst gegen Ende August beruhigte sich die Wetterlage und es folgte ein relativ trockener Herbst.

2. Ergebnisse 2021

Die Schnitttermine im Grünland waren 2021 wegen des kalten Frühjahrs etwa um zwei Wochen nach hinten verschoben und wegen des unsteten Wetters „lauerten“ die Bewirtschafter auf gutes Wetter, weshalb die vereinbarten Ankündigungen zum Schnitt oft sehr kurzfristig oder in einem Fall gar nicht erfolgten. Der zweite Probenschnitt im freien Grünland in Denkingen konnte deshalb nicht mehr wie geplant erfolgen und die Biomasse wurde anhand des Vergleichs aus der ersten Erhebung relativ zum Aufwuchs in der Freiflächenanlage geschätzt.

Nach Abstimmung mit den Anlagenbetreibern bzw. mit den Dienstleistern, die mit den Pflegearbeiten in den Anlagen betraut sind – und mit den Landwirten, die regulär genutzte Vergleichsflächen bei den Anlagen bewirtschaften, wurden Zeitfenster für die Probenschnitte bei den Anlagen festgelegt. Diese zeitaufwändige Abstimmung war notwendig, um zu verhindern, dass Flächen schon vor den Probenschnitten gemäht wurden. Auch sollte die Beprobung jeweils nahe an den Nutzungstermin gelegt werden. Dieser war wegen der unterschiedlichen Höhenlage der Orte nicht einheitlich.

Zum methodischen Vorgehen ist zu sagen, dass die Biomasseschnitte auf allen vier Standorten und in allen 8 Vergleichssituationen auf jeweils drei Flächen ($2 \times 5 \text{ m} = 10 \text{ m}^2$) mit drei Wiederholungen in jeder Versuchssituation durchgeführt wurden ($3 \times 10 = 30 \text{ m}^2$ repräsentative Grünland-Beprobungsfläche).

Direkt nach dem Schnitt wurde die gesamte Biomasse der Beprobungsfläche gewogen und eine repräsentative Teilprobe zur Trockenmassebestim-

mung entnommen und in einer Plastiktüte in einer Kühlbox gelagert. Danach wurden die Proben in einem Trockenschrank bei 100°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und der Ertrag wurde rechnerisch anhand der Biomasse und des Trockenmassegehalts für die Beprobungsfläche bestimmt und dann auf den Ertrag in Tonnen Trockensubstanz pro Hektar (t TS/ha) umgerechnet.



*Abbildung 3: Probeschnitt in der Freiflächenanlage in Denkingen. Schnittflächen 2*5 m (10 m²) mit drei Wiederholungen je Behandlung. Die Schnitte erfassten die ganze Gassenbreite reichten bis unter die aufgestellten Paneele.*



Abbildung 4: Probeschnitt in einer Wiederholung zur Bestimmung des Biomasseaufwuchses auf der Grünland Vergleichsfläche in Denkingen 2021.



Abbildung 5a und 5b: Voll mechanisierter Grünlandschnitt mit Heubergung in der Anlage mit senkrecht stehenden bifazialen Solarmodulen in Donaueschingen Aasen, 2021 (Foto Müller-Sämann).

Ertragsmessungen: In der nachfolgenden Abbildung sind die Biomasseerträge von 2021 dargestellt, wie sie bei den zwei ersten Beprobungen der Flächen 2021 innerhalb der Freiflächenanlagen und auf angrenzenden Grünlandvergleichsflächen mit regulärer landwirtschaftlicher Nutzung gemessen wurden.

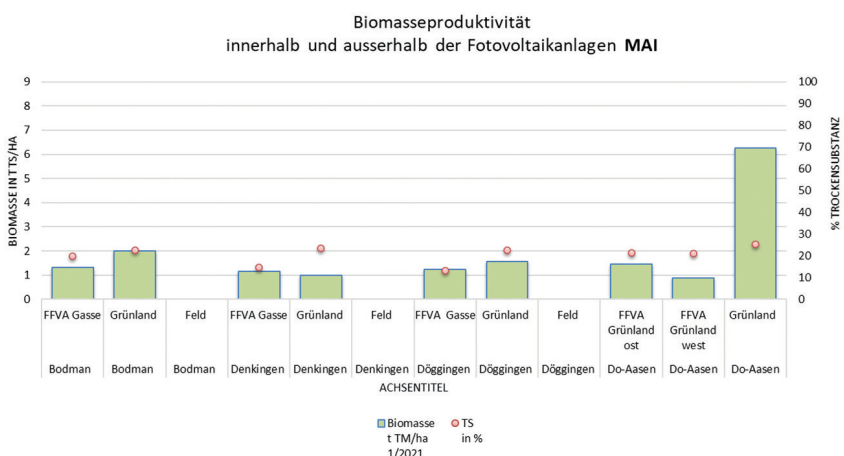


Abbildung 6: Biomasseaufwüchse (t/ha) und Trockenmassegehalte (rote Punkte) in den Freiflächenanlagen (FFVA Gasse) und auf den angrenzenden Grünland-Referenzflächen (Grünland) beim ersten Schnitt Mai/Juni 2021.

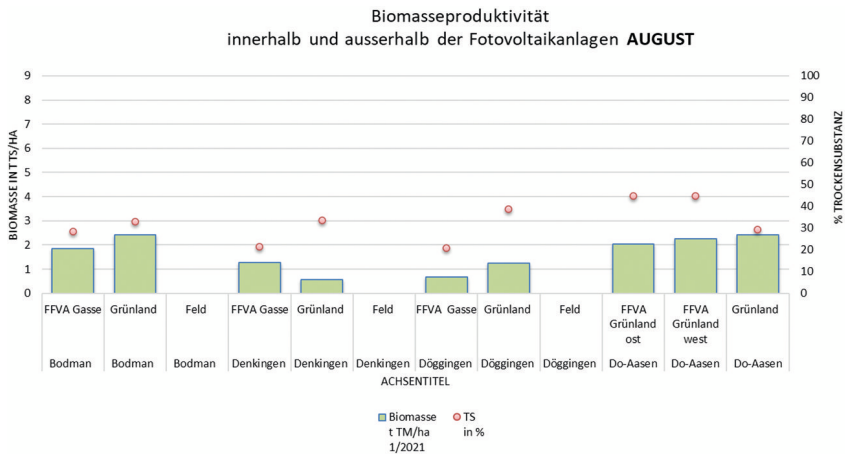


Abbildung 7: Biomasseaufwüchse (t/ha) und Trockenmassegehalte (rote Punkte) in den Freiflächensolaranlagen (FFVA Gasse) und auf den angrenzenden Grünland-Referenzflächen (Grünland) beim zweiten Schnitt im August 2021.

In der zusammenfassenden Darstellung zu den Biomasseaufwüchsen von Grünland bei Ernten im Mai/Juni und im August 2021 sind die Erträge in der Anlage Donaueschingen Aasen getrennt für die Parzellen östlich und westlich der Solarmodule dargestellt. Es handelt sich hierbei um eine Agri-Fotovoltaikanlage, auf der die landwirtschaftliche Nutzung durch die aufrechte Stellung der bifazialen Module erleichtert und ermöglicht wird (siehe Abbildung 5, oben).

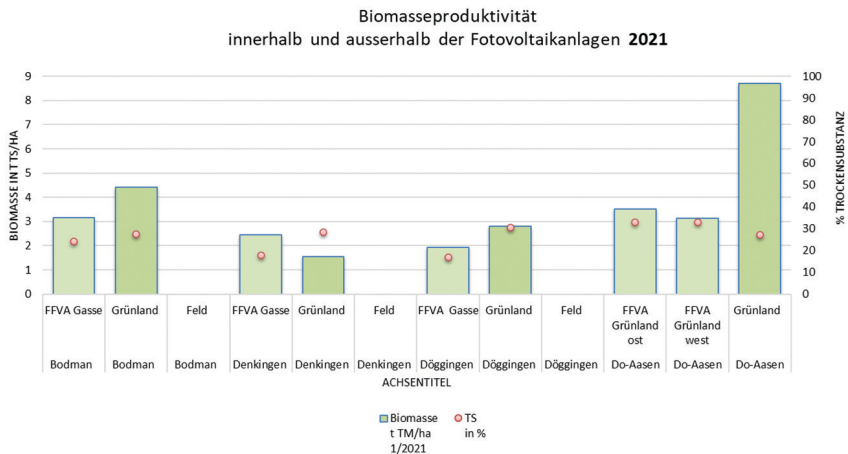


Abbildung 8: Jährliche Biomasseaufwüchse (t/ha) und Trockenmassegehalte (rote Punkte) in den Freiflächensolaranlagen (FFVA Gasse) und auf den angrenzenden Grünland-Referenzflächen (Grünland) 2021.

3. Anmerkungen zu den Ertragsangaben/ Messergebnissen 2021

Der Biomassertrag Grünland des zweiten Aufwuchses in Denkingen wurde für den August abgeschätzt aus dem 2. Schnitt in der Anlage und dem Ertragsverhältnis von Anlage zum Referenzsystem beim ersten Schnitt.

In Donaueschingen- Aasen wurde der Aufwuchs in der Anlage (schon jahrelang extensiv zweischneittig genutzt) mit dem Aufwuchs auf einem mittelintensiv genutzten und gedüngten Grünlandbestand in der Nachbarschaft verglichen. Dadurch ergaben sich management- und bodenbedingt von vornherein große Unterschiede, die nicht auf die Verschattung durch die bifazialen Module in dieser Anlage zurückgeführt werden können. Es handelt sich also nicht um einen exakten Vergleichsversuch, sondern um eine Fallstudie bei der regulär bewirtschaftetes Grünland mit extensivem Grünland in der Agri-PV Anlage verglichen wurde.

Zur Einordnung des Ertragsniveaus kann am ehesten die ebenfalls extensiv mit zwei Schnitten und Abfuhr genutzte Fläche in Bodman herangezogen werden, wo aufgeständerte Module das Szenario bilden, und wo der Boden (sehr humusreicher anmooriger Boden) allerdings mehr Nährstoffe nachliefern kann.

Zieht man diesen Vergleich heran, dann ergeben sich – trotz des schlechteren Bodens und der deutlich kühleren Standortbedingungen in Aasen beim Vergleich der Freiflächenanlagen Ertragsvorteile für die bifaziale Anlage gegenüber aufgeständerten Anlagen mit Gassen. Die offene Grünlandvergleichsfläche in Bodman wurde nach Demeter Richtlinien bewirtschaftet und auch regelmäßig mit Gülle gedüngt und auf mittlerer Intensitätsstufe mit zwei bis drei Schnitten pro Jahr genutzt.

Die Messergebnisse aus den Anlagen in Denkingen und Döggingen lassen sich nur schwer vergleichen, da hier nur gemulcht und nicht abgefahren wird, so dass sich auf den ehemaligen Ackerflächen, die nun mit den Modulen überbaut sind, ein sehr nährstoffreiches Milieu eingestellt hat. Trotz dieser Tatsache bleiben die Biomasseaufwüchse auch in diesen Anlagen mit 3,4 m Gassenbreite (Denkingen) und 3,2 m Modulabstand (Döggingen) hinter den Erträgen des Magerrasens in der Anlage in Donaueschingen Aasen zurück. (Abbildung 8).

Es muss an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Vergleiche keinem Versuchsdesign mit exakter Versuchsanstellung entstammen, sondern hier Fälle (case studies) an unterschiedlichen Standorten verglichen werden, aus denen nur in der Zusammenschau und unter Berücksichtigung der jeweiligen Flächeneigenschaften Rückschlüsse gezogen werden können.

4. Ergebnisse 2022

Die Ergebnisse der Biomasseerhebungen vom 18. Mai 2022 (Bodman und Denkingen) bzw. vom 31. Mai 2022 (Donaueschingen-Aasen und Döggingen) sind in der nachfolgenden Grafik zusammengestellt. Abweichend von der Betrachtung 2021, wo in Aasen eine westliche und östliche Position in der Anbaugasse zwischen den senkrecht stehenden Modulen unterschieden war, wurde im Jahr 2022 der Grünlandaufwuchs aus dem Randbereich der Freiflächenanlage beprobt, wo der Abstand zum letzten Modul schon über 5 m betrug, wo aber gleiche Boden- und Bewirtschaftungsbedingungen herrschten „Grünland-Anlagen-Rand“. Hierbei zeigte sich, dass der relative Ertragsabfall bei diesem realitätsnäheren Vergleich deutlich geringer ausfällt als beim Vergleich mit einer besser gedüngten regulären Nachbarfläche (siehe nähere Angaben zur Vergleichssituation beim Abschnitt Erbsenanbau 2022).

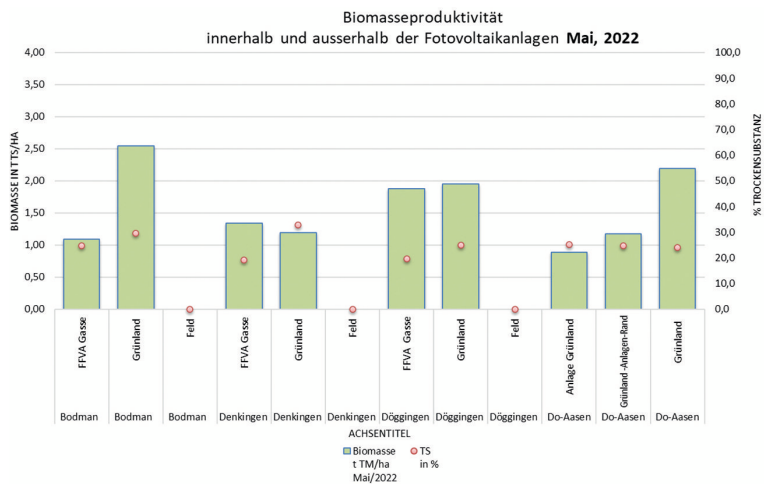


Abbildung 9: Biomasseaufwüchse (t TS/ha) und Trockenmassegehalte in % (rote Punkte) in den Freiflächensolaranlagen (FFVA Gasse) und auf den angrenzenden Grünland-Referenzflächen (Grünland) beim ersten Schnitt Mai 2022.

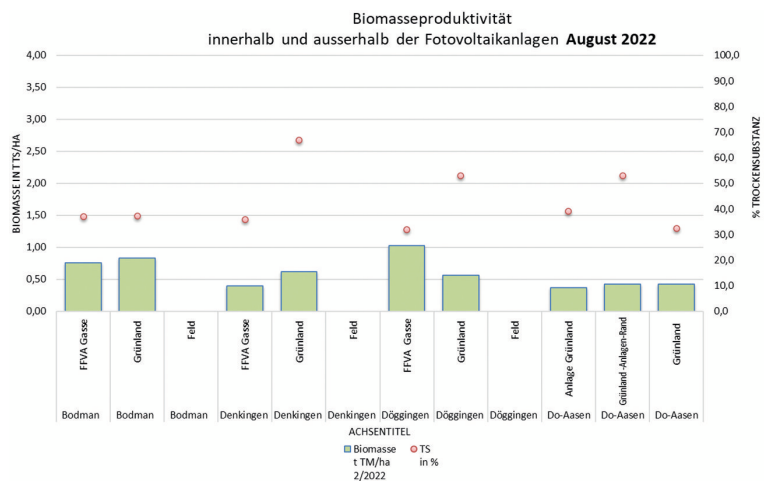


Abbildung 10: Biomasseaufwüchse (t TS/ha) und Trockenmassegehalte in % (rote Punkte) in den Freiflächensolaranlagen (FFVA Gasse) und auf den angrenzenden Grünland-Referenzflächen (Grünland) beim zweiten Schnitt August 2022.

Der Ertrag des zweiten Schnittes beim Grünland außerhalb der Anlage in Do-Aasen nach untypisch spätem 1. Heuschnitt mit überständigem Bestand führte zu geringeren Erträgen auf der Grünlandvergleichsfläche beim zweiten Beprobungstermin auf dieser Fläche (Ertragssäule ganz rechts in der Grafik). Ähnlich, wenn auch nicht so stark ausgeprägt zeigte sich das relative Ertragsverhalten in Bodman, wo der Aufwuchs nach wetterbedingt spätem erstem Schnitt ebenfalls noch jung war.

In der Zusammenschau der beiden Jahre in Abbildung 11 zeigt sich, dass die Trockenmasse-Aufwüchse beim Vergleich mit angrenzenden Magerstandorten (Denkingen, Döggingen, Randbereich Do-Aasen 2022) fast gleichwertig sind. Das Erntegut ist aber in der Regel als Folge der Teilbeschattung feuchter als bei Grüngut von offenen Grünlandflächen.

In Donaueschingen in der Agri-PV Anlage mit vertikaler Modulanordnung ist die Differenz, wenn man die gleichen Bodenbedingungen zugrunde legt (Beprobung – „Sonderfall Rand“ im südlichen Randbereich abseits der Panele) zwischen Biomasse mit und ohne PV-Panel deutlich geringer (-21 %) als beim Vergleich mit dem benachbarten regulär bewirtschafteten und gedüngten Grünland (Ertragsrückgang -52 %). Der Vergleich mit der Anbausituation im Randbereich der Anlage ohne PV-Module ist aber aussagekräftiger in Hinblick auf das relative Produktionspotenzial in der Agri-PV Anlage (siehe auch Ergebnisse des Erbsenanbaus 2022).

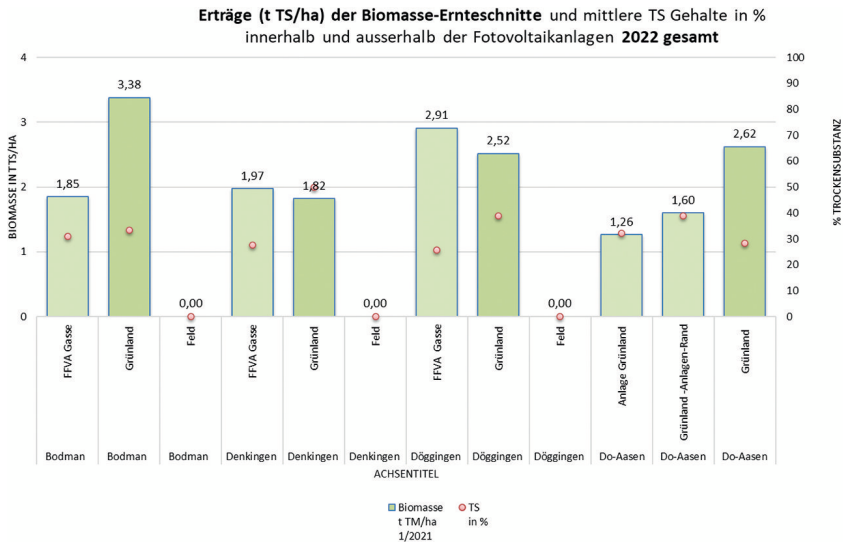


Abbildung 11: gesamter jährlicher Biomasseaufwuchs (t/ha) und Trockenmassegehalte (rote Punkte) in den Freiflächensolaranlagen (FFVA Gasse) und auf den angrenzenden Grünland-Referenzflächen (Grünland) bzw. im Randbereich der Anlage in Do-Aasen 2022.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Biomasseerhebungen noch einmal zusammenfassend dargestellt. In Abhängigkeit vom Niederschlagsregime, der Bewirtschaftung und der Nährstoffsituation variieren die relativen Aufwuchsleistungen in den Anlagen erheblich. In 5 von 8 Fällen liegen die Grünlanderträge bei 38–77 % der Erträge des offenen Grünlands.

In 3 von 8 Fällen übertrifft der Biomasseaufwuchs in den Anlagen den des angrenzenden Grünlands (Behandlung *nur Mulchen auf ehemaligem Ackerland* versus extensiv genutztes Grünland). In der Agri-PV Anlage in Donaueschingen Aasen lag der Relativertrag beim Vergleich mit der Randlage mit gleicher Bewirtschaftung im Jahr 2022 bei 79 %.

| Relative Biomasseaufwüchse (t TS/ha) in- und außerhalb der Freiflächen-PV-Anlagen in den Jahren 2021 und 2022 | | | | | |
|---|------|----------------------------|---|---|----------------------------------|
| Anlage | Jahr | Biomasseaufwuchs in Gassen | Biomasseaufwuchs angrenzende s Grünland | Realativer Aufwuchs in den Anlagen in % | Sonderfall Rand Donau- eschingen |
| Bodmann | 2021 | 3,17 | 4,43 | 72 | |
| | 2022 | 1,85 | 3,38 | 55 | |
| Denkingen | 2021 | 2,44 | 1,56 | 156 | |
| | 2022 | 1,97 | 1,82 | 108 | |
| Döggingen | 2021 | 1,93 | 2,8 | 69 | |
| | 2022 | 2,91 | 2,52 | 115 | |
| Donaueschingen | 2021 | 3,32 | 8,69 | 38 | |
| | 2022 | 1,26 | 2,62 | 48 | 79 |

5. Vergleich ackerbaulicher Nutzung in der Fotovoltaikanlagen und auf angrenzenden Acker-Vergleichsflächen mit Felderbsen 2022

Entgegen den Annahmen bei der Planung dieses Projekts stellte sich bei Projektbeginn schnell heraus, dass bei den existierenden Pultanlagen in Döggingen, Denkingen und Bodman eine ackerbauliche Nutzung aus Sicht der Anlagenbetreiber und der Betreuer der Anlagen weder sinnvoll noch technisch befriedigend umsetzbar ist. Diese Versuchsvariante wurde deshalb nach Rücksprache mit Landwirten und anderen Projektbeteiligten als theoretische Option in den eng stehenden Pultanlagen verworfen. Lediglich am Standort Donaueschingen in der *AGRI-Freiflächen-PV-Anlage* mit senkrecht aufgeständerten Modulen bot sich der Anbau an und wurde deshalb hier weiterverfolgt.

Da die Anlage auf einer ehemaligen Grünlandfläche errichtet wurde, war für eine ackerbauliche Nutzung zunächst ein Umbruch des Grünlandes notwendig. Die Befreiung vom Bebauungsplan für einen Umbruch in drei Gassen der Anlage für Versuchszwecke (Gassenbreiten jeweils 10 m) musste in einem langwierigen Verfahren erstritten werden. Konsultiert wurden das Landwirtschafts- und Naturschutzamt und die Kommune für die Befreiung des Bebauungsplans. Dieser Prozess zog sich bis in den Frühsommer, so

dass eine Realisierung der ackerbaulichen Nutzung im Jahr 2021 in Donaueschingen-Aasen nicht mehr zustande kam.

Am 29. Oktober 2021 wurde in enger Abstimmung mit dem Maschinenring Schwarzwald-Baar-Kreis und dem örtlichen Landwirt schließlich gepflügt. Hierbei kam ein GPS gestütztes Spurleitsystem zum Einsatz, da es eine hohe Präzision erforderte, ohne Beschädigung der Module mit den schweren Maschinen in der Anlage arbeiten zu können (Abstand der Pflugsohle auf beiden Seiten genau 1 m). Im Ergebnis standen damit drei Gassen von 10 m (ca. 1,3 ha) mit 8 m Feldbreite zwischen den Modulen für ackerbauliche Vergleichsversuche zur Verfügung (Abbildung 12).



