Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum
für Nachwachsende Rohstoffe

85

Berichte aus dem TFZ

Konzeption von Agri-Photovoltaik-Anlagen

Projektpartner:

LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

LEW Lechwerke

Konzeption von Agri-Photovoltaik-Anlagen

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum
für Nachwachsende Rohstoffe

Konzeption von Agri-Photovoltaik-Anlagen

Malte Stöppler
Michael Grieb
Dr. Maendy Fritz
Johannes Burmeister
Daniel Eisel
Gawan Heintze

LfL
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

LEW
Lechwerke

Berichte aus dem TFZ 85

Straubing, März 2024

Titel: Konzeption von Agri-Photovoltaik-Anlagen

Autoren: Malte Stöppler
Michael Grieb
Dr. Maendy Fritz
Johannes Burmeister (LfL-IAB)
Daniel Eisel
Gawan Heintze

Projektleitung: Dr. Maendy Fritz

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unter dem Förderkennzeichen G2/N/21/09 gefördert. Die Projektlaufzeit ging vom 01.05.2022 bis zum 30.04.2023. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

© 2024
Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing

Alle Rechte vorbehalten.
Kein Teil dieses Werks darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Für den Inhalt der Kapitel 5 und 6 erheben die Autoren keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Autoren übernehmen für den Inhalt keine Haftung. Planung und Genehmigung von Agri-Photovoltaik-Anlagen können von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sein. An gegebenen Stellen wird daher empfohlen, technische, betriebswirtschaftliche oder rechtliche Unterstützung in Anspruch zu nehmen.

Unter Verwendung mineralölfreier Druckfarben (Mineralölanteil < 1 %) gedruckt auf chlorfreiem Papier aus nachhaltiger, zertifizierter Waldbewirtschaftung.

ISSN: 1614-1008
Hrsg.: Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)
Schulgasse 18, 94315 Straubing
E-Mail: poststelle@tfz.bayern.de
Internet: www.tfz.bayern.de

Redaktion: Malte Stöppler, Anna Grundner
Gestaltung: Malte Stöppler
Verlag: Eigenverlag
Erscheinungsort: Straubing
Fotos: Bayerische Staatsgüter (Abbildung 12)
Bayerische Vermessungsverwaltung (Abbildung 5 links, Abbildung 14 rechts)
Dr. Christof Manhart (Abbildung 40, Abbildung 41, Abbildung 42, Abbildung 43, Abbildung 44)
Hofgemeinschaft Heggelbach (Abbildung 2)
Josef Hiemer (Abbildung 31)
Lechwerke AG (Abbildung 14 links)
LfL-IAB, Johannes Burmeister (Abbildung 6, Abbildung 7, Abbildung 8, Abbildung 9, Abbildung 10, Abbildung 15, Abbildung 16, Abbildung 17, Abbildung 18, Abbildung 19, Abbildung 20, Abbildung 21, Abbildung 22)
Öko Haus Rebitzer (Abbildung 4, Abbildung 36, Abbildung 39 rechts)
Restliche: TFZ

Abstract (deutsch)

Beim Ausbau der erneuerbaren Energien kommt der Photovoltaik eine entscheidende Rolle zu. In Form von PV-Freiflächenanlagen (PV-FFA) bergen diese jedoch das Risiko der Flächenkonkurrenz zur landwirtschaftlichen Produktion. Hier kann die Agri-Photovoltaik (Agri-PV) Abhilfe schaffen: Durch sie erfolgt eine Doppelnutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Produktion von landwirtschaftlichen Erzeugnissen auf der einen und Stromproduktion durch PV auf der anderen Seite. Zu Agri-PV wird seit einigen Jahren geforscht und auch die Anzahl an Agri-PV-Anlagen im In- und Ausland steigt. Nichtsdestotrotz sind wichtige Fragen nicht abschließend geklärt. Nach wie vor können keine eindeutigen Empfehlungen ausgesprochen werden, welche landwirtschaftlichen Kulturen sich am besten für die zumindest teilweise Beschattung durch Agri-PV eignen oder wie sich Mikroklima und Biodiversität auf diesen Flächen verändern. Auch die Wechselwirkungen zwischen Landbewirtschaftung und Stromproduktion, wie Verschmutzung der Module oder erhöhter Bewirtschaftungsaufwand, sind noch unklar. Ferner ist es wichtig herauszufinden, wie die Einstellung der Bevölkerung zu Agri-PV ist und wie die Akzeptanz gesteigert werden kann, bestenfalls bevor eine spürbare Präsenz in der Fläche aufgebaut wird. Gleichzeitig ist es relevant, die komplizierten Planungs- und Genehmigungsprozesse zu beleuchten und für Landwirte, Kommunen und Interessierte verständlich aufzuarbeiten. Durch den Bau und die wissenschaftliche Begleitung des Betriebs einer Demonstrations- sowie einer Pilot-Agri-PV-Anlage in Grub und Dietratried sollen umfassende Daten und Erfahrungen generiert werden, um diese Fragen zu beantworten.

Im Projektverlauf wurden die Planungs- und Genehmigungsprozesse der beiden in Entstehung befindlichen Agri-PV-Anlagen über ein Jahr begleitet. Entsprechend diesen Ablaufschritten und aus weiterführenden Informationen wurden ein Leitfaden sowie ein Erklärvideo angefertigt, die diese komplexen Vorgänge in leicht verständlicher und ansprechender grafischer Umsetzung darstellen. Es wurde erörtert, welche Sensorik für die mikroklimatischen Untersuchungen benötigt wird, und ein Teil davon bereits beschafft. Die restliche Messtechnik wird im Rahmen des Folgeprojekts ergänzt. Eine erste faunistische Untersuchung zum Status quo der Projektfläche in Grub ist erfolgt. Die Bürgerinnen und Bürger, die in der Nähe der beiden entstehenden Agri-PV-Anlagen wohnen, wurden in einer Online-Akzeptanzumfrage zum Thema Agri-PV befragt. Grundsätzlich war die Einstellung der Teilnehmenden positiv. Im Vergleich zur normalen PV-FFA schnitt die Agri-PV hinsichtlich des Landschaftsbilds, des Erhalts der landwirtschaftlichen Flächen und der Biodiversität bei den Befragten besser ab. Grundsätzlich könnten eine finanzielle Beteiligung oder persönliche Vorteile, wie der Bezug des erzeugten Stroms, dazu beitragen, die Akzeptanz für geplante Agri-PV-Anlagen noch zu verbessern. Insgesamt bilden die Ergebnisse und Vorbereitungen, die aus diesem Projekt hervorgehen, eine sehr gute Basis für das Folgeprojekt und die bevorstehenden Forschungsaktivitäten zu Agri-PV.

Abstract (englisch)

Photovoltaics (PV) play a decisive role in the expansion of renewable energies. However, in the form of ground-mounted PV systems, these involve the risk of land competition with agricultural production. Agrivoltaics can provide a solution to this problem: It allows the dual use of agricultural land for the production of agricultural products on the one hand and electricity production through PV on the other. Research in the field of agrivoltaics has been going on for several years and the number of agrivoltaics plants in Germany and abroad is increasing. Nevertheless, important questions have not been conclusively clarified. It is still not possible to make clear recommendations as to which agricultural crops are best suited for at least partial shading by agrivoltaics or how microclimate and biodiversity change on these areas. The interactions between land management and electricity production, such as pollution of the modules or increased processing effort of agricultural land costs, are also still unclear. Furthermore, it is important to find out what the attitude of the population is towards agrivoltaics and how acceptance can be increased, at best before a noticeable presence is established in the area. At the same time, it is relevant to shed light on the complicated planning and approval processes and to make them comprehensible for farmers, municipalities and interested parties. Through the construction and scientific monitoring of the operation of a demonstration and a pilot agrivoltaics plant in Grub and Dietratried comprehensive data and experience are to be generated in order to answer these questions.

In the course of the project, the planning and approval processes of the two agricultural PV plants under development were accompanied for over a year. According to these steps and based on further information, a guideline and an explanatory video were produced, which present these complex processes in an easily understandable and appealing graphic form. It was discussed which sensor technology is needed for the microclimatic investigations and a part of it was already procured. The remaining measuring equipment will be added in the course of the follow-up project. A first faunistic study on the status quo of the project area in Grub has been carried out. The citizens living in the vicinity of the two emerging agrivoltaics plants were asked about the topic of agrivoltaics in an online acceptance survey. In general, the attitude of the participants was positive. Compared to normal ground-mounted PV, agrivoltaics scored better with the respondents in terms of landscape, preservation of agricultural land and biodiversity. In principle, financial participation or personal benefits, such as the purchase of the generated electricity, could contribute to increasing the acceptance of planned agrivoltaics systems. Overall, the results and preparations resulting from this project form a very good basis for the follow-up project and the upcoming research activities directly on the agrivoltaics plants.

Inhaltsverzeichnis

Abstract (deutsch) ... 5

Abstract (englisch) ... 6

Abbildungsverzeichnis ... 11

Tabellenverzeichnis ... 15

1 Einleitung ... 17

2 Hintergrund ... 19

2.1 Hoch aufgeständert ... 20

2.2 Bodennah ... 21

2.3 Nachgeführt ... 22

3 Problemstellung und Zielsetzung ... 25

4 Methodik ... 27

4.1 Wissenschaftliche Begleitung der Agri-PV-Anlagen in Grub und Dietratried und Erstellung des Leitfadens und Erklärvideos ... 27

4.2 Biodiversitätsuntersuchungen ... 27

4.2.1 Lage der Standorte ... 27
4.2.2 Verwendete Erfassungsmethoden ... 28
4.2.3 Untersuchungszeiträume ... 29
4.2.4 Witterung ... 30
4.2.5 Sortierung, Art- und Biomassebestimmung, Metabarcoding, Auswertungsmethoden ... 31

4.3 Mikroklimatische Untersuchung ... 32

4.4 Umfrage zur Akzeptanz ... 33

5 Planung einer Agri-PV-Anlage ... 35

5.1 Involvierte Personen/Ämter/Unternehmen ... 35

5.2 Eigentumsverhältnisse der Projektfläche ... 35

5.2.1 Geschäftsmodell 1 ... 36
5.2.2 Geschäftsmodell 2 ... 36
5.2.3 Geschäftsmodell 3 ... 36
5.2.4 Geschäftsmodelle 4 und 5 ... 37

5.3 Auswahl der Fläche ... 37

5.4 Auswahl des Anlagensystems ... 38

5.5 Netzanschluss ... 39

5.6 Richtline DIN SPEC 91434:2021-05 ... 40

5.7 Vermarktung des Stroms ... 41
5.7.1 Finanzielle Förderung nach dem EEG ... 41
5.7.2 Stromliefervertrag (Power Purchase Agreement) ... 44
5.8 Förderfähigkeit im Rahmen der Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAPDZV) ... 45
5.9 Steuerrechtliche Aspekte ... 45
5.10 Versicherung der Anlage ... 46

6 Genehmigung einer Agri-PV-Anlage ... 49
6.1 Involvierte Personen/Ämter/Einrichtungen ... 49
6.2 Grundlegende Informationen zum öffentlichen Baurecht ... 49
6.3 Außenbereichsprivilegierung ... 50
6.3.1 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BauGB [21] – Dienen eines landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betriebs ... 51
6.3.2 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 3 BauGB [21] – Versorgung eines ortsgebundenen Betriebs ... 52
6.3.3 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB [21] – Forschungsanlage ... 52
6.3.4 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB [21] – Anlage neben Autobahnen oder zweigleisigen Schienenwegen ... 52
6.3.5 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 9 BauGB [21] – Hofnahe Agri-PV-Anlagen ... 53
6.4 Bauleitplanverfahren ... 54
6.5 Vorzulegende Gutachten ... 56
6.6 Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ... 58

7 Ergebnisse und Diskussion ... 59
7.1 Wissenschaftliche Begleitung der Agri-PV-Anlage in Grub ... 59
7.2 Begleitung der Agri-PV-Anlage in Dietratried ... 61
7.3 Biodiversität ... 63
7.3.1 Insektenbiomasse ... 63
7.3.2 Metabarcoding Artenzusammensetzung ... 65
7.3.3 Sortierung Bodenfallen ... 68
7.3.4 Laufkäfer ... 70
7.3.5 Spinnen ... 72
7.3.6 Diskussion der Ergebnisse und Zusammenfassung ... 74
7.4 Mikroklimatische Untersuchungen ... 75
7.5 Umfrage zur Akzeptanz ... 76
7.5.1 Beschreibung der Stichprobe ... 76
7.5.2 Einstellung zu Erneuerbaren Energien ... 78
7.5.3 Einstellung zu Agri-PV ... 79
7.5.4 Wissen über kommunale Entscheidungsprozesse ... 82
7.5.5 Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger ... 82
7.5.6 Diskussion der Umfrageergebnisse ... 87
7.6 Wissenstransfer ... 88
7.7 Erklärvideo und Leitfaden ... 89

8 Fazit und Ausblick 91

Quellenverzeichnis 93

Anhang 97

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Hopfen in Au in der Hallertau 20

Abbildung 2: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage der Hofgemeinschaft Heggelbach 21

Abbildung 3: Vertikale Agri-PV-Anlage auf extensivem Dauergrünland in Donaueschingen 22

Abbildung 4: Nachgeführte Agri-PV-Anlage in Althegnenberg 22

Abbildung 5: Fallenstandorte auf dem Versuchsfeld der zukünftigen Agri-Photovoltaik-Anlage mit den drei verschiedenen Typen 28

Abbildung 6: Fallen zur Erfassung der Arthropodenfauna auf der Versuchsfläche (links Malaisefalle, rechts Bodenfalle, August 2022).....29

Abbildung 7: Kleegras 25.08.2020, erster Schnitt 11.05.2020; Fangperiode (L): L1 23.05. bis 30.05.2022 und L2 30.05. bis 07.06.2022.....29

Abbildung 8: Kleegras ab 21.06.2022 umgebrochen (3 × Grubbern: 21.06., 06.07. und 14.07.); Fangperioden (L): L1 25.07. bis 01.08.2022 und L2 01.08. bis 08.08.2022 30

Abbildung 9: Einsaat von Saatgutmischung aus Weidelgras und Winterroggen am 07.10.2022; Fangperioden (L): L1 04.10. bis 11.10.2022 und L2 11.10. bis 18.10.2022.....30

Abbildung 10: Witterungsverlauf in den drei Untersuchungszeiträumen 2022 an der LfL-Wetterstation in Grub. Schwarze Linie: Lufttemperatur (2 m Höhe), rote Linie: Bodentemperatur (5 cm Tiefe), blaue Balken: stündliche Niederschläge 32

Abbildung 11: Beispiel für einen Maschendrahtzaun mit Übersteigschutz 47

Abbildung 12: Links: Drohnenaufnahme der Projektfläche in Grub (rechts: Fläche für die Agri-PV-Anlage, links: Referenzfläche), rechts: aktueller Planungsstand der Agri-PV-Anlage 59

Abbildung 13: Spatenstich der Agri-PV-Anlage auf den Flächen der Bayerischen Staatsgüter in Grub 61

Abbildung 14: Links: Drohnenaufnahme der Projektfläche in Dietratried, rechts: aktueller Planungsstand der vertikalen Agri-PV-Anlage.....62

Abbildung 15: Mit Malaisefallen im Jahr 2022 erfasste Insekten-Biomasse (Trockengewicht in g); links nach Standort, rechts nach Leerungsperiode 64

Abbildung 16: Mit Malaisefallen im Jahr 2022 erfasste Insekten-Biomasse (Trockengewicht in g) im Jahresverlauf.....65

Abbildung 17: Mit Metabarcoding im Jahr 2022 erfasste Artenvielfalt von Gliederfüßern; links nach Standort, rechts nach Leerungsperiode.....66

Abbildung 18: Ordination (Detrended Correspondence Analysis) der Arthropoden-Artengemeinschaft aus Metabarcoding; links mit Abundanz (relativer Anteil Sequenzen), rechts nur Präsenz/Absenz 67

Abbildung 19: Mit Bodenfallen im Jahr 2022 erfasste epigäische Gliederfüßer; links nach Standort, rechts nach Leerungsperiode 69

Abbildung 20: Ordination (Detrended Correspondence Analysis) der Laufkäfer-Artengemeinschaft, links mit Abundanz, rechts nur Präsenz/Absenz 70

Abbildung 21: Mit Bodenfallen im Jahr 2022 erfasste Spinnen nach Fallenstandort; links: Aktivitätsdichte (Anzahl gefangener Individuen); rechts: Anzahl nachgewiesener Arten 72

Abbildung 22: Ordination (Detrended Correspondence Analysis) der Spinnen-Artengemeinschaft, links mit Abundanz, rechts nur Präsenz/Absenz 73

Abbildung 23: Aussagen über die Einschränkung des Landschaftsbilds durch verschiedene Formen erneuerbarer Energien 79

Abbildung 24: Aussagen über Agri-PV 80

Abbildung 25: Aussagen über den Vergleich von Agri-PV-Anlagen und PV-Freiflächenanlagen 81

Abbildung 26: Aussagen über die Beeinflussung des Landschaftsbilds durch Agri-PV im Vergleich zu PV-FFA 82

Abbildung 27: Aussagen über die Beteiligung an der Planung von Agri-PV-Anlagen ... 83

Abbildung 28:Aussage über Informationsangebote zu Agri-PV-Anlagen für Bürgerinnen und Bürger 84

Abbildung 29: Aussagen über persönliche Vorteile durch und eine finanzielle Beteiligungsoption an Agri-PV-Anlagen 85

Abbildung 30: Erwünschte Informationen im Fall der Errichtung einer weiteren Agri-PV-Anlage 86

Abbildung 31: TFZ-Projektmitarbeiter Malte Stöppler (links) mit den Projektpartnern der LEW AG Walter Albrecht und Sigrid Del Rio 88

Abbildung 32: Vertikale Agri-PV-Anlage auf extensivem Dauergrünland 98

Abbildung 33: Vertikale Agri-PV-Anlage auf extensivem Dauergrünland 99

Abbildung 34: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Äpfeln in Kressbronn 99

Abbildung 35: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Äpfeln in Kressbronn 100

Abbildung 36: Nachgeführte Agri-PV-Anlage in Althegnenberg 100

Abbildung 37: Vergleich zwischen PV-FFA (links) und vertikaler Agri-PV-Anlage (rechts) 107

Abbildung 38: Vergleich zwischen PV-FFA (links) und hoch aufgeständerter Agri-PV-Anlage (rechts) 108

Abbildung 39: Vergleich zwischen PV-FFA (links) und nachgeführter Agri-PV-Anlage 109

Abbildung 40: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ.....127
Abbildung 41: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ.....127
Abbildung 42: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ.....128
Abbildung 43: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ.....128
Abbildung 44: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ.....128

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geschäftsmodelle bei Agri-PV, verändert nach [26] 36

Tabelle 2: Vergütung nach § 48 Abs. 2 EEG 2023 [22] für Anlagen, die ab dem 1. Januar 2023 in Betrieb genommen werden 42

Tabelle 3: Verschiedene Privilegierungstatbestände in Abhängigkeit der Anwendbarkeit in der Praxis 53

Tabelle 4: Bauleitplanverfahren im Regelverfahren nach dem Baugesetzbuch, verändert nach [3] [30] 55

Tabelle 5: Für die Ordinationsachsen der Metabarcoding-Daten nachgewiesene Zusammenhänge mit dem Standort und dem Zeitraum (ANOVA, Signifikanzniveau = 0,05; ~ = signifikante Unterschiede; Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppenebenen) (Quelle: Johannes Burmeister) 67

Tabelle 6: Für die Ordinationsachsen der Laufkäferartengemeinschaften nachgewiesene Zusammenhänge mit dem Standort und dem Zeitraum, (ANOVA, Signifikanzniveau = 0,05, ~ = signifikante Unterschiede; Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppenebenen) (Quelle: Johannes Burmeister) 71

Tabelle 7: Für die Ordinationsachsen der Spinnengemeinschaften nachgewiesene Zusammenhänge mit dem Standort und dem Zeitraum (ANOVA, Signifikanzniveau = 0,05, ~ = signifikante Unterschiede; Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppenebenen) (Quelle: Johannes Burmeister) 74

Tabelle 8: Liste der für die mikroklimatische Untersuchung vom TFZ zu beschaffenden Komponenten (kursiv = bereits beschafft) 76

Tabelle 9: Beschreibung der Stichprobe (n = 352) anhand der soziodemographischen Merkmale 77

Tabelle 10: Liste der nachgewiesenen Spinnenarten (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung) 117

Tabelle 11: Weiterführung von Tabelle 10 (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung) 118

Tabelle 12: Liste der erfassten Spinnenarten mit Angaben zu ökologischem Typ und Anzahl der erfassten Individuen an den jeweiligen Probestandorten (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung) 121

Tabelle 13: Weiterführung von Tabelle 12 (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung) 122

1 Einleitung

Die Bundesregierung hat es sich zum Ziel gesetzt, den Anteil erneuerbarer Energien auch an der Stromproduktion künftig deutlich zu steigern, um so die Energiewende und eine möglichst große Unabhängigkeit von Energieimporten zu forcieren und den Ausstoß von Treibhausgasen zu senken. Im Wärme- und Mobilitätssektor ist zukünftig mit erhöhtem Strombedarf zu rechnen, daher sollen alle erneuerbaren Energiequellen möglichst ausgeschöpft werden, auch die Solarenergie mithilfe von Photovoltaik (PV). Insgesamt werden in Deutschland erneuerbare Energien mit einer Kapazität von 142 Gigawatt (GW) produziert, mit einer installierten Leistung von 66,5 GWp hat die PV daran einen Anteil von ca. 47 % [8]. Aus dem Strahlungsbericht des Deutschen Wetterdienstes 2022 geht hervor, dass die mittlere Jahressumme der Globalstrahlung in Deutschland seit Beginn der zuverlässigen Datenverfügbarkeit 1983 stetig zunimmt. 2022 war darüber hinaus das Jahr mit der höchsten mittleren Jahressumme der Globalstrahlung und den meisten Sonnenstunden. Die PV gewinnt daher zunehmend an Bedeutung [37].

Von der aktuellen Bundesregierung geplant ist ein weiterer Zubau von 140 GWp bis 2030 [8]. Neben PV-Aufdach-Anlagen bieten PV-Freiflächenanlagen (PV-FFA) eine Möglichkeit, gebündelt auf einer Fläche große Strommengen zu produzieren. Allerdings stehen PV-FFA in der Kritik, knappe landwirtschaftliche Flächen, insbesondere agrarisch hochwertige Standorte, zu verbrauchen. Damit erschweren PV-FFA das Ziel der Bundesregierung, den Flächenverbrauch weiter zu reduzieren.