Abbildung 12: Pflugeinsatz in der Agri-Photovoltaikanlage in Donaueschingen-Aasen am 29. Oktober 2021 (Fotos M. Müller).

Auf der Umbruchfläche, die sich über den Winter setzen konnte und Zeit für ein teilweises Verrotten der alten Grasnarbe bot, wurden nach einmaligem Eggen im März dann am 22.04.2022 Erbsen eingesät. Parallel dazu erfolgte die Aussaat auf einem benachbarten Vergleichsschlag des Landwirts ohne Solarmodule.

6. Ergebnisse des Erbsenanbaus in der Agri-PV Anlage in Do-Aasen 2022

Der Anbau der Erbsen zur Körnergewinnung erfolgte nach einem Umbruch des Dauergrünlands im Oktober 2021 und mit Aussaat der Erbsen mit Kreiseleggendrille am 22. April 2022. Zuvor war nach vorausgehender Bodenanalyse eine bedarfsorientierte Grunddüngung mit Phosphat, Kalium und Schwefel erfolgt. Nach der Saat erfolgte ein Anwalzen und am 23. April 2022 die Anwendung eines Voraufdauerherbizids zur Unkrautkontrolle. Diese Maßnahmen erfolgten nach guter fachlicher Praxis durch den mit dem Anbau betrauten Landwirt.

Danach waren bis zur Ernte keine weiteren Pflegemaßnahmen mehr erforderlich. Eine Zusatzbewässerung der Versuchsfelder kam nicht zum Einsatz.

Die Beschreibung der Pflanzenentwicklung von der Keimung bis zur Reife (phänologische Entwicklungsstadien) erfolgte im Versuch mit Bonituren nach einem standardisierten Zahlenschlüssel (BBCH Skala) von 0–90, wobei 0 die Saat und 89 die Vollreife markieren. Die Bonitur 11 markiert das Erscheinen des ersten Keimblatts der Pflanzen, 50 das Erscheinen der Blütenknospen, 69 das Ende der Blühphase und 70–90 markieren die Fruchtentwicklung und das Abreifen der Erbsenschoten bis hin zum Vertrocknen der Pflanzen (Bundessortenamt, 2018).

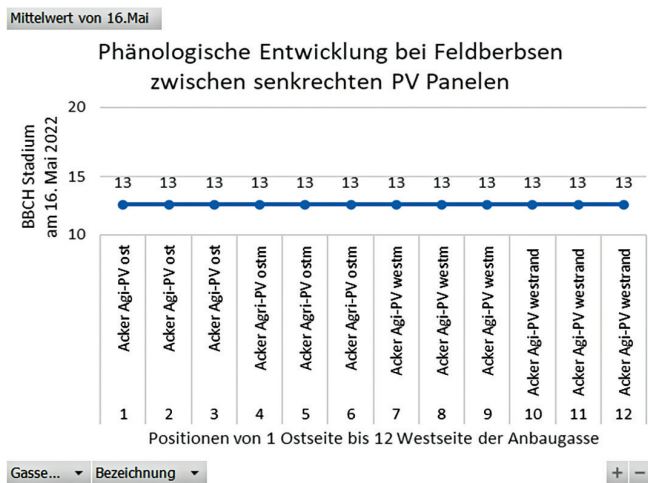


Abbildung 13: Phänologische Entwicklung der Felderbsen in der Anbaugasse zwischen den Paneelen in Donaueschingen-Aasen am 16. Mai 2022.

Bis zum 3-Blatt Stadium konnten bei der Bestandsentwicklung keine sichtbaren Unterschiede bei den Messstellen in der 8 m breiten Anbaugasse zwischen den Nord-Süd ausgerichteten, senkrecht angeordneten Modulen festgestellt werden. Im Zuge der weiteren Entwicklung traten ab der späten vegetativen Entwicklungsphase innerhalb der Anbaugassen Unterschiede auf (siehe Grafik vom 14. Juni 2022).

Dabei blieben die östlich, entlang der Module angeordneten Reihen in der Entwicklung zurück gegenüber den Pflanzen in der Gassenmitte und gegenüber den Anbaureihen im westlichen Teil der Anbaugasse. Dieses asymmetrische Entwicklungsverhalten (siehe auch Ertragsergebnisse) ließ sich in der Folge bis hin zur Abreife der Bestände beobachten (Abbildung 17).

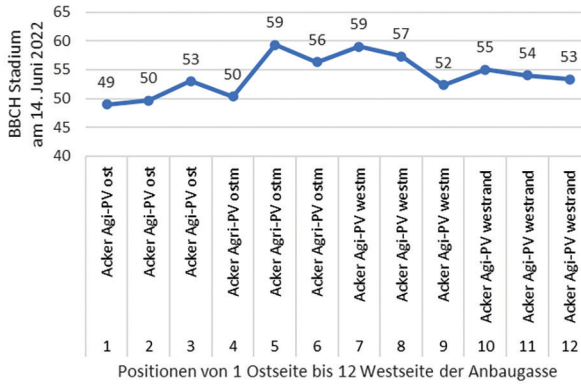


Abbildung 14a und 14b: Ansicht des Erbsenanbauversuchs in der Agri-PV Anlage in Donaueschingen-Aasen nach dem Auflaufen der Erbsen, am 13. 5. nachmittags (Abb. 14a Schatten links) und am 16.5.2022 vormittags (Abb. 14b Schatten rechts).

Offensichtlich wirkte sich eine längere Beschattung am Morgen negativer auf die Entwicklung aus, als abendlicher Schatten im westlichen Teil der Anbaugasse (in der Grafik rechts). Mögliche Gründe könnten eine verzögerte morgendliche Bodenerwärmung sein und/oder eine effizientere Lichtwirkung am Tagesbeginn, wenn die Pflanzen noch nicht unter Wasserstress stehen, was in den späten Mittags- und Abendstunden eher der Fall war. Aufgrund der Wittersituation in 2022 mit sehr trocknen, sonnreichen und überdurchschnittlich heißen Tagen im Juli und bis Mitte August erscheint das plausibel (Klimadiagramm 2022 in Anlage 3).

Mittelwert von 14.Juni Entwicklung

Phänologische Entwicklung bei Feldberbsen
zwischen senkrechten PV Paneelen



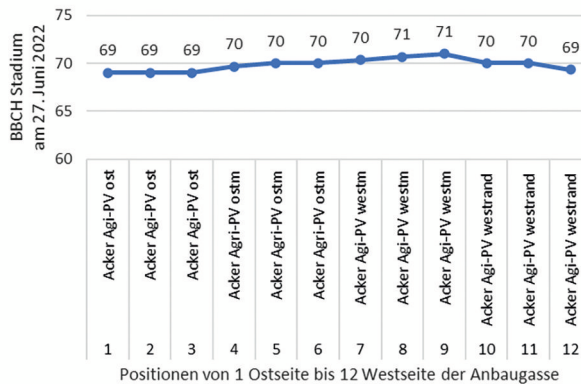
Gasse...

Bezeichnung

+ -

Mittelwert von 27.Juni Entwicklung

Phänologische Entwicklung bei Feldberbsen
zwischen senkrechten PV Paneelen



Gasse...

Bezeichnung

+ -

Abbildung 15 a und 15 b: Verlauf der vegetativen Entwicklung der Erbsenpflanzen innerhalb der Anbaugasse bei Blühbeginn (Abb. 15 a) und bei der Kornreife (Abb. 15 b).

Krankheiten und Schädlinge zeigten sich in dem sonnigen und trockenen Sommer 2022 weder innerhalb noch außerhalb der Agri-PV Anlage. Das

Auftreten von Krankheiten und Schädlingen (Blattläuse vor Blühbeginn) war gering, nur vorübergehend und spielte keine Rolle für das Ertragsgeschehen.



Abbildung 16: Ansicht Erbsenanbau in Agri-PV Anlage (Modulabstand 10 m; Anbaugasse 8 m) in Donaueschingen-Aasen am 14.06.2022 (Blick von Süd nach Nord um 12:00 Uhr).



Abbildung 17: Verzögerte Abreife der Erbsen an östlicher Seite (rechts) gegenüber den Reihen in der Mitte und im westlichen Teil der Anbaugasse am 19.7.2022.

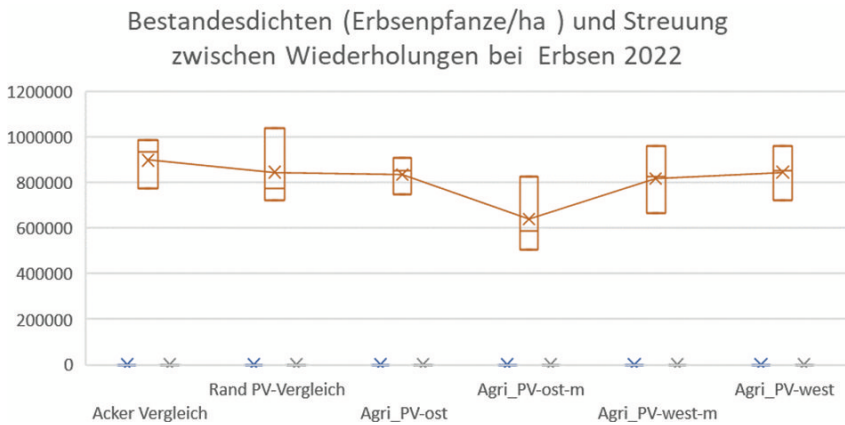


Abbildung 18: Bestandesdichten (X) in den drei Wiederholungen der einzelnen Gassenpositionen und die Streuung innerhalb der Wiederholungsmessungen.

Die Bestandesdichten lagen befriedigend und einheitlich zwischen 80–90.000 Pflanzen/ha mit Ausnahme der Situation in der halb östlich gelegenen Parzelle in der Agri-PV Anlage mit noch befriedigender Bestandsdichte (Versuchsplan Parzelle 16). Hier war der Aufgang bodenbedingt durch eine grobe Krümelstruktur nach Grünlandumbruch und Bodenbearbeitung, wegen vielen Kluten und wenig Feinboden geringer als in den restlichen Varianten.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Ertragserhebungen bei den Erbsen dargestellt:

Verglichen wurden drei unterschiedliche Anbausituationen a) Agri-PV Anlage b) Randlage der Agri-PV Anlage und c) Erbsenanbau auf einem benachbarten, regulär bewirtschafteten Erbsenacker. Innerhalb der Anbaugasse zwischen den senkrecht angeordneten Solarmodulen wurden außerdem noch zusätzlich die vier Anbaupositionen 1. Ost, 2. Mitte-Ost, 3. Mitte-West und 4. West unterschieden (siehe Abbildung 19, Parzellen 15–18).

Bei der Ernte am 16.08.2022 wurden innerhalb der Anlage ebenfalls vier jeweils 2 m breite und 5 m lange Anbaustreifen entlang der Solarmodule unterschieden und getrennt mit drei Wiederholungen ausgewertet. Abbildung 22 zeigt die getrennten Erntehaufen für diese Positionen.

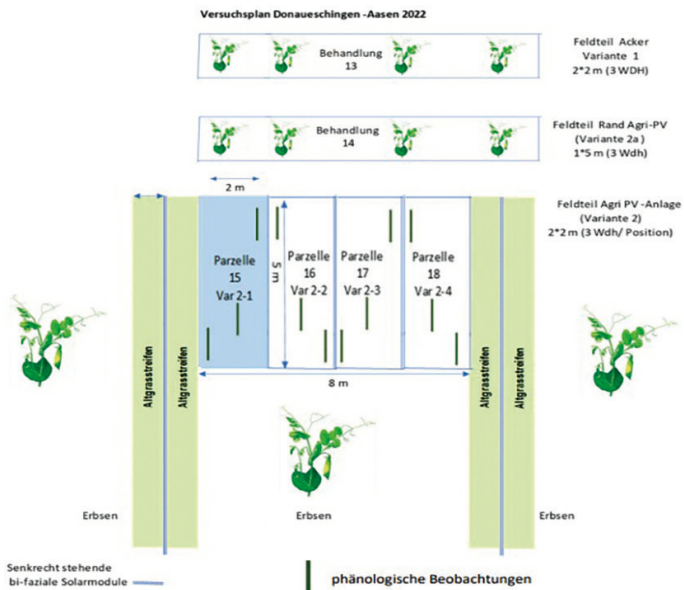


Abbildung 19: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus in Donaueschingen 2022.



Abbildung 20: Randlage mit Vergleichsparzellen (Variante 14; rechte Bildhälfte) bei ähnlichem Boden wie in den Anbaugassen (links; Varianten 15 -18) zwischen den Solarmodulen am 13.05.2022.



Abbildung 21: Ansicht des Anbauvergleichs Erbse auf einem benachbarten regulär bewirtschafteten Feld (Variante 13).



Abbildung 22: Ansicht der abschnittsweisen Ernte der Erbsen auf vier Positionen in der Anbaugasse.

Wie in der folgenden Grafik veranschaulicht, waren die Erbsenerträge mit knapp 3,9 t Trockenmasse (was in etwa 44 dt/ha Handelsertrag entspricht) auf dem regulär bewirtschafteten, benachbarten Feld mit besserem Boden am höchsten.

Demgegenüber erreichten die Erträge auf dem mageren, frisch umgebrochenen Wiesengrundstück auch im Randbereich der Anlage ohne Einfluss der Solarpaneele mit etwa 3 t Trockenmasse/ha nur etwa 77 % dieses Ertragsniveaus.

Für die relative Beurteilung des Ertragspotenzials innerhalb und außerhalb der Agri-PV Anlage kommt aufgrund ähnlicher Bodenverhältnisse der Vergleich der Erträge mit den drei Parzellen im Randbereich der realen Vergleichssituation näher (Variante 14). Zieht man diesen Vergleich heran, so zeigt sich, dass die Erbsenerträge innerhalb der Anlage mit durchschnittlich 2789 kg Trockenmasse nur um 4 % niedriger lagen als in den Randparzellen, wo im Mittel der drei Wiederholungen 2906 kg TM /ha geerntet wurde (Abbildung 23).

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, dass es auch hierbei - ähnlich wie bereits bei der Pflanzenentwicklung - innerhalb der Anbaugasse zu einer deutlichen Differenzierung des Ertrags gekommen ist. Während die östlich angrenzenden Parzellen (15) mit morgendlicher Beschattung direkt an den Modulen deutliche und die östlich bis mittig gelegenen Parzellen (16) leichte Ertragsseinbußen zeigten, waren die Erträge ab der Gassenmitte bis zum westlichen Rand (Varianten 17, 18) gleich oder sogar leicht höher, wie auf den Randparzellen ohne Einwirkung der Module. Unter den 2022 vorherrschenden, sehr sommerlichen Bedingungen mit viel Sonnenschein und wenigen Wolkentagen (siehe Klimadiagramm in Anhang 3) konnten die Erbsen die morgendliche Einstrahlung offensichtlich besser nutzen, als den direkten Sonnenschein in den späten Nachmittagsstunden. Die Asymmetrie, die bereits bei der vegetativen Entwicklung beobachtet wurde, konnte auch bei der Ertragsbildung beobachtet werden. Hier kann vermutet werden, dass Wasserstress und Hitze in den späten Mittagsstunden dazu führten, dass die Photosynthese im östlichen Teil der Anbaugasse gegenüber dem westlichen Teil der Anbaugasse beeinträchtigt war.

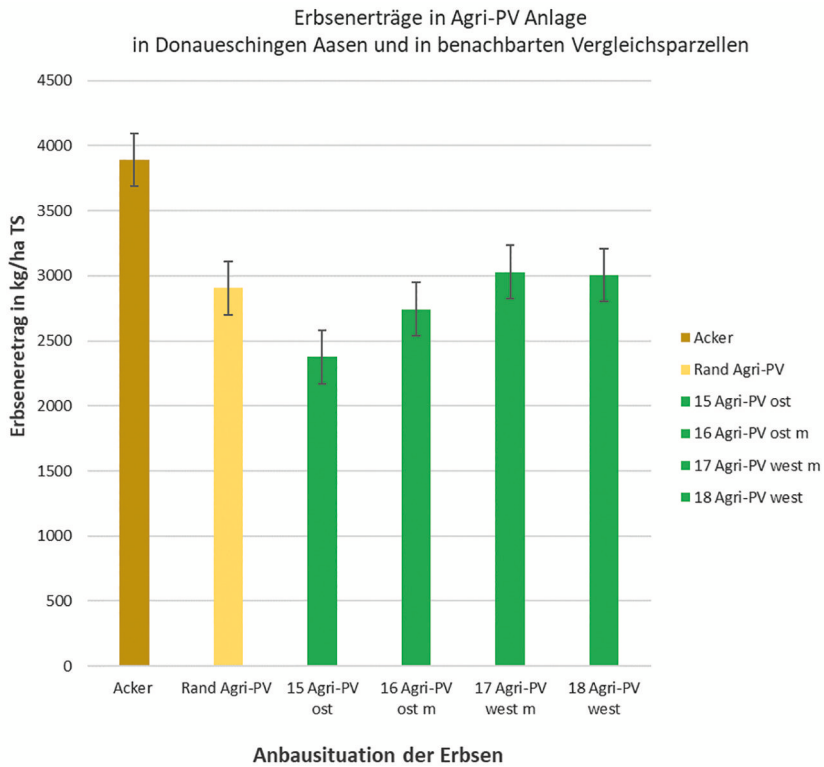


Abbildung 23: Erbsenerträge in Donaueschingen Aasen auf dem Vergleichs-Acker, in Randlage ohne Beschattung durch die Panele und an unterschiedlichen Positionen innerhalb der Anlage.

7. Fazit zum Erbsenanbauversuch in Agri-PV Anlage in Donaueschingen

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse des Erbsenanbaus in der Gasse der Agri-PV Anlage als sehr erfolgreich einstufen, da es gegenüber den Randparzellen nur zu einem sehr geringen Ertragsrückgang von 4 % gegenüber der Situation in den Randparzellen kam. Bei Betrachtung der Gesamtfläche mit 20 % Flächenabzug für die Solarmodule konnte ein relativer Flächenertrag von 77 % erzielt werden (22,3 dt TM/ha Erbsenkörner versus 29,1 dt TM/ha).

Ob sich dieses insgesamt gute Ergebnis auch mit anderen, lichtbedürftigeren Kulturen bei weniger sonnenreichen Wetterbedingungen wiederholen lässt müssen zukünftige Untersuchungen zeigen.

Eine Herausforderung, die in jedem Fall den Anbau zwischen den senkrecht angeordneten Modulen erschwert, ist die Mechanisierung der Arbeiten. Auch bei 1 m Abstand von den Modulständern war das Pflügen des Anbaustreifens eine Herausforderung und sollte nur mit GPS unterstützten Spurassistenten erfolgen. Die Standardarbeitsbreiten der heute betriebsüblichen Geräte wie etwa Düngerstreuer, Pflanzenschutzspritzen und Mähdrecher passen in der Regel nicht zu den engen Gassen und mussten jeweils aufwändig angepasst werden, um die Feldarbeiten in den Gassen verrichten zu können. Dies muss bei der Planung von Agri-PV Anlagen berücksichtigt werden. Auch ist bei den Freiflächenanlagen darauf zu achten, dass am Anfang und Ende der Fahrgassen ausreichend Abstand zur vorgeschriebenen Umzäunung eingehalten wird, so dass Maschinen oder Maschinen mit Anhängern problemlos wenden und manövrieren können.

V. Modul 4 a Erhebungen zur Biodiversität in den Freiflächen-Fotovoltaikanlagen

1. Floristische Aufnahmen und Charakterisierung der Flächen und Biotoptypen⁴⁴⁸

Kurzcharakterisierung der vier Anlagenstandorte mit ihren Vergleichsflächen

Bodman Anlage

Sehr deutlich durch Einsaat dominierter, unausgereifter Grünlandbestand mit Entwicklungspotential sofern regelmäßige Mahd mit Abräumen gewährleistet wird. Im Unterstand der Panels Stör-/Mulchzeiger (*Urtica dioica*, *Geranium pratense*, *Geum urbanum*) und vereinzelt Magerkeitszeiger. Vornutzung Acker

Biototyp (33.41) Fettwiese mittlerer Standorte (unausgereift, jung, angesät).

Bodmann Referenz

Sehr nährstoffreiche und produktive, vielschnittige biologisch bewirtschaftete Silagewiese mit Zufuhr organischer Dünger in Gülleform; auf feuchtem bis nassem Standort; krautarm, grasreich keine Magerkeitszeiger vorhanden. Seit längerem keine Bodentrocknung (fehlende Aussamung).

Biototyp (33.61) Intensivwiese als Dauergrünland

448 Die Felderhebungen wurde durchgeführt durch Herrn Jürgen Vögtlin und Herrn Aurelian Leiser, Freiburg).

Denkingen Anlage

Spontanbegrünung auf ehemaligem Ackerstandort. Lückiger Bestand (70–80 %), nährstoffreich mit hohem Anteil Stör-/Mulchzeigern (*Anthriscus sylvestris*, *Geum urbanum*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinalis*, *Urtica dioica*). Grünland Entwicklung bei regelmäßiger Mahd mit Abräumen möglich aber aufwendig und technisch eingeschränkt möglich.

Biotoptyp (35.63) Ausdauernde Ruderalflur auf frischen bis feuchten Standorten

Denkingen Referenz

Mageres aber wenig artenreiches Dauergrünland, das überwiegend durch *Bromus erectus* dominiert wird. Möglicherweise durch Schafe (leider) unterbeweidet. Aufgrund von geringem Weidedruck (Schafe unregelmäßig und nur temporär) durch Gräser dominiert, da Kräuter bei sporadischer Beweidung ausgesiekt wurden. Wenig Krautarten. Kein FFH-GL^{*)} da zu artenarm.

Biotoptyp (33.51) mäßig artenreiche Magerweide

^{*)} GL steht für Grünland

Dögingen Anlage

Spontanbegrünung auf ehemaligem Ackerstandort, lückiger Bestand (70–80 %), nährstoffreich mit hohem Anteil Stör-/Mulchzeigern (*Cirsium arvense*, *Galium aparine*, *Taraxacum officinalis*, *Poa trivialis*, *Tripleurospermum perforatum*). GL Entwicklung bei regelmäßiger Mahd mit Abräumen möglich, aber aufwändig und arbeitswirtschaftlich und technisch in dieser Anlage kaum umsetzbar.

Biotoptyp (35.63) Ausdauernde Ruderalflur auf frischen bis feuchten Standorten

Dögingen Referenz

Gut ausgebildetes, sehr arten- und strukturreiches Dauergrünland. Typische Glatthaferwiese. Hoher Anteil Magerkeitszeiger. Hohe naturschutzfachliche Relevanz für Fauna (Insekten). FFH-Grünland Wertstufe A.

Biotoptyp (33.43) Magerwiese mittlerer Standorte

Donaueschingen Anlage

Die 1. und 3. Aufnahme (Wiederholungen der Beprobung) gut ausgebildetes Dauergrünland. Arten- und strukturreich mit hohem Anteil Magerkeitszeiger. Frischer bis feuchter Standort. FFH-Grünland. Die 2. Aufnahme (Wiederholung) mäßig artenreich, gestört (Anmerkung: war ehemals Ackerland)

Entwicklungspotential zu 1/3 möglich sofern Nutzungskonstanz.

Biotoptyp (33.43) Magerwiese mittlerer Standorte

Donaueschingen Referenz

Mäßig artenreiche Fettwiese. Geringer bis fehlender Anteil an Magerkeitszeigern. Nährstoffreich mit hoher Produktivität.

Biotoptyp (33.41) Fettwiese mittlerer Standorte



Abbildung 24 a und 24 b: Zwei Flächen zum Zeitpunkt der vegetationskundlichen Aufnahmen am 27. Mai in Döggingen (Abb. 24 a) und am 11. Juni 2021 in Donaueschingen Aasen (Abb. 24 b).

2. Protokolle der Flächenbegehungen an den vier Projektstandorten 2021

a. Erste Erhebung 2021

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Bodman Mooshof; Erhebung 22.05.2021 | | | | | | |
|---|--------|----|----|----------|----|----|
| | Anlage | | | Referenz | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gesamt | 20 | 19 | 19 | 17 | 16 | 13 |
| Ajuga reptans | m | | | | z | |
| Alopecurus pratensis | | | | d | d | |
| Anthoxanthum odoratum | z | m | z | m | | |
| Arrhenatherum elatius | m | | z | m | | d |
| Cardamine pratensis | m | w | | | | w |
| Cerastium holosteoides | m | | | | | |
| Cirsium oleraceum | | | | | x | |
| Cynosurus cristatus | z | | | | | |
| Dactylis glomerata | m | z | z | d | m | z |
| Deschampsia cespitosa | | | | | z | |
| Epilobium obscurum | m | m | m | | | |
| Festuca arundinacea | z | | | | | z |
| Festuca ovina | | | w | | | |
| Festuca pratensis | | | | m | z | z |
| Festuca rubra | | | | m | | |
| Galium album | m | m | m | z | m | z |
| Geranium pratense | m | m | | | | |
| Geum urbanum | m | m | m | | | |
| Glechoma hederacea | | | | z | z | m |
| Helictochryson pubescens | m | | | | | |
| Holcus lanatus | | z | z | d | d | d |
| Hypochaeris radicata | w | | | | | |
| Lotus uliginosus | d | m | m | | | |
| Lychnis flos-cuculi | | | w | | | |
| Malva moschata | m | m | w | | | |
| Plantago lanceolata | m | m | m | | x | |
| Plantago media | | | w | | | |
| Poa angustifolia | | | m | | | |
| Poa palustris | z/d | m | d | m | m | m |
| Poa pratensis | | d | | m | z | m |
| Poa trivialis | | | | z | z | z |
| Ranunculus acris | | m | | m | | m |
| Ranunculus repens | | | | z | | |
| Rumex acetosa | | | | m | w | |
| Sanguisorba minor | w | | | | | |
| Senecio aquaticus | | | | w | m | |
| Silene dioica | w | m | | | | |
| Taraxacum sect. ruderalia | z | z | d | | | |
| Trifolium pratense | | m | z | | w | |
| Trisetum flavescens | | | | m | | z |
| Urtica dioica | | m | m | | | |
| Vicia angustifolia | | | m | | | |

V. Modul 4 a Erhebungen zur Biodiversität in den Freiflächen-Fotovoltaikanlagen

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsselliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|---|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Denkingen; Erhebung 22.05.2021 | | | | | | |
|--|--------|----|----|----------|----|-----|
| | Anlage | | | Referenz | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gesamt | 23 | 20 | 25 | 19 | 19 | 26 |
| <i>Achillea millefolium</i> | z | m | s | | m | m |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> | | | | w | | |
| <i>Anthriscus sylvestris</i> | z | d | d | | m | |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | m | | | | | |
| <i>Bellis perennis</i> | | | | | | m |
| <i>Bromus erectus</i> | | | | d | d | |
| <i>Bromus hordeaceus</i> | | | z | | | |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | | w | | | | |
| <i>Cardamine pratensis</i> | | z | w | | | |
| <i>Carum carvi</i> | | | | | m | w |
| <i>Centaurea jacea</i> | | | | w | | m |
| <i>Cerastium holosteoides</i> | m | m | | | | |
| <i>Crepis biennis</i> | | | m | | | |
| <i>Cirsium arvense</i> | | | | | | w |
| <i>Dactylis glomerata</i> | m | m | z | w | m | d |
| <i>Daucus carota</i> | m | | m | | | w |
| <i>Festuca arundinacea</i> | | | | | | m |
| <i>Festuca rubra</i> | w | | m | | | |
| <i>Galium album</i> | m | m | w | m | m | m |
| <i>Geranium pyrenaicum</i> | | | m | | | |
| <i>Geum urbanum</i> | m | m | | | | |
| <i>Helictotrichon pubescens</i> | m | | | m | m | m |
| <i>Heracleum sphondylium</i> | d | s | s | | | |
| <i>Knautia arvensis</i> | | | | m | m | m |
| <i>Leucanthemum ircutianum</i> | | | | w | m | w |
| <i>Lolium perenne</i> | | | | | m | |
| <i>Lotus corniculatus</i> | | | | m | m | m |
| <i>Medicago lupulina</i> | | | w | m | m | |
| <i>Medicago sativa</i> | w | | | | | |
| <i>Medicago x varia</i> | | | | m | m | |
| <i>Myosotis arvensis</i> | x | m | | | | |
| <i>Onobrychis vicifolia</i> | | | | m | | |
| <i>Plantago lanceolata</i> | m | m | w | w | m | m |
| <i>Plantago media</i> | | w | m | m | m | z |
| <i>Poa angustifolia</i> | | m | | d | d | |
| <i>Poa pratensis</i> | z | m | m | | | z |
| <i>Ranunculus acris</i> | m | | m | | | |
| <i>Ranunculus bulbosus</i> | | | | w | | z |
| <i>Rosa spec</i> | | | w | | | |
| <i>Rumex acetosa</i> | w | | | | | |
| <i>Rumex acetosella</i> | | | | | w | m |
| <i>Rumex obtusifolius</i> | z | z | m | | | |
| <i>Sanguisorba minor</i> | | | | | | w |
| <i>Silene dioica</i> | | | m | | | |
| <i>Stellaria media</i> | m | z | z | | | |
| <i>Taraxacum sect. ruderalia</i> | d | z | d | | m | w |
| <i>Thlaspi perfoliatum</i> | | | w | w | | |
| <i>Tragopogon orientalis</i> | | | | | | w |
| <i>Trifolium pratense</i> | m | | | | m | m/z |
| <i>Trisetum flavescens</i> | | m | | | | |
| <i>Urtica dioica</i> | z | | z | | | |
| <i>Valerianella locusta</i> | | | z | m | | |
| <i>Veronica arvensis</i> | | m | m | m | | m |
| <i>Veronica chamaedrys</i> | | | | | | w |
| <i>Veronica persica</i> | | m | | | | |
| <i>Vicia cracca</i> | | | | | | w |
| <i>Vicia hirsuta</i> | | | | | | w |
| <i>Vicia sepium</i> | m | | | | | |

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsseliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|--|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Donaueschingen Aasen; Erhebung 11.06.2021 | | | | | | |
|---|--------|----|----|----------|----|----|
| | Anlage | | | Referenz | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gesamt | 27 | 18 | 29 | 23 | 21 | 23 |
| Achillea millefolium | | | | z | | z |
| Ajuga reptans | m | m | m | m | m | m |
| Alchemilla monticola | z | z | | | | |
| Alopecurus pratensis | | d | s | d | d | d |
| Anthoxanthum odoratum | s | | s | | | |
| Arrhenatherum elatius | | m | m | d | d | s |
| Barbarea vulgaris | | | | | m | |
| Bellis perennis | | | | z | | |
| Bromus hordeaceus | | | | s | s | s |
| Cerastium holosteoides | z | z | z | | | m |
| Cirsium arvense | | | | z | | z |
| Cirsium oleraceum | | | | | w | |
| Crepis biennis | | | | m | m | m |
| Cynosurus cristatus | | | | z | | |
| Dactylis glomerata | d | d | z | s | s | s |
| Festuca arundinacea | d | d | d | z | | |
| Festuca pratensis | | | z | | | z |
| Festuca rubra | s | s | s | | | |
| Galium album | z | | z | z | z | |
| Geum rivale | z | | z | | | |
| Glechoma hederacea | m | | m | m | | |
| Helictotrichon pubescens | z | | z | | | |
| Holcus lanatus | d | | s | s | s | |
| Knautia arvensis | | | | | | m |
| Lathyrus pratensis | m | | m | m | m | |
| Lotus corniculatus | | z | | | | |
| Lychnis flos-cuculi | | m | | | | |
| Myosotis palustris | m | m | m | | | |
| Persicaria bistorta | z | | z | | | m |
| Plantago lanceolata | z | z | z | z | z | z |
| Poa palustre | m | | | | | |
| Poa pratensis | z | z | z | z | | |
| Poa trivialis | z | | z | d | d | d |
| Potentilla reptans | | | | z | | |
| Ranunculus acris | x | z | z | z | z | z |
| Ranunculus repens | | | | s | s | |
| Rhinanthus alectorolophus | z | | z | | | |
| Rhinanthus minor | | m | m | | | |
| Rumex acetosa | z | | z | | | z |
| Rumex crispus | | | | w | | |
| Symphytum officinale | | | | | | m |
| Taraxacum sect. ruderalia | | | | z | z | |
| Tragopogon orientalis | | | | w | w | |
| Trifolium pratense | | | m | | | z |
| Trifolium repens | z | z | | | | |
| Trisetum flavescens | s | | s | s | s | s |
| Veronica arvensis | m | m | | | | |
| Veronica chamaedrys | | | z | | | |
| Veronica serpyllifolia | m | m | m | | m | |
| Vicia hirsuta | | | | m | | |
| Vicia sepium | z | | z | z | z | z |

V. Modul 4 a Erhebungen zur Biodiversität in den Freiflächen-Fotovoltaikanlagen

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsselliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|---|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Döggingen; Erhebung 27.05.2021 | | | | | | |
|--|--------|----|----|----------|----|----|
| | Anlage | | | Referenz | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gesamt | 15 | 15 | 18 | 30 | 34 | 29 |
| Achillea millefolium | m | m | m | z | z | z |
| Alopecurus myosuroides | m | | | | | |
| Alopecurus pratensis | | | | m | m | m |
| Anthriscus sylvestris | | | | m | | m |
| Arrhenatherum elatius | | | | z | z | z |
| Bellis perennis | m | | | m | m | m |
| Bromus sterilis | | | z | | | |
| Capsella bursa-pastoris | z | | z | | | m |
| Carum carvi | | | | w | w | |
| Centaurea jacea | | | | m | m | |
| Cerastium holosteoides | m | m | m | m | m | m |
| Cirsium arvense | m | m | m | | | |
| Cornus sanguinea | w | w | | | | |
| Crepis biennis | m | | m | | | |
| Dactylis glomerata | | | | m | m | m |
| Festuca pratensis | | | | | | z |
| Festuca rubra | | | | m | m | m |
| Fumaria vaillantii | | | | | | w |
| Galium album | | | | m | m | m |
| Galium aparine | m | z | z | | | |
| Geranium dissectum | w | w | w | | | |
| Geranium sylvaticum | | | | m | m | m |
| Geum urbanum | | | z | | | |
| Glechoma hederacea | | | | w | | |
| Helictotrichon pubescens | | | | w | w | w |
| Heracleum sphondylium | | | | | m | m |
| Knautia arvensis | | | | m | m | m |
| Leucanthemum ircutianum | | | | w | w | w |
| Lolium perenne | | | | | m | m |
| Lotus corniculatus | | | | m | m | m |
| Medicago lupulina | | | | | m | |
| Myosotis arvensis | | | | | | m |
| Pimpinella major | | | | | m | |
| Plantago lanceolata | | | z | w | w | w |
| Plantago media | | | | m | m | |
| Poa angustifolia | | | | z | z | |
| Poa pratensis | | | | | z | z |
| Poa trivialis | z | z | z | | | |
| Ranunculus acris | | | | z | z | z |
| Ranunculus bulbosus | | | | | z | |
| Rhinanthus alectorolophus | | | | w | w | w |
| Rumex acetosa | | | | m | m | m |
| Sonchus oleraceus | | | m | | | |
| Taraxacum sect. ruderalia | d | d | d | m | m | m |
| Tragopogon orientalis | w | w | w | m | m | |
| Trifolium pratense | d | d | d | | | |
| Tripleurospermum perforatum | z | z | z | | | |
| Trisetum flavescens | | | | z | z | z |
| Veronica arvensis | | m | m | m | m | m |
| Veronica chamaedrys | | | | m | | |
| Veronica hederifolia | | m | | | | |
| Veronica persica | m | m | | | | |
| Vicia angustifolia | | | | w | | |
| Vicia sepium | | | | | m | |
| Viola tricolor | m | | m | | | |

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsseliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|--|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

b. Vergleichende Darstellung der floristischen Aufnahmen in den Freiflächen Fotovoltaikanlagen 2021

In den Freiflächen-Fotovoltaikanlagen (FFVA) Bodman, Denkingen, Döggingen und Donaueschingen-Aasen sowie den jeweiligen Vergleichsflächen (Grünland/Wiese) wurde eine Aufnahme der Anzahl vorkommender Pflanzenarten und eine Schätzung der Exemplare und des Deckungsanteils je Pflanzenart durchgeführt (siehe obige Protokolle). Konkret wurden die genannten Parameter an jedem Standort in drei Wiederholungen erhoben. Die Erhebungen wurden nach Richtlinien vom "Handbuch zur Erstellung von Management-Plänen für die Natura 2000-Gebiete in Baden-Württemberg. Version 1.3" und Anhang XIX (Version April 2018) durchgeführt (LUBW, 2014).

Nachfolgend sind die Ergebnisse der obigen Pflanzenaufnahmen von 2021 in Grafiken und nach dem Charakter ihres Vorkommens aufbereitet und dargestellt.

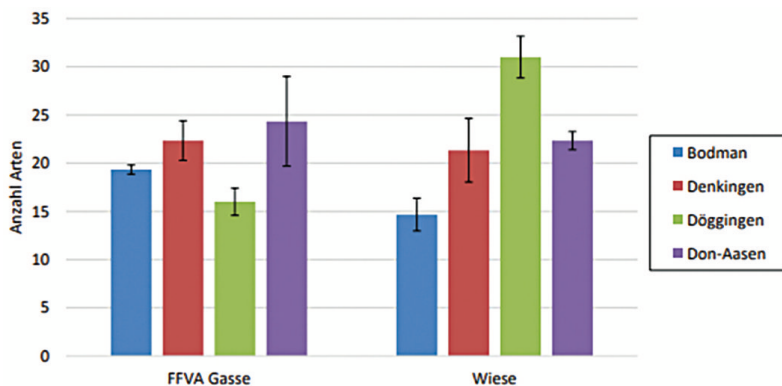


Abbildung 25: Anzahl vorkommender Pflanzenarten (Mittelwert ± Standardabweichung) an den vier untersuchten Standorten, aufgeteilt nach Standorttyp Fotovoltaikanlage (FFVA Gasse) und Vergleichsfläche (Wiese).

Wie die vergleichende Darstellung zeigt, ist die botanische Vielfalt in drei von vier Vergleichen in der Freiflächenanlage höher als in den angrenzenden Grünland-Vergleichsflächen. Dies trifft auch für die, auf ehemaligen Ackerstandorten errichteten Anlagen in Denkingen und in Bodman zu und zeigt sich ausgeprägter in Bodman, wo der Aufwuchs schon viele Jahre abgefahren wird, während er in Denkingen und Döggingen als Mulch in den Anlagen verbleibt. In Donaueschingen-Aasen, einer noch jungen Anlage, die auf bestehendem, mageren Grünland errichtet wurde, sind die Diversitätswerte in etwa gleich hoch, der Trend geht bei regelmäßiger Abfuhr und zweischnittiger extensiver Nutzung in der Agri-Fotovoltaikanlage aber in Richtung erhöhter Diversität. In Döggingen zeigt sich eine deutlich höhere Biodiversität in der direkt angrenzenden und schon langjährig extensiv bewirtschafteten FFH Mähwiese. Das ist nicht verwunderlich, denn die angrenzende Fotovoltaikanlage wurde 2019 auf einem ehemaligen Acker errichtet und der Aufwuchs in der Anlage wird 2 – 3 mal im Jahr gemulcht und in der Anlage belassen.

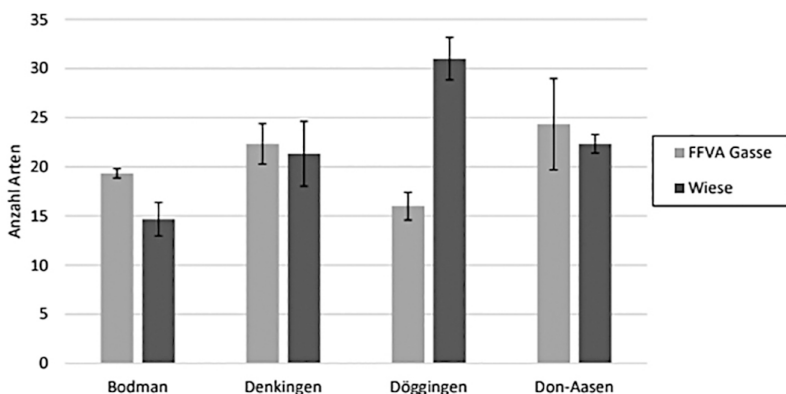


Abbildung 25 a: Anzahl vorkommender Pflanzenarten (Mittelwert \pm Standardabweichung) an den zwei untersuchten Standorttypen Fotovoltaikanlage (FFVA Gasse) und Vergleichsfläche (Wiese), aufgeteilt nach Standorten.

In Abbildung 25 und Abbildung 25 a ist die Anzahl der vorkommenden Pflanzenarten je nach Standort und Standorttyp aufgetragen. Dafür wurden die statistischen Kennwerte des Mittelwerts und der Standardabweichung aus den drei Wiederholungen berechnet, die an jedem Standort aufgenommen wurden. In Bodman, Denkingen und Donaueschingen-Aasen liegt

die Anzahl der Pflanzenarten nah beieinander mit maximal 5 Arten mehr in der Fotovoltaikanlage. Dieser geringe Unterschied wird insbesondere in Denkingen und Donaueschingen-Aasen von der Streuung durch die Wiederholungen überlagert. Dagegen wurden in Döggingen im Schnitt 15 Arten mehr in der Vergleichsfläche außerhalb der Fotovoltaikanlage gefunden, was eindeutig auf die unterschiedliche Nutzungshistorie der Flächen und Unterschiede im Nährstoffstatus zurückgeführt werden kann.

Abbildung 26 zeigt eine weitergehende Aufteilung der vorkommenden Arten nach Gräsern und Kräutern. Hierbei ist zu erkennen, dass der Anteil der Grasarten an den Standorten Bodman und Döggingen in der Vergleichsfläche höher ist als in der Fotovoltaikanlage, mit dem höchsten Anteil der Grasarten an der Gesamtartenzahl von 65 % in der Vergleichswiese in Bodman, wo eine mittelintensive Nutzung (drei Schnitte pro Jahr) das Aussamen von Kräutern verhindert und auch regelmäßig organisch mit Gülle gedüngt wird. Dagegen ist der Anteil der Grasarten in Donaueschingen-Aasen in der regulär bewirtschafteten Wiese leicht herabgesetzt. In Denkingen liegt der Anteil der Grasarten mit 20 % in der Anlage und der Referenzfläche aus unterschiedlichen Ursachen auf gleichem Niveau.

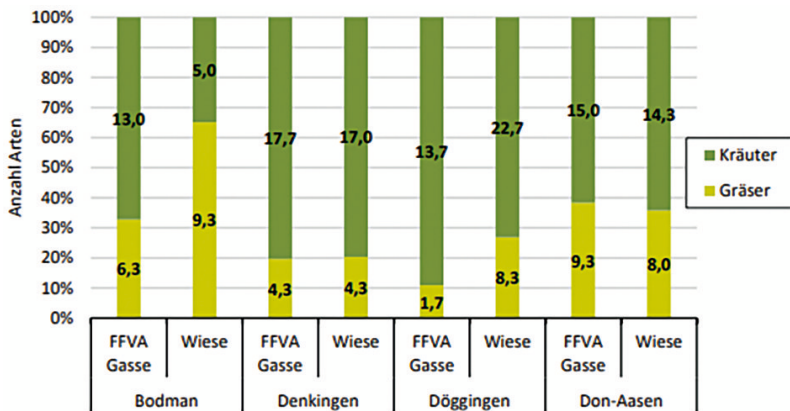


Abbildung 26: Artenverteilung in den untersuchten Flächen bei Aufteilung in Kräuter und Gräser.

In Abbildung 27 wurden für jeden Standort die Anzahl der erfassten Pflanzenarten aufsummiert. Anschließend wurden die Arten dem jeweiligen Fundort zugeteilt. Dabei wird ersichtlich, dass nur in Donaueschingen-Aasen der größte Anteil der Arten in der Anlage und der Referenzfläche

gleichermaßen vorkommen (junge Anlage). In Bodman und Denkingen dagegen kommen die meisten dokumentierten Pflanzenarten ausschließlich in der Fotovoltaikanlage vor (45 % und 38 %). In Döggingen ist auch hier ein umgekehrter Trend erkennbar: Der Anteil der Arten, der nur in der Wiese außerhalb der Fotovoltaikanlage vorkommt, ist mit 58 % am größten und nur 16 % der Arten kommen in beiden Standortvarianten vor.

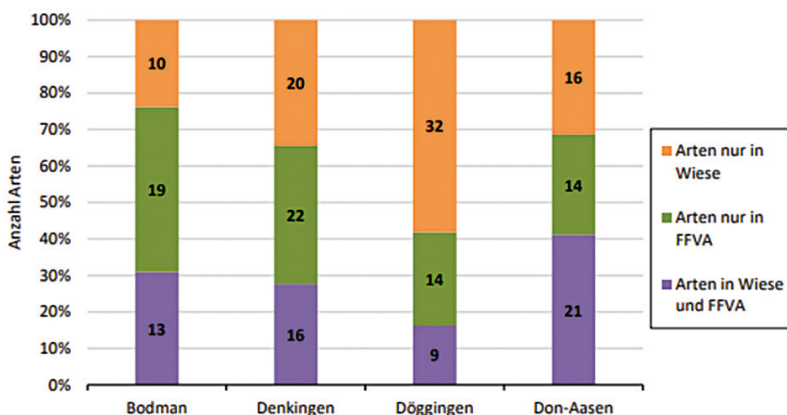


Abbildung 27: Vergleichende Darstellung der Zuteilung der Pflanzenarten zu dem jeweiligen Fundort.