Die Agri-Photovoltaik (Agri-PV) kann ein möglicher Lösungsansatz für die geschilderte Problematik sein. Dabei findet die gleichzeitige Nutzung der Flächen für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion und die PV-Stromproduktion statt. Es existieren verschiedene Anlagentypen der Agri-PV, die vor allem in Abhängigkeit der dazwischen oder darunter anzubauenden Kultur gewählt werden.

Als Gesamtes wird die Relevanz des Themas durch die Photovoltaik-Strategie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unterstrichen, wonach Agri-PV-Anlagen neben Biodiversitäts-PV-FFA als Teil intelligenter Konzepte und Innovationen zum Standard im PV-Ausbau werden sollen [8]. Auch die Bayerische Staatsministerin für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten erklärte, dass die Mehrfachnutzung bei der PV-FFA zur Pflicht werden müsse [32].

Auf den ersten Blick ist die Kombination eine einfache Lösung. Die Komplexität ergibt sich beispielsweise bei Fragen zur technischen Umsetzung, beim Antragsverfahren oder bei der Auswahl des für die angebauten Kulturen optimalen Anlagentyps.

2 Hintergrund

Mit dem verkündeten Ausstieg der Bundesrepublik Deutschland aus dem Atom- und Kohlestrom steigt die Notwendigkeit einer nachhaltigen und sicheren Erzeugung von Strom im eigenen Land. Die Potenziale für Wasserkraft sind für Bayern begrenzt und weitestgehend ausgeschöpft, ein weiterer Ausbau der Windkraft stockt. Solarstromproduktion auf Flächen, die weiterhin in landwirtschaftlicher Nutzung bleiben, sind daher in Form von Agri-Photovoltaik ein wichtiger Pfeiler für den Energiewandel hin zu mehr erneuerbarem Strom.

Beschrieben wurde dieses Konzept bereits 1981 von Goetzberger und Zastrow [29]. Sie gingen damals davon aus, dass die Kombination aus zwei Systemen, die für sich allein genommen wirtschaftlich beschrieben werden können, in Kombination mindestens ebenso wirtschaftlich sein müssten. Nach ihnen sollte die Kombination im Normalfall sogar noch höhere Gewinne ermöglichen bzw. durch Diversifizierung ökonomische Risiken abfedern. In ihrer Betrachtung gingen sie vereinfachend davon aus, dass bis auf die Kosten für die höhere Aufständerung keine Mehrkosten im Vergleich zur Einzelnutzung anfallen würden. In ihrem Artikel „Kartoffeln unter dem Kollektor“ beschrieben die Autoren somit bereits vor mehr als 40 Jahren diese Art der Agri-PV. Die Technologie setzte sich zu ihrer Zeit nicht durch und wurde erst im Jahr 2011 wieder vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) aufgegriffen.

Heute beschreibt Agri-PV die Nutzung einer landwirtschaftlichen Fläche für die Erzeugung landwirtschaftlicher Güter und die Nutzung solarer Strahlungsenergie zur Stromproduktion anhand von Photovoltaikmodulen. Durch diese Doppelnutzung ist es möglich, die Flächeneffizienz einer landwirtschaftlichen Fläche zu erhöhen und gleichzeitig zu verhindern, dass für die Stromproduktion landwirtschaftliche Fläche versiegelt oder dauerhaft der Nahrungs- oder Futtermittelproduktion entzogen wird. Es gibt unterschiedliche Ausgestaltungen der Agri-PV, die durch die Verwendung unterschiedlicher Aufständerungen und Modultypen charakterisiert sind.

Bei der Art der Aufständerung kann grundsätzlich zwischen hoch aufgeständerten und bodennahen Agri-PV-Systemen unterschieden werden. Genaue Anforderungen an die Ausgestaltung der beiden Systeme sind für Deutschland in der DIN SPEC 91434:2021-05 festgehalten [24]. Hoch aufgeständerte Systeme sind so konzipiert, dass zwischen dem Grund der landwirtschaftlichen Fläche und der Unterkante des niedrigsten Konstruktionselements eine lichte Höhe von 2,1 Meter liegt. Die Landwirtschaft findet in der Regel unter den Modulen statt. Bei bodennahen Agri-PV-Systemen kann die lichte Höhe nur maximal bis zu 2,1 Meter betragen. Die landwirtschaftliche Bewirtschaftung erfolgt hierbei in der Regel zwischen den Modulen.

Bei herkömmlichen PV-FFA werden sogenannte monokristalline Module verwendet. Auf der der Sonne zugewandten Seite befinden sich bei diesen Modulen die Solarzellen, die aus der Strahlung der Sonne Strom produzieren, und auf der Rückseite sind diese mit einer Folie versehen. Um bei der Agri-PV die Stromproduktion abhängig vom verwendeten System zu maximieren, können sogenannte bifaziale Module eingesetzt werden. Hierbei befinden sich auf beiden Seiten Solarzellen, sodass auch auf beiden Seiten Strom produ-

ziert werden kann. Für die Steigerung der Lichtdurchlässigkeit, was für die Pflanzenproduktion darunter vorteilhaft sein kann, können semitransparente Module verwendet werden. Hier befinden sind zwischen den einzelnen Solarzellen Glaseinsätze, wodurch mehr Sonnenlicht auf den Pflanzenbestand trifft.

2.1 Hoch aufgeständert

Erste Untersuchungen zeigen, dass sich hoch aufgeständerte Agri-PV-Systeme besonders für den Anbau schattentoleranter Sonderkulturen aus dem Wein-, Obst- und Gemüsebau eignen [26]. Die höheren Kosten, die durch den intensiveren Materialaufwand der Unterkonstruktion und der speziellen Module entstehen, können hier am besten durch die höhere Wertschöpfung der Kulturen ausgeglichen werden. Gleichzeitig ist der potenzielle Schutz vor negativen Umwelteinflüssen, wie Starkregen oder Hagel bei diesem System am höchsten zu bewerten, teilweise werden durch Agri-PV andere Schutzmaßnahmen wie z. B. Hagelschutznetze oder Schattierungen eingespart. Diese Synergieeffekte werden aktuell vor allem bei Äpfeln und Strauchbeeren erforscht.

Auch eine hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Hopfen wurde bereits gebaut und wird in den folgenden Jahren von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wissenschaftlich begleitet (Abbildung 1). Erste Daten oder gar belastbare Erkenntnisse aus diesen Vorhaben stehen noch aus.

Abbildung 1: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Hopfen in Au in der Hallertau

Die Kombination aus hoch aufgeständerten Agri-PV-Anlagen und Ackerbau hat bisher nur wenig Ergebnisse geliefert. Gleichwohl hat sich auf einer Versuchsanlage der Hofgemeinschaft Heggelbach gezeigt, dass diese Kombination in heißen und trockenen Jahren eine ertragsfördernde Wirkung bei Winterweizen oder Kartoffeln haben kann (Abbildung 2).

Diese Agri-PV-Anlage wird vom Fraunhofer ISE wissenschaftlich begleitet. In regenreichen Jahren wurden hier jedoch Ertragseinbußen von bis zu 20 Prozent gemessen. Es sind weitere Vorhaben notwendig, um herauszufinden wie andere relevante Kulturpflanzen unter hoch aufgeständerten Agri-PV-Anlagen reagieren und ob sich der höhere Investitionsaufwand lohnt. Eine Kombination aus hoch aufgeständerten Agri-PV-Anlagen und Grünland wurde bisher nicht untersucht.

Abbildung 2: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage der Hofgemeinschaft Heggelbach

2.2 Bodennah

Bodennahe Systeme werden bisher oft als vertikale Agri-PV-Anlagen umgesetzt. Dort sind meist zwei bifaziale Module übereinander angebracht. Sie werden wie ein Zaun in Streifen auf der Fläche angeordnet (Abbildung 3). Zwischen der Bodenoberfläche und dem untersten Modul liegen in der Regel 80 bis 100 cm, sodass die Gesamtkonstruktion eine Höhe von etwa 300 cm misst. Aktuell ist dieser Agri-PV-Anlagentyp derjenige mit den geringsten Investitionskosten und wird vor allem in der Grünlandbewirtschaftung eingesetzt. Durch die Konstruktion ist der Schutz vor (zu viel) Niederschlag geringer als bei hoch aufgeständerten Systemen. Welche Auswirkungen vertikale Agri-PV-Anlagen auf das Mikroklima im Bestand und den Ertrag bei verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen haben, ist bisher noch nicht ausreichend erforscht.

Abbildung 3: Vertikale Agri-PV-Anlage auf extensivem Dauergrünland in Donaueschingen

2.3 Nachgeführt

Bei nachgeführten Agri-PV-Anlagen befinden sich die Module auf einer beweglichen Achse und können somit der Sonne im Laufe des Tages folgen.

Abbildung 4: Nachgeführte Agri-PV-Anlage in Althegnenberg

Durch bewegliche Modultische bei nachgeführten Anlagen lässt sich das Lichtangebot für die Pflanzen in kritischen Wachstumsphasen erhöhen, was vor allem lichtbedürftigen Kulturpflanzen zugutekommen könnte (Abbildung 4).

Über eine Software lässt sich die Ausrichtung der Module individuell an die Bedürfnisse der landwirtschaftlichen Kulturen oder der Bearbeitung durch den Landwirt einstellen. Alternativ kann dies auch automatisch geschehen, sodass die Modultische über Wind- und Wettersensoren gesteuert werden. Auf diese Weise kann beispielsweise eingestellt werden, ob die Module bei (starkem) Niederschlag die landwirtschaftlichen Kulturen abschirmen. Nachgeführte Module können bei hoch aufgeständerten und bodennahen Agri-PV-Systemen eingesetzt werden.

3 Problemstellung und Zielsetzung

Die Forschungsaktivität zu Agri-PV in Deutschland hat seit 2011 stetig zugenommen und damit einhergehend auch die Anzahl an Agri-PV-Anlagen insgesamt. Bislang gab es in Deutschland mit der Agri-PV-Anlage der Hofgemeinschaft Heggelbach in wissenschaftlicher Kooperation mit dem Fraunhofer ISE jedoch nur ein einziges Projekt, bei dem Auswirkungen einer hoch aufgeständerten Agri-PV-Anlage auf die landwirtschaftlichen Erträge wissenschaftlich untersucht wurden [26]. Allerdings handelte es sich um vergleichsweise kleinparzelligen Anbau unter ökologischen Bedingungen. Zu Pflegemaßnahmen wie chemische Pflanzenschutzbehandlungen und deren Auswirkungen auf die Module (Verschmutzung) gibt es keine Erfahrungen. Für andere Anlagendesigns liegen bislang keine wissenschaftlichen Daten vor. Mittlerweile existieren auch in Bayern bereits einzelne Agri-PV-Anlagen, jedoch sind dort nicht verschiedene Anlagentypen nebeneinander aufgebaut. Um also in Zukunft wissenschaftlich fundiert beurteilen zu können, welche Auswirkungen die Errichtung welchen Agri-PV-Anlagentyps auf bestimmte Kulturen, das Mikroklima im Bestand und die Biodiversität auf den Flächen haben wird, sind umfassende Untersuchungen nötig. Hierbei muss vor allem eine breite Datengrundlage hinsichtlich der Frage erzeugt werden, wie sich Verschattung und gegebenenfalls weitere klimatische Veränderungen wie Temperaturen, Bodenfeuchte, Windgeschwindigkeit oder -richtung unter bzw. zwischen den Modulen oder eine veränderte räumliche Verteilung der Niederschläge auf verschiedene Kulturen auswirken. Hinsichtlich der Biodiversität existieren nur Erhebungen für PV-FFA. Allerdings ist es wichtig zu wissen, wie sich die Biodiversität auf den landwirtschaftlichen Flächen der Agri-PV-Anlagen und den bewirtschafteten Flächen um die Aufständerungen verändert. Auf Grundlage dieser Ergebnisse sollen Empfehlungen ausgesprochen werden, welche Konstellationen aus Standorten, Anlagendesigns und Kulturen sich eignen und wie eventuell auch die Klimaresilienz gesteigert werden kann.

Das Ziel des Projekts ist es daher, die komplexen und ineinander verwobenen Anlagen- und Fruchtfolgeplanungen sowie die Genehmigung und Errichtung mit allen rechtlichen Gegebenheiten zusammenzustellen. Dazu werden im Rahmen des Projekts auf Ackerflächen der Bayerischen Staatsgüter in Grub jeweils ein hoch aufgeständertes, nachgeführtes und vertikal aufgeständertes System mit insgesamt etwa 900 kW_p installiert. Außerdem bauen die Lechwerke AG eine rein vertikal aufgeständerte Anlage in Dietratried mit etwa 750 kW_p auf Grünland. Diese Demonstrations- bzw. Pilotanlagen bilden die Basis für mehrjährige Untersuchungen zu den Themen Bewirtschaftung und Ökonomie, Biodiversität, Mikroklima und Akzeptanz in der Bevölkerung.

Um den Effekt der Agri-PV auf die faunistische Diversität der Flächen unter Praxisbedingungen zu ermitteln, sollen mit verschiedenen Methoden Untersuchungen durchgeführt werden. Im Verlauf des Betriebs sollen neben dem Gesamteffekt des Systems zudem die ungenutzten Streifen unter der Aufständerung als neue Habitate und ihr Beitrag zur Diversität ermittelt werden. Dieser Ansatz der faunistischen Untersuchungen für erste Abschätzungen zum Einfluss von Agri-PV auf die Biodiversität ist neu.

Aufgrund der bisher noch geringen Datenbasis über die mikroklimatischen Veränderungen und Auswirkungen von Agri-PV-Anlagen auf den Pflanzenbestand werden Untersuchungen auf den Projektflächen sowie auf unbebauten Referenzflächen durchgeführt, um Veränderungen des Mikroklimas festzuhalten.

Mitentscheidend für die erfolgreiche Umsetzung neuartiger Projekte zu erneuerbaren Energien ist die Akzeptanz dieser Systeme. Bürgerinnen und Bürger der zwei Gemeinden, in denen die zwei Agri-PV-Anlagen entstehen werden, werden mit einer Umfrage mit dem Thema Agri-PV konfrontiert und informiert, sodass ein frühes Meinungsbild bereits in der laufenden Planungsphase festgehalten werden kann. Im Projektverlauf des inhaltlich verknüpften nachfolgenden Vorhabens „PilotAgriPV“ soll diese Umfrage wieder aufgegriffen und während des Betriebs der Anlage wiederholt werden, um eine zeitliche Entwicklung des Meinungsbilds darstellen zu können. So sollen Rückschlüsse gezogen werden, wie sich das System Agri-PV optimal kommunizieren, erklären und mit möglichst großer Unterstützung der Anwohner umsetzen lässt.

Außerdem soll aus den Erkenntnissen des Projekts zu den Planungs- und Genehmigungsprozessen von Agri-PV-Anlagen eine leicht verständliche und grafisch ansprechende Zusammenfassung in Form eines Leitfadens und Erklärvideos entstehen. Auf diese Weise wird das Beratungsangebot des TFZ um ein niederschwelliges Angebot für Landwirte, Kommunen und Interessierte ergänzt.

4 Methodik

4.1 Wissenschaftliche Begleitung der Agri-PV-Anlagen in Grub und Dietratried und Erstellung des Leitfadens und Erklärvideos

Es fanden ganzjährig vierwöchige Austauschrunden statt, bei denen sich alle Projektparteien ausgetauscht und über den neuesten Stand des Planungs- und Genehmigungsverfahrens der Agri-PV-Anlage in Grub informiert haben. Teilnehmer waren Vertreter aus dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), aus dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) sowie aus dem Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB). Darüber hinaus nahmen Vertreter der Bayerischen Staatsgüter (BaySG), des Architekturbüros hausfreunde Architekten GmbH, des Instituts für Agrarökologie und Biologischen Landbau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL-IAB), des Technologie- und Förderzentrums (TFZ), LandSchafftEnergie am TFZ (LSE) und des C.A.R.M.E.N. e. V. teil.

Die Agri-PV-Anlage in Dietratried betreffend gab es eine weitere vierwöchige Gesprächsrunde mit hierfür Verantwortlichen, dazu gehörten mit Sigrid del Rio und Walter Albrecht zwei Personen der Lechwerke AG und Sandra ten Bulte als Nachhaltigkeitsmanagerin des Landratsamts Unterallgäu.

Des Weiteren gab es im Projektzeitraum im Rahmen des Wissenstransfers diverse Vortragstermine, bei denen ein Austausch mit Personen aus Landwirtschaft, Projektierung und Kommunalverwaltung stattfand. Durch den intensiven Austausch mit den in die Planung und Genehmigung involvierten Personen konnten die wichtigsten Probleme und Hemmnisse identifiziert werden, die im Themenfeld Agri-PV aktuell bestehen. Neben den beschriebenen Gesprächsrunden wurde eine umfassende Literaturrecherche betrieben, um die notwendigen Informationen zusammenzutragen.

4.2 Biodiversitätsuntersuchungen

4.2.1 Lage der Standorte

Die Grundaufnahme der Fauna auf dem Versuchsfeld der zukünftigen Agri-Photovoltaik-Anlage in Grub wurde an den vier Punkten (Standorten) durchgeführt, an denen die drei verschiedenen Typen der Agri-PV-Anlage aufgebaut werden (Hochständer, LinearTracking, Vertikal). Die Fallen lagen in etwa im Zentrum der Photovoltaik-Anlage-Typen. Als Referenz (Kontrolle) diente der südliche Teil des Feldstücks. Der jetzige Standort für die Kontrolluntersuchungen wird Teil der LinearTracking-Anlage. Um einen Eindruck der Fauna von Strukturen innerhalb des Felds, wie sie möglicherweise in ähnlicher Form durch die PV-Anlagen entstehen, zu bekommen, wurden zudem Untersuchungen im Fußbereich eines Strommasts vorgenommen.

Abbildung 5: Fallenstandorte auf dem Versuchsfeld der zukünftigen Agri-Photovoltaik-Anlage mit den drei verschiedenen Typen

4.2.2 Verwendete Erfassungsmethoden

Für die Untersuchung der Insektenfauna kamen Malaisefallen (eine pro Standort) und Bodenfallen (vier je Standort) zum Einsatz (Abbildung 5). Die eingesetzte Malaisefalle entsprach dem Typ nach Prof. Barták. Diese zeltartigen Netze mit Fangbehälter sind eine gängige Methode zur Erfassung eines breiten Artenspektrums flugfähiger Insekten und kommen in zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen zum Einsatz (Abbildung 6). Bei der Fangflüssigkeit in der Kopfdose handelte es sich um eine Mischung aus 80%igem Ethanol und Ethylenglykol im Verhältnis 2 : 1. Der Zusatz von Ethylenglykol wurde verwendet, da dieses schwer flüchtig ist und somit auch bei hohen Temperaturen bzw. starker Sonneneinstrahlung kaum verdunstet. Die Ausrichtung der Fallen erfolgte mit der Kopfdose in Bewirtschaftungsrichtung, was der allgemein empfohlen Süd-Ausrichtung entsprach. Als Bodenfallen wurden zwei ineinandergesetzte Plastikbecher (Füllmenge: 200 ml, Durchmesser: 7 cm) mit der Bodenoberfläche bündig abschließend eingegraben. Um das Überlaufen nach starken Regenereignissen zu verhindern, hatte der äußere Becher ein Loch im Boden, der innere zwei Öffnungen nahe des oberen Rands, sodass Flüssigkeit vom inneren zum äußeren und so in den Boden ablaufen konnte. Ein Dach aus Plexiglas schützte weiter vor Regen. Als Fangflüssigkeit diente angesäuerte 5%ige Natriumbenzoatlösung versetzt mit einigen Tropfen Spülmittel als Detergens, mit der der innere Becher etwa zu zwei Dritteln gefüllt wurde.

Abbildung 6: Fallen zur Erfassung der Arthropodenfauna auf der Versuchsfläche (links Malaisefalle, rechts Bodenfalle, August 2022)

4.2.3 Untersuchungszeiträume

Die Untersuchungen fanden jeweils während drei zweiwöchiger Zeiträume im (späten) Frühjahr, (Hoch-)Sommer und Herbst statt. Die Leerung der Fallen erfolgte wöchentlich. So ergaben sich insgesamt jeweils sechs Proben je Standort und Fallentyp. In der Frühjahresperiode war die Fläche mit Kleegras bewachsen (Abbildung 7). Im Sommer wurde dieses umgebrochen (Abbildung 8). In der zweiten Hälfte der Herbstperiode wurde eine Winterroggen-Weidelgras-Mischung gesät (Abbildung 9). Der Bereich um die Fallen wurde hierbei ausgespart.

Abbildung 7: Kleegras 25.08.2020, erster Schnitt 11.05.2020; Fangperiode (L): L1 23.05. bis 30.05.2022 und L2 30.05. bis 07.06.2022

Abbildung 8: Kleegras ab 21.06.2022 umgebrochen (3 × Grubbern: 21.06., 06.07. und 14.07.); Fangperioden (L): L1 25.07. bis 01.08.2022 und L2 01.08. bis 08.08.2022

Abbildung 9: Einsaat von Saatgutmischung aus Weidelgras und Winterroggen am 07.10.2022; Fangperioden (L): L1 04.10. bis 11.10.2022 und L2 11.10. bis 18.10.2022

4.2.4 Witterung

Die Witterung während der Leerungsperioden zeigt Abbildung 10. Insbesondere die Frühjahrsperiode war eher feucht mit Gesamtniederschlägen von 108 mm und einer Mitteltemperatur von 15,1 °C (Min.: 2,9 °C, Max.: 22,5 °C). In der zweiten Hälfte kam es zu einem Starkregenereignis mit 20,5 mm Niederschlag pro Stunde. Die Sommerperiode war heiß mit zwei Gewittern (ein Starkregenereignis mit 20,1 mm Niederschlag pro Stunde). Die Mitteltemperatur lag bei 21,4 °C (Min.: 12,4 °C, Max.: 35,2 °C) und an vier Tagen kam es zu Temperaturen über 30 °C. Die mittlere Temperatur der Leerungsperiode im Oktober lag bei 12,8 °C (Min.: 3,0 °C, Max.: 25,3 °C), an vier Tagen stellten sich über 20 °C ein.

4.2.5 Sortierung, Art- und Biomassebestimmung, Metabarcoding, Auswertungsmethoden

Die in den Bodenfallen gefangenen Tiere wurden in 70%igem Ethanol konserviert, nach taxonomischen Gruppen sortiert und die Laufkäfer nach FREUDE ET AL. (2004) [27] bestimmt. Die Bestimmung der Spinnen wurde von Dr. Manhart übernommen (siehe Anhang 2). Die Malaisefallenproben wurden im Labor mit 80%igem Alkohol gespült (Entfernung von Glykolresten) und an die Firma AIM-Methods GmbH versandt. Dort wurden die Proben getrocknet und die Biomasse des Materials bestimmt. Hierfür wurden die Insekten zunächst durch das Sieben der Proben mit Flüssigkeit bei einer Maschenweite von 6 mm in eine Makro- und eine Mikro-Fraktion geteilt. Die DNA-Extraktion, das Metabarcoding und der Abgleich mit den Referenzdatenbanken erfolgte entsprechend den üblichen Standards des Labors. Die exakte Methodik ist beispielsweise in BURMEISTER ET AL. 2023 [14] nachzulesen. Dort, wo nicht bis zur Art bestimmte taxonomische Einheiten auftraten, wurde der Artenreichtum nach BURMEISTER & PANASSITI (2022) [13] berechnet.

Das Ordinationsverfahren wurde mit dem R-Paket *vegan* (Version 2.5.7 [36]) als *Detrended Correspondence Analysis* durchgeführt. Nur taxonomische Einheiten, die für den Gesamtdatensatz als Art zu zählen waren, wurden verwendet. Unterschiede für die einzelnen Ordinationsachsen wurden mit einem linearen Modell mit dem Standort und dem Leerungstermin als Prädiktoren getestet. Für die Daten aus dem Metabarcoding berücksichtigte eine Analyse die relative Menge der in der Probe amplifizierten Sequenzen (Abundanz), die andere lediglich Präsenz/Absenz-Daten. Die Indikatorartenanalyse wurde mit dem R-Paket *indicspecies* (Version 1.7.12 [17]) für Präsenz/Absenz-Daten einmal für den Standort und einmal für den Untersuchungszeitraum (Frühjahr, Sommer, Herbst) durchgeführt. Signifikante Arten wurden ohne Korrektur des Fehlers bei multiplem Testen dokumentiert. Zu berücksichtigen ist für die Methode der Ordination und der Indikatorartenanalyse, dass die Leerungszeiträume keine echten Wiederholungen für die Fallenstandorte darstellen können. Ein Fehlen entsprechender Unterschiede kann also auch schlicht durch große Differenzen zwischen den Perioden entstehen, im Gegenzug sind gefundene Unterschiede ein Hinweis, dass bestimmte Arten/Lebensgemeinschaften im gesamten Untersuchungszeitraum Präferenzen für eine bestimmte Position im Feld haben. Die Ergebnisse werden nach den ökologischen Ansprüchen der Arten eingeordnet.

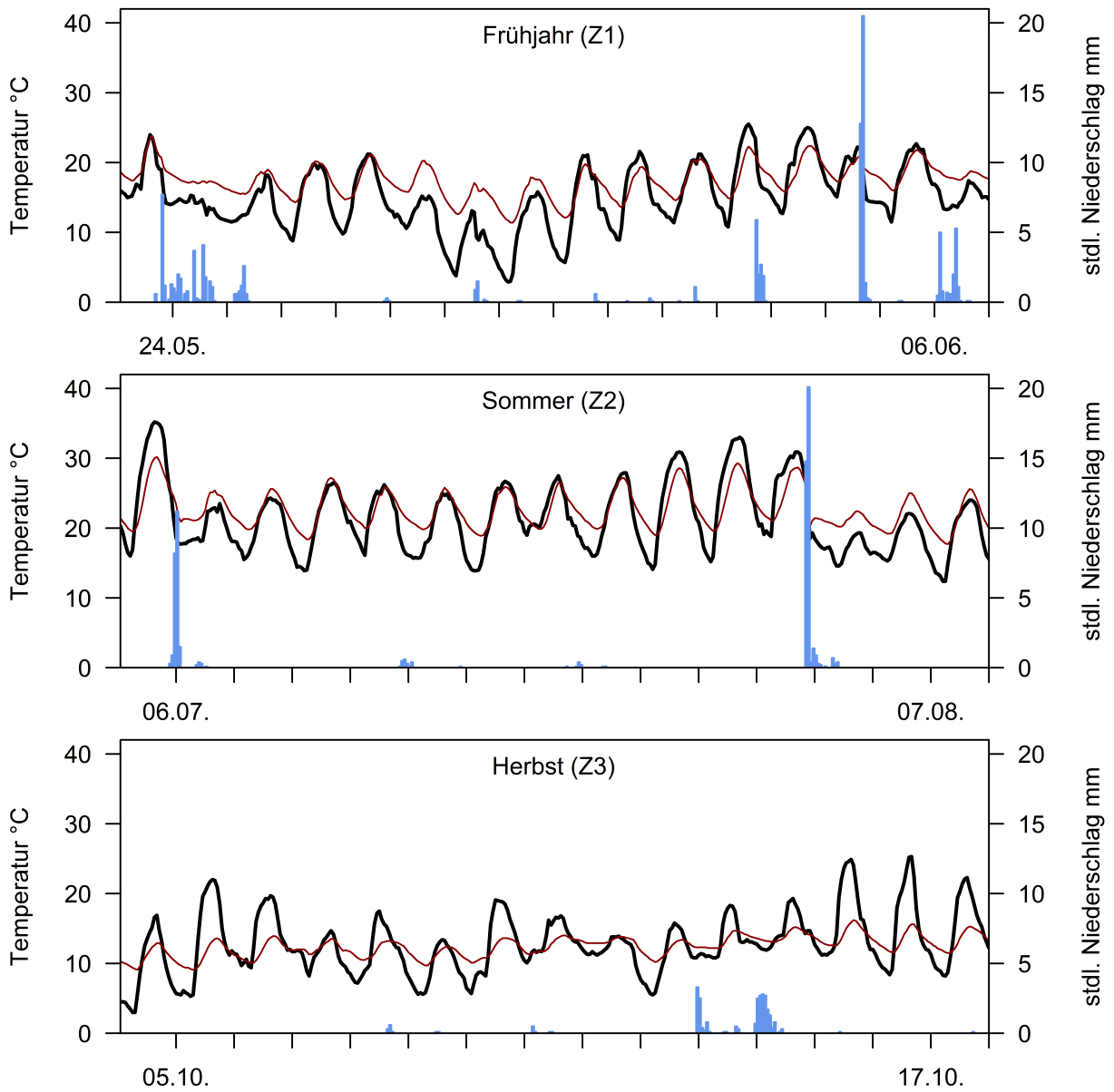

Abbildung 10: Witterungsverlauf in den drei Untersuchungszeiträumen 2022 an der LfL-Wetterstation in Grub. Schwarze Linie: Lufttemperatur (2 m Höhe), rote Linie: Bodentemperatur (5 cm Tiefe), blaue Balken: stündliche Niederschläge

4.3 Mikroklimatische Untersuchung

Um über die gesamte Laufzeit beider Projekte „KonzeptAgriPV“ und „PilotAgriPV“ hinweg Witterungsdaten zu erheben, wurden bereits in diesem ersten Kurzprojekt diverse Sensoren beschafft. Zu den notwendigen Parametern gehören die Temperaturen und Feuchtegehalte in der Luft, im Bestand und im Boden, die Windgeschwindigkeit sowie die Globalstrahlung auf der Fläche. Es gilt zu eruieren, ob sich das Agrarmeteorologische Messnetz, das durch die Agrarmeteorologische Abteilung der LfL betrieben wird, anbietet, die ermittelten Daten zu sammeln, zu speichern und zur Verfügung zu stellen.

4.4 Umfrage zur Akzeptanz

Für die Befragung zur Akzeptanz wurden Bürgerinnen und Bürger ausgewählt, die in unmittelbarer Nähe zu den entstehenden Agri-PV-Anlagen wohnen. Somit fiel die Auswahl auf Bürgerinnen und Bürger aus den Gemeinden Wolfertschwenden sowie Poing, Kirchheim und Pliening. Die Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde Wolfertschwenden wurden über zwei Kanäle über die stattfindende Umfrage informiert: Es wurde ein Anschreiben mit einem QR-Code, bei dem der Link zur Online-Umfrage hinterlegt war, über das Gemeindeblatt sowie die Gemeindeapp verbreitet. Um eine ähnliche Anzahl an Haushalten in den Gemeinden Poing, Kirchheim und Pliening um die Agri-PV-Anlage in Grub zu erreichen, wurden Haushalte in einem Radius von zwei Kilometern um den Anlagenstandort ausgewählt. Das gleiche Anschreiben wurde dann in gedruckter Version an 1.000 Haushalte verteilt. Die Befragung fand vom 19.01.2023 bis zum 05.03.2023 über den Anbieter LimeSurvey statt.

Der selbst entwickelte Fragebogen umfasste 52 Fragen, die auf acht Fragegruppen aufgeteilt waren. Hierbei handelte es sich um geschlossene Fragen, wobei sich bei zwei Fragen zusätzlich ein offenes Antwortfeld bot. Zu Beginn wurden den Befragten Bilder von verschiedenen Agri-PV-Anlagentypen vorgelegt, um als Einstieg zu informieren. Die tatsächliche Befragung begann mit Fragen zu soziodemografischen Merkmalen: Alter, Geschlecht und Postleitzahl. Letztere wurde später genutzt, um die Stichprobe der Teilnehmenden auf die zwei Agri-PV-Anlagen aufteilen zu können. Es folgten drei Fragen zum persönlichen Bezug zur Landwirtschaft. Anhand von 14 Items in fünf Frageabfolgen wurden danach Aussagen über die Einstellung zu erneuerbaren Energien abgefragt. Erst darauf folgten drei Frageabfolgen zur Einstellung zu Agri-PV. Anhand von Bildern sollten danach drei verschiedene Agri-PV-Anlagentypen mit einer PV-Freiflächenanlage verglichen und bewertet werden. Darauf folgten drei Fragen zum Wissen über kommunale Entscheidungsprozesse, bevor die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger in vier Frageabfolgen mit insgesamt zehn Items abgefragt wurde. Den Abschluss bildete ein offenes Antwortfeld, in dem die Befragten notieren konnten, was sie noch loswerden wollten.

Als Maßnahme der Datenbereinigung wurden diejenigen entfernt, die den Fragebogen nicht vollständig ausgefüllt hatten. Die statistische Auswertung der Untersuchung erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel.

5 Planung einer Agri-PV-Anlage

Im Folgenden werden alle relevanten Schritte der Planung einer Agri-PV-Anlage erläutert.

5.1 Involvierte Personen/Ämter/Unternehmen

Eventuell Landeigentümer, PV-Investor, PV-Betreiber, Projektierungsunternehmen für die Projektierung der Agri-PV-Anlage, Netzbetreiber, Elektroinstallateur, Zertifizierungsunternehmen für das Anlagenzertifikat, Direktvermarktungsunternehmen für den Stromverkauf, Bundesnetzagentur für EEG-Ausschreibung, ggf. Rechtsanwalt für Rücksprachen, Zertifizierungsunternehmen für Zertifizierung der Anlage nach DIN SPEC 91434, Versicherungsunternehmen, ggf. ein Unternehmen als Stromabnehmer

5.2 Eigentumsverhältnisse der Projektfläche

Durch die prioritäre Rolle der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung können Planung und Realisierung eines Agri-PV-Projekts komplexer sein als bei PV-FFA. Zunächst spielen die Eigentumsverhältnisse der Projektfläche eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich können Flächeneigentümer ihre Fläche entsprechend verpachten oder das Projekt eigenverantwortlich realisieren. Nach Fraunhofer ISE [26] ergeben sich verschiedene denkbare Geschäftsmodelle (Tabelle 1), bei denen es vier verschiedene Funktionen zu erfüllen gibt, die durch unterschiedliche Parteien besetzt werden können. Demnach werden die Funktionen in die landwirtschaftliche Bewirtschaftung, die Bereitstellung der Fläche, die Bereitstellung des PV-Systems und den Betrieb des PV-Systems aufgeteilt.

Tabelle 1: Geschäftsmodelle bei Agri-PV, verändert nach [26]

Geschäftsmodell	Funktion			
	Landwirtschaftliche Bewirtschaftung	Bereitstellung Fläche	Bereitstellung PV-System	Betrieb PV-System
(1) Basisfall	Landwirtschaftsbetrieb			
(2) Externes Landeigentum	Landwirtschaftsbetrieb	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	
(3) Externes PV-Investment	Landwirtschaftsbetrieb		PV-Investor	Landwirtschaftsbetrieb
(4) Nur Bewirtschaftung und Betrieb	Landwirtschaftsbetrieb	Landeigentümer	PV-Investor	Landwirtschaftsbetrieb
(5) Nur Bewirtschaftung	Landwirtschaftsbetrieb	Landeigentümer	PV-Investor	PV-Betreiber

5.2.1 Geschäftsmodell 1

Aus der Sicht eines Landwirtschaftsbetriebs ist das erste Modell das unkomplizierteste und bringt gewisse Vorteile mit sich. Da sämtliche Entscheidungen von nur einer Partei getroffen werden, können der Verhandlungsaufwand sowie die Komplexität der Abstimmungsprozesse gesenkt werden. Dies betrifft unter anderem Entscheidungen zur Anbauplanung, die freier gestaltet werden kann, um die Vorteile für die landwirtschaftlichen Kulturen zu nutzen. Darüber hinaus wird die Möglichkeit des Eigenverbrauchs des erzeugten Stroms durch dieses Modell erleichtert.

5.2.2 Geschäftsmodell 2

Ist der bewirtschaftende Betrieb nicht gleichzeitig der Eigentümer der Fläche, bietet sich ähnlich dem Vorgehen bei einem PV-FFA-Projekt ein Pachtmodell mit externem Landeigentum an. Sinnvoll ist es dabei, ähnlich lange Pachtverträge mit einer Dauer von 25 Jahren abzuschließen. Wenn die verbleibenden Funktionen durch den Landwirtschaftsbetrieb abgedeckt werden können, sind auch die Vorteile aus dem ersten Modell übertragbar.

5.2.3 Geschäftsmodell 3

Steigt die zu installierende Anlagenleistung, steigen auch die Investitionskosten. In Abhängigkeit von der finanziellen Ausstattung des Landwirtschaftsbetriebs kann es demnach sein, dass für eine größere PV-Anlage ein externes PV-Investment nötig ist. Hinsichtlich der Autonomität des Landwirtschaftsbetriebs kann es jedoch sein, dass es mit steigendem

Fremdkapital schwieriger wird, die beiden Produktionsebenen, bestehend aus landwirtschaftlicher Praxis und Stromerzeugung, zu koordinieren. Vorteilhaft wären jedoch die Skalierungsmöglichkeiten sowie die positiven Folgen der Arbeitsteilung.

5.2.4 Geschäftsmodelle 4 und 5

Grundsätzlich bietet die Agri-PV durch ihre Komplexität eine Vielzahl an Umsetzungsmöglichkeiten und Beteiligungsstrukturen. Je nach Ausstattung des Landwirtschaftsbetriebs muss dann im Einzelfall entschieden werden, welches Modell in der jeweiligen Situation die meisten Vorteile mit sich bringt und wie viele verschiedene Parteien einbezogen werden müssen.

Bei PV-FFA ist es zudem möglich, dass Projektierungsunternehmen der Bevölkerung der betroffenen Gemeinde die Möglichkeit anbieten, sich finanziell an der Umsetzung der Anlage zu beteiligen. Dieses Konzept der Bürgersolaranlagen kann vor allem bei größeren Vorhaben akzeptanzfördernd wirken [16]. Darüber hinaus sind auch genossenschaftliche Modelle möglich, bei denen mehrere Landwirte die einzelnen Funktionen übernehmen [26].

5.3 Auswahl der Fläche

Einer der ersten Schritte bei der Planung einer Agri-PV-Anlage ist außerdem die Flächenauswahl. Hier lauten die zentralen Fragen, welche landwirtschaftliche Fläche sich wegen ihrer räumlichen Bedingungen für die Doppelnutzung mit Agri-PV-Anlagen eignet und auf welchen Flächen Agri-PV-Anlagen nach Baurecht überhaupt errichtet werden dürfen.

Damit ein hohes Ertragspotenzial der PV-Anlagen ausgeschöpft werden kann, bieten sich Flächen mit einer hohen Globalstrahlung an. Sie gibt die gesamte Solarstrahlung an, die die Erdoberfläche erreicht und zeigt, wie viel elektrischer Strom (in kWh/m^2) durch PV erzeugt werden kann. Für Bayern können diese Werte im Energie-Atlas Bayern eingesehen werden [25]. Neben der Globalstrahlung ist die Ausrichtung der Fläche ein wesentlicher Faktor. Grundsätzlich erzeugen fest installierte PV-Anlagen mit einer Ausrichtung nach Süden aufgrund des Sonnenverlaufs die größten Strommengen je Hektar. Mit bifazialen Modulen, nachgeführten Systemen oder vertikal aufgeständerten Agri-PV-Anlagen lassen sich auch mit anderen Ausrichtungen vergleichbare oder höhere Strommengen erzielen. Um eine gegenseitige Verschattung der Module zu vermeiden, müssen bei einer Anlagenausrichtung in andere Himmelsrichtungen oder einer Hangneigung eventuell größere Abstände zwischen den Modultischen gewählt werden. Dies vermindert allerdings die Anlagenleistung auf der Fläche.

Grundsätzlich dürfen Agri-PV-Anlagen im Bereich eines Bebauungsplans nach § 30 BauGB [21] überall in Deutschland errichtet werden, wenn die Anlage den Festsetzungen des Bebauungsplans entspricht.

Sollen Fördergelder im Rahmen des EEG in Anspruch genommen werden, muss der Anlagenbetreiber die vom Gesetzgeber vorgesehene Flächenkulisse beachten. Nach dem EEG förderfähig sind Anlagen auf Ackerflächen mit einem gleichzeitigen Anbau von Nutzpflanzen. Dies beinhaltet neben dem Anbau einjähriger auch mehrjährige Kulturen und Dauerkulturen. Die Förderung von Anlagen auf Grünland, mit Ausnahme von Moorböden, ist bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung als Dauergrünland ebenfalls möglich. Die genannten Flächentypen dürfen jeweils nicht rechtsverbindlich als Naturschutzgebiet oder Nationalpark i. S. d. § 23 und 24 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) [18] festgesetzt worden sein. Die Flächen der Agri-PV auf Grünland dürfen darüber hinaus nicht in einem Natura-2000-Gebiet im Sinne des § 7 Abs 1 Nummer 8 BNatSchG (ebd.) liegen und kein Lebensraumtyp sein, der in Anhang I der Richtlinie 92/43/ EWG des Europäischen Rates aufgeführt ist. Die Nutzung eines Moorbodens im Rahmen der Agri-PV ist noch nicht endgültig geklärt. Nach aktuellem Stand kann ein Moorboden, der entwässert und landwirtschaftlich genutzt worden ist, als Standort für eine EEG-geförderte PV-Anlage dienen, sofern er dauerhaft wiedervernässt wird. Darüber hinaus kann die Bundesnetzagentur die zusätzliche landwirtschaftliche Nutzung der Flächen regeln. Somit steht die Nutzung als Agri-PV-Fläche für Paludikulturen im Ermessen der Bundesnetzagentur.

Auf privilegierten Flächen nach § 35 BauGB [21] ist es auch möglich, eine Agri-PV-Anlage außerhalb eines Gebiets mit einem qualifizierten Bebauungsplan zu errichten. Auf die verschiedenen Möglichkeiten der Privilegierung wird in Unterkapitel 6.3 näher eingegangen.

5.4 Auswahl des Anlagensystems

Welches Agri-PV-Anlagensystem sich für einen Betrieb eignet, hängt maßgeblich von der maschinellen Ausstattung des Betriebs und den angebauten landwirtschaftlichen Kulturen ab. Je nach Wahl eines hoch aufgeständerten oder bodennahen Agri-PV-Systems findet die Landwirtschaft unter oder zwischen den Modulen statt. Unabhängig vom Anlagensystem sollte darauf geachtet werden, die Abstände zwischen den Modulkonstruktionen so zu wählen, dass sie zur Breite und Höhe der im Betrieb verwendeten landwirtschaftlichen Maschinen passen. Beide Anlagensysteme haben das Potenzial, die Bewirtschaftung der Fläche zu erschweren. Um mögliche Schäden an der Unterkonstruktion, den Modulen oder den landwirtschaftlichen Maschinen zu vermeiden, können Pufferstreifen unter und neben den Unterkonstruktionen angelegt werden, die nicht landwirtschaftlich und z. B. als extensive Blühflächen genutzt werden können. In der Regel betragen diese mindestens eine Breite von einem halben Meter zu beiden Seiten. Außerdem bietet sich der Einsatz automatischer Spurführungssysteme an. Als Zusatzmaßnahme können darüber hinaus noch Rammschutze an den Unterkonstruktionen angebracht werden. Bei der Wahl der Abstandsbreite der Modulreihen und Pufferstreifen sollte jedoch der in der DIN SPEC 91434:2021-05 festgelegte maximale Verlust der landwirtschaftlichen Flächen von 15 % bei bodennahen und 10 % bei hoch aufgeständerten Systemen in der Planung berücksichtigt werden.

Durch Regen kann es an den Abtropfkanten bei Niederschlagereignissen zu Bodenerosion und Abschwemmen des Bodens kommen. Als Lösungsansätze bieten sich nachgeführte PV-Module oder Auffangsysteme an. Letztere bieten theoretisch die Möglichkeit, das gesammelte Wasser über ein Bewässerungssystem in der Landwirtschaft zu verwenden [26]. Forschungsergebnisse sowie praxistaugliche Systeme für Agri-PV-Anlagen stehen noch aus.

Je nachdem, ob die Photovoltaik mit Dauer- oder Sonderkulturen, Ackerbau oder Grünlandbewirtschaftung kombiniert werden soll, wird das die Auswahl beeinflussen. Insgesamt muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass der aktuelle Forschungsstand nicht ausreicht, um verbindliche Empfehlungen darüber auszusprechen, welche Kombination aus Anlagensystem und landwirtschaftlicher Kultur die besten Ergebnisse verspricht. Nichtsdestotrotz zeichnen sich anhand bisheriger Ergebnisse Kombinationsmöglichkeiten ab, die unter bestimmten Umständen positive Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen erzeugen können.

5.5 Netzanschluss

Der Netzanschluss ist notwendig, um den in der Agri-PV-Anlage erzeugten Strom in das öffentliche Netz einzuspeisen. Die Prozedur des Netzanschlusses von Agri-PV-Anlagen ist im EEG geregelt und unterscheidet sich nicht von der für konventionelle PV-FFA. Er besteht aus dem Netzanschlussbegehren (NAB), einer Netzverträglichkeitsprüfung (NVP) und der Bestimmung eines Netzverknüpfungspunkts.