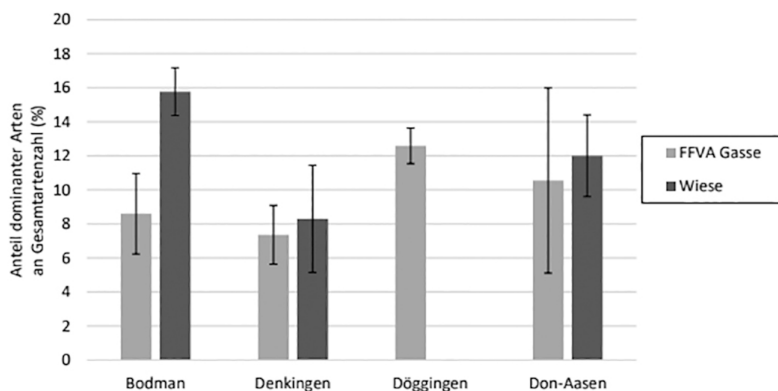


Abbildung 28: Anteil dominanter Arten mit einem Deckungsanteil >25 % an der Gesamtzahl vorkommender Arten (Mittelwert \pm Standardabweichung) an den zwei untersuchten Standorttypen Freiflächenfotovoltaikanlage (FFVA Gasse) und Vergleichsfläche (Wiese), aufgeteilt nach Standorten.

Abbildung 28 zeigt eine Übersicht über den Anteil dominanter Arten (Deckungsanteil >25 %) an der Anzahl der insgesamt vorkommenden Arten. Am Standort Do -Aasen, wo die PV-Anlage auf ehemaligem magerem Grünland errichtet wurde, schwankt die Anzahl der dominanten Arten zwischen den drei Wiederholungen deutlich, was eine hohe Standardabweichung zur Folge hat. Dies ist auf die Erfassung einer vormaligen Ackerfläche, im Bereich der Fotovoltaikanlagenfläche in Wiederholung 2 zurückzuführen.

Dessen ungeachtet ist ein Trend erkennbar, wonach in den Referenzflächen ein größerer Anteil der dokumentierten Pflanzenarten dominant ist, verglichen mit den Pflanzenbeständen in den Fotovoltaikanlagen. Lediglich Döggingen stellt hierbei wiederum eine Ausnahme dar: Während in der Referenzfläche keine einzige aufgenommene Art dominant ist, liegt der Anteil der dominanten Arten in der Anlage bei 12,6 %. Dies stellt darüber hinaus den höchsten Anteil dominanter Pflanzenarten unter den Fotovoltaik Standorten dar und ist eine Folge des vorangegangenen Ackerbaus und des hohen Nährstoffniveaus auf dieser Fläche.

c. Quellenangabe:

LUBW 2014. Handbuch zur Erstellung von Managementplänen für die Natura 2000-Gebiete in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, Ver.1.3. <https://pdl.lubw.de/69643>.

d. Zweite Erhebung 2022

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Bodman Mooshof; Erhebung 18.05.2022 | | | | | | |
|---|--------|----|----|----------|----|----|
| | Anlage | | | Referenz | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gesamt | 20 | 26 | 18 | 16 | 15 | 13 |
| Ajuga reptans | | | | w | z | w |
| Alopecurus pratensis | m | w | | s | s | m |
| Anthoxanthum odoratum | z | s | s | | | m |
| Arrhenatherum elatius | z | z | z | z | w | |
| Cardamine pratensis | | | | w | | |
| Carex acutiformis | | | | | | z |
| Cerastium holosteoides | w | w | | w | | |
| Cirsium oleraceum | | | | | | m |
| Cynosurus cristatus | | m | m | | | |
| Dactylis glomerata | w | w | m | s | | |
| Deschampsia cespitosa | | | | | | |
| Epilobium obscurum | | m | | | | |
| Festuca arundinacea | m | m | | | | s |
| Festuca ovina | | | | | | |
| Festuca pratensis | | w | | m | m | |
| Festuca rubra | | z | z | | | |
| Fraxinus excelsior | | w | | | | |
| Galium album | z | m | z | m | | |
| Geranium pratense | w | w | | | | |
| Geum urbanum | m | m | s | | | |
| Glechoma hederacea | | | | w | | |
| Helictotrichon pubescens | | | | | | |
| Holcus lanatus | s | s | z | s | s | s |
| Hypochaeris radicata | | | | | | |
| Lathyrus pratensis | | z | z | w | w | |
| Lotus uliginosus | m | m | z | | | |
| Lychnis flos-cuculi | | w | | | | w |
| Lysimachia nummularia | | | | w | w | |
| Malva moschata | | | w | | | |
| Plantago lanceolata | m | z | m | | | |
| Plantago media | | | | | | |
| Poa angustifolia | | | | | | |
| Poa palustris | s | z | z | | w | w |
| Poa pratensis | m | | m | | w | |
| Poa trivialis | m | w | w | s | s | s |
| Potentilla repens | | | | w | | |
| Ranunculus acris | m | w | | w | z | w |
| Ranunculus repens | | | | | m | z |
| Rumex acetosa | | | | w | | |
| Sanguisorba minor | m | w | | | | |
| Senecio aquaticus | | | | | | |
| Silene dioica | w | z | | | | |
| Taraxacum sect. ruderalia | z | z | s | | | |
| Trifolium pratense | | | z | | m | m |
| Trisetum flavescens | | | | | | |
| Urtica dioica | m | m | m | | | |
| Veronica chamaedrys | | | | w | | |
| Vicia angustifolia | | | | | | |
| Vicia sepium | | | | w | | |

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsselliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|---|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Denkingen; Erhebung 18.05.2022 | | | | | | |
|--|--------|----|----|----------|----|----|
| | Anlage | | | Referenz | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gesamt | 22 | 19 | 23 | 23 | 24 | 24 |
| Achillea millefolium | w | w | z | w | s | w |
| Agrimonia eupatoria | | | | | | |
| Alopecurus pratensis | | | m | w | | |
| Anthriscus sylvestris | d | s | z | | | |
| Arenaria serpyllifolia | | | | | | w |
| Arrhenatherum elatius | z | s | | w | s | s |
| Bellis perennis | | | | | w | |
| Bromus erectus | | | | d | s | s |
| Bromus hordeaceus | | | | | | |
| Capsella bursa-pastoris | | | | | | |
| Cardamine pratensis | | | | | | |
| Carum carvi | | | | | | |
| Centaurea jacea | | | | w | w | |
| Cerastium holosteoides | | w | w | | | |
| Cirsium arvense | | | | | | |
| Convolvulus arvensis | | | | w | w | |
| Crepis biennis | | | | | | |
| Dactylis glomerata | s | z | m | z | z | d |
| Daucus carota | | | w | w | | |
| Festuca arundinacea | z | | | s | z | |
| Festuca rubra | z | w | w | | | |
| Galium album | w | w | z | w | z | z |
| Geranium pyrenaicum | w | | | | | |
| Gerum urbanum | w | w | | | | |
| Helictotrichon pubescens | z | w | s | z | s | w |
| Heracleum sphondylium | s | s | s | | | |
| Holcus lanatus | | | s | | | |
| Knaulia arvensis | | | | w | | w |
| Leucanthemum inculatum | | | | z | z | |
| Lolium perenne | | | | w | | w |
| Lotus corniculatus | | | | w | z | w |
| Medicago lupulina | w | | w | z | z | s |
| Medicago sativa | s | | | w | z | z |
| Medicago x varia | | | | | | |
| Myosotis arvensis | | | | w | | |
| Onobrychis vicifolia | | | | z | | w |
| Plantago lanceolata | w | w | m | w | w | w |
| Plantago media | w | | w | w | w | w |
| Poa angustifolia | | | | w | | w |
| Poa pratensis | z | z | z | z | z | z |
| Poa trivialis | s | d | z | | | |
| Ranunculus acris | w | w | m | | | |
| Ranunculus bulbosus | | | | z | z | z |
| Rosa spec | | | | | | |
| Rumex acetosa | | | w | w | | |
| Rumex acetosella | | | | | | |
| Rumex obtusifolius | s | z | z | | | |
| Sanguisorba minor | | | | | | |
| Silene dioica | | | | | | |
| Stellaria media | | | | | | |
| Taraxacum sect. ruderalia | s | s | s | | w | |
| Thlaspi perfoliatum | | | | | | |
| Tragopogon orientalis | | | | | | |
| Trifolium pratense | w | w | m | z | w | s |
| Trisetum flavescens | | | | | | |
| Urtica dioica | w | w | w | | | |
| Valerianella locusta | | | m | | | |
| Veronica arvensis | | | | w | w | w |
| Veronica chamaedrys | | | | | | |
| Veronica persica | | | | | | |
| Vicia cracca | | | | w | | w |
| Vicia hirsuta | | | | | | |
| Vicia sepium | | z | | w | | |

V. Modul 4 a Erhebungen zur Biodiversität in den Freiflächen-Fotovoltaikanlagen

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsselliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|---|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Donaueschingen Aasen; Erhebung 23.05.2022 | | | | | | | | | |
|---|--------|----|----|----------|----|----|--|--|--|
| | Anlage | | | Referenz | | | | | |
| Nummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | |
| Gesamt | 16 | 26 | 28 | 15 | 10 | 24 | | | |
| Achillea millefolium | | w | | | | w | | | |
| Ajuga reptans | s | z | s | m | | z | | | |
| Alchemilla monticola | | m | | | | | | | |
| Alopecurus pratensis | m | w | w | d | s | s | | | |
| Anthoxanthum odoratum | z | m | s | | | | | | |
| Arrhenatherum elatius | | | | | z | | | | |
| Bellis perennis | | | | | | | | | |
| Bromus hordeaceus | | w | | w | | | | | |
| Cardamine pratensis | m | | | | | | | | |
| Carex spicata | | | | z | | | | | |
| Cerastium holosteoides | | w | | w | | m | | | |
| Cirsium arvense | | w | | | | | | | |
| Cirsium oleraceum | | | | | | | | | |
| Crepis biennis | | | w | | | w | | | |
| Cynosurus cristatus | | z | | | | m | | | |
| Dactylis glomerata | | | | | m | | | | |
| Equisetum arvense | | | | | | w | | | |
| Festuca arundinacea | | | | | | | | | |
| Festuca pratensis | m | m | m | z | | w | | | |
| Festuca rubra | | m | | | | | | | |
| Filipendula ulmaria | | | w | | | | | | |
| Galium album | m | m | m | m | | w | | | |
| Geum rivale | z | | z | | | | | | |
| Glechoma hederacea | | | w | | | | | | |
| Helictotrichon pubescens | | | w | | | | | | |
| Holcus lanatus | z | z | s | | z | z | | | |
| Knaulia arvensis | | | | | | | | | |
| Lathyrus pratensis | w | | m | m | | w | | | |
| Leontodon hispidus | | | | | | w | | | |
| Lolium perenne | | m | | | | | | | |
| Lotus corniculatus | | w | w | | | | | | |
| Lotus pedunculatus | | z | | | | | | | |
| Lychnis flos-cuculi | | w | w | | | w | | | |
| Myosotis palustris | | w | | | | | | | |
| Persicaria bistorta | w | | m | w | | m | | | |
| Phalaris arundinacea | | | z | | | | | | |
| Plantago lanceolata | w | m | z | | | w | | | |
| Poa palustre | | z | m | s | | s | | | |
| Poa pratensis | w | z | z | s | z | | | | |
| Poa trivialis | m | z | | | d | s | | | |
| Potentilla reptans | | | | | | | | | |
| Ranunculus acris | d | z | z | s | m | d | | | |
| Ranunculus repens | | | | | | | | | |
| Rhinanthus alectorolophus | | w | | | | | | | |
| Rhinanthus minor | | | | | | | | | |
| Rumex acetosa | | | | w | | | | | |
| Rumex crispus | | | | w | m | | | | |
| Rumex obtusifolius | | | | | m | | | | |
| Sanguisorba officinalis | | | m | | | | | | |
| Saxifraga granulata | | | w | | | | | | |
| Symphytum officinale | | | | | | m | | | |
| Taraxacum sect. ruderalia | | w | w | | | z | | | |
| Tragopogon orientalis | | | | | | | | | |
| Trifolium dubium | | | m | | | | | | |
| Trifolium pratense | | s | | m | | z | | | |
| Trifolium repens | | | m | | | | | | |
| Trisetum flavescens | | | | | m | w | | | |
| Veronica arvensis | | | | | | | | | |
| Veronica chamaedrys | | | w | | | | | | |
| Veronica serpyllifolia | | w | w | | | z | | | |
| Vicia hirsuta | | | | | | | | | |
| Vicia sativa | w | | w | | | | | | |
| Vicia sepium | w | | | | | | | | |

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsselliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|---|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

| Pflanzenarten in Fotovoltaik Freiflächenanlage und im Vergleichsgrünland Anlage Döggingen; Erhebung 23.05.2022 | | | | | | | |
|--|--------|----|----|----------|----|----|--|
| Nummer | Anlage | | | Referenz | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Gesamt | 17 | 16 | 16 | 20 | 22 | 25 | |
| Achillea millefolium | w | | | m | m | m | |
| Ajuga reptans | | | | m | | | |
| Alopecurus myosuroides | | | | | | | |
| Alopecurus pratensis | | | | s | m | z | |
| Anthriscus sylvestris | | | | | | w | |
| Arrhenatherum elatius | | | m | | | | |
| Bellis perennis | | | | z | | m | |
| Bromus hordeaceus | | | m | | | | |
| Bromus sterilis | z | | w | | | | |
| Capsella bursa-pastoris | | | | | | | |
| Cardamine pratensis | | | | z | | | |
| Carum carvi | | | | | m | m | |
| Centaurea jacea | | | | | | | |
| Cerastium holosteoides | w | | w | m | m | z | |
| Cirsium arvense | w | w | w | | | | |
| Crepis biennis | w | m | m | | | | |
| Dactylis glomerata | m | | | | m | z | |
| Epilobium obscurum | | m | | | | | |
| Festuca pratensis | | | | z | s | z | |
| Festuca rubra | | | | z | z | | |
| Fumaria vaillantii | | | | | | | |
| Galium album | | m | m | | m | m | |
| Galium aparine | w | m | | | | | |
| Geranium dissectum | w | | | | | | |
| Geranium sylvaticum | | | | | m | w | |
| Geum urbanum | | | | | | | |
| Glechoma hederacea | | | | | | | |
| Helictochloa pubescens | | | | | s | s | |
| Heracleum sphondylium | | | | | | | |
| Knaulia arvensis | | | | | z | | |
| Lathyrus pratensis | | | | m | | | |
| Leucanthemum ircutianum | | | | m | d | s | |
| Lolium perenne | | | | z | m | e | |
| Lotus corniculatus | | | | z | m | m | |
| Lotus pedunculatus | w | w | | | | | |
| Lychnis flos-cuculi | | | | w | | | |
| Medicago lupulina | | | | | s | | |
| Myosotis arvensis | | | | | | | |
| Pimpinella major | | | | | | | |
| Plantago lanceolata | m | m | | | w | m | |
| Plantago media | | | | | w | | |
| Poa angustifolia | | | | | | | |
| Poa annua | | | | m | | | |
| Poa pratensis | | | m | | z | z | |
| Poa trivialis | d | d | s | s | | s | |
| Ranunculus acris | w | | | s | z | z | |
| Ranunculus bulbosus | | | | | | | |
| Rhinanthus alectorolophus | | | | w | | | |
| Rubus idaeus | | w | | | | | |
| Rumex acetosa | | m | w | w | | m | |
| Rumex obtusifolius | w | | | | | | |
| Sonchus oleraceus | | | | | | | |
| Taraxacum sect. ruderalia | d | d | d | | | w | |
| Tragopogon orientalis | m | w | m | m | m | m | |
| Trifolium pratense | m | z | z | s | s | s | |
| Trifolium repens | s | s | s | | | | |
| Tripleurospermum inodorum | w | w | | | | | |
| Trisetum flavescens | | | | | m | m | |
| Veronica arvensis | | | | | | | |
| Veronica arvensis | | | w | | | | |
| Veronica arvensis | | | | | w | | |
| Veronica chamaedrys | | z | | | | | |
| Veronica hederifolia | | | | | | | |
| Veronica persica | | | | | | | |
| Vicia angustifolia | | | | | | | |
| Vicia sepium | | | | | m | | |

| Häufigkeitsklassen nach Schlüsseliste ga Baden-Württemberg | | | | |
|--|------------|-----------|----------------|--|
| Kürzel | Definition | Exemplare | Deckungsanteil | |
| w | wenige | 1-2 | <1% | |
| m | mehrere | 3-10 | 1-2% | |
| z | zahlreich | >10 | 3-14% | |
| s | sehr viele | k.A | 15-25% | |
| d | dominant | k.A | >25% | |

Wie der Vergleich der Erhebungen beider Jahre in nachfolgender Tabelle zeigt, konnten die Erhebungen im zweiten Versuchsjahr 2022 die Ergebnisse des ersten Versuchsjahrs im Wesentlichen bestätigen. Lediglich in Denkingen, wo ähnlich wie in Döggingen eine Anlagensituation auf ehemaligem (fettem) Ackerland mit einer angrenzenden mageren Wiese verglichen wird, verschoben sich die Werte auf der Wiese in Richtung höherer Artenvielfalt. Sie folgten damit dem Muster, das 2021 schon in Döggingen beobachtet wurde. Entgegen dem zu beobachtenden Trend zu mehr floristischer Biodiversität in den Anlagen -trifft dies nicht zu, wenn diese auf ehemaligem Ackerland errichtet werden und die Biomasse nur gemulcht und nicht abgefahren wird. Dann kann man auch in den Anlagen, – besonders beim Vergleich mit langjährig extensiv genutzten Grünlandflächen- eine deutlich geringere Artenzahl beobachten.

Die gegenüber dem Vorjahr positive Veränderung zu etwas mehr Artenvielfalt auf der Vergleichsfläche in Denkingen ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass in 2022 im zeitigen Frühjahr keine floristisch selektiv wirkende Kurzbeweidung mit Schafen stattgefunden hat.

Tabelle 1: Übersicht zur Anzahl der bestimmten Pflanzenarten in Freiflächenfotovoltaik-Anlagen und angrenzenden Referenz-Grünlandflächen 2021 und 2022.

| Ort | FFVA-Anlage | | | Referenzfläche | | | |
|----------------|-------------|----|----|----------------|----|----|----|
| | | | | | | | |
| Bodman 2021 | 20 | 19 | 19 | | 17 | 16 | 13 |
| | 2022 | 20 | 26 | 18 | | 16 | 15 |
| Denkingen 2021 | 23 | 20 | 25 | | 19 | 19 | 26 |
| | 2022 | 22 | 19 | 23 | | 23 | 24 |
| Do-Aasen 2021 | 27 | 18 | 19 | | 23 | 21 | 23 |
| | 2022 | 16 | 26 | 28 | | 15 | 10 |
| Döggingen 2021 | 15 | 15 | 18 | | 30 | 34 | 29 |
| | 2022 | 17 | 16 | 16 | | 20 | 23 |

3. Modul 4 b Messungen und Erhebungen zur Dokumentation der faunistischen Vielfalt

Für die Erfassung der faunistischen Diversität kamen zwei Methoden zum Einsatz.

Für den **Vergleich angrenzender Ackervergleichsflächen mit den Freiflächen-Solaranlagen** wurden „Barber Fallen“ genutzt.

Für den **Vergleich angrenzender Grünlandvergleichsflächen mit Freiflächen-Solaranlagen** wurde das Auftreten von Tagfaltern und Widderchen auf den acht Versuchsflächen erfasst. Die Flächen wurden systematisch abgegangen und nach dem Auftreten von Arten und Individuen bewertet. Das methodische Vorgehen ist jeweils in den einzelnen Kapiteln erläutert.

4. Modul 4b 1 Erfassung von Insekten und Spinnen mit Barber Fallen in den vier Fotovoltaik Freiflächenanlagen und auf angrenzenden Ackerland- Vergleichsflächen

a. Methodenbeschreibung

Während für den Vergleich der Artenvielfalt bei Grünland das Vorkommen von Faltern herangezogen wurde, musste aus methodischen Gründen für den Vergleich der Fotovoltaikanlagen mit dem Ackerland eine andere Methode gewählt werden. Durch das Eingraben von Fallen wurde die Aktivität bodenbewohnender Insekten und Spinnen in Fotovoltaikanlagen mit der Situation einer ackerbaulichen Nutzung der Flächen verglichen. Dazu kamen sogenannte **„Barber Fallen“** zum Einsatz (BfN, 2019).

„Barber Fallen“ erlauben es, sich auf einfachem aber arbeitsaufwändigem Weg ein Bild vom Vorkommen bodenbewohnender Insekten, Spinnen und – bedingt auch von Schnecken zu machen. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass die Fallen nur für die auf der Bodenoberfläche lebenden ("epigäischen") Arten ein verlässliches Bild der Artenvielfalt abgeben. Weder echte Bodenorganismen (endogäische Arten) noch in der Vegetation lebende Arten sind – von Zufallsfunden abgesehen – verlässlich nachweisbar und quantifizierbar. Bei vielen Arten ist der Nachweis auch an besondere Perioden mit hoher Laufaktivität, wie etwa die Fortpflanzungsperiode, gebunden. Die Erfassung von Laufkäfern (Carabiden) beruht beinahe vollständig auf dieser Methode. Andere häufig untersuchte Tiergruppen sind z.B. bodenlebende Kurzflügelkäfer und einige andere Käfergruppen

sowie Webspinnen und Weberknechte. Bei anderen Tiergruppen wirken die Fallen sehr selektiv, können aber durch den Nachweis von Arten, die mit anderen Methoden schwer zu erfassen sind im Rahmen weiterer Untersuchungen wertvolle Zusatzinformationen liefern z.B. bei Landasseln, Hautflüglern, Ameisen, Wanzen und Zikaden. Barber Fallen wirken auch selektiv auf bestimmte Arten, weil sie stark von der Laufaktivität der Lebewesen am Boden abhängen; das heißt, sie geben einen Ausschnitt aus der „Aktivitätsdichte“ bestimmter Arten wieder.

Regelmäßig beschränkt sich die Auswertung auf Artengruppen, die repräsentativ mithilfe von Bodenfallen erfasst werden können. Neben Laufkäfern (Carabidae) und bodenlebenden Spinnen trifft dies z. B. auch auf Kurzflügelkäfer (Duelli et al. 1999, Hoffmann et al. 2016, Jahnová et al. 2016) sowie auf Asseln und Tausendfüßer und bodenbewohnende Spinnentiere wie etwa Pseudoskorpione und Weberknechte zu (Blick 1999).