Im Rahmen des NAB muss der Anlagenbetreiber dem Netzbetreiber alle benötigten Unterlagen unter anderem mit näheren Informationen zum Standort sowie Größe und Leistung der geplanten Anlage übermitteln [16]. Das NAB kann vom Anlagenbetreiber selbst oder vom Elektroinstallateur der Anlage gestellt werden. Der Netzbetreiber ist dann verpflichtet, „unverzüglich einen genauen Zeitplan für die Bearbeitung des Netzanschlussbegehrens [zu] übermitteln“ (§ 8 Abs. 5 EEG [22]). Liegen dem Netzbetreiber alle erforderlichen Daten vor, muss er eine Netzverträglichkeitsprüfung durchführen und dem Anschlussbegehrenden unverzüglich, spätestens aber innerhalb von acht Wochen das Ergebnis seiner Prüfung mitteilen (§ 8 Abs. 6 EEG).

Bei der Netzverträglichkeitsprüfung handelt es sich um eine netztechnische Prüfung, in der ermittelt wird, welcher Verknüpfungspunkt sich in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht am besten für den Anschluss der Anlage sowie die Aufnahme des erzeugten Stroms eignet [16]. In der Regel ist der Netzbetreiber in der Pflicht, „Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien […] unverzüglich vorrangig an der Stelle an ihr Netz anzuschließen, die im Hinblick auf die Spannungsebene geeignet ist und die in der Luftlinie kürzeste Entfernung zum Standort der Anlage aufweist […].“ (§ 8 Abs. 1 EEG [22]) Die Suche nach dem bestem NVP richtet sich demnach nach der benötigten Anschlussleistung und der räumlichen Nähe der Anlage zum nächstmöglichen Anschlusspunkt. Folglich spielt die Wirtschaftlichkeit der Netzverknüpfung eine wichtige Rolle, da der Anlagenbetreiber die entstehenden Kosten für den Netzanschluss übernehmen muss (vgl. § 16 EEG

[22]) und mögliche Kosten von etwa 100.000 € pro Kilometer Leitungsbau entstehen können [39]. Werden im gleichen Zug Kosten für einen notwendigen Ausbau des öffentlichen Stromnetzes fällig, so trägt diese der Netzbetreiber (vgl. §17 EEG [22]).

Um den erzeugten Strom nach Errichtung der Anlage in das öffentliche Stromnetz einspeisen zu dürfen, ist der Anlagenbetreiber gemäß der Verordnung zum Nachweis von elektrotechnischen Eigenschaften von Energieanlagen (kurz: NELEV) verpflichtet, die Anlage von einem Zertifizierungsunternehmen zertifizieren zu lassen [16]. Liegt dieses Zertifikat nicht vor, kann die Einspeisung verwehrt werden. Für Anlagen in einem Leistungsbereich von 135 kW_p bis 950 kW_p reicht nach NELEV das vereinfachte Anlagenzertifikat Typ B aus. Bei Anlagen oberhalb der 950-kW_p-Leistungsgrenze ist das Standard-Anlagenzertifikat Typ A notwendig. Da ein Anlagenzertifikat vor dem Netzanschluss beim Netzbetreiber einzureichen ist, wird empfohlen, es schon während der Planungsphase in Auftrag zu geben. Neben dem Anlagenzertifikat erhält der Betreiber eine Konformitätserklärung, die bescheinigt, dass die Elektroplanung der Anlage netzkonform ist und den bestehenden gesetzlichen Forderungen entspricht.

5.6 Richtline DIN SPEC 91434:2021-05

Die DIN SPEC 91434:2021-05 ist ein Dokument, das von einem Gremium von Vertretern aus Forschung und Wirtschaft erarbeitet wurde und Vorgaben an die landwirtschaftliche Hauptnutzung für die Agri-PV festlegt. Es richtet sich vor allem an die Landwirte, Unternehmen und zukünftig auch an die kommunale Verwaltung, die sich mit der Planung, Beschaffung und dem Bau von Agri-PV-Anlagen befassen. Überdies wurden Anforderungen an die Planung, den Betrieb und die Dokumentation definiert und ferner Messkennzahlen für das Prüfverfahren zur Qualitätssicherung festgelegt [24].

Die DIN SPEC 91434:2021-05 ist die zentrale Richtlinie, die in den vergangenen zwei Jahren in verschiedene Regelwerke im Bereich der Agri-PV als Referenzwerk eingeflossen ist. Dementsprechend wurde festgelegt, dass Agri-PV-Anlagen, die nach dem EEG finanziell gefördert werden sollen oder die Direktzahlungen nach der GAPDZV 2023 erhalten wollen, u. a. den Anforderungen der DIN SPEC 91434:2021-05 entsprechen müssen [6].

Die hauptsächliche landwirtschaftliche Bewirtschaftung der mit Agri-PV-Anlagen ausgestatteten Fläche muss danach gewährleistet werden. Dafür muss im Zuge der Planung der Anlage u. a. ein landwirtschaftliches Nutzungskonzept erarbeitet werden. Die definierten Anforderungen umfassen zum einen technische Angaben über die Agri-PV-Anlage sowie die Fläche, auf der diese entstehen soll. Zum anderen müssen die geplante Landnutzungsform und Pflanzenproduktion für mindestens drei Jahre angegeben werden. Entscheidende Faktoren stellen der durch die Agri-PV-Anlage entstehende Verlust der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche sowie die maximalen Ertragseinbußen dar. Bei hoch aufgeständerten Anlagen (Kategorie I) darf der Verlust der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche maximal 10 % betragen, bei bodennahen Systemen (Kategorie II) hingegen 15 %.

Unabhängig vom Agri-PV-System sind maximal tolerierbare Ertragseinbußen von 33 % definiert [24].

Nach aktuellem Stand der DIN SPEC 91434:2021-05 ist die Kombination aus Weidetierhaltung und Agri-PV nicht definiert. Solche Anlagen wären demnach auch nicht EEG-förderfähig. Eine eigene DIN SPEC 91492, die Anforderungen an die Weidetiernutzung bei Agri-PV-Anlagen formuliert, ist allerdings in der Entstehung und wird voraussichtlich Mitte 2024 veröffentlicht.

Entsprechend der DIN SPEC 91434:2021-05 soll das landwirtschaftliche Nutzungskonzept vom Landwirt und Errichter der Agri-PV-Anlage gemeinsam erstellt werden. Die Einhaltung der Angaben wird durch die Schlagkarteien sowie sonstige Kontrollen überprüft. Die DIN SPEC 91434:2021-05 formuliert zwar keine Prüfpflichten oder spezielle Überwachungsmaßnahmen, genehmigende Behörden oder Fördereinrichtungen können jedoch anderes fordern [34].

5.7 Vermarktung des Stroms

Bei der Vermarktung des Stroms bieten sich dem Betreiber generell zwei Möglichkeiten. Der erzeugte Strom kann entweder über das EEG oder einen Stromliefervertrag veräußert werden. Hierbei macht es keinen Unterschied, ob es sich um eine Agri-PV-Anlage oder eine PV-FFA handelt.

5.7.1 Finanzielle Förderung nach dem EEG

Um die Förderung des EEG zu erhalten, müssen bei Planung und Bau die rechtlichen Vorgaben beachtet werden. Für einen Zahlungsanspruch muss außerdem innerhalb eines Monats nach Inbetriebnahme der Anlage eine Anmeldung beim Marktstammdatenregister (MaStR) der Bundesnetzagentur vorgenommen werden. Das MaStR ist die zentrale Datenbank, auf der alle Akteure des Strom- und Gasmarkts sich und ihre Anlagen registrieren müssen.

Betreiber von Agri-PV-Anlagen, die durch das EEG gefördert werden, erhalten für einen Zeitraum von zwanzig Jahren einen festgelegten Betrag pro eingespeiste Kilowattstunde. Die Höhe des Betrags hängt von der Leistung der Anlage ab. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die Vergütung für Photovoltaik-Anlagen ab dem 1. Januar 2023. Agri-PV-Anlagen fallen hier unter „Sonstige Anlagen“. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, werden Anlagen mit einer installierten Leistung von unter einem Megawatt Peak mit einem garantierten Mindestbetrag (= anzulegender Wert) von 7,0 Cent/kWh vergütet. Anlagen mit einer höheren Leistung müssen an der Ausschreibung für Solaranlagen des ersten Segments der Bundesnetzagentur teilnehmen. Diese Ausschreibung findet drei Mal pro Jahr statt und ermittelt den anzulegenden Wert, der dann für den Förderungszeitraum pro Kilowattstunde ausgezahlt wird. Die Prozedur der Ausschreibung wird unten näher erläutert.

Tabelle 2: Vergütung nach § 48 Abs. 2 EEG 2023 [22] für Anlagen, die ab dem 1. Januar 2023 in Betrieb genommen werden

	Installierte Leistung	Anzulegender Wert im Marktprämienmodell
Gebäudeanlagen mit Volleinspeisung	≤ 10 kW_p	13,4 ct/kWh
	≤ 40 kW_p	11,3 ct/kWh
	≤100 kW_p	11,3 ct/kWh
	≤ 400 kW_p	9,4 ct/kWh
	≤1 MW_p	8,1 ct/kWh
Gebäudeanlagen mit Überschusseinspeisung	≤10 kW_p	8,6 ct/kWh
	≤ 40 kW_p	7,5 ct/kWh
	≤100 kW_p	6,2 ct/kWh
	≤ 1 MW_p	6,2 ct/kWh
Sonstige Anlagen	**–**	**7,0 ct/kWh (≤ 1 MW_p)**

Das Marktprämienmodell ist das Vergütungsmodell in der geförderten EEG-Direktvermarktung. Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW_p werden über das Marktprämienmodell vergütet. Ab dieser Anlagengröße gilt zunächst, dass der erzeugte Strom von einem Direktvermarktungsunternehmen an der Strombörse veräußert wird. Für die Direktvermarktung muss dann ein geeigneter Anbieter gefunden werden, der für diese Dienstleistung in der Regel einen Betrag zwischen 0,1 und 0,5 ct/kWh vom Anlagenbetreiber erhält. Demnach erhält der Anlagenbetreiber den vom Direktvermarktungsunternehmen an der Strombörse erzielten Börsenpreis, den sogenannten Marktwert. Sollte der Marktwert unter den im EEG definierten anzulegenden Wert oder unter den in der EEG-Ausschreibung bezuschlagten anzulegenden Wert fallen, so erhält der Anlagenbetreiber zusätzlich die Marktprämie. Diese berechnet sich bei Anlagen, die ab dem 01.01.2023 in Betrieb genommen wurden oder deren Zuschlag vor dem 01.01.2023 erteilt wurde, aus der Differenz zwischen dem anzulegenden Wert und dem tatsächlichen Jahresmittelwert des Marktwerts. Bei früheren Anlagen wird statt des tatsächlichen Jahresmittelwerts der tatsächliche Monatsmittelwert zur Berechnung der Marktprämie herangezogen (Anlage 1 zu § 23a EEG 2023 [22]). Die Marktprämie wird vom Netzbetreiber an den Anlagenbetreiber ausgezahlt.

Grundsätzlich unterliegt der Marktwert, also der an der Börse erzielte Strompreis, häufigen Schwankungen. Jedoch gilt unabhängig davon, ob der anzulegende Wert über das Marktprämienmodell oder eine Ausschreibung ermittelt wird: Liegt der vom Direktvermarktungsunternehmen erzielte Erlös für den erzeugten Strom über dem anzulegenden Wert, profitiert der Anlagenbetreiber von diesem höheren Strompreis.

Vereinfacht soll das an folgender Beispielrechnung aufgezeigt werden:

Familie Ebert betreibt auf ihrer landwirtschaftlichen Fläche eine Agri-PV-Anlage mit 900 kW_p. Bei einer durchschnittlichen Stromerzeugung von 1.000 kWh/kW_p und Jahr produziert ihre Anlage 900.000 kWh Strom pro Jahr. Sie wurde gemäß den Anforderungen der DIN SPEC 91434:2021-05 geplant und errichtet und wird folglich auch nach dem EEG gefördert. Da die Anlage unter der 1-MW_p-Grenze für die EEG-Ausschreibung liegt, bekommt Familie Ebert einen anzulegenden Wert bzw. garantierten Preis von 7,0 ct/kWh. Der Gesamtstrompreis beträgt demnach mindestens 63.000 €/Jahr. Der Effekt der Direktvermarktung wird anhand des tatsächlichen Jahresmittelmarktwerts für das Jahr 2022 deutlich. Werden 0,5 Cent/kWh für die Direktvermarktung abgezogen, betrug dieser 20,31 Cent/kWh [1]. Anhand dessen hätte sich in diesem Zeitraum ein Stromerlös von 182.790 € ergeben. Für das Jahr 2023 zeichnet sich aktuell jedoch ein wesentlich niedrigerer Jahresmittelwert des Marktwerts ab.

EEG-Ausschreibung der Bundesnetzagentur

Agri-PV-Anlagen im Leistungsbereich über 1 MW_p müssen – wie auch konventionelle PV-Anlagen – an einer Ausschreibung der Bundesnetzagentur teilnehmen. Dabei wird zwischen Solaranlagen des ersten und des zweiten Segments unterschieden. Für Agri-PV-Anlagen kommt in der Regel das erste Segment in Betracht.

Das erste Segment umfasst Freiflächenanlagen sowie Solaranlagen, die auf, an oder in baulichen Anlagen errichtet werden sollen, die weder Gebäude noch Lärmschutzwände sind. Die Ausschreibung findet drei Mal jährlich statt und es kann jeder teilnehmen, der eine „Anlage zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie“ mit einer installierten Leistung von mehr als 1 MW_p errichten will [9]. Finanzielle Förderungen gibt es für Anlagen bis 100 MW_p.

Die Bundesnetzagentur gibt zu jedem Ausschreibungstermin einen Höchstwert in ct/kWh an. Dem Gebot des Anlagenbetreibers sollte eine Wirtschaftlichkeitsprüfung der geplanten Anlage vorausgehen. Darin sollte ermittelt werden, wie hoch das abzugebende Gebot sein sollte, um die Investitions- und Betriebskosten der entstehenden Anlage mindestens zu decken. Für jedes Gebot ist eine Sicherheit zu stellen. Die Sicherheit beträgt 50 € pro gebotenem Kilowatt: Beinhaltet das Gebot zum Beispiel eine Anlage mit 1 MW, so ist eine Sicherheit von 50.000 € (50 € × 1000 kW) zu zahlen. Die Sicherheit reduziert sich auf 25 €/kW Gebotsmenge, wenn dem Gebot ein beschlossener Bebauungsplan oder ein Nachweis über ein Verfahren im Sinne des § 38 BauGB [22] beigefügt wurde. Zudem muss für jedes Gebot eine Gebühr entrichtet werden. Die Höhe dieser Gebühr ist der Bekanntmachung der BNetzA für den jeweiligen Gebotstermin zu entnehmen und beträgt ca. 630 € [9]. Wird ein Gebot zurückgenommen, muss der Bieter drei Viertel der Gebühr zahlen.

Im Gebotsverfahren erhalten zunächst die Anlagen mit den niedrigsten Geboten eine Zusage. Aufsteigend werden die folgenden Anlagen bezuschlagt, bis die Ausschreibungsmenge an zu installierender PV-Leistung erreicht ist.

Bei einem erhaltenen Zuschlag muss die Anlage innerhalb von 24 Monaten in Betrieb genommen werden, sonst erlischt der Zuschlag. Zudem muss eine Zahlungsberechtigung nach der Inbetriebnahme der Anlage beantragt werden. Erfolgt dies nicht innerhalb von 26 Monaten, erlischt der Zuschlag ebenfalls.

Aufgrund der Komplexität des Ausschreibungsverfahrens ist es ratsam, sich sehr intensiv mit den rechtlichen Bedingungen der Ausschreibung vertraut zu machen oder sich rechtlich beraten und die Unterlagen prüfen zu lassen, da ein Bieter aufgrund von Verfahrensfehlern auch von der Ausschreibung ausgeschlossen werden kann.

Eine Besonderheit bei Agri-PV-Anlagen als besondere Solaranlagen ist, dass Anlagenbetreiber horizontal aufgeständerter Anlagen mit einer lichten Höhe von mindestens 2,10 Meter, die nach einem Zuschlag bei einer EEG-Ausschreibung des Bundesnetzagentur gebaut werden können, zusätzlich zu der regulären Vergütung einen Technologiebonus erhalten. Dieser Bonus ist degressiv ausgestaltet. Anlagen, die im Jahr 2023 an den Ausschreibungen teilgenommen haben, erhalten den Bonus in Höhe von 1,2 Cent/kWh. Der Bonus sinkt danach jährlich und beträgt bei einem Zuschlag in den Jahren 2026 bis 2028 nur noch 0,5 Cent/kWh [19].

5.7.2 Stromliefervertrag (Power Purchase Agreement)

Wird die Agri-PV-Anlage nicht gemäß den EEG-Förderkriterien errichtet oder möchte der Anlagebetreiber die finanzielle Förderung nicht in Anspruch nehmen, gibt es die Möglichkeit, den Strom über einen Stromliefervertrag (*Power Purchase Agreement*, kurz: PPA) direkt an Unternehmen oder Vermarktungsunternehmen zu verkaufen. Weiterhin ist zu beachten, dass in diesem Fall die Flächenkulisse des EEG und die Bestimmungen der DIN SPEC 91434:2021-05 nicht gelten. Gleichzeitig bedeutet das den Verlust der Förderfähigkeit der Fläche im Rahmen der GAP-Direktzahlungen-Verordnung sowie der steuerrechtlichen Privilegien EEG-geförderter Agri-PV-Anlagen (siehe 5.9). Im Bereich der PV-FFA wird zwischen unterschiedlichen PPA-Typen unterschieden. Der am häufigsten abgeschlossene PPA-Typ ist das „Utility PPA“.

Im Gegensatz zum festgelegten anzulegenden Wert über das EEG muss der Strompreis auch beim PPA mit dem jeweiligen stromkaufenden Unternehmen ausgehandelt werden. Dieser orientiert sich in der Regel am Börsenpreis für PV-Strom. Die Preisfindung kann jedoch noch von weiteren Faktoren abhängig sein. Zu bedenken ist auch, dass in diesem Fall Herkunftsnachweise beim Umweltbundesamt beantragt und veräußert werden können. Denn da keine finanzielle Förderung nach dem EEG beansprucht wird, kann zusätzlich die „Grünheit“ des Stroms vermarktet werden. Auch die Vertragslaufzeiten sind in der Regel nicht so lang wie die im EEG festgelegten 20 Jahre. Die individuelle Ausgestaltung der Verträge ist sehr komplex und erfordert fundierte Kenntnis im Bereich des Vertragswesens, sodass empfohlen wird, den gesamten Prozess mit Rechtsbeistand zu bestreiten [16].

5.8 Förderfähigkeit im Rahmen der Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAPDZV)

Landwirtschaftliche Betriebe erhalten im Rahmen der Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAPDZV) finanzielle Förderungen für ihre landwirtschaftlichen Flächen, sofern diese ausschließlich oder hauptsächlich für eine landwirtschaftliche Tätigkeit genutzt werden (§ 12 Abs. 1 GAPDZV [6]). PV-FFA sind nach § 12 Abs.4 Nr. 6 GAPDZV [6] nicht förderfähig, da sich auf der landwirtschaftlichen Fläche eine Anlage zur Nutzung solarer Strahlungsenergie befindet und es sich somit um eine nicht landwirtschaftliche Flächennutzung handelt. Im gleichen Satz wird jedoch eine Ausnahme formuliert. Demnach ist die landwirtschaftliche Hauptnutzung nicht ausgeschlossen, sofern der Betriebsinhaber nachweisen kann, dass es sich bei dieser Anlage um eine Agri-PV-Anlage im Sinne der GAPDZV handelt. Diesbezüglich wird ausgeführt, dass eine Agri-PV-Anlage eine auf einer landwirtschaftlichen Fläche errichtete Anlage zur Nutzung solarer Strahlungsenergie ist, „die (1) eine Bearbeitung der Fläche unter Einsatz üblicher landwirtschaftlichen Methoden, Maschinen und Geräte nicht ausschließt und (2) die landwirtschaftlich nutzbare Fläche unter Zugrundelegung der DIN SPEC 91434:2021-05 um höchstens 15 Prozent verringert.“

Werden diese Bedingungen für Agri-PV-Anlagen eingehalten, qualifiziert sich die landwirtschaftliche Fläche auch weiter für die GAP-Direktzahlungen [6]. Die Basisprämie beträgt für das Jahr 2023 voraussichtlich 157 €/ha. Dazu sind weitere Fördersätze möglich, die je nach Betrieb relevant sein können [7].

5.9 Steuerrechtliche Aspekte

Auch hinsichtlich der steuerrechtlichen Bewertung lohnt sich ein Vergleich zwischen PV-FFA und Agri-PV. Grundsätzlich kann es steuerrechtliche Nachteile haben, wenn auf einer landwirtschaftlichen Fläche eine PV-Anlage errichtet wird. Diese Fläche wird dann nicht mehr dem landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Betrieb, sondern dem Grundvermögen zugeordnet. Das hat hinsichtlich der Erbschafts- und Schenkungssteuer Konsequenzen. Außerdem wird die Fläche nunmehr der Grundsteuer B zugeordnet.

Die obersten Finanzbehörden der Länder haben 2022 beschlossen, die Zurechnung und Bewertung von Agri-PV-Anlagen anderweitig auszugestalten. Demnach gilt für Zwecke der Grundsteuer, Erbschafts- und Schenkungsteuer sowie der Grunderwerbsteuer, dass Flächen mit PV-Anlagen, die nach der DIN SPEC 91434:2021-05 als Agri-PV-Anlagen der Kategorie I oder II einzugruppieren sind, dem landwirtschaftlichen Vermögen zugerechnet werden [11]. Die Bewertung der Flächen richtet sich ferner „nach der jeweils prägenden Nutzung der zu Grunde liegenden (Kategorie I) bzw. im Umgriff befindlichen (Kategorie II) land- und fortwirtschaftlichen Flächen.“ Der steuerrechtliche Status der landwirtschaftlichen Fläche, auf der die Agri-PV-Anlage errichtet wird, ändert sich demnach nicht, sofern sie den Bestimmungen der DIN SPEC 91434:2021-05 entspricht. Fortführend wird darauf eingegangen, dass PV-Anlagen, die nach der DIN SPEC 91434:2021-05 keine Agri-PV-Anlagen der Kategorie I oder II sind, dem Grundvermögen zuzurechnen sind [11]. In Bay-

ern gibt es allerdings Konstellationen, die eine Zurechnung zum landwirtschaftlichen Vermögen auch in diesem Fall ermöglichen.

5.10 Versicherung der Anlage

Spezielle Versicherungen für Agri-PV-Anlagen gibt es nach aktuellem Kenntnisstand nicht. Daher gilt es, sich an den Versicherungsbedingungen für PV-FFA zu orientieren und gleichzeitig Kontakt mit einem Versicherungsunternehmen aufzunehmen, um mögliche Auflagen bezüglich der Versicherung einer Agri-PV-Anlage zu erfragen. Grundsätzlich empfiehlt sich für PV-FFA eine spezielle Allgefahrenversicherung zur finanziellen Absicherung gegen Schäden und Diebstahl. Gegen Fehler oder Schäden im öffentlichen Netz kann zusätzlich eine Betriebshaftpflichtversicherung abgeschlossen werden.

Meist ist ein Zaunbau eine Maßnahme der Mindestsicherung, die vom Versicherungsunternehmen gefordert werden kann. Dabei handelt es sich in der Regel um einen zwei Meter hohen Maschendraht- oder Industriegitterzaun mit Übersteigschutz (Abbildung 11). Bisher sind vor allem bodennahe Agri-PV-Anlagen mit einem Zaun versehen, allerdings gibt es hoch aufgeständerte Anlagen, bei denen ein Zaunbau nicht notwendig war, da durch die hohe Anbringung der Module ein gewisser Diebstahlschutz gewährleistet werden kann. Nichtsdestotrotz ist es empfehlenswert frühzeitig bei einem Versicherungsunternehmen nachzufragen.

Abbildung 11: Beispiel für einen Maschendrahtzaun mit Übersteigschutz

Im Rahmen des Projektverbunds wird von der Technischen Hochschule Ingolstadt eine Anlagenkonstruktion für vertikale Agri-PV-Anlagen entwickelt, durch die ein hohes Maß an Personen-/Diebstahlschutz gewährleistet werden soll. So könnte bei solchen Konstruktionen auf einen Zaunbau verzichtet werden.

6 Genehmigung einer Agri-PV-Anlage

6.1 Involvierte Personen/Ämter/Einrichtungen

Projektierungsunternehmen für die Projektierung der Agri-PV-Anlage und den mit der Gemeinde und allen Behörden, Bauamt, Gemeinderat, Untere Naturschutzbehörde und eventuell andere Behörden, Ingenieurbüros für eventuell durchzuführende Gutachten

6.2 Grundlegende Informationen zum öffentlichen Baurecht

Die bauliche Gestaltung der Bundes- und Landesflächen wird maßgeblich durch die Raumordnungspläne des Bundes und der Länder vorgegeben. Diese werden unter Beteiligung der Öffentlichkeit und Behörden aufgestellt und geben die Grundsätze für die Siedlungs-, Freiraum- und Infrastrukturplanungen vor. Aus den Raumordnungsplänen wird die Bauleitplanung entwickelt. Sie ist das zentrale Instrument der Gemeinden, die bauliche und sonstige Nutzung der Grundstücke vorzubereiten und zu leiten (§ 1 Abs. 1 BauGB [21]). Die Bauleitpläne teilen sich auf in den vorbereitenden Bauleitplan, den sogenannten Flächennutzungsplan (FNP) und den verbindlichen Bauleitplan, den sogenannten Bebauungsplan (§ 1 Abs. 2 BauGB [21]).

Im Flächennutzungsplan wird für das gesamte Gemeindegebiet die Art der Bodennutzung in Grundzügen, wie sie sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergibt, dargestellt. Nach § 5 Abs. 2 BauGB [21] werden z. B. Flächen für Siedlung und Industrie, aber auch für Verkehrsanlagen, Grünflächen, Landwirtschaft oder Wald dargestellt.

Die Bebauungspläne werden aus den Flächennutzungsplänen entwickelt und enthalten rechtsverbindliche Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung (§ 8 Abs. 2 BauGB [21]). Darin aufgeführt sind u. a. Angaben über Art und Maß der baulichen Nutzung, überbaubare Grundstücksflächen sowie Stellung baulicher Anlagen. Die Art und das Maß der Nutzung sind dabei gemäß der Baunutzungsverordnung (BauNVO) zu definieren. Die Art der baulichen Nutzung präzisiert, wofür genau die Grundstücke genutzt werden. Folglich können diese z. B. als reine Wohngebiete, Gewerbe-, Industrie- oder Mischgebiete kategorisiert werden. Das Maß der baulichen Nutzung gibt u. a. an, wie hoch eine bauliche Anlage oder wie groß die zulässige Grundfläche sein darf.

Es gibt verschiedene Arten von Bebauungsplänen. Dazu gehören qualifizierte, auch Angebotsbebauungspläne genannt, und einfache, vorhabenbezogene Bebauungspläne. Von einem qualifizierten Bebauungsplan wird gesprochen, wenn Festsetzungen über Art und Maß der baulichen Nutzung, die überbaubaren Grundstücksflächen und die örtlichen Verkehrsflächen enthalten sind (§ 30 Abs.1 BauGB [21]). Einfache Bebauungspläne enthalten nicht alle dieser Mindestfestsetzungen (§ 30 Abs. 3 BauGB [21]). Ein vorhabenbezogener Bebauungsplan bezieht sich auf ein konkretes Bauvorhaben und kann auf Grundlage eines Vorhaben- und Erschließungsplans aufgestellt werden. Dieser unterliegt im Gegensatz zu anderen Bebauungsplänen nicht der BauNVO. Ein Vorhabenträger und die Gemeinde schließen einen Vertrag, in dem festgelegt wird, dass der Vorhabenträger die Pla-

nungs- und Erschließungskosten vollständig trägt und in der Lage ist, die Vorhaben- und Erschließungsmaßnahmen innerhalb einer festgelegten Frist umzusetzen. Wird der Plan nicht fristgerecht umgesetzt, kann die Gemeinde den Bebauungsplan nach den Vorgaben des BauGB aufheben. Im Gegensatz zu vorhabenbezogenen Bebauungsplänen sind andere Bebauungspläne häufig so offen ausgestaltet, dass Planungsalternativen möglich sind. Zudem gibt es keine Realisierungsfrist für das Vorhaben.

Gleichzeitig zur Zweckbindung der Grundstücke im Rahmen des FNP und der Bebauungspläne, kann ein Gemeindegebiet in einen Innen- und einen Außenbereich eingeteilt werden. Diese Einteilung hat maßgebliche Auswirkungen auf die Zulässigkeit eines Bauvorhabens. Der Innenbereich umfasst alle „im Zusammenhang bebauten Ortsteile“ (§ 34 Abs. 1 BauGB [21]). Hier ist ein Vorhaben zulässig, „wenn es sich nach Art und Maß der baulichen Nutzung, der Bauweise, und der Grundstücksfläche, die überbaut werden soll, in die Eigenart der näheren Umgebung einfügt und die Erschließung gesichert ist. […] Das Ortsbild darf nicht beeinträchtigt werden.“ (ebd.) Der Außenbereich umfasst demnach alle Grundstücke, die nicht diese Anforderungen erfüllen. Aufgrund der baulichen Ausgestaltung und der Tatsache, dass bei Agri-PV-Anlagen eine aktive landwirtschaftliche Bewirtschaftung im Vordergrund steht, werden diese in den meisten Fällen im unbeplanten Außenbereich geplant und realisiert. Für die Erteilung einer Baugenehmigung ist die Zulässigkeit einer Agri-PV-Anlage entscheidend. Diese bemisst sich dann nach den oben genannten bundesseitigen bauplanungsrechtlichen Anforderungen und außerdem landesordnungsrechtlichen Vorgaben. Grundsätzlich regelt § 35 im BauGB [21], unter welchen Voraussetzungen Bauvorhaben im Außenbereich zulässig und gegebenenfalls privilegiert sind. Im Folgenden wird erläutert, unter welchen Umständen Agri-PV-Projekte als privilegiert einzuschätzen sind oder sie ein Bauleitplanverfahren durchlaufen müssen.

6.3 Außenbereichsprivilegierung

Grundsätzlich hat der Gesetzgeber beschlossen, den Außenbereich von baulichen Anlagen freizuhalten, sofern sie nicht ihrem Wesen nach in den Außenbereich gehören [2] [31]. Dieser Beschluss resultiert daraus, den Erholungswert des Außenbereichs zu erhalten, und erfolgt somit im öffentlichen Interesse (ebd.). Welche Vorhaben dennoch grundsätzlich im Außenbereich zulässig sind, hat der Gesetzgeber in § 35 Abs. 1 BauGB [21] festgelegt. Für Agri-PV-Projekte kommt nach aktuellem Stand vorbehaltlich nur ein Teil der dort aufgeführten Vorhaben infrage. Nachfolgend wird auf die Bestimmungen eingegangen, die nach aktuellem Kenntnisstand am ehesten für eine Privilegierung von Agri-PV-Anlagen sprechen.

Insgesamt formuliert § 35 Abs. 1 BauGB [21] neun Privilegierungstatbestände. Im Folgenden werden jedoch nur fünf für Agri-PV-Anlagen relevante Privilegierungstatbestände berücksichtigt und erläutert. Eine Zusammenfassung ist in Tabelle 3 dargestellt.

Sofern keine öffentlichen Belange entgegenstehen und die ausreichende Erschließung gesichert ist, sind folgende Vorhaben im Außenbereich zulässig, sofern sie:

1. einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dienen und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnehmen,
2. einem Betrieb der gartenbaulichen Erzeugung dienen,
3. der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität, Gas, Telekommunikationsdienstleistungen, Wärme und Wasser, der Abwasserwirtschaft oder einem ortsgebundenen gewerblichen Betrieb dienen,
4. wegen ihrer besonderen Anforderungen an die Umgebung, wegen ihrer nachteiligen Wirkung auf die Umgebung oder wegen ihrer besonderen Zweckbestimmungen nur im Außenbereich ausgeführt werden sollen, …,

[…]

8. der Nutzung solarer Strahlungsenergie dienen
   a.) in, an und auf Dach- und Außenwandflächen von zulässigerweise genutzten Gebäuden, wenn die Anlage dem Gebäude baulich untergeordnet ist, oder
   b.) auf einer Fläche längs von
      aa) Autobahnen oder
      ba) Schienenwegen des übergeordneten Netzes im Sinne des § 2b des Allgemeinen Eisenbahngesetzes mit mindestens zwei Hauptgleisen und in einer Entfernung zu diesen Netzen von bis zu 200 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn
9. der Nutzung solarer Strahlungsenergie durch besondere Solaranlagen im Sinne des § 48 Abs. 1 Satz 1 Nummer 5 Buchstabe a, b oder c des Erneuerbare-Energien-Gesetzes dient, unter folgenden Voraussetzungen:
   a.) das Vorhaben steht in einem räumlich-funktionalen Zusammenhang mit einem Betrieb nach Nummer 1 oder 2,
   b.) die Grundfläche der besonderen Solaranlage überschreitet nicht 25.000 Quadratmeter und
   c.) es wird je Hofstelle oder Betriebsstandort nur eine Anlage betrieben.

6.3.1 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BauGB [21] – Dienen eines landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betriebs

Nach Einschätzung von [31] kommen diese Privilegierungstatbestände in den häufigsten Fällen nicht zur Anwendung, da Agri-PV-Anlagen die dienende Funktion für landwirtschaftliche Betriebe abgesprochen wird.

Das relevante Merkmal der „dienenden Funktion“ wird grundsätzlich so interpretiert, dass die Benutzung des Vorhabens, in diesem Falle der Agri-PV-Anlage, die Bewirtschaftung der land- oder forstwirtschaftlichen Fläche erleichtern oder fördern solle [12]. Prinzipiell sind mit der Errichtung von Agri-PV-Anlagen Synergieeffekte, wie der Schutz vor Hagel-, Frost- oder Hitzeschäden, zu erwarten. Das wird jedoch gemeinhin als unzureichend angesehen, da es neben der für die landwirtschaftliche Erzeugung dienenden Funktion noch die Stromproduktion als Nebenzweck gibt [15]. Da der erzeugte Strom entweder im Betrieb verbraucht oder teilweise oder ganz ins öffentliche Netz eingespeist werden kann, ergibt sich durch die Kosteneinsparung oder den direkten Stromerlös eine Einkommensdiversifizierung. Je nachdem wie groß die entstehende Agri-PV-Anlage und wie groß der ökono-

mische Nutzen der Stromproduktion ist, liegt der Schwerpunkt der dienenden Funktion nicht mehr auf der Landwirtschaft [31].

Eine Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BauGB [21] wird daher nach der derzeitigen Rechtslage meistens abgelehnt.

6.3.2 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 3 BauGB [21] – Versorgung eines ortsgebundenen Betriebs

Für eine Privilegierung ist hier die Ortsgebundenheit des Betriebs bzw. der Agri-PV-Anlage entscheidend. Dementsprechend dürfte „das Vorhaben nicht oder nur mit wesentlichen Nachteilen an anderer Stelle errichtet werden (können)“ [35]. Da für die Realisierung einer Agri-PV-Anlage nur der Netzanschluss und landwirtschaftlich genutzte Flächen vorhanden sein müssen, dürfte das Kriterium der Ortsgebundenheit nicht erfüllt werden [31].

6.3.3 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB [21] – Forschungsanlage

Dieser Tatbestand stellt einen sogenannten Auffangtatbestand dar. Das heißt, dass er für privilegierte Vorhaben gelten könnte, die sonst nicht vom § 35 Abs. 1 BauGB [21] erfasst wurden [28]. Ferner muss gezeigt werden, dass durch besondere Anforderungen oder nachteilige Wirkungen auf die Umwelt deutlich wird, dass die Anlage nur im Außenbereich errichtet werden kann. Es handelt sich hierbei um einen sehr eng gefassten Kreis an Vorhaben, der ausschließlich Anlagen betrifft, die innerhalb eines Forschungsprojekts entstehen. Die Privilegierung ist folglich an die Realisierung in einem Forschungsprojekt gekoppelt und die Genehmigung ist auf die Dauer des Forschungsprojekts begrenzt. Das bedeutet, dass die Anlage nach Ablauf des Forschungsvorhabens wieder zurückgebaut werden müsste.

6.3.4 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB [21] – Anlage neben Autobahnen oder zweigleisigen Schienenwegen

Da es sich bei Agri-PV-Anlagen nicht um Gebäude handelt und sie auch keinen Gebäuden untergeordnet sind, kommt für eine Privilegierung nur Nr. 8b infrage. Dies umfasst alle Flächen, die sich 200 Meter längs von Autobahnen und Schienenwegen befinden, sofern die Schienenwege aus zwei Hauptgleisen bestehen. Diese Regelung besteht seit dem 01.01.2023 und stellt gleichzeitig den konkretesten und wahrscheinlichsten Privilegierungstatbestand dar [23].

6.3.5 Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 9 BauGB [21] – Hofnahe Agri-PV-Anlagen

Dieser Privilegierungstatbestand wurde erst kürzlich eingefügt. Bemerkenswert ist hier, dass die Agri-PV-Anlage alle Anforderungen für eine finanzielle Förderung nach dem EEG erfüllen muss. Damit spielen auch die Festsetzungen der BNetzA und darüber auch die bereits erwähnte DIN SPEC 91434:2021-05 eine wichtige Rolle. Überdies muss das Vorhaben in einem räumlich-funktionalen Zusammenhang mit einem Betrieb nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 oder 2 BauGB [21] stehen, die Grundfläche der besonderen Solaranlage darf 25.000 Quadratmeter nicht überschreiten und es wird je Hofstelle oder Betriebsstandort nur eine Anlage betrieben.

Soweit zu den einzelnen Privilegierungstatbeständen.

Für alle privilegierten Vorhaben nach § 35 Abs. 1 BauGB [21] wird außerdem gefordert, dass keine öffentlichen Belange entgegenstehen und die Erschließung ausreichend gesichert ist. Öffentliche Belange sind – nicht abschließend – in § 35 Abs. 3 BauGB [21] dargestellt. Hier sind z. B. das Widersprechen eines FNP oder eine Beeinträchtigung von Belangen des Naturschutzes und der Landschaftspflege aufgeführt. Grundsätzlich ist bei der Prüfung stets abzuschätzen, ob die Realisierung des Vorhabens oder ein öffentlicher Belang höher wiegt [31]. Bei Agri-PV-Anlagen bezieht sich eine ausreichende Erschließung auf die wegemäßige Erschließung sowie die Einspeisemöglichkeit [5].

Insgesamt gilt es, bezüglich der Privilegierung von Agri-PV-Anlagen zu betonen, dass soweit ersichtlich bislang keine Rechtsprechung bezogen auf Agri-PV-Anlagen vorliegt. Mit einem fortschreitenden Ausbau der Agri-PV ist es möglich, dass sich dieser Umstand ändern und in Zukunft im Gesetz genauer definiert wird, wann ein Agri-PV-Vorhaben als privilegiert gilt und wann nicht.

Tabelle 3: Verschiedene Privilegierungstatbestände in Abhängigkeit der Anwendbarkeit in der Praxis

Mögliche privilegierte Vorhaben	Anwendbarkeit in der Praxis
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BauGB [21] – Dienen eines landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betriebs	Um dem landwirtschaftlichen Betrieb zu dienen, müsste die Anlage die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche erleichtern bzw. fördern. Nach aktueller Einschätzung steht der wirtschaftliche Nutzen durch hohe Stromerlöse im Vordergrund. Daher ist eine Privilegierung für Agri-PV-Anlagen nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und 2 BauGB [21] in der Praxis aktuell unwahrscheinlich.

Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 3 BauGB [21] – Versorgung eines ortsgebundenen Betriebs	Um das zu erfüllen, dürfte die Agri-PV-Anlage nicht oder nur mit wesentlichen Nachteilen an anderer Stelle gebaut werden können. Für den Bau einer Agri-PV-Anlage werden jedoch nur ein Netzanschluss und eine landwirtschaftliche Fläche gebraucht. Daher ist eine Privilegierung für Agri-PV-Anlagen nach § 35 Abs. 3 BauGB [21] in der Praxis aktuell unwahrscheinlich.
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB [21] – Forschungsanlage	Gilt nur für Agri-PV-Anlagen, die im Rahmen eines Forschungsprojekts gebaut werden. Die Baugenehmigung gilt nur für die Forschungsdauer.
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB [21] – Anlage neben Autobahnen oder zweigleisigen Schienenwegen	Privilegierung kann für Agri-PV-Anlagen gelten, die auf Flächen gebaut werden, die 200 Meter längs von Autobahnen und Schienenwegen liegen, die aus zwei Hauptgleisen bestehen. Nach aktueller Einschätzung die wahrscheinlichste Möglichkeit, eine Agri-PV-Anlage zu privilegieren.
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 9 BauGB [21] – Hofnahe Agri-PV-Anlage	Privilegierung kann für „hofnahe“ Agri-PV-Anlagen im Sinne des EEG gelten, wenn sie dem Betrieb räumlich-funktional zugeordnet sind. Diese Regelung gilt nur für eine Agri-PV-Anlage pro Hofstelle, die nicht größer als 25.000 m^2 ist. Hierbei handelt es sich um eine explizite Privilegierung von Agri-PV-Anlagen.

6.4 Bauleitplanverfahren

Scheidet eine Privilegierung nach den Bestimmungen des § 35 Abs. 1 BauGB [21] aus, besteht eine weitere Möglichkeit darin, die Agri-PV-Anlage in einem Bauleitplanverfahren zu genehmigen. In der Regel muss hiernach ein Bebauungsplan erstellt und im gleichen Zug der FNP geändert werden. Das kann nacheinander geschehen, in einem Parallelverfahren können jedoch auch FNP und Bebauungsplan gleichzeitig aufgestellt, geändert oder ergänzt werden (§ 8 Abs. 3 BauGB [21]). Grundsätzlich folgt ein Bauleitplanverfahren immer dem in Tabelle 4 abgebildeten Schema:

Tabelle 4: Bauleitplanverfahren im Regelverfahren nach dem Baugesetzbuch, verändert nach [3] [30]

Verfahrensschritte	
1. Schritt	Aufstellungsbeschluss
2. Schritt	Ausarbeitung des Planentwurfs
3. Schritt	Frühzeitige Beteiligung der Behörden und Träger
4. Schritt	Frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit
5. Schritt	Entwurf des Bauleitplans
6. Schritt	Beteiligung der Behörden und sonstigen Träger
7. Schritt	Bekanntmachung der Auslegung des Planentwurfs und Beteiligung der Öffentlichkeit
8. Schritt	Prüfung und Behandlung der Stellungnahmen
9. Schritt	Verfahren bei Änderung oder Ergänzung des Bauleitplanentwurfs
10. Schritt	Feststellungsbeschluss, Satzungsbeschluss
11. Schritt	Genehmigung
12. Schritt	Wirksamwerden des FNP und Inkrafttreten des Bebauungsplans
13. Schritt	Bereitstellung der Planungsunterlagen im Internet

Die Planungshoheit über die Grundstücke einer Gemeinde hat das jeweilige Verwaltungsorgan selbst, in den meisten Fällen der Gemeinderat. Ein Bauleitplanverfahren beginnt also in der Regel damit, dass der Gemeinderat einen Aufstellungsbeschluss aufstellt. Dieser Beschluss sagt aus, dass nun offiziell ein Bauleitplanverfahren für das betroffene Grundstück eingeleitet wird. Zuvor sollte dem Gemeinderat das Projekt anhand einer Projektskizze vorgestellt werden. Es wird empfohlen, diese Projektskizze von einem Planungsbüro anfertigen zu lassen.

Der nächste Schritt ist die Ausarbeitung eines Planentwurfs. Anhand dessen werden die Behörden und Träger öffentlicher Belange, die durch die Planung betroffen sein können, an dem Bauleitplanverfahren beteiligt und zur Kommentierung aufgerufen. Dies hat unter anderem den Zweck, den Umfang der Umweltprüfung abschätzen zu können, um die entstehenden Umweltauswirkungen des Projekts zu beschreiben und zu bewerten (§ 4 Abs. 1 BauGB [21]). Relevante Träger öffentlicher Belange unterscheiden sich je nach Standort. Betroffen sein können z. B. Boden-, Denkmal-, Immissions- oder Naturschutzbehörden und Landwirtschaftsbehörden. Gleichzeitig ist dies auch die erste Möglichkeit, die Öffentlichkeit ebenfalls an dem Bauleitplanverfahren zu beteiligen. Hierfür bieten sich öffentliche Versammlungen oder die Veröffentlichung der Planung in der Tagespresse oder in Amts- oder Informationsblättern an.