Die mit Barber Fallen ermittelten Werte können als aussagekräftiger Indikator für faunistische Aktivitätsunterschiede herangezogen werden, lassen aber nur bedingt Aussagen zur Anzahl und Häufigkeit von vorkommenden Arten insgesamt zu. So werden zum Beispiel pflanzenbewohnende Arten und eher stationär lebende, pflanzenfressende Arten nicht oder nicht repräsentativ erfasst. Gleiches gilt für im Boden lebende „endogäische Arten“.

Die Erfassung mit Barber Fallen erfolgt in der Regel während zwei Jahreszeiträumen im Frühsommer und im Spätsommer/Herbst.

Im Projekt „Ein Energieprivileg für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen“ wurden die Erhebungen in drei Fangperioden von ca. 10 Tagen im Jahr 2021 im Frühsommer (Periode 2.7 – 20.7.2021) und im Spätsommer (Periode 23.8. bis 7.09. 2021) und im Jahr 2022 in der Zeit vom 6.7. bis 13.7. (Bodman, Denkingen und vom 15.7. bis 22.07. in Donaueschingen und Döggingen durchgeführt (siehe Protokolle zu den Versuchsstandorten in Anlage 1).

Dabei wurden die Fallen zur Vermeidung von Randeffekten pro Beobachtungsfläche in zentralen Plots von ca. 2500 m² ausgebracht. Zu den Feldrändern wurde ein Abstand von mindestens 20 m eingehalten (Markierung und Einmessung des Plots und der Fallenpositionen, Markierstäbe, Skizzen). Innerhalb eines Transsekt wurden dann an jedem Standort sechs Fallen pro Nutzungsvariante im Abstand von mindestens 10 m aufgestellt (Abbildung 29).

Nach 8–14 Tagen wurden die Fallen ausgegraben und zum Labor transportiert. Situationsbedingt kam es dabei teilweise zu Abweichungen von den geplanten Erfassungsterminen (Gewitter mit Starkregen, Ernte der

Feldkulturen). Nach der Bergung im Feld wurden die Fanggläser für zwei bis drei Tage kühl gelagert. Danach erfolgte das Filtern und Reinigen der Fänge von Stroh, Gras, Erdeinträgen und sonstigem Schmutz und die Überführung aller Organismen in Gläser mit 80 %-igem Alkohol bis zur Auswertung durch eine fachkundige Insektenspezialistin.

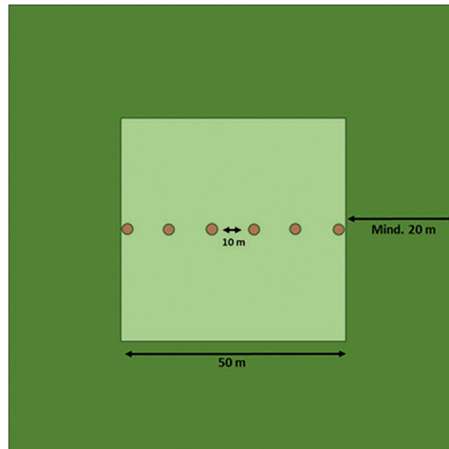


Abbildung 29: Versuchsdesign der Erfassung von Laufkäfern und bodenlebenden Spinnen im Acker und in den Solarparks. Das helle Quadrat repräsentiert den Plot (2.500 m²), der für die faunistischen Erfassungen von bodenlebenden Spinnen und Insekten im Zentrum der zu untersuchenden Nutzungsfläche angelegt wird. Die braunen Kreise repräsentieren die Bodenfallen.

Als Fanggefäße wurden im Großhandel erhältliche Weithalsgläser der Marke Orcio mit 580 ml Inhalt verwendet (Abbildung 30) in die vor dem Einbau in den Boden jeweils 150 ml „Rennerische Fanglösung“ gefüllt wurden (siehe unten). Die Verwendung von verschließbaren Gläsern hat den Vorteil, dass sie bei Ein- und Ausbau leicht verschlossen werden können, was die Arbeit im Feld und beim Transport erheblich erleichtert.

Zusammensetzung der Rennerischen Fanglösung: Als Fangflüssigkeit wurde in Anlehnung an die Leitlinien des BfN (2019) „Renner Lösung“ verwendet:

- 40 % Ethanol (70 %); (Ethanol 80 % vergällt mit Ethylenmethylketon)
- 20 % Glycerin (90 %), (Glycerol 85 % pflanzlich)

- 10 % Essigsäure (60 %) -> hier Essigsäure 12,5 %
(bei zweiter Messung Surig Essigessenz 24,5 % Essigsäure, 5 %)
- 30 % Wasser (steril). Zur Oberflächenentspannung wurde nach dem Auffüllen noch ein Spritzer parfüm- und duftstofffreies Spülmittel der Marke „Sonette“ zugesetzt.



Abbildung 30: Weithalsglas mit „Renner Fanglösung“ vor dem Einbau (Parzelle 12, Donaueschingen, Variante 1 = Acker, Position 5)



Abbildung 31: Barber Falle nach dem Einbau am Standort Döggingen 2021.

Die makroskopische Auswertung der Insektenfänge mit zusätzlicher Nutzung eines Binokulars für Detailanalysen erfolgte nach Abschluss der drei

Fangperioden von 2021 und 2022 im Spätsommer 2022 durch Frau Linda Keil aus Freiburg, der an dieser Stelle für die fachkundige und geduldige Auswertung zu danken ist.



Abbildung 32 a und 32 b: Auswertung eines Fallenfangs vom Juli 2021 aus einem Maisfeld in Döggingen

Bei der Auswertung der 144 Fallenfänge war es im Rahmen dieser Studie nicht möglich, die Insektenvielfalt bis auf die einzelnen Arten zu bestimmen. Ziel war es vielmehr, sich über viele Fallen einen Überblick über das relative Auftreten einzelner Insektengruppen innerhalb und außerhalb der Freiflächenanlagen zu verschaffen (48 je Beobachtungszeitraum; 24 pro Versuchsvariante und Termin.).

Bei der Auswertung erfolgte die Unterteilung der Fänge deshalb in PUs (Parataxonomic Units), also morphologisch unterscheidbare Gruppen. Dies ist nicht mit Arten gleichzusetzen, ist aber in der Biodiversitätsforschung eine Methodik, um Artenzahlen mit weniger Aufwand zu schätzen.

Ziel war es, anhand der *parataxonomischen Einheiten (PUs)* eine Annäherung an die Artenzahl jeder Probe zu erreichen. Die Verteilung individueller PUs über die Plots zu untersuchen war nicht das Ziel. Bei jeder Probe wurde auf Neues bei PU1 gestartet und neue PUs wurden aufgemacht. Es kann deshalb nicht davon ausgegangen werden, dass Laufkäfer-PU1 von Falle 4De-3-2 die gleiche Artengruppe ist wie Laufkäfer-PU1 von 4De-3-3. Es kann andererseits aber davon ausgegangen werden, dass sich bei den PUs einzelner Fallen Wiederholungen ergeben. Das hat zur Folge, dass die PUs der 6 Fallenfänge pro Standortvariante nicht einfach addiert werden können, da PUs gleiche oder auch unterschiedliche Arten repräsentieren können. In den nachfolgenden grafischen Darstellungen wird deshalb nur jeweils (konservativ) der Maximalwert der sechs Fallen (PU max) ausgewiesen und dient als Maß für die Artenvielfalt der einzelnen Artengruppen. Die Anzahl der Individuen ist grafisch ebenfalls ausgewiesen und bezieht sich auf die Gesamtsumme der in den sechs Fallen gefundenen Individuen pro Artengruppe (z. B. Anzahl gefangener Laufkäfer pro Standortvariante oder z. B. Anzahl der Tausendfüßer in 6 Fallen der Ackervariante in Döggingen zum ersten Termin 2021).

Bei Zikaden, Läusen, Springschwänzen, Regenwürmern und Zecken wurden nur eine Individuenzählung vorgenommen, da PUs hier nicht zuverlässig unterscheidbar waren. Orthoptera waren nach der Lagerung in Alkohol stark entfärbt, einige PUs ließen sich aber dennoch unterscheiden.

Bei hemimetabolen Insekten (hier: Hemiptera & Orthoptera) wurden die Nymphen wie adulte Tiere gezählt. Bei den holometabolen Organismen wurden als einzige Larven die der Laufkäfer gezählt, die restlichen Larven sind unter "Sonstige" in der Auswertungstabelle (siehe Anlage 4 Barber Fallenfänge) gelistet. Dementsprechend können "Sonstige" auch Larven von schon gezählten Arten sein und sollten nicht als extra PUs gewertet werden.

Diptera (Mücken und Fliegen) wurden aus der Analyse komplett ausgeschlossen und aussortiert, da sie nicht Zielorganismen von Bodenfallen sind und naturschutzfachlich kaum behandelt werden. Sie hätten für die geringe Aussagekraft unverhältnismäßig viel Zeit in Anspruch genommen.

Einige sehr kleine Tiere sind vermutlich teilweise durch das Reinigen und Sieben der Proben verloren gegangen (z.B. kleine Hymenopteren und Springschwänze). Welche Probe wie oft gesiebt wurde ist nicht dokumen-

tiert und ist von Probe zu Probe je nach Grad der Verschmutzung unterschiedlich gewesen.

Laufkäferlarven wurden in der Artzählung nicht mitgerechnet, bei den Individuenzahlen aber schon.

Alle *PU sind als Annäherung an Artenzahlen zu verstehen*, wahrscheinlich mehr, vielleicht weniger. Es kann sein, dass in einer PU zehn Arten stecken und in einer anderen genau eine. Auch kann es (selten) vorkommen, dass zwei PUs die gleiche Art beschreiben, wenn es innerartlich starke morphologische Unterschiede gibt. In den meisten Fällen wurde daher eher konservativ geschätzt und bei Unsicherheit wurden lieber alle ähnlichen Individuen als eine PU zusammengefasst.

Nachfolgend sind nach Sichtung der Gesamtdaten möglichst repräsentativ, die Ergebnisse der Barber-Fallenfänge für einige Gruppen von Insekten, Spinnen und auch die von Schnecken zusammenfassend dargestellt.

Bei der Auswertung der Fallenfänge wurde für Spinnentiere und die Insektengruppen der Käfer und Hautflügler, bei denen es viele Fänge gab, für jeden Termin eine grafische Auswertung gemacht. Dies erfolgte auch für Schnecken, obwohl sie nicht zu den Insekten zählen, da sie sehr zahlreich in den Fellen zu finden waren.

Bei Asseln, Heuschrecken, Ohrenkneifern, Schnabelkerfen, Tausendfüßlern, Wanzen und Zikaden waren die Fangzahlen gering und oft erratisch, weshalb die Fänge bei diesen Gruppen kumuliert für die drei Fangperioden dargestellt sind.

Alle Grafiken zu den Fangergebnissen und die komplette Auswertungstabelle zu den einzelnen Standorten, Terminen und Fallen befinden sich in Anlage 4.

Wie in den Abbildungen 33–35 dargestellt, waren die Individuen bei der ersten Erhebung zu Spinnentieren im nasskalten Frühsommer in den Anlagen etwas höher. Bei den Arten zeigte sich ein ausgeglichenes und uneinheitliches Bild. In der zweiten und vor allem in der dritten Fangperiode nach trockenheißem Sommer waren die Fangzahlen auf den Ackerflächen sowohl absolut als auch relativ durchweg deutlich höher. Die Anlage Döggingen fiel auch hier im ersten Jahr durch geringe Fangzahlen auf. In der Tendenz traten – bei einzelnen Abweichungen – über die drei Termine hinweg Spinnenindividuen und Spinnenarten im Acker häufiger auf als in den begrünten Freiflächenanlagen. Die Situation stellte sich in Donaueschingen mit senkrechter Anordnung der Solarmodule nicht grundsätzlich anders dar.

Noch deutlicher war dieser Trend bei den Laufkäfern (Abbildungen 36–38).

b. Fänge von Spinnentieren

(Webspinnen, Weberknechte, Zecken und sonstige)

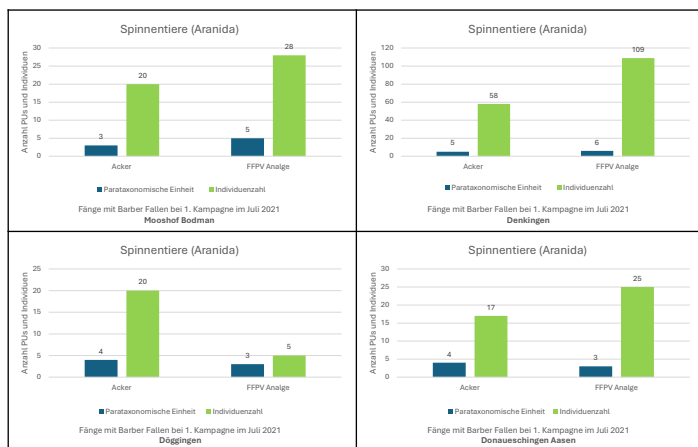


Abbildung 33: Fänge Spinnentiere in der 1. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen und in rechten Säule Anzahl der Individuen).

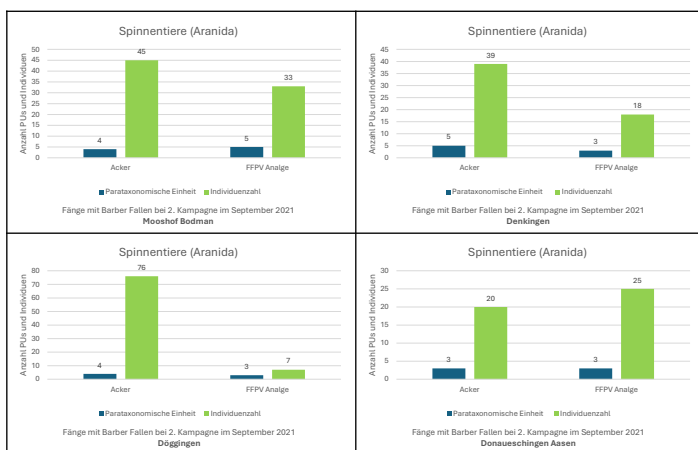


Abbildung 34: Fänge Spinnentiere in der 2. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen und in rechten Säule Anzahl der Individuen).

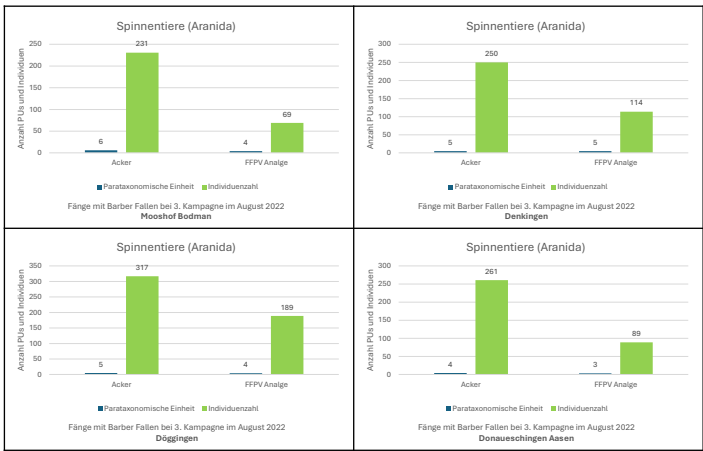


Abbildung 35: Fänge Spinnentiere in der 3. Fangperiode 2022 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen und in rechten Säule Anzahl der Individuen).

c. Fänge von Laufkäfern
(Sandlaufkäfer, Laufkäfer)

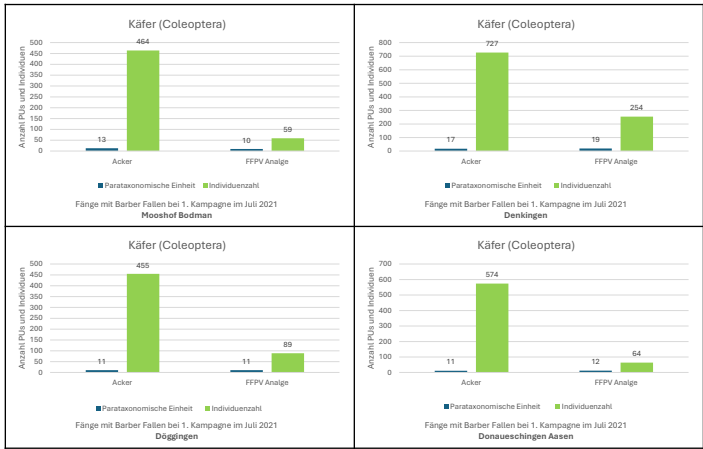


Abbildung 36: Laufkäferfänge in der 1. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen und in der rechten Säule Anzahl der Individuen).



Abbildung 37: Laufkäferfänge in der 2. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen und in rechten Säule Anzahl der Individuen).

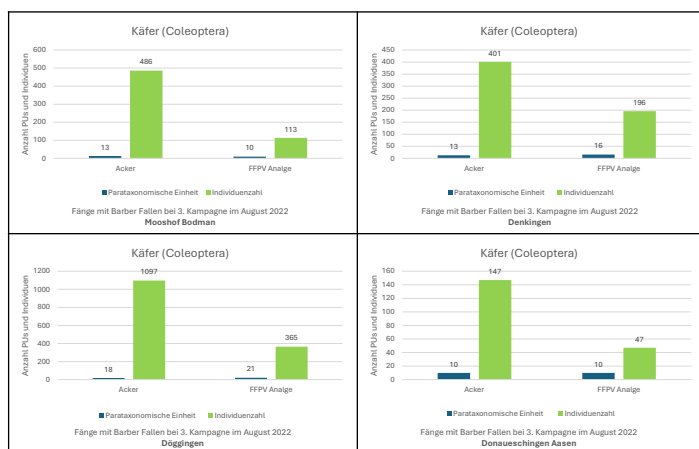


Abbildung 38: Laufkäferfänge in der 3. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl der Individuen).

In der ersten Fangperiode wurden auf den Ackerflächen deutlich mehr Laufkäfer gefangen als in den PV Anlagen (Abb. 36) ohne klare Unterschiede bei der Zahl der Artengruppen (PUs). Auffallend war hier nur die

relativ hohe Individuenzahl in der PV Anlage in Denkingen, die eventuell auf lückigen Unterwuchs und teils steinigem Oberboden zurückgeführt werden kann. In der zweiten Fangperiode im September 2021 waren die Fangzahlen, sowohl bei Individuen als auch bei den Artengruppen deutlich geringer (Ausnahme Döggingen), was auf eine stark verringerte Aktivität der Laufkäfer im Spätsommer schließen lässt. Erneut waren die Fangzahlen im Acker deutlich höher. Dies war auch in der dritten Fangperiode zum Ende des trockenen heißen Sommers 2022 der Fall, wo die höchsten Fangzahlen an Individuen und an Artengruppen erzielt wurden (Abb. 38). Auf dem Maisacker in Döggingen wurden in sechs Fällen bis zu tausend Laufkäfer gefangen. Bei der Anzahl der Artengruppen (PUs) ergaben sich keine bedeutenden Unterschiede zwischen Acker und PV-Anlagen.

Da es sich bei den Laufkäfern um eine naturschutzfachlich relevante Insektengruppe handelt, wäre es sowohl hier, als auch bei den nachfolgend behandelten Hautflüglern sinnvoll, vertiefte Untersuchungen auf Arten anzustellen, um herauszufinden um welche (seltenen?) Arten es sich in den jeweiligen Versuchsvarianten handelt.

d. Fänge von Hautflüglern

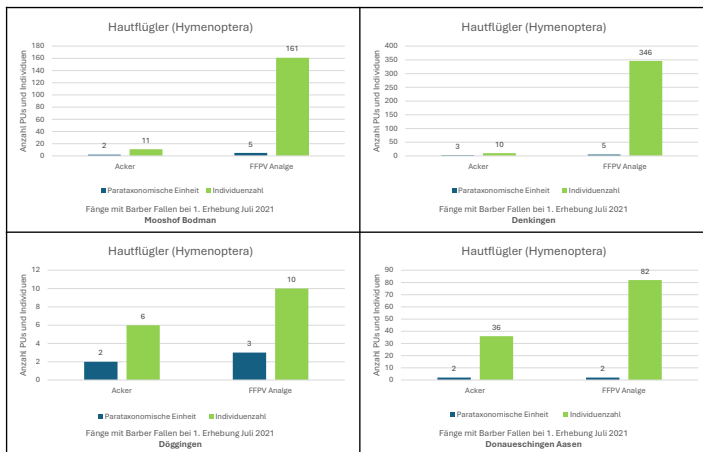


Abbildung 39: Fänge von Hautflüglern in der 1. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl der Individuen).

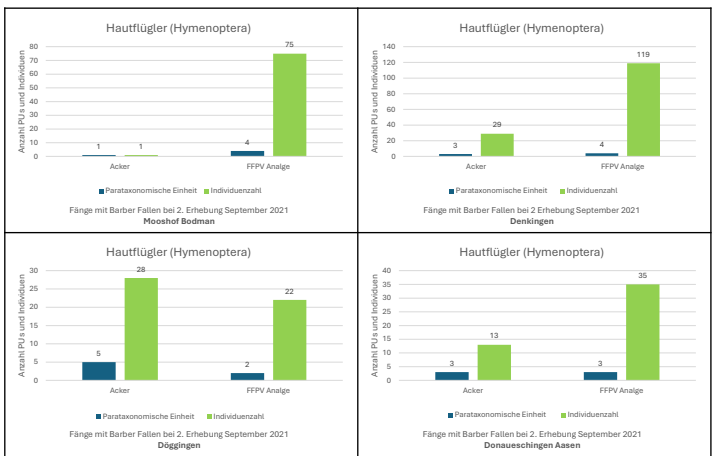


Abbildung 40: Fänge von Hautflüglern in der 2. Fangperiode 2021 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl der Individuen). Bodman Acker konnte nicht ausgewertet werden (1 als Platzhalter).

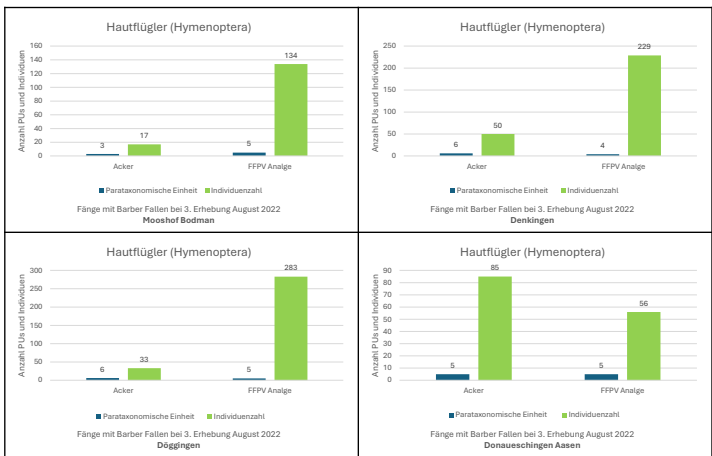


Abbildung 41: Fänge von Hautflüglern in der 3. Fangperiode 2022 an den vier Standorten (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl der Individuen).