Nachdem Anregungen der beteiligten Parteien in die Planung einbezogen wurden, ist eine gegebenenfalls überarbeitete Version des Planentwurfs als Entwurf des Bauleitplans mit der Begründung und den nach Einschätzung der Gemeinde wesentlichen umweltbezogenen Stellungnahmen erneut zu veröffentlichen. Nachdem die Veröffentlichung mindestens

eine Woche vor Beginn bekannt gemacht wurde, muss diese für mindestens 30 Tage öffentlich, meist im Rathaus oder dem Büro der Bauverwaltung, ausgelegt werden. Zusätzlich müssen alle Unterlagen auch über das Internet zugänglich sein. Anhand dieser Veröffentlichung haben die Bürgerinnen und Bürger sowie die Behörden und Träger der öffentlichen Belange erneut die Möglichkeit, Stellungnahmen zum Planentwurf abzugeben. Nach Ende der Frist prüft die Gemeinde die eingegangenen Anregungen und wägt die betroffenen Belange untereinander und gegeneinander ab. Nach der Abwägung der Anmerkungen sowie der Umweltprüfung entscheidet die Gemeinde, ob sie den Planentwurf abändert oder unverändert an ihm festhält. Sollte der Planentwurf abgeändert werden, muss er abermals im Internet veröffentlicht werden. Allerdings kann die Gemeinde in diesem Fall die Auslegungsfrist angemessen verkürzen und bestimmen, die Auslegungen nur auf die von den Änderungen betroffenen Parteien zu beschränken.

Wenn alle Anregungen berücksichtigt und eingearbeitet wurden, kann die Bauleitplanung in Form des FNP und Bebauungsplans durch die Gemeinde beschlossen werden. FNPs bedürfen der Genehmigung der höheren Verwaltungsbehörde. Bei Bebauungsplänen ist dies nicht immer erforderlich. Die Genehmigung von Plänen kreisangehöriger Gemeinden erteilen die Landratsämter. Bei Plänen kreisfreier Städte ist die jeweilige Regierung zuständig.

Nach Erhalt der Genehmigung macht die Gemeinde die Genehmigung ortsüblich bekannt. Soweit eine Genehmigung nicht erforderlich ist, erfolgt die Bekanntmachung des Beschlusses. Mit dieser Bekanntmachung treten die Pläne dann offiziell in Kraft. Der rechtswirksame FNP und der Bebauungsplan sollen mit den jeweiligen Begründungen und der zusammenfassenden Erklärung ergänzend auch im Internet zur Verfügung gestellt werden.

6.5 Vorzulegende Gutachten

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens ist es wahrscheinlich, dass aufgrund der Anmerkungen der Träger der öffentlichen Belange verschiedene Gutachten angefertigt werden müssen, um zu erläutern, inwieweit öffentliche Belange durch die Errichtung und den Betrieb einer Agri-PV-Anlage berührt werden. Da die Träger öffentlicher Belange auch bei privilegierten Bauvorhaben angehört werden müssen, sind Gutachten auch hier möglicherweise verpflichtend. Mögliche Gutachten und Auflagen werden nachfolgend aufgezählt und erläutert.

Das gängigste Gutachten ist die spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP), die im Rahmen der Umweltprüfung durch die untere Naturschutzbehörde gefordert wird. Wird ein bauliches Vorhaben zugelassen und ausgeführt, ist vorab zu prüfen, ob es Auswirkungen auf europarechtlich geschützte und national gleichgestellte Arten haben könnte. Anhand mehrmaliger Begehungen der Projektfläche wird geprüft, ob dem Vorhaben artenschutzrechtliche Verbote nach § 44 BNatSchG [18] entgegenstehen. Es wird dabei speziell mit Blick auf alle europäischen Vogelarten nach dem Anhang IV der FFH-Richtlinie untersucht. Die Prüfung wird von Ingenieurbüros durchgeführt und folgt einem standardisierten Vor-

gehen. Neben der Bestandserfassung können im gleichen Zug z. B. Ausgleichsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Ein weiteres Schutzgut, das durch Agri-PV-Anlagen beeinträchtigt werden kann, ist das Landschaftsbild. Wie beim Arten- und Naturschutz ist auch hier in der Regel die untere Naturschutzbehörde der relevante Ansprechpartner. Je nach geplantem Agri-PV-System und den Begebenheiten vor Ort kann der Eingriff ins Landschaftsbild größer oder kleiner ausfallen. Ist die Wertigkeit einer Landschaft bereits durch Industrie- und Gewerbeflächen oder andere Bebauung vermindert, können Ausgleichsmaßnahmen geringer ausfallen. Je nachdem, wie erheblich die Agri-PV-Anlage in das Landschaftsbild eingreift, können eventuell größere Ausgleichsmaßnahmen gefordert werden. In seltenen Fällen kann ein landschaftspflegerischer Begleitplan notwendig sein, um den Status quo zu erheben und Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen festzulegen. Insgesamt gibt es aufgrund der wenigen bisher geplanten und errichteten Agri-PV-Anlagen keine präzisen Vorgaben für deren Behandlung. Wünschenswert für den Mehraufwand bei der Bewirtschaftung der Agri-PV-Anlage durch den Landwirt ist jedoch definitiv, dass die Vorgaben für entsprechende Maßnahmen keine zu großen Einschränkungen bewirken.

Reflexionen des Sonnenlichts können je nach Ausrichtung und Ausdehnung der PV-Module schädliche Umwelteinwirkungen und Belästigungen im Sinne des § 3 Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes (BImSchG) [20] hervorrufen. Je nachdem, wo die Agri-PV-Anlage gebaut wird, kann demnach ein Blendgutachten gefordert werden, um negative Einflüsse auf Menschen und Tiere im Sinne des Immissionsschutzes auszuschließen.

Im Rahmen des Bodenschutzes kann eine Prüfung zur Ermittlung von Altlasten oder Kampfmitteln vorgeschrieben werden. Auch die Prüfung auf Bodendenkmäler ist möglich.

Soll die Agri-PV-Anlage unter oder in unmittelbarer Nähe einer oberirdischen Stromleitung errichtet werden, können Auflagen vom Netzbetreiber formuliert werden. Dies beinhaltet vor allem Abstände der baulichen Strukturen und Maschinen beim Bau der Anlage zu den Strommasten und Leitungen.

Auch relevant für die Baufirmen und Hersteller der Agri-PV-Anlage sind das Bodengutachten sowie die Wind- und Schneelastprüfung. Ersteres ist wichtig, um die Beschaffenheit des Bodens zu charakterisieren und die Fundamenttiefe und Standsicherheit der Profile zu bestimmen. Die Wind- und Schneelastprüfung soll erörtern, wie groß die Anforderungen an die Statik der Agri-PV-Anlage sein müssen. Eine Besonderheit können hier nachgeführte Agri-PV-Anlagen darstellen, da sie durch Beweglichkeit der Module einen Schneeabwurf bieten.

6.6 Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Prinzipiell sind Eingriffe in Natur und Landschaft zu vermeiden. Ist das nicht möglich, müssen landschaftspflegerische, sogenannte Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ergriffen werden (§ 13 Abs. 1 BNatSchG [18]). Im Rahmen der oben genannten Gutachten kann der Eingriff in den Naturhaushalt quantifiziert und anhand dessen Ausgleichsmaßnahmen gefordert werden. Für Bayern kann dafür das Dokument „Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr [4] herangezogen werden. Da es noch keine speziellen Bestimmungen für Agri-PV-Anlagen gibt, gelten die in dem Dokument vorgegebenen Berechnungen als Hilfestellung.

Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sind grundsätzlich abhängig von der jeweiligen Fläche, dem gewählten Agri-PV-System und den landschaftlichen Gegebenheiten vor Ort. Bezüglich des Artenschutzes ist es möglich, dass durch eine partielle Extensivierung der landwirtschaftlichen Flächen um die Modulaufständerungen eine ökologische Aufwertung der Fläche stattfindet. Dieser Effekt muss allerdings noch untersucht werden. Belastbare Ergebnisse dazu stehen zum jetzigen Zeitpunkt aus. Abhängig von der Ausgestaltung der Anlage können andere Habitate für Insekten und Vögel gefordert werden. Dazu gehören unter anderem Blühstreifen, Totholz-, Stein- oder Sandhaufen oder Hecken und andere Gehölzgruppen. Letztere können auch angelegt werden, um die Eingriffe in das Landschaftsbild abzumildern.

Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung von Ökopunkten. Für Maßnahmen des Naturschutzes oder der Landschaftspflege, die zu einem früheren Zeitpunkt getroffen wurden, können Ökopunkte gesammelt und zum Zeitpunkt eines Eingriffsvorhabens als Kompensationsmaßnahme eingelöst werden [26].

Umgekehrt können auch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die über die Anforderungen im Rahmen des Agri-PV-Projekts gestellt werden, hinausgehen und Ökopunkte generieren, die dann einem späteren Vorhaben zugeordnet werden können. Auch hier ist es allerdings notwendig, den Einfluss von Agri-PV-Anlagen auf die Biodiversität und den Naturhaushalt insgesamt zu erforschen.

7 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der unterschiedlichen Projektschwerpunkte dargestellt. Zu Beginn werden in chronologischer Reihenfolge die Planungs- und Genehmigungsprozesse der beiden unterschiedlichen Anlagen in Grub und Dietratried skizziert. Im darauffolgenden Unterkapitel werden die Ergebnisse der Biodiversitätsuntersuchung aufgezeigt, bevor der Fortschritt der mikroklimatischen Untersuchungen erläutert wird. Im Unterkapitel 7.5 folgen die Ergebnisse der Umfrage zu Akzeptanz und in den letzten beiden Unterkapiteln werden die Ergebnisse zum Wissenstransfer und zu Erklärvideo und Leitfaden dargestellt.

7.1 Wissenschaftliche Begleitung der Agri-PV-Anlage in Grub

Während des gesamten Genehmigungsprozesses herrschte ein intensiver Austausch zwischen den beteiligten Behörden, insbesondere der UNB, auf der einen Seite und dem Planungsbüro, vertreten durch Christian Zellner, sowie dem Energiekoordinator der Bayerischen Staatsgüter Philipp Purucker auf der anderen Seite. Abbildung 12 sind die Fläche, auf der die Agri-PV-Anlage entstehen wird, sowie der aktuelle Planungsstand der Agri-PV-Anlage zu entnehmen.

Abbildung 12: Links: Drohnenaufnahme der Projektfläche in Grub (rechts: Fläche für die Agri-PV-Anlage, links: Referenzfläche), rechts: aktueller Planungsstand der Agri-PV-Anlage

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens wurden eine spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) und ein landschaftspflegerischer Begleitplan gefordert. Hierfür wurden zwischen April und Juli 2022 anlässlich von vier Feldbegehungen die relevanten Daten über die vorhandene Fauna gesammelt. Die Genehmigungsunterlagen wurden am 17. Juli 2022 und die saP sowie der landschaftspflegerische Begleitplan am 26. Oktober beim

Bauamt des Landratsamts Ebersberg eingereicht. Die Erörterung der Kompensationsmaßnahmen, notwendig durch die Eingriffe in den Naturhaushalt und das Landschaftsbild, erwiesen sich als langwierig. Zum einen lag das an der Neuheit der Agri-PV und der fehlenden Erfahrung der Beteiligten mit der Genehmigung solcher Anlagen. Darüber hinaus verzögerte sich der Prozess durch eine schwierige Kommunikation mit der UNB, da aufgrund der Abstimmungsprozesse in der Behörde über mehrere Wochen kein flüssiger Austausch möglich war.

Das Sachgebiet Bodendenkmal der UNB wies bei der Planung darauf hin, ein am nördlichen Ende der Agri-PV-Fläche angrenzendes Bodendenkmal zu berücksichtigen. Somit muss bei Grabungen ein Archäologe vor Ort sein. Aufgrund des 25 Meter breiten Vorgewendes werden in diesem Bereich keine Aufständerungselemente errichtet. Somit ist nur für die Verkabelung und die Übergabestation mit geringen Grabungsaktivitäten zu rechnen. Die Bayernwerke merkten zudem an, dass beim Bau unterhalb der über das Feld verlaufenden Freileitung besondere Maßnahmen zu berücksichtigen seien. Nicht relevant für die Baugenehmigung, jedoch trotzdem durchzuführen waren ein Bodengutachten für die Standsicherung der zu bauenden Anlagen sowie eine chemische Untersuchung des Bodens, um Korrosion an den Ständerelementen auszuschließen. Beide Informationen waren wichtig für die Hersteller der Agri-PV-Anlagen.

Die Baugenehmigung wurde am 29. November 2022 durch das Landratsamt ausgestellt. Als Forschungsanlage ist sie für die Forschungsdauer, jedoch maximal auf 20 Jahre oder bis zum Eintreten eines Bebauungsplans befristet. Im Zuge der Baugenehmigung wurde festgehalten, dass ein einen Meter breiter Blühstreifen unter den Modulen sowie eine zehn Meter breite Hecke zwischen der Agri-PV- und der Referenzfläche anzulegen sind. Um einen Rückbau nach Beendigung der Forschungstätigkeit zu vermeiden, wird parallel eine Baugenehmigung über ein Bauleitplanverfahren eingeholt. Ein erster Entwurf für einen Bebauungsplan entsteht im Sommer 2023.

Am 19. Januar 2023 haben die Bayernwerke den vorgesehenen Netzverknüpfungspunkt bestätigt. Die Vermarktung des Stroms sollen die Eberwerke übernehmen.

Die Ausschreibung wurde am 27. Januar auf der e-Vergabe-Plattform des Freistaats Bayern online gestellt. Zum 18. April waren die Aufträge für die drei Agri-PV-Anlagentypen vergeben. Den Zuschlag für die vertikale Agri-PV-Anlage hat das Unternehmen Next2Sun Technology GmbH bekommen, die hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage wurde an Krinner Carport GmbH vergeben und die nachgeführte Agri-PV-Anlage an das Unternehmen Öko Haus GmbH. Den Auftrag für den Bau der Übergabestation (Transformatorenstation) bekam die Enaco GmbH. Nach dem Zuschlag für die Unternehmen wurde eine Planungszeit von drei Monaten anberaumt, ehe die Bauphase starten sollte.

Am 3. Mai fand ein erster Termin zwischen den Bayerischen Staatsgütern und den drei Herstellern der Agri-PV-Anlagentypen statt, um sich hinsichtlich der Bauplanung abzustimmen. Am 1. Juni wurde ein erstes Gespräch zwischen den Bayerischen Staatsgütern, dem TFZ und dem Zertifizierungsunternehmen ABCert GmbH geführt, in dem das korrekte Ausfüllen des landwirtschaftlichen Nutzungskonzepts besprochen wurde. Weitere Gespräche

werden vorerst bilateral und ohne die Beteiligung des TFZ stattfinden. Am 12. Juni fand ein weiteres Gespräch zwischen den Bayerischen Staatsgütern und den Herstellern der Anlage und erstmals auch dem Hersteller der Übergabestation statt. Die Unternehmen Öko Haus GmbH und Next2Sun GmbH hatten zu diesem Zeitpunkt ihre Bauplanung beendet. Zudem wurde mit der Öko Haus GmbH vereinbart, dass sie in Rücksprache mit den anderen Herstellern das Anlagenzertifikat für alle drei Agri-PV-Anlagentypen beantragen würde. Der Hersteller der Übergabestation merkte darüber hinaus an, dass die Wartezeit für diese aktuell bis zu einem Jahr betragen könne. Eine Einspeisung des erzeugten Stroms könnte daher im spätesten Fall erst im Juni 2024 erfolgen.

Am 28. Juni 2023 fand der Spatenstich unter der Teilnahme von Ministerpräsident Markus Söder, Staatsministerin Michaela Kaniber und Staatsminister Hubert Aiwanger auf der Projektfläche in Grub statt (Abbildung 13). Ein genauer Baustart stand zu diesem Zeitpunkt noch nicht fest. Die Fertigstellung aller Agri-PV-Anlagentypen wird für das vierte Quartal dieses Jahres avisiert.

Abbildung 13: Spatenstich der Agri-PV-Anlage auf den Flächen der Bayerischen Staatsgüter in Grub

7.2 Begleitung der Agri-PV-Anlage in Dietratried

Die Planung der vertikalen Agri-PV-Anlage in Dietratried ist im Vergleich zur Agri-PV-Anlage in Grub weniger fortgeschritten. Der Planungsprozess war bisher maßgeblich von Absprachen und Verhandlungen über die Kompensationsmaßnahmen für die entstehenden Eingriffe ins Landschaftsbild sowie den Naturhaushalt geprägt.

Am 6. Oktober 2022 fand eine Sitzung im Landratsamt Unterallgäu statt, bei der das Projekt allen im kommenden Planungs- und Genehmigungsprozess beteiligten Stellen vorgestellt wurde. Anwesend waren der Landrat, Mitarbeitende aus dem Bauamt und der Unteren Naturschutzbehörde, die Bürgermeisterin der Gemeinde Wolfertschwenden, der Landwirt, der auch gleichzeitig Flächeninhaber der Projektfläche ist, die Projektpartner der Lechwerke AG und mit Michael Grieb und Malte Stöppler zwei Projektbeteiligte vonseiten des TFZ. Es wurde mündlich festgehalten, dass eine saP durchzuführen sein würde mit einem speziellen Fokus auf dem Kiebitz, da dieser auf der südlich an die Projektfläche angrenzenden Ackerfläche vor einigen Jahren gesichtet worden wäre. Hinsichtlich der naturschutzfachlichen Bewertung des Projekts orientiert sich die Untere Naturschutzbehörde nach eigener Aussage an dem Dokument „Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr. Ebenfalls wurde schon zu diesem Zeitpunkt festgehalten, dass eine Eingrünung der Anlage stattfinden muss, um Einschränkungen im Landschaftsbild zu vermindern. Bisher fanden mündliche Absprachen zwischen den Projektpartnern der Lechwerke AG, dem Landwirt und der UNB statt.

Bisher wurde die Pflanzung von Bäumen am nördlichen Ende zur angrenzenden Wohnsiedlung festgehalten. Auf der Skizze des aktuellen Planungsstands in Abbildung 14 sind diese mit vier Baumsymbolen nördlich der Anlage vermerkt. Außerdem wird es nach Aussagen der UNB notwendig sein, südlich und östlich der Anlage Gehölzgruppen zu pflanzen, um die Einschränkung des Landschaftsbilds abzumildern. Die genaue Ausgestaltung dieser Maßnahme ist jedoch noch unklar.

Abbildung 14: Links: Drohnenaufnahme der Projektfläche in Dietratried, rechts: aktueller Planungsstand der vertikalen Agri-PV-Anlage

Zum 1. März 2023 hatte die Gemeinde Wolfertschwenden schon proaktiv den Flächennutzungsplan geändert und die Fläche, auf der die Agri-PV-Anlage entstehen soll, als „Sondergebiet Agri-PV“ ausgewiesen. Ein Entwurf für einen Bebauungsplan ist in der Entstehung. Von März bis Juni fanden jeweils einmal monatlich Feldbegehungen im Rahmen der saP statt. Es wurden keine besonders schützenswerten Vogelarten gesichtet.

7.3 Biodiversität

Die im Folgenden dargelegten Status-Erhebungen und die daraus resultierenden Ergebnisse mitsamt Diskussion stammen von Johannes Burmeister vom Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau der LfL.

7.3.1 Insektenbiomasse

Insgesamt wurde eine Menge von 91 g Insekten (Trockengewicht) mit den Malaisefallen festgestellt. In der Summe betrug der maximale Unterschied zwischen den vier Standorten 3,75 g und damit etwa 16 % vom Mittel. Deutlich am meisten Insekten-Biomasse wurde im Frühjahr erfasst. Zu diesem Zeitpunkt wogen die gefangenen Insekten zwei bis beinahe viermal mehr als im Sommer und Herbst. Der Anteil der Biomasse in der Mikrofraktion war im Frühjahr gering, was möglicherweise auf die hohe Anzahl an Krähenschnaken in den Proben zurückzuführen war, zwischen deren langen Gliedmaßen sich kleinere Insekten fangen und so in der Makro-Fraktion verbleiben. Verhältnismäßig niedrig war der Anteil der Mikrofraktion am Standort Kontrolle (Abbildung 15).

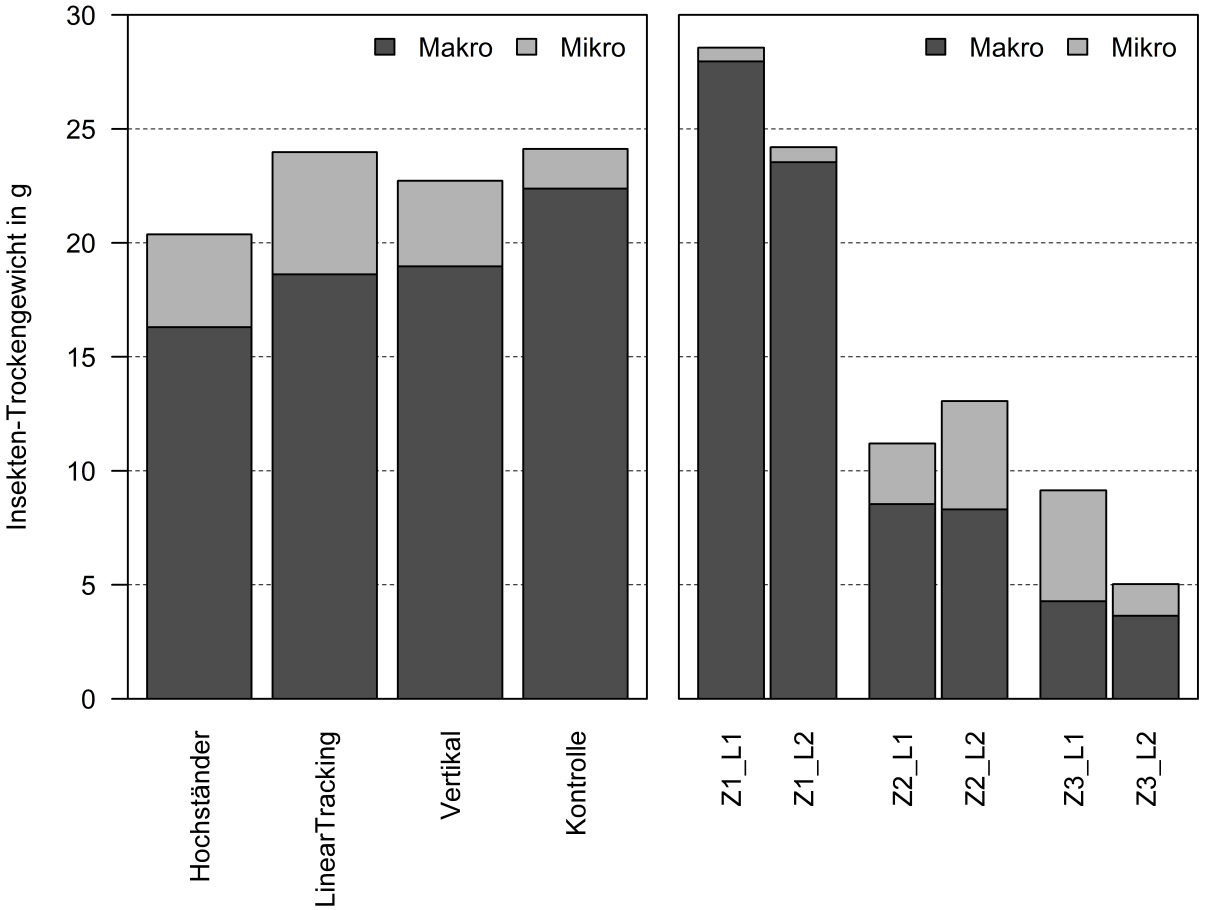

Abbildung 15: Mit Malaisefallen im Jahr 2022 erfasste Insekten-Biomasse (Trockengewicht in g); links nach Standort, rechts nach Leerungsperiode

Auffällige Unterschiede ergaben sich für den jahreszeitlichen Verlauf der Fänge an den Standorten (Abbildung 16). So nahm die erfasste Biomasse im Sommer von der ersten zur zweiten Periode an den zwei Standorten LinearTracking und Vertikal deutlich ab, während sie am Standort Kontrolle sehr deutlich anstieg. Besonders in der Kontrolle wurde in der zweiten Hälfte der Sommerperiode eine deutlich höhere Insektenbiomasse erfasst als an den übrigen Standorten und sogar eine höhere als in der Frühjahrsperiode. War die Biomasse hier im Frühjahr noch die geringste, lag ihr Wert auch im Herbst über denen der übrigen Standorte. Auch die niedrige Insekten-Biomasse in der ersten Hälfte des Sommers auf der Hochständer-Variante war auffällig, jedoch möglicherweise auf einen Defekt an der Falle (Kopfdose undicht) zurückzuführen.

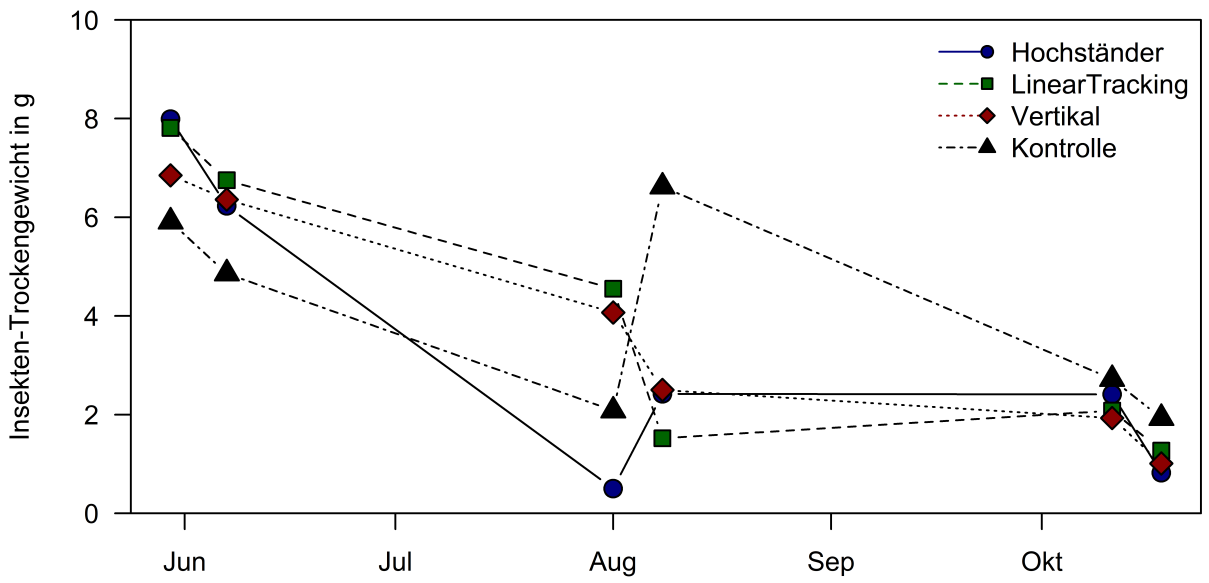

Abbildung 16: Mit Malaisefallen im Jahr 2022 erfasste Insekten-Biomasse (Trockengewicht in g) im Jahresverlauf

7.3.2 Metabarcoding Artenzusammensetzung

Das Metabarcoding des Probenmaterials ergab 1.299 OTUs (*Operational Taxonomic Units*), 1.026 OTUs konnte eine taxonomische Einheit zugeordnet werden. 935 wurden bis zum Familien-Niveau bestimmt, 729 bis zur Gattung und 494 bis zur Art. Für die Kombination aus den beiden Größenfraktionen ergab sich eine Sequenziertiefe zwischen etwa 24.000 und 53.000 Sequenzen (Mittelwert: 42.000 Sequenzen). Die ermittelte Gesamtartenzahl für die Untersuchung lag bei 596.

Die fünf häufigsten OTUs wurden der Gattung Delia (vermutlich Bohnenfliege *Delia platura* Meigen, 1826), der Art *Cantharis fusca* (Linnaeus, 1758, Gemeiner Weichkäfer), *Nephrotoma appendiculata* (Pierre, 1919, Gefleckte Wiesen-Krähenschnake), der Gattung Sarcophaga (Fleischfliegen, vermutlich *Sarcophaga variegata* Scopoli, 1763) und der Fliege *Botanophila fugax* (Meigen, 1826) zugeordnet.

Die erfassten Artenzahlen lagen zwischen 278 am Fallenstandort Hochständer und 322 an der Kontrolle (Abbildung 17). Der Unterschied wurde vorwiegend durch eine höhere Anzahl an Dipteren-Arten (Fliegen und Mücken) verursacht. Die meisten Arten wurden in den beiden Wochen der Sommer-Fangperiode nachgewiesen, allerdings war selbst im Oktober (Herbst Z3) noch eine Vielzahl an Arten nachzuweisen.

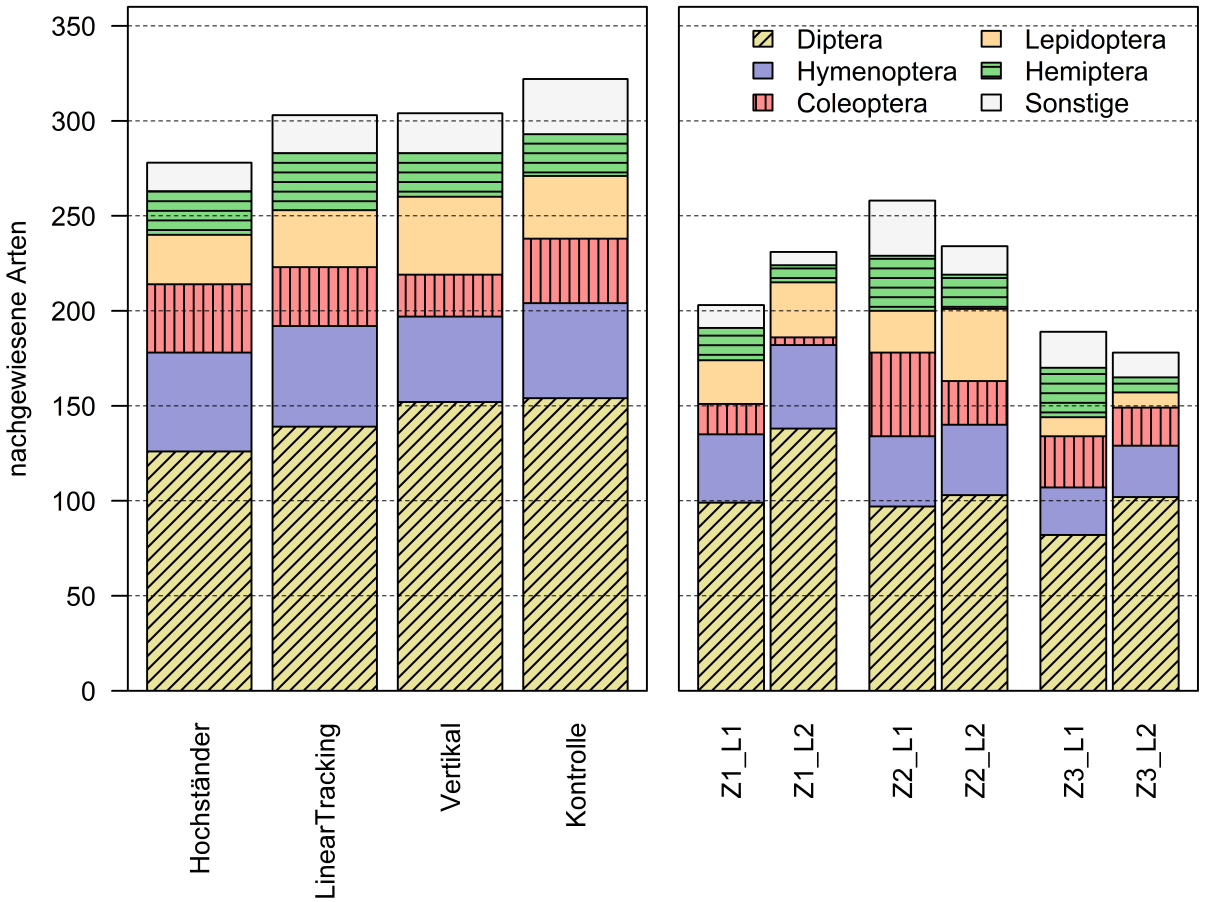

Abbildung 17: Mit Metabarcoding im Jahr 2022 erfasste Artenvielfalt von Gliederfüßern; links nach Standort, rechts nach Leerungsperiode

Die Ordination der mit den Malaisefallen erfassten Artengemeinschaft unter Berücksichtigung der relativen Anzahl an Sequenzen (*Reads*) differenzierte auf der ersten Achse sehr deutlich nach den Fangzeiträumen. Bei der Verwendung von Präsenz/Absenzdaten war dies zwar immer noch zu erkennen, aber weniger deutlich (Abbildung 18). Ein Unterschied in der Artengemeinschaft zwischen den Standorten Hochständer und Vertikal wurde für die zweite Ordinationsachse der Präsenz/Absenz-Analyse festgestellt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Für die Ordinationsachsen der Metabarcoding-Daten nachgewiesene Zusammenhänge mit dem Standort und dem Zeitraum (ANOVA, Signifikanzniveau = 0,05; ~ = signifikante Unterschiede; Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppenebenen) (Quelle: Johannes Burmeister)

Achsen		DCA1	DCA2	DCA3 (nicht dargestellt)	DCA4 (nicht dargestellt)
Abundanz	Standort	–	–	–	–
	Zeitraum	Frühjahr[a]; Sommer[b]; Herbst[c]	–	–	–
Präsenz/ Absenz	Standort	–	Vertikal ~ Hochständer	–	–
	Zeitraum	Frühjahr[a]; Sommer[b]; Herbst[c]	–	–	–

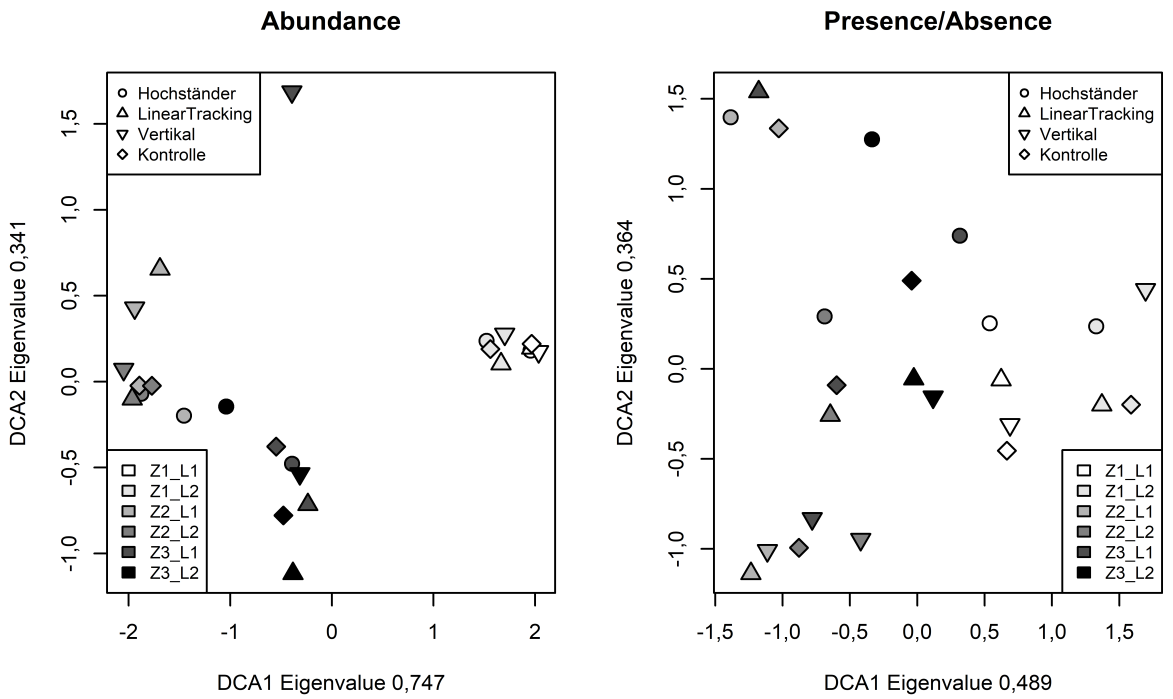

Abbildung 18: Ordination (Detrended Correspondence Analysis) der Arthropoden-Artengemeinschaft aus Metabarcoding; links mit Abundanz (relativer Anteil Sequenzen), rechts nur Präsenz/Absenz

Die Indikatorartenanalyse konnte für den Faktor-Zeitraum für 52 der 596 Arten ein statistisch auffälliges Muster feststellen. Die meisten Indikatorarten waren für das Frühjahr festzustellen (18), gefolgt von der Sommerperiode (14), der Kombination aus Frühjahr und Herbst (10), der Kombination aus Sommer und Herbst (6), der Herbstperiode (2) und der

Kombination aus Frühjahr und Sommer (2). Den höchsten Indikatorwert erreichten die Schlupfwespengattung Ctenochira (für Frühjahr), die auch an Klee lebende Pflanzenwespe *Euura myosotidis* (Fabricius, 1804, für Frühjahr), die als Larve an Süßgräsern lebende Fliegenart *Agromyza albipennis* (Meigen, 1830 für Frühjahr) und die Schwebfliege *Eupeodes luniger* (Meigen, 1822) die als Indikatorart für die Kombination aus Frühjahr und Herbst festgestellt wurde.

Für den Fallenstandort fanden sich fünf Indikatorarten, allerdings keine mit ausgesprochen deutlichen Ergebnissen. Ein nachvollziehbares Ergebnis war für die Lindenwanze (*Oxycarenus lavaterae* Fabricius, 1787) festzustellen, die an den Standorten Hochständer und LinearTracking mit der direkten Nähe zur Lindenallee häufiger war. Die Art stammt ursprünglich aus dem westlichen Mittelmeergebiet und etabliert sich momentan in großem Umfang in Bayern. Für den Standort LinearTracking wurde zudem die Gattung der Heupferde (Tettigonia) als Indikatorart ausgewiesen. Weiterhin trat je eine Fliegenart als Indikatorart für den Standort Vertikal, die Kombination der Standorte ohne den Standort Kontrolle und die Kombination der Standorte ohne den Standort Hochständer auf, ohne dass hierfür eine ökologische Erklärung offensichtlich gewesen wäre.

7.3.3 Sortierung Bodenfallen

Die Fänge mit Bodenfallen am Sockel der Hochspannungsleitung (Strommast) wiesen im Vergleich mit den Fallenstandorten auf der Ackerfläche eine deutlich abweichende Zusammensetzung der festgestellten Tiergruppen auf (Abbildung 19). Ameisen kamen hier sehr häufig vor, sie fehlten auf der Ackerfläche weitgehend, auch wenn diese bereits seit etwa zwei Jahren als Kleegraswiese bewirtschaftet war. Geht man davon aus, dass die Ameisen (vorwiegend *Lasius cf. niger* Linnaeus, 1758) von der fehlenden Bodenbearbeitung, den sich erwärmenden Fundamenten und der Spontanvegetation dort profitieren, könnten Ameisen auch verstärkt im nicht mehr geackerten Bereich an den Aufständerungen bzw. im Grünstreifen unterhalb der Photovoltaikmodule erwartet werden. Die übrigen Tiergruppen zeigten mit Ausnahme sonstiger Käfer eine eher geringere Aktivitätsdichte im Bereich des Strommasts.

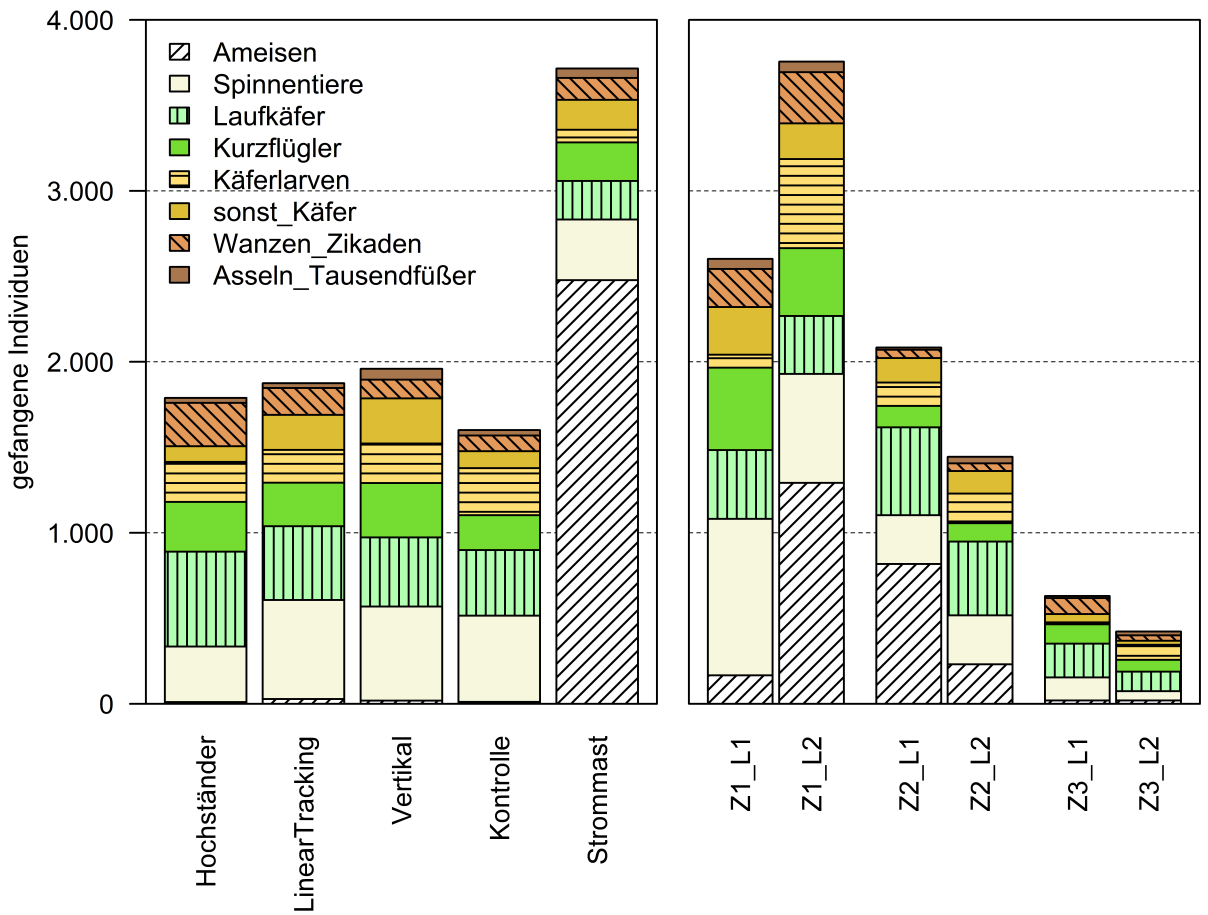

Abbildung 19: Mit Bodenfallen im Jahr 2022 erfasste epigäische Gliederfüßer; links nach Standort, rechts nach Leerungsperiode

Zwischen den zukünftigen Standorten der verschiedenen Solarpanel-Typen bestanden bereits in der Grundaufnahme Abweichungen von einer anzunehmenden zufälligen Verteilung auf die Bodenfallen. Dies ist allerdings für entsprechende Untersuchungen nicht ungewöhnlich. Zwar wurden in der Kontrolle insgesamt am wenigsten Individuen gefangen, jedoch konnte auf Gruppenniveau kein gleichgerichteter Unterschied zwischen den Tiergruppen festgestellt werden. Am stärksten war der Unterschied bei den sonstigen Käfern, die auf den Standorten LinearTracking und Vertikal am zahlreichsten auftraten, sowie den Wanzen und Zikaden, die am Standort Hochständer verstärkt gefangen wurden. Am geringsten war der Unterschied bei den Käferlarven und Ameisen.

7.3.4 Laufkäfer

Insgesamt wurden 1.977 Laufkäfer aus 30 Laufkäferarten erfasst. Am häufigsten war die für Ackerlebensräume mit offenem Boden typische Art *Bembidion quadrimaculatum* (Linnaeus, 1761), gefolgt von *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) und *Bembidion lampros* (Herbst, 1784). Deutlich am meisten Individuen wurden am Standort Hochständer gefangen, weniger als die Hälfte am Strommast. Die übrigen Standorte zeigten vergleichbare Individuenzahlen. Der große Unterschied in der erfassten Aktivitätsdichte ist vorwiegend auf die Leerungsperiode im Frühjahr zurückzuführen. Hinsichtlich der Artenzahl waren die Standorte sehr ähnlich. Der maximale Unterschied betrug zwei Arten. In den Fallen am Strommast konnte erwartungsgemäß mit 20 Arten der höchste Artenreichtum festgestellt werden. Die meisten Individuen wurden im Sommer nachgewiesen (934), die wenigsten im Herbst (306, Frühjahr: 737).

Die Ordination der Artengemeinschaft der Laufkäfer unter Berücksichtigung der Aktivitätsdichte konnte deutliche Unterschiede zwischen den Zeiträumen der Untersuchung aufzeigen (Abbildung 20). Aber auch für die Präsenz/Absenz-Ordination war der Untersuchungszeitraum der entscheidende differenzierende Faktor auf allen vier Achsen (Tabelle 6). Unterschiede zwischen den Fallenstandorten waren zum Teil für die Fallen am Strommast gegenüber den Fallen auf der Ackerfläche festzustellen.