Bei den Hautflüglern wurden vor allem Ameisen und in geringerem Umfang auch Wespen gefangen. Die Zahl gefangener Individuen war (bis auf eine

Messung in Döggingen) in den Anlagen durchweg deutlich höher als in den benachbarten Feldern. In Donaueschingen war der Unterschied in der Regel geringer, was daran liegen kann, dass bei senkrecht stehenden Modulen weniger Kompartimente mit trockenen und feuchten Zonen entstehen.

Bei den gefangenen Artengruppen (PUs) ergab sich kein einheitliches Bild. Mal gab es mehr Arten in den Freiflächen PV-Anlagen, mal traten in den angrenzenden Feldern mehr Arten auf.

Im Folgenden sind die Ergebnisse zusammengefasster Fallenfänge aus drei Fangperioden 2021 und 2022 für die Insektengruppen mit geringen Fangzahlen wiedergegeben.

Bei den *Orthoptera* (Heuschrecken und Grashüpfer), die sich meist in den Pflanzenbeständen aufhalten und weniger bodenbewohnend sind, ergaben sich nur niedrige Fangzahlen. Sie wurden vor allem in den Anlagen mit Grünland gefunden und im Fall von Denkingen und in Donaueschingen auch in kleiner Zahl auf dem angrenzenden Feld. Die Fänge in Denkingen stehen repräsentativ für diesen Befund (Abbildung 42).

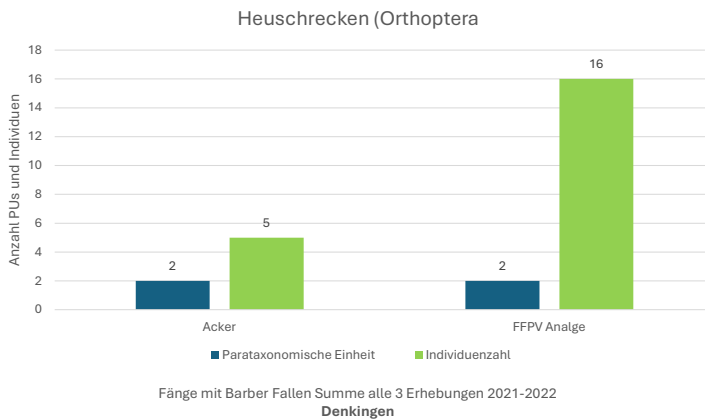


Abbildung 42: Kumulierte Fänge von Heuschrecken in den 3. Fangperioden 2021–22 am Standort Denkingen (linke Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl der gefangenen Individuen).

e. *Isopoda* (Asseln)

Bei den Asseln konnte nur eine Artengruppe gefangen werden und sie kamen deutlich häufiger in den Freiflächenanlagen vor und äußerst selten oder gar nicht auf den Feldflächen.

Die kumulierten Fangzahlen aus den drei Erhebungen 2021–2022 sind in Abbildung 43 wiedergegeben.

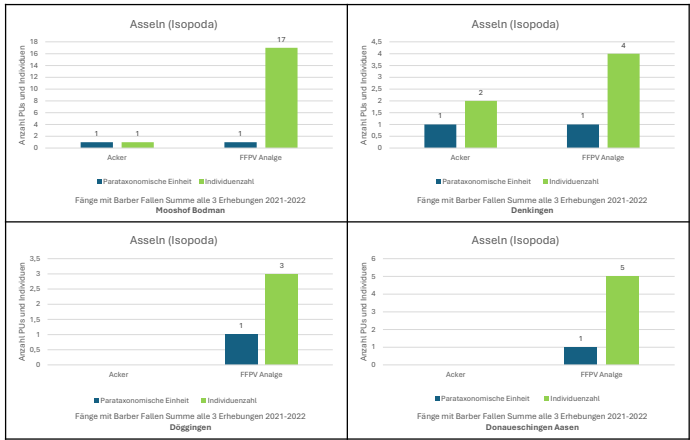


Abbildung 43: Kumulierte Fänge von Asseln in den 3. Fangperioden 2021–22 an den vier Standorten (Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl Individuen).

f. Myriapoda (Tausendfüßler)

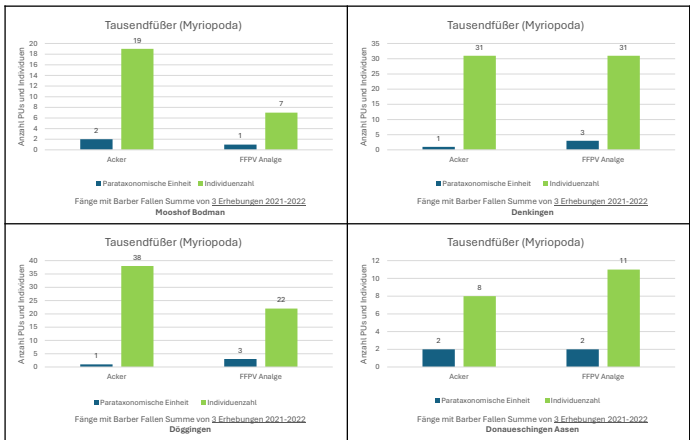


Abbildung 44: Kumulierte Fänge von Tausendfüßlern in drei Fangperioden 2021–22 an den vier Standorten (Säule blau max. Anzahl der PU Artengruppen, rechte Säulen Anzahl Individuen).

Bei den Myriapoda oder Tausendfüßern unterschieden sich die Fänge in den Freiflächenanlagen nicht von denen im Feld. Auch bei den bis zu drei Artengruppen war keine klare Tendenz zu erkennen.

g. *Dermoptera* (Ohrenkneifer)

Bei den Ohrenkneifern traten bis zu 2 Artengruppen auf. Mit der Ausnahme von drei Tieren in Döggingen wurden sie nur in den Freiflächen PV-Anlagen gefangen.

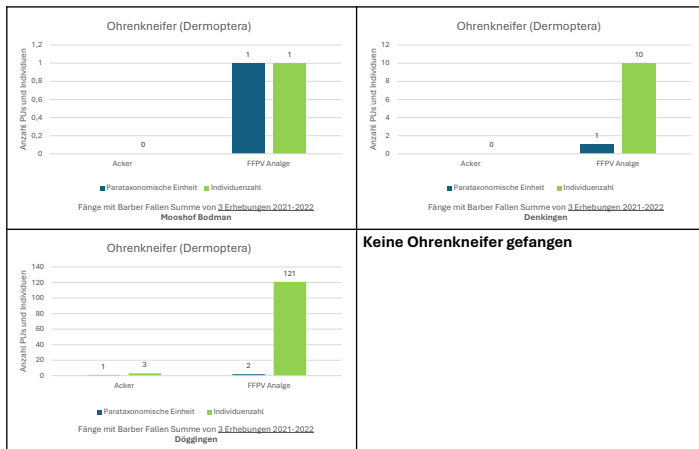


Abbildung 45: Kumulierte Fänge von Ohrenkneifern in drei Fangperioden 2021–22 an den vier Standorten (Säule blau max. Anzahl PU Artengruppen, rechte Säule Anzahl Individuen).

h. *Hemiptera* (Wanzen und Zikaden)

Bei Wanzen und Zikaden ergaben sich höhere Fangzahlen in den Freiflächen PV-Anlagen und insbesondere in den pultförmig aufgeständerten PV-Anlagen, wo auch bis zu drei Artengruppen auftraten. In der Anlage mit senkrecht stehenden Modulen war die Situation ausgeglichen (Abbildung 46).

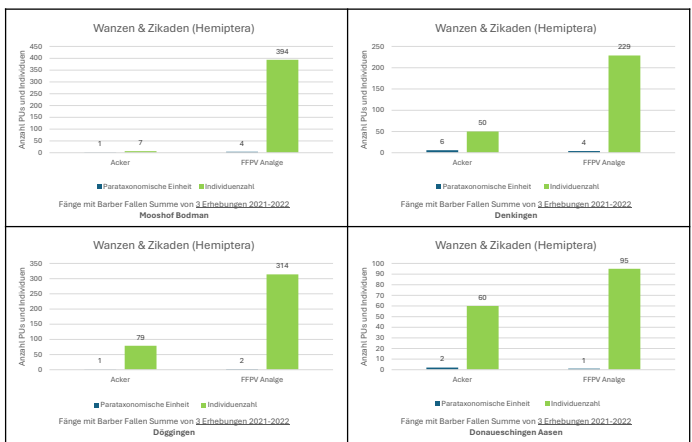


Abbildung 46: Kumulierte Fänge von Hemipteren in drei Fangperioden 2021–22 an den vier Standorten (Säule blau max. Anzahl PU Artengruppen, rechte Säule Anzahl Individuen).

i. Mecoptera (Schnabelhafte oder Schnabelfliegen)

Bei den Schnabelhaften (in Abbildung 47 ist zur Illustration eine Skorpi-
onsfliege abgebildet) wurden nur in den Anlagen ein paar Tiere gefangen.

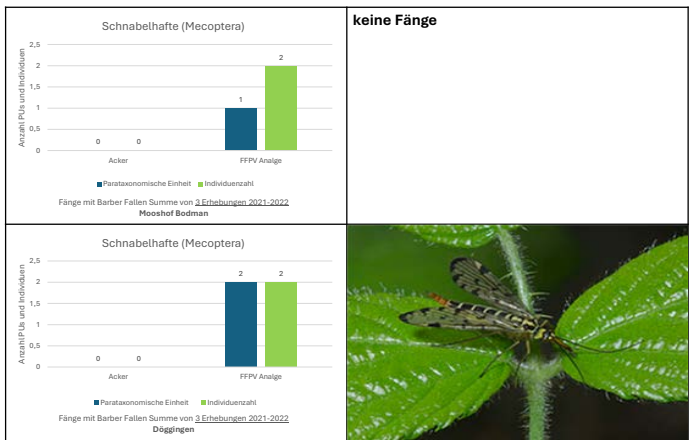


Abbildung 47: Kumulierte Fänge von Mecoptera in drei Fangperioden 2021–
22 an den vier Standorten (Säule blau max. Anzahl PU Artengruppen, rechte
Säule Anzahl Individuen).

Gastropoda (Nacktschnecken) fanden sich vermehrt in den Barber-Fallen innerhalb der Freiflächen PV-Anlagen und weniger im freien Feld. Da sie nicht zur untersuchten Zielgruppe gehören sind die Fänge in Abbildung 45 nur repräsentativ für die dritte Fangperiode dargestellt. In Anlage 4 ist eine Excel Tabelle mit allen Fängen (auch sonstiger Arten) aufgeführt.

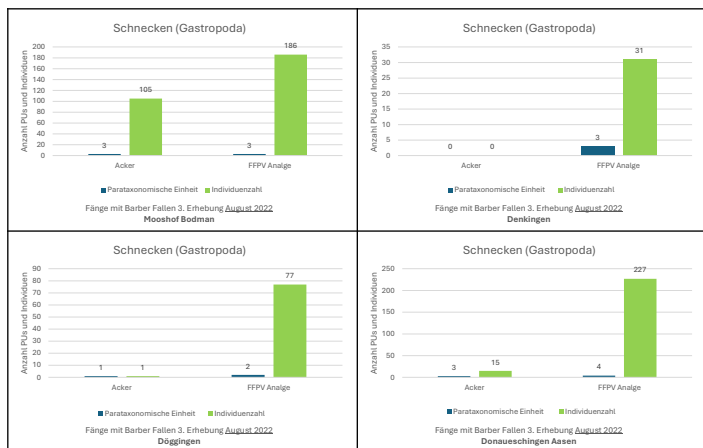


Abbildung 48: Fänge von braunen Nacktschnecken in der dritten Fangperiode 22 an den vier Standorten (Säule blau max. Anzahl PU Artengruppen, rechte Säule Anzahl Individuen).

j. Versuch eines Fazits

Zusammengefasst ergibt sich beim Vergleich der Freiflächenanlagen mit benachbarten Ackerschlägen anhand von Insektenfängen mit Barber-Fallen ein uneinheitliches Bild. Spinnentieren und Käfer (vor allem Laufkäfer) konnten nach Arten und Individuen zahlreicher auf Feldern gefangen werden. Bei Tausendfüßern und Hautflüglern ergab sich ein eher indifferentes Bild, wobei die Individuenzahl bei den Hautflüglern in den Anlagen aber höher war. Die Freiflächen-PV Anlagen erwiesen sich nach den Fangzahlen auch als vorteilhaft für Asseln, Zikaden, Wanzen, Ohrenkneifer, Heuschrecken und Schnabelfliegen.

Vertiefte Untersuchungen zu naturschutzfachlich relevanten Arten bei den Käfern, Spinnen und Hautflüglern könnten diese Ergebnisse sinnvoll ergänzen.

5. Modul 4b 2. 1 Erfassung von Tagfaltern und Widderchen in den vier Fotovoltaikanlagen und in benachbarten Grünland-Referenzflächen im Sommer 2021.⁴⁴⁹

a. Methodik

Die Photovoltaik-Flächen und deren Referenzflächen wurden systematisch in Schlaufen zwischen den Modulen bzw. flächendeckend auf den modulfreien Flächen (inkl. Referenzflächen) abgegangen und alle angetroffenen Tagfalter, Widderchen und darüber hinaus alle angetroffenen tagaktiven Nachtfalter notiert. Die auf diese Weise gewonnenen Individuenzahlen ermöglichen es, die verschiedenen PV-Anlagen und die zugehörigen Referenzflächen direkt miteinander und untereinander zu vergleichen. Da die am Begehungstag angetroffenen Individuen nur einen Teil der tatsächlichen Population repräsentieren, spricht man von „halbquantitativer Erfassung“.

Bei der Methode handelt es sich um eine modifizierte Transektmethode, basierend auf den im Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) festgelegten methodischen Standards 1750 Anleitung Z7-Tagf v17 (biodiversitymonitoring.ch). Die Transektmethode wurde insbesondere zwischen den PV-Modulen und auf den Referenzflächen (schleifenförmige, die PF abdeckende Transekte) angewendet, innerhalb der PV-Anlagen wurden modulfreie Teilflächen in Abweichung von der Transektmethode flächendeckend abgegangen und alle angetroffenen Falter notiert.

Es wurden die vier Fotovoltaik-Anlagen im Projekt „Ein Energieprivileg für Fotovoltaikfreiflächenanlagen“ und ihre Referenzflächen untersucht: Die Anlage Mooshof bei Bodman/Wahlwies, Denkingen, Döggingen und Donaueschingen.

Aufgrund der relativen späten Aufnahme des Auftrags in das Portfolio des beauftragten Insektenkundlers und vor allem aufgrund des nasskalten Wetters, das die regulären Arbeiten im Sommer 2021 über weite Strecken verhinderte, weil die Falter nicht aktiv waren, konnte im Jahr 2021 nur eine Erfassungsrunde durchgeführt werden (siehe Klimadiagramme unten).

Sie fand am 13.08.21 (Mooshof und Denkingen) und 19.08.21 (Döggingen und Donaueschingen) statt.

Im Jahr 2022, das nach dem überdurchschnittlich kühlen und nassen Sommer 2021 durch überdurchschnittliche Trockenheit und Sonnenschein

449 Die Feldaufnahmen wurden von Herrn Stefan Hafner, Löffingen durchgeführt.

gekennzeichnet war, konnten zwei Begehungen durchgeführt werden, und zwar Mitte Mai 2022 (11.05.22 und 19.05.22 Bodman und Denkingen) und am 19.05.22 (Döggingen und Donaueschingen) und dann wieder im Juli am 19.07. (Bodman und Denkingen) und am 22/28.07. (Döggingen und Donaueschingen).

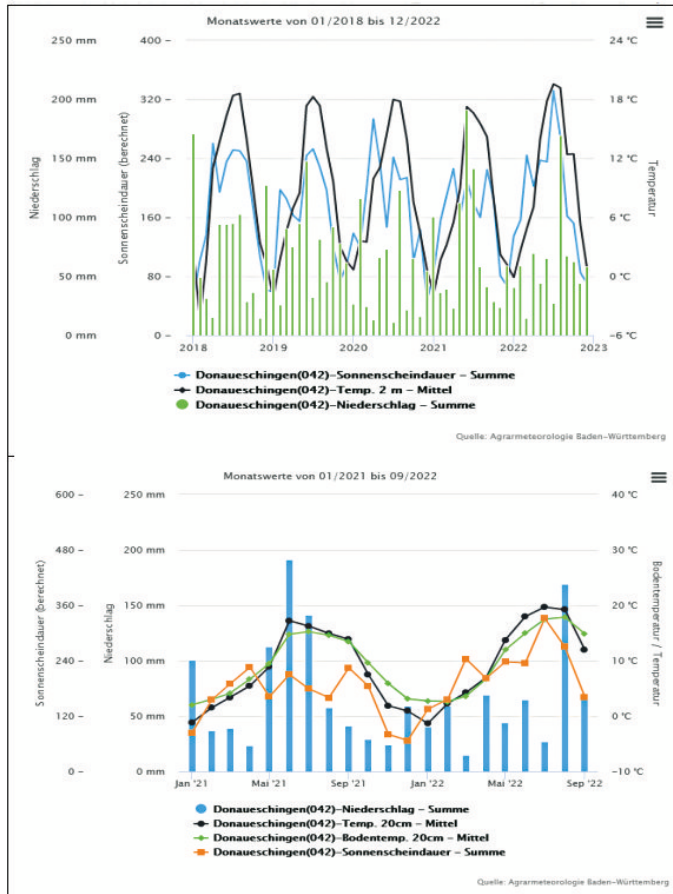


Abbildung 49: Mehrjähriger Vergleich der Niederschläge und Temperaturen und Detaildarstellung für die Jahre 2021/22 am Standort Donaueschingen.



Abbildung 50: Anlage Denkingen im Frühsommer 2021 (Foto: Müller-Sämann).

6. Ergebnisse und Diskussion 2021

Die Gesamtergebnisse der August-Begehung 2021 sind in Tabelle 2 dieses Abschnitts dargestellt.

Auf den 8 Probeflächen (4 PV-Anlagen, 4 Grünland Referenzflächen) wurden insgesamt 19 Tagfalter- und Widderchen-Arten in 209 Individuen registriert.

Artenreichste Fläche mit 12 Arten war die PV-Anlage Denkingen, die höchste Gesamt-Individuenzahl wurde auf der PV-Anlage Mooshof gefunden.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Artenzahl allein kein hinreichendes Kriterium für eine Bewertung der Flächen ist. Wichtige Aspekte sind der Anteil an lokal oder regional seltenen oder rückläufigen Arten, Bedeutung der Flächen als Fortpflanzungsstätten der darauf angetroffenen Arten sowie die Individuenzahlen als Maß für deren Attraktivität als dauerhafter Lebensraum.

In allen Fällen mit Ausnahme der Anlage Döggingen waren die PV-Anlagen wesentlich arten- und individuenreicher als die zugehörigen, regulär genutzten Grünland Referenzflächen.



Abbildung 51: Ansicht der Fotovoltaikanlage Mooshof nahe Wahlwies / Bodman am 11.06.2021

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Begehungen für die einzelnen Fotovoltaikanlagen für 2021 wiedergegeben.

Die **PV-Anlage Mooshof** wies mit 110 Faltern die mit Abstand höchste Individuenzahl aller 8 beprobten Flächen auf. Dies ist primär auf ein sehr starkes Vorkommen des Großen Ochsenauges (*Maniola jurtina*), von dem 78 Falter registriert wurden, zurückzuführen. Des Weiteren schlägt der Hauhechelbläuling (*Polyommatus icarus*) mit 12 Faltern zu Buche. Bemerkenswert und für die Region wertgebend ist ein Vorkommen des Sechsfleck-Widderchens (*Zygaena filipendulae*), von welchem 4 Imagines registriert wurden.

Fazit: Die PV-Anlage Mooshof dient einer charakteristischen Schmetterlingsgemeinschaft extensiv genutzter Glatthaferwiesen als lokal bedeutsamer Lebensraum.

In der **Referenzfläche** war so gut wie keine Falteraktivität festzustellen. Bei den beiden registrierten Faltern (1 Kleiner Kohlweißling, 1 Großes Ochsenauge) handelt es sich vermutlich um dispergierende Individuen.

Auf der **PV-Anlage Denkingen** wurde mit 12 Arten in 2021 die höchste Artenzahl und mit 29 Individuen die zweithöchste Individuenzahl der 8 Probeflächen festgestellt. Es handelt sich um das „gängige“ Arteninventar des mittleren Grünlands (Glatthaferwiesen), mit Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*), Großem Ochsenauge (*Maniola jurtina*), Kleinem Wiesenvögelchen (*Coenonympha pamphilus*), Hauhechelbläuling (*Polyommatus icarus*) als charakteristischen Arten. Sie alle traten in geringen Individuendichten auf, was jedoch auch dem jahreszeitlich späten Erfassungstermin Mitte August geschuldet sein kann.

Die **Referenzfläche** war zum Zeitpunkt der Erfassung frisch gemäht und falterfrei.

Die **PV-Anlage Döggingen** war mit 5 Arten die artenärmste Probefläche. Das Flächenpaar Döggingen ist das einzige, bei dem die Referenzfläche die arten- und individuenreichere Fläche war. Auf Letzterer konnten 8 Arten gefunden werden, darunter erwähnenswert: zwei Sechsfleck-Widderchen (*Zygaena filipendulae*), 7 Hauhechelbläulinge (*Polyommatus icarus*) und 5 Kleine Wiesenvögelchen (*Coenonympha pamphilus*). Es handelt sich bei der **Referenzfläche** um eine artenreiche magere typische Glatthaferwiese mit Übergängen zur trockenen Trespenglatthaferwiese.

Die **PV-Anlage Donaueschingen** mit senkrecht gestellten bifazialen Modulen war zum Zeitpunkt der Erfassung bereits gemäht, jedoch waren drei Streifen von jeweils 10 m Breite und ganzer Anlagenlänge) zwischen den Modulreihen für Erfassungszwecke von der Mahd ausgenommen worden. Mit 8 Arten war die Artenzahl identisch mit derjenigen der PV-Anlage Mooshof und der Referenzfläche der Anlage Döggingen. Neben den, auch auf den letztgenannten Probestellen angetroffenen charakteristischen Magerwiesen-Arten konnte auf der Anlage Donaueschingen ein erstmals weit verbreiteter und häufiger, inzwischen aber stark rückläufiger Vertreter aus der Familie der Dickkopffalter als nur auf dieser PF vertretenen Besonderheit nachgewiesen werden: Der Schwarzkolbige Braundickkopffalter (*Thymelicus lineola*). Dieser Schmetterling benötigt für eine erfolgreiche Reproduktion Altgrasstreifen, die in der Anlage Donaueschingen dadurch entstehen, dass die Streifen unterhalb der Modulreihen teilweise nicht gemäht werden. Auch in den Randbereichen traten Altgrasbestände auf.

Die **Referenzfläche** erwies sich als annähernd falterfrei; zwei angetroffene Kleine Füchse (*Aglais urticae*) müssen als blütenbesuchende Nahrungsgäste gewertet werden.

b. Fazit 2021:

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass nach einer Begehungsrunde – zudem außerhalb der Tagfalter-Hauptsaison – noch keine validen und fachlich hinreichend abgesicherten Aussagen gemacht werden können. Es zeichnet sich jedoch bereits deutlich ab, dass die Photovoltaik-Anlagen bei fachgerechtem Management zumindest zu lokal bedeutsamen Habitaten für Tagfalter und Widderchen entwickelt werden können oder dass die Fotovoltaikanlagen diese Funktion bereits bis zu einem gewissen Grad erfüllen (unterschiedliches Alter und Vorgeschichte der Anlagen).

Diese Beobachtung wird untermauert, wenn man das Artenauftreten (siehe Tabelle auf übernächster Seite) nach der Präsenz der Falter innerhalb und außerhalb der Freiflächen-Fotovoltaikanlagen aufteilt (Abbildung 52).

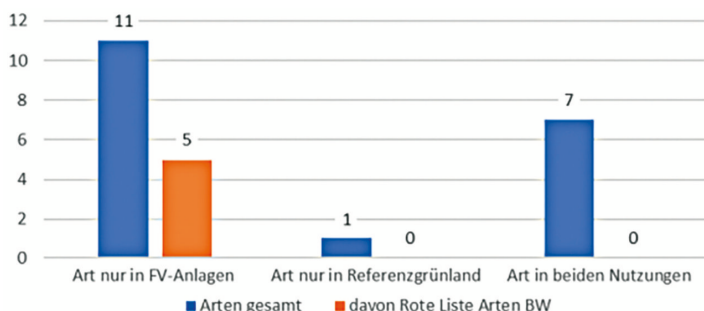


Abbildung 52: Auftreten der Falterarten in den Fotovoltaikanlagen und auf angrenzenden Grünland- Referenzflächen im August 2021.



*Hauhechelbläuling (Polyommatus icarus)
Wikipedia, Jörg Hempel*



*Großes Ochsenauge (Maniola jurtina),
Wikipedia, Andreas Eichler*



*Sechsfleck-Widderchen (Zygaena filipendulae)
Wikipedia, Ivar Leidus*



*Schwarzkolbiger Braun-Dickkopffalter (Thymelicus lineola)
Wikipedia, I. Michad*

*Abbildung 53: Beispiele gefundener Falterarten in den Freiflächenfotovoltaik-
anlagen 2021.*

Tabelle 2: Gesamtartenliste der Begehungen vom 13.08.21 (Mooshof, Denkingen) bzw. 19.08.21 (Döggingen, Donaueschingen); Erhebung Stefan Hafner, Löffingen

| Name | In RL | RL D | RL BW | Summe | Mooshof | Referenzfläche | Denkingen | Referenzfläche | Döggingen | Referenzfläche | Donaueschingen | Referenzfläche |
|--|-------|------|-------|-------|---------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| Leptidea sinapis Tintenfleck-Weißling | ja | D | V | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Colias hyalia Weißklee-Gelbing | ja | x | V | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gonepteryx rhamni Zitronenfalter | | x | x | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pieris rapae Kleiner Kohl-Weißling | | x | x | 11 | 1 | 1 | 4 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Pieris napi Grünader-Weißling | | x | x | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Inachis io Tagpfauenauge | | x | x | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vanessa cardui Distelfalter | | x | x | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Aglais urticae Kleiner Fuchs | | x | x | 19 | 1 | 0 | 3 | 0 | 10 | 1 | 2 | 2 |
| Melanargia galathea Schachbrett | | x | x | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Maniola jurtina Großes Ochsenauge | | x | x | 81 | 78 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Aphantopus hyperantus Schornsteinfeger | | x | x | 7 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Coenonympha pamphilus Kleines Wiesenvögelchen | | x | x | 23 | 8 | 0 | 6 | 0 | 2 | 5 | 2 | 0 |
| Lasiommata megera Mauerfuchs | ja | x | V | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cupido argiades Kurzschwänziger Bläuling | ja | V | VI | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Aricia agestis Kleiner Sonnenröschen- Bläuling | | x | x | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Polyommatus semiargus Rotklee-Bläuling | ja | x | V | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Polyommatus icarus Hauhechel-Bläuling | | x | x | 35 | 14 | 0 | 4 | 0 | 0 | 7 | 10 | 0 |
| Thymelicus lineola Schwarzkolbiger Braun- Dickkopffalter | | x | x | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| Zygaena filipendulae Sechsfleck-Widderchen | | x | x | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Arten gesamt | | | | 19 | 8 | 2 | 12 | 0 | 5 | 8 | 8 | 2 |
| Rote Liste Arten | | | | 5 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Individuen gesamt | | | | 209 | 110 | 2 | 29 | 0 | 16 | 20 | 29 | 3 |

RL BW = Rote Liste der gefährdeten Arten Baden-Württemberg; RL D = Rote Liste der gefährdeten Arten Deutschlands. Gefährdungskategorien: RL 1: vom Aussterben bedroht, RL 2: stark gefährdet, RL 3: gefährdet;

V: Vorwarnart, U: ungeklärt, !: besondere Schutzverantwortung BW, x: nicht gefährdet.

7. Modul 4b 2.2 Erfassung von Tagfaltern und Widderchen in den vier Fotovoltaikanlagen und in benachbarten Grünland-Referenzflächen im Sommer 2022.

a. Ergebnisse und Diskussion 2022

Bei den zwei Erhebungen 2022 wurden insgesamt 48 Schmetterlingsarten (28 Tagfalter- und Widderchen-, 20 tagaktive Nachtfalterarten) mit knapp 900 Individuen auf den vier Photovoltaikanlagen und den diesen jeweils zugeordneten Referenzflächen registriert.

Das sind mehr als doppelt so viele Arten wie 2021 und ist auf zwei Erhebungen im Frühling und Hochsommer und wohl auch auf die besseren Wetterverhältnisse in 2022 zurückzuführen, denn auch die Anzahl beobachteter Individuen war mit über 400 pro Termin mehr als doppelt so hoch wie 2021. Die artenreichste PV-Anlage war in 2022 Donaueschingen-Aasen mit 28 Arten (17 Tagfalter und Widderchen, 11 tagaktive Nachtfalter), die artenärmste wiederum Döggingen mit 17 Arten (14 Tf. u. Widd., 3 Nf.).

Die Referenzflächen, die „regulär“ genutztes Grünland repräsentieren, sind fast durchweg wesentlich artenärmer als die PV-Anlagen. Nur die Referenzfläche Döggingen macht hier eine Ausnahme, sie steht mit 25 Arten hinsichtlich der Artenzahl an zweiter Stelle aller Probestellen. Mit 418 registrierten Falterindividuen ist es die PV-Anlage Mooshof, die in Bezug auf Individuenzahlen mit großem Abstand an der Spitze steht (zum Vergleich: PV-Anl. D.-Aasen: 128 Individuen).

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Begehungen für die einzelnen Fotovoltaikanlagen für 2021 wiedergegeben.

b. Mooshof bei Bodman /Wahlwies

Photovoltaik-Anlage: Die einer extensiv bewirtschafteten Magerwiese mittlerer Standorte sehr ähnliche Vegetation der PV-Anlage Mooshof bietet idealen Lebensraum für eine Reihe von Arten, die als „typische Wiesen-schmetterlinge“ gelten können. Diese Arten sind in der Lage, hohe Dichten aufzubauen, und finden somit in der PV-Anlage ein wichtiges Refugium in dieser an Magergrünland armen Region.

Dies sind: Das Große Ochsenauge (*Maniola jurtina*), das Kleine Wiesenvögelchen (*Coenonympha pamphilus*), der Hauhechelbläuling (*Polyommatus icarus*), das Sechsfleck-Widderchen (*Zygaena filipendulae*) sowie

die Braune Tageule (*Euclidia glyphica*) und Großer Hopfen-Wurzelbohrer (*Hepialus humuli*) als tagaktive Nachtfalter.

Günstig ist, dass die PV-Anlage einen Habitatverbund mit dem benachbarten Naturschutzgebiet „Weiteried“ bilden kann. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass auch weniger flugkräftige wertgebende Arten das neu entstandene Habitatpotenzial erschließen können. Dies trifft insbesondere für kurzlebige Nachtfalter-Arten zu, die als Falter keine Nahrung mehr aufnehmen und daher keine weiträumigen Dispersionsflüge durchführen können. Da diese Artengruppe nicht Gegenstand systematischer Untersuchungen war, können nur wenige Funde tagsüber nachweisbarer Arten in die Auswertung einfließen.

Der bemerkenswerteste und aus naturschutzfachlicher Sicht am höchsten einzustufende Nachweis ist der Zufallsfund eines Männchens des Hopfenwurzelbohrers (*Hepialus humuli*). Diese charakteristische Art extensiv genutzter magerer Mähwiesen mittlerer bis frischer Standorte ist als Folge der umfassenden Grünlandintensivierung massiv zurückgegangen. In der noch gültigen „alten“ Roten Liste Baden-Württemberg (Ebert et al. 2005) galt der Hopfenwurzelbohrer als „ungefährdet“, in der noch nicht publizierten Neufassung muss er bereits als „stark gefährdet“ (RL-Status 2) eingestuft werden. Das Vorkommen dieses extrem kurzlebigen und flugschwachen Falters innerhalb der PV-Anlage ist nur durch Zuflug aus sehr nahegelegenen Quellhabitaten erklärbar.

Eine weitere vermutlich aus dem Weiteried zugeflogene Nachtfalterart, die durch Tagbegehungen gut erfasst werden kann, ist der Rotrandbär (*Diacrisia sannio*). Dieser attraktive Bärenspinner ist zwar noch wesentlich weiter verbreitet als die vorige Art; gleichwohl ist das Vorkommen in der PV-Anlage angesichts des Defizits an Magerrasen und magerem Grünland in der Region aus Sicht des Artenschutzes bedeutsam.

Referenzfläche: Die – im Vergleich zu den umgebenden landwirtschaftlichen Nutzflächen noch mäßig intensiv bewirtschaftete und regelmäßig gegüllte – Mähwiese eines Bio-Betriebs ist für Schmetterlinge annähernd ohne Bedeutung. Von den vorgefundenen 5 Schmetterlingsarten kann sich wahrscheinlich nur eine, das Kleine Wiesenvögelchen (*Coenonympha pamphilus*) in den etwas schwachwüchsigeren Randbereichen fortpflanzen. Bei allen anderen dürfte es sich um durchfliegende Dispergenten oder Nahrungsgäste handeln. Dies bestätigt einmal mehr, dass landwirtschaftlich genutztes Grünland, das „effizient“ gedüngt und mehr als zweimal jährlich geschnitten wird, seine Bedeutung als Habitat für Schmetterlinge fast kom-

plett verliert und selbst von einstigen „Allerweltsarten“ nicht mehr dauerhaft besiedelt werden kann.

| Tabelle 3: Artenliste des Faltermonitoring 2022 in der Freiflächen PV Anlage und auf einer angrenzenden dreischrittig genutzten Wiese als Referenz in der Anlage Mooshof bei Bodman (Wahlwies) | | | | | |
|---|----------------------------|--------------------|------|-------------------|------------------|
| wissenschaftlicher Name | deutscher Name | RL BW | RL D | PV Anlage Mooshof | Referenz Mooshof |
| <i>Colias hyale</i> | Weißklee-Gelbling | V | x | 6 | 0 |
| <i>Colias croceus</i> | Postillion | x | x | 5 | 0 |
| <i>Pieris rapae</i> | Kleiner Kohl-Weißling | x | x | 3 | 1 |
| <i>Pieris napi</i> | Grünader-Weißling | x | x | 3 | 0 |
| <i>Anthocharis cardamines</i> | Aurorafalter | x | x | 1 | 0 |
| <i>Aglaia urticae</i> | Kleiner Fuchs | x | x | 1 | 0 |
| <i>Melanargia galathea</i> | Schachbrett | x | x | 1 | 0 |
| <i>Maniola jurtina</i> | Großes Ochsenauge | x | x | 165 | 3 |
| <i>Aphantopus hyperantus</i> | Schornsteinfeger | x | x | 13 | 0 |
| <i>Coenonympha pamphilus</i> | Kleines Wiesenvögelchen | x | x | 40 | 5 |
| <i>Cupido argiades</i> | Kurzschwänziger Bläuling | V! | V | 11 | 1 |
| <i>Cyaniris semiargus</i> | Rotklee-Bläuling | V | x | 1 | 0 |
| <i>Polyommatus icarus</i> | Hauhechel-Bläuling | x | x | 86 | 0 |
| <i>Zygena filipendulae</i> | Sechsfleck-Widderchen | x | x | 6 | 0 |
| <i>Hepialus humuli</i> | Großer Hopfen-Wurzelbohrer | x | x | 1 | 0 |
| <i>Lasiocampa quercus</i> | Eichenspinner | x | x | 1 | 0 |
| <i>Diacrisia sannio</i> | Rotrandbär | x | x | 1 | 0 |
| <i>Euclidia glyphica</i> | Braune Tageule | x | x | 46 | 1 |
| <i>Autographa gamma</i> | Gammaeule | x | x | 3 | 0 |
| <i>Epirrhoe alternata</i> | Graubinden-Labkrautspanner | x | x | 0 | 1 |
| <i>Chiasmia clathrata</i> | Klee-Gitterspanner | x | x | 2 | 0 |
| <i>Ematurga atomaria</i> | Heideland-Tagspanner | x | x | 21 | 0 |
| <i>Cabera exanthemata</i> | Braunstirn-Weißspanner | x | x | 1 | 0 |
| | | Σ Arten: | | 22 | 6 |
| | | Σ RL-Arten 1,2,3,V | | 3 | 1 |
| | | Σ Individuen: | | 418 | 12 |

Legende: RL = Rote Liste, BW = Baden-Württemberg, D = Deutschland; Gefährdungsstufen: 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste.

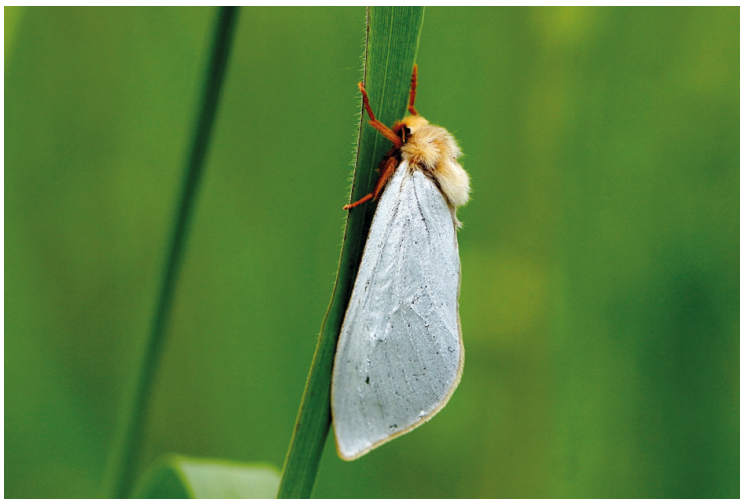


Abbildung 53: Auftreten des gefährdeten Hopfenwurzelbohrers (*Hepialus humuli*) in der Freiflächenanlage in Bodman 2022 (Foto: Dieter Reichardt, <https://lepiforum.org>).

c. Denkingen

Freiflächen-Photovoltaik-Anlage: Als mutmaßliche dauerhafte oder gelegentliche Fortpflanzungsstätte dient die PV-Anlage folgenden typischen Wiesenfaltern: Kleines Wiesenvögelchen (*Coenonympha pamphilus*), Hauhechel-Bläuling (*Polyommatus icarus*), Rotklee-Bläuling (*Cyaniris semiargus*), Mauerfuchs (*Lasiommata megera*), Schornsteinfeger (*Aphantopus hyperantus*), Hornkraut-Tageulchen (*Panemeria tenebrata*). In der Neufassung der Roten Liste Baden-Württemberg werden der Rotklee-Bläuling und der Schornsteinfeger als Arten der Vorwarnliste, das Hornkraut-Tageulchen als gefährdet (RL-Status 3) eingestuft. Alle anderen Wiesenfalter gelten als noch ungefährdet.

Die Mehrzahl der genannten Arten ist jedoch ausschließlich auf den randlichen Flächen außerhalb der Module anzutreffen, wo in einigen Bereichen flachgründige Stellen mit reichlich Hornklee als Raupennahrungspflanze des Hauhechel-Bläulings und relativ hohem Kräuteranteil vorkommen. Der Mauerfuchs legt seine Eier im Regenschutz der PV-Module ab, die in diesem Fall Strukturen wie überhängende Felsen, Trockenmauern u.ä. ersetzen. Der Schornsteinfeger entwickelt sich in selten gemähten hochgrasigen Bereichen. Solche verbleiben jedoch nur in wenigen für die

Mähgeräte schwer erreichbaren „toten Winkeln“, weswegen die Individuenzahl von *A. hyperantus* gering bleibt. Bemerkenswert ist, dass die PV-Anlage trotz ihrer mäßigen Grünland-Qualität mit eutrophierten Flächen innerhalb der Module und artenarmer Krautschicht in den Randbereichen arten- und individuenreicher ist als die benachbarte Referenzfläche. Hier hat vermutlich auch die Umrandung der Fläche mit einem Heckenstreifen einen Einfluss ausgeübt.

Grünland Referenzfläche Denkingen: Auf der Referenzfläche wurden wesentlich weniger Arten und diese überwiegend nur in einzelnen oder wenigen Individuen festgestellt. Nur das Kleine Wiesenvögelchen und der Hauhechel-Bläuling waren in nennenswerten Individuenzahlen vertreten, die jedoch deutlich unter denjenigen im Bereich der PV-Anlage lagen (*C. pamphilus*: PV 24, Rf 8; *P. icarus* PV 24, Rf 13). Die Referenzfläche wird gemäht und gelegentlich von Schafen in Koppelhaltung nachbeweidet – eine Nutzung, die offenbar nur wenigen, relativ unempfindlichen Schmetterlingsarten eine Reproduktion ermöglicht.



Abbildung 54: Auftreten des gefährdeten Hornkraut-Tageulchen (*Panemeria tenebrata*) in der Freiflächenanlage in Denkingen 2022 (Foto: Wolfgang Hoffmann, <https://lepiforum.org>).

| Tabelle 4: Artenliste des Faltermonitoring 2022 in der Freiflächen PV Anlage und auf einer angrenzenden extensiv 2-schnittig genutzten Wiese als Referenz am Standort Denkingen. | | | | | |
|--|-----------------------------------|-------|------|---------------------|--------------------|
| Wissenschaftlicher Name | deutscher Name | RL BW | RL D | PV Anlage Denkingen | Referenz Denkingen |
| <i>Colias hyale</i> | Weißklee-Gelbling | V | x | 3 | 1 |
| <i>Colias croceus</i> | Postillion | x | x | 0 | 1 |
| <i>Gonepteryx rhamni</i> | Zitronenfalter | x | x | 2 | 0 |
| <i>Pieris rapae</i> | Kleiner Kohl-Weißling | x | x | 5 | 2 |
| <i>Pieris napi</i> | Grünader-Weißling | x | x | 3 | 0 |
| <i>Anthocharis cardamines</i> | Aurorafalter | x | x | 0 | 1 |
| <i>Inachis io</i> | Tagpfauenauge | x | x | 2 | 0 |
| <i>Aglais urticae</i> | Kleiner Fuchs | x | x | 2 | 0 |
| <i>Melanargia galathea</i> | Schachbrett | x | x | 2 | 0 |
| <i>Maniola jurtina</i> | Großes Ochsenauge | x | x | 4 | 0 |
| <i>Aphantopus hyperantus</i> | Schornsteinfeger | x | x | 3 | 0 |
| <i>Coenonympha pamphilus</i> | Kleines Wiesenvögelchen | x | x | 24 | 8 |
| <i>Lasioommata megera</i> | Mauerfuchs | V | x | 4 | 1 |
| <i>Cupido argiades</i> | Kurzschwänziger Bläuling | V! | V | 1 | 0 |
| <i>Cyaniris semiargus</i> | Rotklee-Bläuling | V | x | 3 | 1 |
| <i>Polyommatus icarus</i> | Hauhechel-Bläuling | x | x | 24 | 13 |
| <i>Macroglossum stellatarum</i> | Taubenschwänzchen | x | x | 1 | 0 |
| <i>Euclidia glyphica</i> | Braune Tageule | x | x | 2 | 1 |
| <i>Panemeria tenebrata</i> | Hornkraut-Tageulchen | V | x | 2 | 0 |
| <i>Scotopteryx chenopodiata</i> | Braunbinden-Wellenstriemenspanner | x | x | 3 | 0 |
| <i>Xanthorhoe spadicearia</i> | Heller-Rostfarben-Blattspanner | x | x | 0 | 1 |
| <i>Chiasmia clathrata</i> | Klee-Gitterspanner | x | x | 5 | 4 |
| <i>Ematurga atomaria</i> | Heideland-Tagspanner | x | x | 3 | 3 |
| | Σ Arten: | | | 20 | 12 |
| | Σ RL-Arten 1,2,3,V | | | 5 | 3 |
| | Σ Individuen: | | | 98 | 37 |

Legende: RL = Rote Liste, BW = Baden-Württemberg, D = Deutschland; Gefährdungsstufen: 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste

d. Döggingen

Freiflächen Photovoltaik-Anlage: Auf der PV-Anlage Döggingen, in der, genauso wie in Denkingen nur gemulcht wird und die erst 2019 auf einem Ackerstandort errichtet wurde, konnten 17 Arten nachgewiesen werden. Sie nimmt damit unter den vier untersuchten FFPV-Anlagen den letzten Platz ein. Dabei ist zudem noch zu berücksichtigen, dass die Dögginger Anlage von „besseren“ Flächen umgeben ist, die als Quellhabitate zufliegender, nicht auf der Anlagenfläche reproduzierender Arten dienen können. So stammt etwa das gefundene Exemplar des Rundaugen-Mohrenfalters (*Erebia medusa*), das auf der Fläche registriert werden konnte, mit Sicherheit von der nördlich angrenzenden, südexponierten Bahnböschung.

Die einzige Art, die mit 7 registrierten Individuen offenbar einen klaren Schwerpunkt auf der PV-Anlage zu haben scheint, ist der Braunbinden-Wellenstriemenspanner (*Scotopteryx chenopodiata*), eine ansonsten vorzugsweise auf mesophilen Brachen lebende und noch nicht gefährdete, aber stark rückläufige Spannerart (siehe Abbildung).

Grünland Referenzfläche: Als „klassische“ zweischürig genutzte Magerwiese mittlerer Standorte ist die Referenzfläche Döggingen die einzige Referenzfläche, die höhere Arten- und Individuenzahlen als die zugeordnete PV-Anlagenfläche aufwies. Die Referenzfläche Döggingen, die als FFH Fläche der Wertstufe A eingeordnet werden kann (Kapitel 4a), ist die mit Abstand schmetterlingsreichste aller Referenzflächen. Sie hebt sich deutlich positiv ab von der falterarmen und nährstoffreichen Grünlandvergleichsfläche in der etwa dreimal jährlich gemulchten PV-Anlage, die durch einen hohen Anteil an Stör-/Mulchzeigern charakterisiert ist.

| Tabelle 5: Artenliste des Faltermonitoring 2022 in der Freiflächen PV Anlage und auf einer angrenzenden extensiv 2-schnittig genutzten und gelegentlich mit Festmist gedüngten Mähwiese als Referenz am Standort Döggingen. | | | | | | |
|---|------------------------------------|--------------------|------|-------|---------------------|--------------------|
| wissenschaftlicher Name | deutscher Name | RL BW | RL D | Summe | PV-Anlage Döggingen | Referenz Döggingen |
| <i>Colias hyale</i> | Weißklee-Gelbling | V | x | 10 | 1 | 9 |
| <i>Colias croceus</i> | Postillion | x | x | 1 | 0 | 1 |
| <i>Gonepteryx rhamni</i> | Zitronenfalter | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Pieris brassicae</i> | Großer Kohl-Weißling | x | x | 9 | 5 | 4 |
| <i>Pieris rapae</i> | Kleiner Kohl-Weißling | x | x | 5 | 0 | 5 |
| <i>Pieris mannii</i> | Karstweißling | | | 1 | 0 | 1 |
| <i>Pieris napi</i> | Grünader-Weißling | x | x | 4 | 2 | 2 |
| <i>Inachis io</i> | Tagpfauenauge | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Vanessa cardui</i> | Distelfalter | x | x | 2 | 1 | 1 |
| <i>Aglais urticae</i> | Kleiner Fuchs | x | x | 13 | 11 | 2 |
| <i>Issoria lathonia</i> | Kleiner Perlmutterfalter | V | x | 1 | 0 | 1 |
| <i>Melanargia galathea</i> | Schachbrett | x | x | 19 | 3 | 16 |
| <i>Erebia medusa</i> | Rundaugen-Mohrenfalter | V | V | 1 | 1 | 0 |
| <i>Maniola jurtina</i> | Großes Ochsenauge | x | x | 11 | 3 | 8 |
| <i>Aphantopus hyperantus</i> | Schornsteinfeger | x | x | 4 | 3 | 1 |
| <i>Coenonympha pamphilus</i> | Kleines Wiesenvögelchen | x | x | 22 | 6 | 16 |
| <i>Aricia agestis</i> | Kleiner Sonnenröschen-Bläuling | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Cyaniris semiargus</i> | Rotklee-Bläuling | V | x | 2 | 0 | 2 |
| <i>Polyommatus icarus</i> | Hauhechel-Bläuling | x | x | 30 | 5 | 25 |
| <i>Zygaena filipendulae</i> | Sechsfleck-Widderchen | x | x | 2 | 0 | 2 |
| <i>Euclidia mi</i> | Scheck-Tageule | x | x | 2 | 0 | 2 |
| <i>Euclidia glyphica</i> | Braune Tageule | x | x | 19 | 1 | 18 |
| <i>Autographa gamma</i> | Gammaeule | x | x | 6 | 0 | 6 |
| <i>Scopula immorata</i> | Marmorierter Kleinspanner | x | x | 1 | 0 | 1 |
| <i>Idaea serpentata</i> | Rostgelber Magerrasen-Zwergspanner | V | V | 1 | 0 | 1 |
| <i>Scotopteryx chenopodiata</i> | Braunbinden-Wellenstriemenspanner | x | x | 7 | 7 | 0 |
| <i>Epirrhoe tristata</i> | Fleckleib-Labkrautspanner | x | x | 1 | 0 | 1 |
| <i>Chiasmia clathrata</i> | Klee-Gitterspanner | x | x | 5 | 0 | 5 |
| <i>Ematurga atomaria</i> | Heideland-Tagspanner | x | x | 14 | 5 | 9 |
| <i>Siona lineata</i> | Hartheuspanner | V | x | 1 | 0 | 1 |
| | | Σ Arten: | | 30 | 17 | 25 |
| | | Σ RL-Arten 1,2,3,V | | 6 | 2 | 5 |
| | | Σ Individuen: | | 197 | 57 | 140 |

Legende: RL = Rote Liste, BW = Baden-Württemberg, D = Deutschland; Gefährdungsstufen: 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste



Abbildung 55: Auftreten des Braunbinden-Wellenstriemenspanner (*Scotopteryx chenopodiata*) in der Freiflächen PV-Anlage in Döggingen 2022 (Foto: Jörg Döring, <https://lepiforum.org>).

e. Donaueschingen-Aasen

Senkrecht angeordnete Agri-Photovoltaik-Anlage: Die PV-Anlage Donaueschingen-Aasen ist die artenreichste aller vier Anlagen, auch die Zahl wertgebender Arten ist die höchste. Besonders hervorzuheben sind die Vorkommen von zwei Braundickkopffaltern, dem Braunkolbigen (*Thymelicus sylvestris*) und dem Schwarzkolbigen (*Thymelicus lineola*). Beide *Thymelicus*-Arten waren früher weit verbreitet und oft massenhaft anzutreffen, inzwischen sind sie stark rückläufig und müssen in der Neufassung der Roten Liste Baden-Württemberg als „gefährdet“ (RL-Status 3) eingestuft werden. Sie waren typische Bewohner „vergessener Ecken“ und Sozialbrachen, auch von Kahlschlägen und sonstigen größeren Waldlichtungen. Sehr wichtige Habitatrequisiten sind Altgrasbestände, die sie in der PV-Anlage Aasen entlang der Module (leider nur teilweise) und vor allem in den Randbereichen der Betriebsfläche entlang des Umgrenzungszauns vorgefunden haben.

Weitere erwähnenswerte wertgebende Arten sind: Der Rundaugen-Mohrenfalter (*Erebia medusa*), von dem ein Individuum beobachtet werden konnte, bevorzugt mehrjährige grasreiche Brachen, auf denen sich eine Streuschicht aus Altgras bilden konnte. Das Defizit solcher Flächen auf der im Bereich der Module 2022 im Sommer komplett gemähten Anlage erklärt die sehr niedrige Individuenzahl.

Das Hornkraut-Tageulchen (*Panemeria tenebrata*) und die Scheck-Tageule (*Euclidia mi*) sind zwei tagaktive Nachtfalter, die charakteristisch für mageres und extensiv bewirtschaftetes Grünland sind. Beide entwickeln

sich auf den regelmäßig zur Pferdeheugewinnung gemähten, ungedüngten Streifen zwischen den Modulen und in deren unmittelbarem Umfeld.

Die Donaueschinger Anlage ist die einzige, auf der zwei Widderchenarten nachgewiesen werden konnten: Das Große (*Zygaena filipendulae*) und das Kleine Fünffleck-Widderchen (*Zygaena viciae*). Beide wurden auf dem Saumstreifen zwischen dem Rundweg innerhalb der Anlage und dem die Außenbegrenzung bildenden Zaun beobachtet. Zumindest die letztgenannte Art kann sich nur in den ungenutzten Saumbereichen entwickeln, während *Z. filipendulae* auch auf Mähwiesen vorkommt.

Als weitere inzwischen stark gefährdete (RL-Status 2) und ebenfalls an ungemähte frische bis feuchte Säume gebundene Tagfalterart ist der Storchschnabel-Bläuling (*Aricia eumedon*) zu erwähnen. Im Rahmen der eigenen Begehungen wurde der Bläuling zwar nicht festgestellt (Flugzeit außerhalb der Begehungstermine), jedoch liegt eine Meldung des Gutachterbüros ARCUS (Bräunlingen) vom 18.06.21 über Beobachtungen an zwei Stellen des die Anlage umgebenden Saumstreifens vor.

Ein weiterer früher ungefährdeter, jetzt aufgrund starker Rückgänge in die Vorwarnliste aufgenommener Bewohner des Saumstreifens ist der Schornsteinfeger (*Aphantopus hyperantus*). Es wurden 5 Individuen dieser Art registriert.

Referenzfläche: Die Referenzfläche Aasen – eine auch in botanischer Hinsicht artenarme und produktive Fettwiese mittlerer Standorte (Kap. 4a) – ist auch bezüglich des Auftretens von Tagfaltern die artenärmste aller Referenzflächen. Sie kann angesichts der Tatsache, dass es sich bei den wenigen dort angetroffenen Faltern um Durchzügler, Nahrungsgäste oder Bewohner von Randstrukturen handelte, als annähernd falterfrei bezeichnet werden. Sie repräsentiert ein weiteres Beispiel für Untauglichkeit „regulär“ landwirtschaftlich genutzter und gedüngter Grünlandflächen als Schmetterlingshabitate.

| Tabelle 6: Artenliste des Faltermonitoring 2022 in der Agri-PV Anlage mit senkrecht stehenden Modulen und auf einer angrenzenden, regulär 2-schnittig genutzten Mähwiese als Referenz am Standort Donaueschingen-Aasen | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------|------|-------|--------------------------|-----------------------------|
| wissenschaftlicher Name | deutscher Name | RL BW | RL D | Summe | Agri-PV Anlage Do.-Aasen | Referenz Grünland Do.-Aasen |
| <i>Pieris rapae</i> | Kleiner Kohl-Weißling | x | x | 6 | 4 | 2 |
| <i>Vanessa cardui</i> | Distelfalter | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Aglais urticae</i> | Kleiner Fuchs | x | x | 4 | 2 | 2 |
| <i>Araschnia levana</i> | Landkärtchen | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Argynnis paphia</i> | Kaisermantel | x | x | 2 | 2 | 0 |
| <i>Melanargia galathea</i> | Schachbrett | x | x | 9 | 9 | 0 |
| <i>Erebia medusa</i> | Rundaugen-Mohrenfalter | V | V | 1 | 1 | 0 |
| <i>Maniola jurtina</i> | Großes Ochsenauge | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Aphantopus hyperantus</i> | Schornsteinfeger | x | x | 5 | 5 | 0 |
| <i>Coenonympha pamphilus</i> | Kleines Wiesenvögelchen | x | x | 6 | 6 | 0 |
| <i>Cupido argiades</i> | Kurzschwänziger Bläuling | V! | V | 1 | 1 | 0 |
| <i>Cyaniris semiargus</i> | Rotklee-Bläuling | V | x | 2 | 2 | 0 |
| <i>Polyommatus icarus</i> | Hauhechel-Bläuling | x | x | 12 | 12 | 0 |
| <i>Thymelicus sylvestris</i> | Braunkolbiger Braundickkopffalter | x | x | 7 | 7 | 0 |
| <i>Thymelicus lineola</i> | Schwarzkolbiger Braundickkopffalter | x | x | 19 | 19 | 0 |
| <i>Zygaena viciae</i> | Kleines Fünffleck-Widderchen | V | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Zygaena filipendulae</i> | Sechsfleck-Widderchen | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Diacrisia sannio</i> | Rotrandbär | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Rivula sericealis</i> | Seideneulchen | x | x | 1 | 1 | 0 |
| <i>Euclidia mi</i> | Scheck-Tageule | x | x | 6 | 6 | 0 |
| <i>Euclidia glyphica</i> | Braune Tageule | x | x | 19 | 19 | 0 |
| <i>Autographa gamma</i> | Gammaeule | x | x | 4 | 4 | 0 |
| <i>Panemeria tenebrata</i> | Hornkraut-Tageulchen | V | x | 3 | 2 | 1 |
| <i>Timandra comae</i> | Ampferspanner | x | x | 2 | 2 | 0 |
| <i>Epirrhoe tristata</i> | Fleckleib-Labkrautspanner | x | x | 2 | 2 | 0 |
| <i>Epirrhoe alternata</i> | Graubinden-Labkrautspanner | x | x | 2 | 1 | 1 |
| <i>Chiasmia clathrata</i> | Klee-Gitterspanner | x | x | 14 | 14 | 0 |
| <i>Ematurga atomaria</i> | Heideland-Tagspanner | x | x | 1 | 1 | 0 |
| Σ Arten: | | | | 28 | 28 | 4 |
| Σ RL-Arten 1,2,3,V | | | | 5 | 5 | 1 |
| Σ Individuen: | | | | 134 | 128 | 6 |

Legende: RL = Rote Liste, BW = Baden-Württemberg, D = Deutschland; Gefährdungsstufen: 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste.



*Abbildung 56: Auftreten des Schornsteinfegers (*Aphantopus hyperantus*) in der Freiflächen PV-Anlage in Donaueschingen-Aasen 2022 (Foto: Elizabeth van Pelt-Verkuil, <https://lepiforum.org>).*

In der Tabelle auf der nächsten Seite ist eine Gesamtübersicht zu den Faltersichtungen an den vier Standorten im Jahr 2022 wiedergegeben.

| Tabelle 7. Gesamtartenliste 2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----|----|----|---|-------------|----------------------|--------------------|---------------|------------------------|--------------|-----------------------|------------------------------|-----|
| Photovoltaik-Anlagen (Probeflächen) | | | | | | | | | | | | | | | |
| KR-Nr. | wissenschaftlicher Name | deutscher Name | RL | BW | RL | D | Summe | PV Bodman Mosdorf | Bodman Referenz | PV Denklingen | Denklingen Referenz | PV Döggingen | Döggingen Referenz | PV Donauessingen Referenz | |
| 7021 | <i>Colias hyale</i> | Weißklee-Gelbling | V | x | | | 20 | 6 | 0 | 3 | 1 | 1 | 9 | 0 | |
| 7015 | <i>Colias croceus</i> | Postillon | x | x | | | 7 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 7024 | <i>Gonepteryx rhamni</i> | Zitronenfalter | x | x | | | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 6995 | <i>Pieris brassicae</i> | Großer Kohl-Weißling | x | x | | | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 0 | |
| 6998 | <i>Pieris rapae</i> | Kleiner Kohl-Weißling | x | x | | | 22 | 3 | 1 | 5 | 2 | 0 | 5 | 4 | |
| 6997 | <i>Pieris manni</i> | Karstweißling | | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 7000 | <i>Pieris napi</i> | Grünader-Weißling | x | x | | | 70 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 6973 | <i>Anthocharis cardamines</i> | Aurorafalter | x | x | | | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 7248 | <i>Inachis io</i> | Tagfauenaug | x | x | | | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 7245 | <i>Vanessa cardui</i> | Düsterfalter | x | x | | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 7250 | <i>Aglais urticae</i> | Kleiner Fuchs | x | x | | | 20 | 1 | 0 | 2 | 0 | 11 | 2 | 2 | |
| 7255 | <i>Araschnia levana</i> | Landkärtchen | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 7202 | <i>Argynnis paphia</i> | Kaisermantel | x | x | | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 7210 | <i>Issoria lathonia</i> | Kleiner Perlmutterfalter | V | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 7415 | <i>Melanargia galathea</i> | Schachbrett | x | x | | | 31 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 16 | 9 | |
| 7379 | <i>Erebia medusa</i> | Rundaugen-Mohrenfalter | V | V | | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 7350 | <i>Maniola jurtina</i> | Großes Ochsenauge | x | x | | | 184 | 165 | 3 | 4 | 0 | 3 | 8 | 1 | |
| 7344 | <i>Aphontopus hyperantus</i> | Schornsteinfeger | x | x | | | 25 | 13 | 0 | 3 | 0 | 3 | 1 | 5 | |
| 7334 | <i>Coenonympha pamphilus</i> | Kleines Wiesenvögelchen | x | x | | | 105 | 40 | 5 | 24 | 8 | 6 | 16 | 6 | |
| 7309 | <i>Lasionympha megera</i> | Mauerfuchs | V | x | | | 5 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 7093 | <i>Cupido argiades</i> | Kurzschwänziger Bläuling | VI | V | | | 14 | 11 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 7145 | <i>Aricia agestis</i> | Kleiner Sonnenröschen-Bläuling | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 7152 | <i>Cyaniris semiargus</i> | Rotklee-Bläuling | V | x | | | 9 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | |
| 7163 | <i>Polyommatus icarus</i> | Hauhechel-Bläuling | x | x | | | 165 | 86 | 0 | 24 | 13 | 5 | 25 | 12 | |
| 6924 | <i>Thymelicus sylvestris</i> | Braunkobiger Braundickkopffalter | x | x | | | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | |
| 6923 | <i>Thymelicus lineola</i> | Schwarkobiger Braundickkopffalter | x | x | | | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | |
| 80 | <i>Hepialus humuli</i> | Großer Hopfen-Wurzelbohrer | x | x | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3992 | <i>Zygaena viciae</i> | Kleines Fünffleck-Widderchen | V | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 3998 | <i>Zygaena filipendulae</i> | Sechsfleck-Widderchen | x | x | | | 9 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | |
| 6752 | <i>Lasiocampa quercus</i> | Eichenspinner | x | x | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 6843 | <i>Macroglossum stellatarum</i> | Taubenschwänzchen | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10583 | <i>Diadrisia sannio</i> | Rotrandbär | x | x | | | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 9008 | <i>Rivula sericealis</i> | Seideneulchen | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 8967 | <i>Euclidia mi</i> | Scheck-Tagetele | x | x | | | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | |
| 8969 | <i>Euclidia glyphica</i> | Braune Tagetele | x | x | | | 88 | 46 | 1 | 2 | 1 | 1 | 18 | 19 | |
| 9055 | <i>Autographa gamma</i> | Gammaleule | x | x | | | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 4 | |
| 9338 | <i>Panemeria tenebrata</i> | Hornkraut-Tagelchen | V | x | | | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 8028 | <i>Timandra griseata / comae</i> | Ämpferspanner | x | x | | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 8036 | <i>Scoplia immorata</i> | Marmorierter Kleinspanner | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 8100 | <i>Ideae serpentina</i> | Rostgelber Magerrasen-Zwergspanner | V | V | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 8239 | <i>Scotopteryx chenopodiata</i> | Braubinden-Wellenstriemenspanner | x | x | | | 10 | 0 | 0 | 3 | 0 | 7 | 0 | 0 | |
| 8252 | <i>Xanthorhoe spadicaria</i> | Heller-Rostfarben-Blattschneider | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 8274 | <i>Epirrhoe tristata</i> | Fleckleib-Labkrautspanner | x | x | | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | |
| 8275 | <i>Epirrhoe altemata</i> | Graubinden-Labkrautspanner | x | x | | | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 7547 | <i>Chiasmia clathrata</i> | Klee-Gitterspanner | x | x | | | 30 | 2 | 0 | 5 | 4 | 0 | 5 | 14 | |
| 7804 | <i>Ematurga atomaria</i> | Heideland-Tagspanner | x | x | | | 42 | 21 | 0 | 3 | 3 | 5 | 9 | 1 | |
| 7826 | <i>Cabera exanthemata</i> | Braunstim-Weißspanner | x | x | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7916 | <i>Siona lineata</i> | Hartheuspanner | x | x | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | | | | | | | Σ Arten: | 48 | 22 | 6 | 20 | 12 | 25 | 28 | |
| | | | | | | | RL 1,2,3,4: | 10 | 3 | 1 | 5 | 3 | 2 | 5 | 1 |
| | | | | | | | Individuen: | 896 | 418 | 12 | 98 | 37 | 57 | 140 | 128 |

RL = Rote Liste, BW = Baden-Württemberg, D= Deutschland

RL 1: vom Aussterben bedroht, RL 2: stark gefährdet, RL 3: gefährdet,

V: Vorwarnart, U: ungeklärt, †: besondere Schutzverantwortung BW

RL = Rote Liste, BW = Baden-Württemberg, D = Deutschland

RL 1: vom Aussterben bedroht, RL 2: stark gefährdet, RL 3: gefährdet,

V: Vorwarnart, U: ungeklärt, !: besondere Schutzverantwortung BW

8. Fazit und Anregungen für das Pflegemanagement

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Photovoltaik-Anlagen unter Beachtung einiger Rahmenbedingungen eine Funktion als Lebensraum für an Magergrünland gebundene, schutzwürdige Schmetterlingsarten übernehmen können.

Nach den bei den Projektstudien gemachten Beobachtungen trifft dies mit hoher Wahrscheinlichkeit für die nachfolgend genannten Bedingungen zu:

- Herstellung magerwiesenähnlicher Pflanzenbestände durch extensive Nutzung/Pflege (Mahd einmal bis 2mal jährlich) und Ausmagerung durch Biomasse-Entzug (Abräumen des Mähguts).
- Verwendung von Ansaatmischungen, welche wichtige Raupennahrungs- und Blütenpflanzen enthalten. Außer Gräsern sind dies: Hornklee (*Lotus corniculatus*), Esparsette (*Onobrychis viciaefolia*), Acker-Witwenblume (*Knautia arvensis*) und Wiesenflockenblume (*Centaurea jacea*). Je nach Ausgangszustand und benachbarter Wiesenvegetation können diese Pflanzen bereits vorhanden sein oder sich (allerdings nur langsam) auch von selbst einstellen.
- Einplanung genügend großer Rand- und Begleitflächen außerhalb der Module, auf denen sich voll besonnte magergrünlandähnliche Vegetationsbestände entwickeln können, deren Pflege den Bedürfnissen der wertgebenden Arten angepasst werden kann. Dies beinhaltet auch, (Rand)-Bereiche dieser Flächen als temporäre Brachen einzurichten, die nur sporadisch in mehrjährigen Abständen gemäht werden.
- Im Falle einer Verwendung von senkrecht stehenden Modulen sollten diese in Nord-Süd-Richtung angeordnet werden, so wie in der PV-Anlage Donaueschingen-Aasen der Fall. Die Vegetation unterhalb oder zwischen den Photovoltaik-Platten kann nur dann als Lebensraum für Schmetterlinge fungieren, wenn ausreichende Sonneneinstrahlung gewährleistet ist. Je dichter die Module stehen, desto weniger ist dies der Fall. Auch hier sollten nach Möglichkeit temporär rotierende Altgrasstreifen an den Modulreihen geduldet werden.

Im Vergleich mit den Referenzflächen schneiden die PV-Anlagen fast durchweg besser ab. Dies belegt weniger den Wert der Anlagen als Schmetterlingshabitate, sondern vielmehr die Untauglichkeit mäßig intensiv und intensiv genutzter Grünlandflächen als Lebensräume für Schmetterlingspopulationen. Insofern können PV-Anlagen bei artenschutzgerechter Planung durchaus eine Funktion als Refugien zumindest für „gängige“, d.h. einstmals weit verbreitete und häufige Wiesenschmetterlinge übernehmen.

So zumindest sieht es der mit den Faltererhebungen betraute Fachmann, Herr Stefan Hafner aus Löffingen, dem an dieser Stelle für seine Unterstützung und fachliche Begleitung des Projektes und für die gute und freundliche Zusammenarbeit zu danken ist.