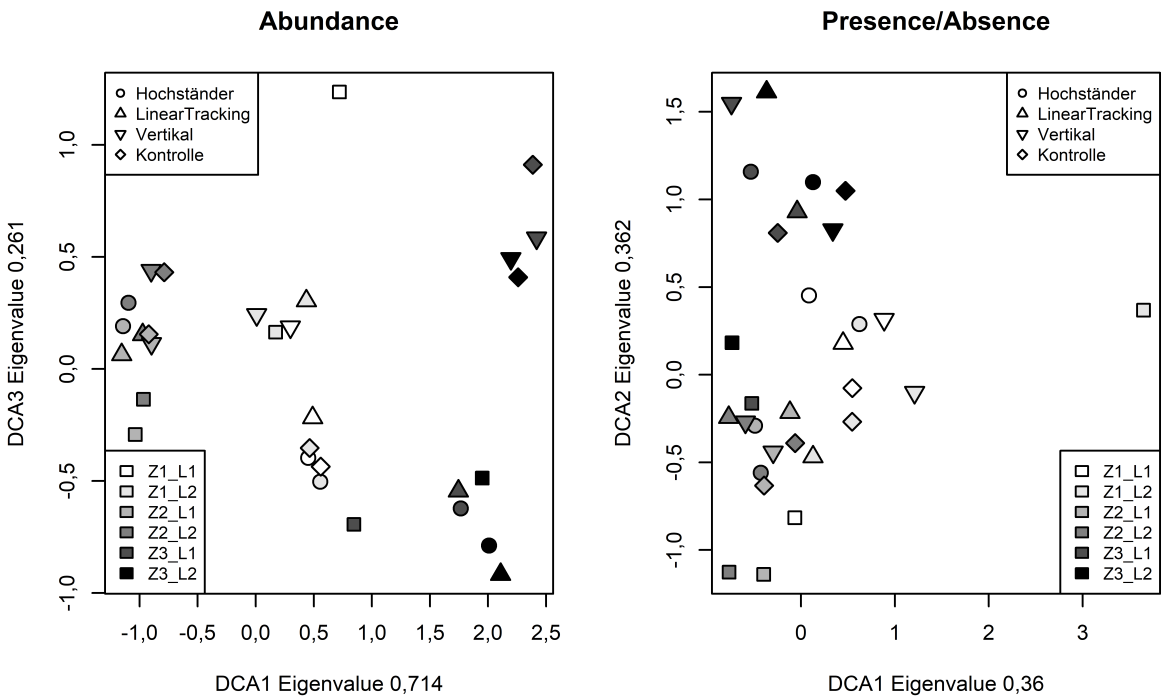

Abbildung 20: Ordination (Detrended Correspondence Analysis) der Laufkäfer-Artengemeinschaft, links mit Abundanz, rechts nur Präsenz/Absenz

Tabelle 6: Für die Ordinationsachsen der Laufkäferartengemeinschaften nachgewiesene Zusammenhänge mit dem Standort und dem Zeitraum, (A-NOVA, Signifikanzniveau = 0,05, ~ = signifikante Unterschiede; Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppenebenen) (Quelle: Johannes Burmeister)

Achsen		DCA1	DCA2	DCA3 (nicht dargestellt)	DCA4 (nicht dargestellt)
Abundanz	Standort	–	–	–	Strommast ~ alle
	Zeitraum	Frühjahr[a] Sommer[b] Herbst[c]	–	–	Frühjahr[a] Sommer[b] Herbst[b]
Präsenz/ Absenz	Standort	–	Strommast ~ alle	–	–
	Zeitraum	Frühjahr[a] Sommer[b] Herbst[b]	Frühjahr[a] Sommer[b] Herbst[c]	Frühjahr[a] Sommer[b] Herbst[a]	Frühjahr[ab] Sommer[a] Herbst[b]

Die Durchführung der Indikatorartenanalyse konnte für eine Art – *Loricera pilicornis* (Fabricius, 1775) – einen sehr deutlichen Zusammenhang mit dem Frühjahr feststellen. Die Art ist häufig auf Ackerflächen anzutreffen, gilt allerdings als hygrophil. Drei Arten waren als charakteristisch für die Sommerperiode einzustufen. Für *Bembidion quadrimaculatum* als typischer Vertreter von Ackerflächen und Rohböden kann spekuliert werden, dass dieser durch die umgebrochene Ackerfläche angelockt wurde. Die Art ist gut flugfähig. *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777) tritt als Larval-Überwinterer spät im Jahr auf. Hier wurde er vorwiegend im Hochsommer und weniger im Herbst gefangen. Für die dritte Art – *Pterostichus vernalis* (Panzer, 1796) – ist das verstärkte Auftreten auf dem frisch bearbeiteten Acker im Hochsommer eher ungewöhnlich, ist sie doch eher auf Wiesen, Brachen und Randstreifen zu finden. Möglicherweise steht der vorhergehende langjährige Kleegrasbestand hiermit in Verbindung. Die typischen Arten für die Herbstperiode waren *Trechus quadristriatus* (Schrank, 1781) und *Notiophilus aestuans* (Dejean, 1826). Ersterer ist bekannt für seine sehr variable Phänologie und ist die dominante Art auf Äckern im Winter und Spätherbst. *Poecilus cuperus* und *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824) traten als typische Imaginal-Überwinterer kaum im Herbst auf. *Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792) zeigt über das Jahr häufig zwei ausgeprägte Kohorten, entsprechend fehlte die Art im Sommer vollständig.

Als einzige Art, die über die Leerungsperioden hinweg eine Bindung an einen Standort zeigte, fiel *Anchomenus dorsalis* (Pontotppidan, 1763) auf. Die Art war verstärkt am Strommast zu finden, ihre Biologie ist geprägt durch einen jahreszeitlichen Habitatwechsel mit Überwinterung in Randstreifen und Hecken und anschließender Einwanderung in angrenzende Felder. Nach der Ernte verlassen die Tiere das Feld. Durch mehrjährigen Kleegrasanbau kann die Art vermutlich gefördert werden. Es ist wahrscheinlich, dass *Anchomenus dorsalis* in den Ruderalbereichen des Strommasts überwintert, um ihn hier allerdings in

größerer Stückzahl nachzuweisen, war die Frühjahrsperiode deutlich zu spät, da Aktivität und Ausbreitung bereits im April beginnen.

7.3.5 Spinnen

Insgesamt wurden 1.853 Spinnen aus 32 Spinnenarten erfasst. Die häufigste Art war die Wolfsspinne *Pardosa agrestis* (Westring, 1861), gefolgt von den Baldachinspinnen *Erigone atra* (Wider, 1834) und *Erigone dentipalpis* (Wider, 1834). Die meisten Individuen wurden im Erhebungszeitraum des späten Frühjahrs mit Kleegras auf der Ackerfläche gefangen. Die Aktivitätsdichte im Herbst war um den Faktor 7 geringer als im Frühjahr (Abbildung 21). Zwischen den untersuchten Varianten bestanden größere Unterschiede in der Aktivitätsdichte, so wurden am Strommast beinahe nur halb so viele Spinnen gefangen wie weiter südlich am Fallenstandort VertikalTracking. Die Anzahl nachgewiesener Arten lag zwischen 21 (Strommast) und 15 (Kontrolle). Am Strommast waren somit bei geringster Anzahl gefangener Individuen der Artenreichtum und die Diversität am höchsten. Der Unterschied zwischen den Standorten auf der Ackerfläche lag mit fünf Arten verglichen mit der Gesamtartenzahl höher als bei den Laufkäfern.

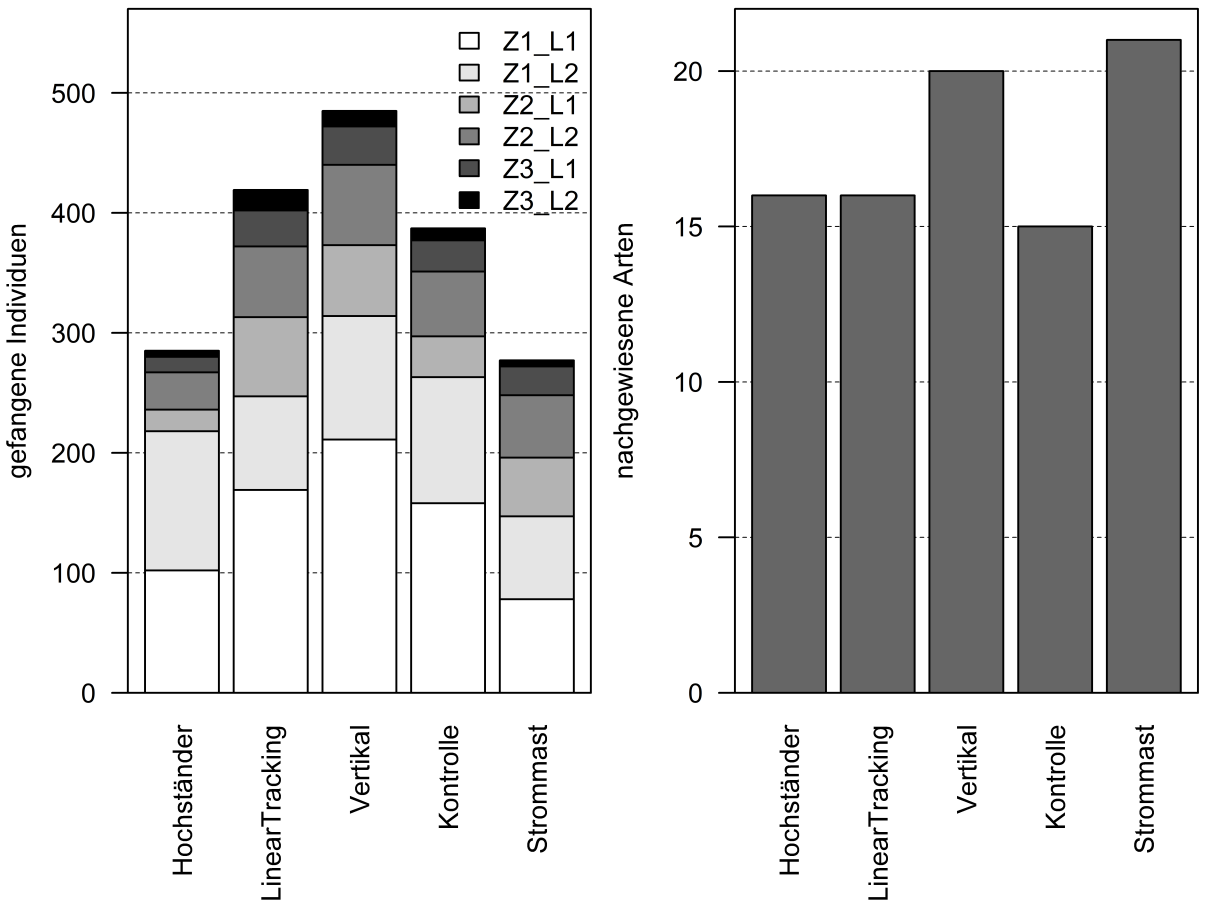

Abbildung 21: Mit Bodenfallen im Jahr 2022 erfasste Spinnen nach Fallenstandort; links: Aktivitätsdichte (Anzahl gefangener Individuen); rechts: Anzahl nachgewiesener Arten

Die Ordination der Artengemeinschaft der Spinnen ist Abbildung 22 zu entnehmen. Die erfassten Gemeinschaften unterscheiden sich der Phänologie der Arten entsprechend besonders deutlich zwischen den Jahreszeiten der Erhebung. Auf der dritten und vierten Ordinationsachse wurden auch Unterschiede zwischen den Standorten gefunden (Tabelle 7). Für die dritte Ordinationsachse zeigten sich geringfügige Unterschiede zwischen den Spinnen-Gemeinschaften der Ackerfläche (Hochständer für Abundanz, Vertikal für Präsenz/Absenz) und der Spinnen-Gemeinschaft am Strommast. Unterschiede auf der Ackerfläche waren wie auch bei den Metabarcoding-Daten für den Standort Vertikal gegenüber dem Standort Hochständer nachzuweisen.

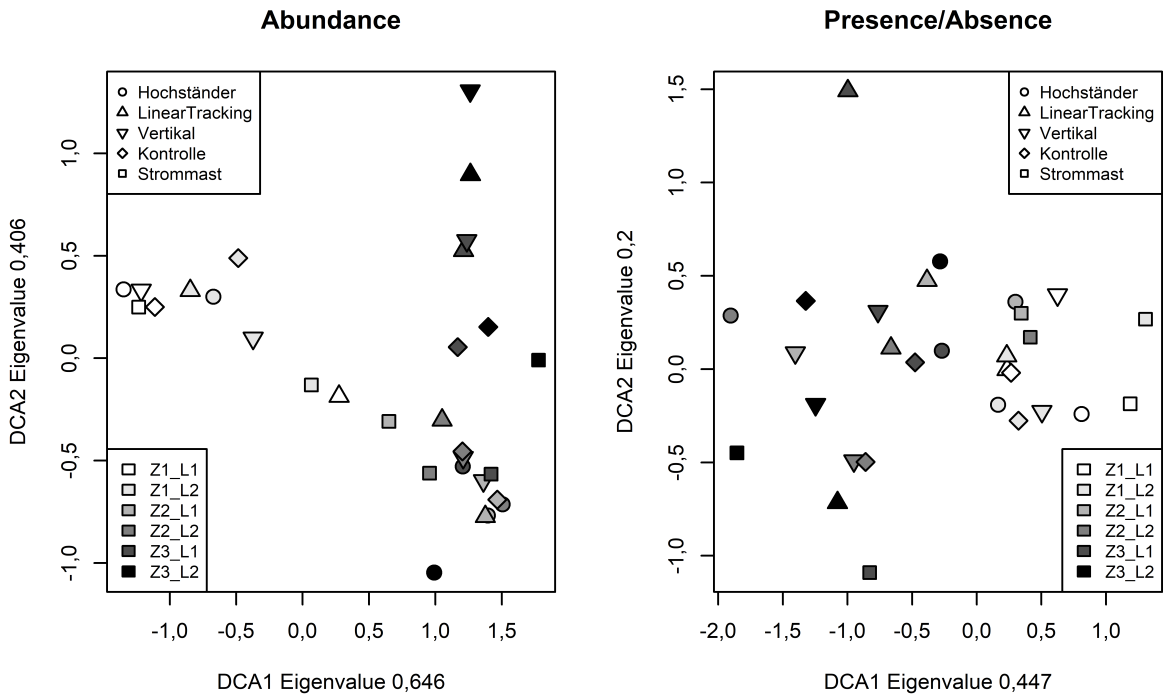

Abbildung 22: Ordination (Detrended Correspondence Analysis) der Spinnen-Artengemeinschaft, links mit Abundanz, rechts nur Präsenz/Absenz

Tabelle 7: Für die Ordinationsachsen der Spinnengemeinschaften nachgewiesene Zusammenhänge mit dem Standort und dem Zeitraum (ANOVA, Signifikanzniveau = 0,05, ~ = signifikante Unterschiede; Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppenebenen) (Quelle: Johannes Burmeister)

Achsen		DCA1	DCA2	DCA3 (nicht dargestellt)	DCA4 (nicht dargestellt)
Abundanz	Standort	–	–	Strommast ~ Hochständer	–
	Zeitraum	Frühjahr ~ Sommer Herbst	Sommer ~ Herbst, Frühjahr	Sommer ~ Herbst, Frühjahr	Sommer ~ Herbst, Frühjahr
Präsenz/ Absenz	Standort	–	–	Strommast ~ Vertikal	Vertikal ~ Hochständer
	Zeitraum	Frühjahr ~ Sommer, Herbst	–	Frühjahr ~ Herbst	Sommer ~ Herbst, Frühjahr

7.3.6 Diskussion der Ergebnisse und Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen können als Grundlage für die weitere Entwicklung der Fauna flugfähiger und am Boden aktiver Insekten auf der Versuchsfläche herangezogen werden. Die spezielle Situation der Fläche, insbesondere der Umbruch des Kleegrases in der Hauptvegetationsperiode und das Brachliegen des Felds ohne nennenswerten Bewuchs über den Sommer stellen allerdings eine besondere Situation dar, die in dieser Form für eine Fruchtfolge nicht wieder zu erwarten ist. Waren die Aufnahmen im Frühjahr stark geprägt durch das überjährige Kleegras, ist der Sommer durch offenen, voll besonnten und entsprechend oberflächlich ausgetrockneten Boden gekennzeichnet. Der Untersuchungszeitraum im Herbst ist ansatzweise vergleichbar mit unbestellten, stoppelbearbeiteten Äckern nach der Getreideernte.

Die Untersuchungen konnten ebenfalls zeigen, dass die angewandten Methoden durchaus mit relevanten Schwankungen für die gleichermaßen bewirtschaftete Fläche behaftet sind. Inwieweit diese einer unterschiedliche Verteilung über die Fläche oder zufälligen Effekten zuzuordnen sind, ist nicht abschließend zu klären. Um beispielsweise eine Zunahme der Artenzahl durch die Photovoltaikmodule anzunehmen, sollte der aus zukünftigen Untersuchungen abgeleitete Effekt im Vergleich zur Kontrolle den in der Grundaufnahme festgestellten Unterschied deutlich überschreiten. Für diesen Zweck eignen sich die vorliegenden Untersuchungen und können so zumindest teilweise das Fehlen echter Wiederholungen kompensieren.

Die zukünftige Lage der Kontrollfläche ist noch unklar, da durch die neu angelegte Hecke, der Effekt der PV-Anlagen möglicherweise überdeckt wird, auf den Nachbarflächen nicht die gleiche Bewirtschaftung gewährleistet ist und die Freifläche im Süden den Feldrändern und angrenzenden Siedlungsgebieten näher ist. Aus momentaner Sicht scheint die Vari-

ante im Süden jedoch am geeignetsten, auch wenn hier die nicht durch die Module beeinflusste Fläche klein ist.

Die Bedeutung von Mastfußflächen für eurytope Arten der Agrarlandschaft als Trittsteine oder auch dauerhafte Lebensräume haben bereits Walz *et al.* 2020 [38] dargestellt. Auch in der vorliegenden Untersuchung lieferten die Aufnahmen dort die höchsten Artenzahlen für Spinnen und Laufkäfer. Auch konnten bereits Hinweise erbracht werden, dass einige Arten hier Rückzugsräume finden. Darunter auch potenziell nützliche Arten wie der Laufkäfer *Anchomenus dorsalis*. Durch die hohe Stickstoffversorgung der Flächen sind Brennnesseln häufige Begleitpflanzen, diese werden z. T. als Raupenpflanzen von Tagfaltern genutzt. Ähnlichkeiten zu den zukünftigen nicht mehr geackerten Flächenanteilen der Agri-PV Anlagen ergeben sich durch die Bodenruhe, die hohe Stickstoffversorgung und die vorhandenen technischen Bauteile, Unterschiede durch die Beschattung und die räumliche Ausdehnung. Die zukünftigen Untersuchungen sollen auch die Mikrohabitate an den PV-Modulen berücksichtigen.

Die festgestellte Fauna kann als typisch für die offenen Agrarlandschaft angesehen werden. Auffällig war das sehr individuenstarke Auftreten der Krähenschnaken *(Nephrotoma appendiculata*) und des Weichkäfers (*Cantharis fusca*) in der Frühjahrsperiode. Die zu diesem Zeitpunkt erfasste Biomasse von bis zu 8 g lag in etwa in den oberen 5 % der für die einwöchige Leerungsperiode erfassten Werte aus 120 Proben (40 Flächen, drei Leerungen) des Projekts „Evaluierung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen auf Insekten – Teilprojekt 1: AUM in Ackerlandschaften“ auf landwirtschaftlichen Flächen und Gewässerrandstreifen (Birnbeck in Vorb.). Vermutlich förderte das mehrjährige Kleegras die Larven dieser Insektenarten bereits im Vorjahr.

7.4 Mikroklimatische Untersuchungen

In einem intensiven Austausch mit den Projektverantwortlichen des Partnerprojekts „Doppelte Landnutzung durch gartenbauliche Produktion in Verbindung mit digitalisierter Steuerung von Agri-Photovoltaikmodulen als Anpassungsstrategien gegen den Klimawandel und für den Ausbau erneuerbarer Energien (DoLaPhoGa)“ der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau sowie Ingo Fanieng von der Agrarmeteorologie der LfL wurde ermittelt, welche Sensoren und Technologie nötig sein würden, um die in Unterkapitel 4.3 erläuterten Zielgrößen messen zu können. Zunächst hat Fanieng mündlich versichert, am Standort der Agri-PV-Anlage in Dietratried eine agrarmeteorologische Wetterstation mit finanziellen Mitteln seiner Abteilung zu installieren, um das agrarmeteorologische Messnetz in Bayern zu erweitern. Darüber hinaus werden weitere Sensoren gebraucht, um zusätzliche Parameter zu erfassen und zu übertragen. Eine Liste mit den notwendigen Sensoren wurde daraufhin erarbeitet. Zudem wurde entschieden, die Übertragung der zusätzlich gewonnenen Daten mittels des LoRaWan-Netzwerks zu realisieren. LoRa (*Long Range*) ist eine Low-Power-Wide-Area-Network-Technologie (LPWAN) der Firma Semtech. Anhand dieser Technologie ist es möglich, Daten mit einem niedrigen Energieverbrauch über Funk und große Reichweiten zu senden. Mit den Projektmitteln aus diesem

Projekt wurden am 20.04.2023 für einen Wert von 3.446,70 € Sensoren bestellt. Dabei handelte es sich um Sensoren für die Messung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in zwei Metern Höhe, Blattfeuchte-Sensoren und LoRaWan-Multi-Interface-Controller für die Datenerfassung verschiedener Sensoren und Geräte. Eine Übersicht der notwendigen Sensoren ist in Tabelle 8 dargestellt. Kursivierung kennzeichnet die bereits bestellte Messtechnik.

Tabelle 8: Liste der für die mikroklimatische Untersuchung vom TFZ zu beschaffenden Komponenten (kursiv = bereits beschafft)

Komponente
rain[e] LP wiegender Niederschlagssensor, SDI-12
Pyranometer 1400 W/m2 = 10 V
Sensorkabel rain[e], Länge 10 m
Sensorkabel für Modbus-Sensoren, 12 m
TBS12S LoRa-Node
Milesight UC501 Multi Interface Controller (Class C) – solarbetrieben
Dragino N95S31B NB-IoT Outdoor Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor
Dragino LSN50 v2 D22 wasserdichter Outdoor-Temperatursensor für zwei Sonden
Dragino LSN50 v2 S31B wasserdichter Outdoor-Temperatursensor
Dragino LoRaWAN Blattfeuchtesensor
Barani Design MeteoWind IoT Pro
Decentlab DL-PAR Sensor für fotosynthetisch wirksame Sonneneinstrahlung

Bei den verbleibenden Sensoren handelt es sich um Niederschlagssensoren, Temperatursensoren für die Messung im Boden sowie im Pflanzenbestand, Sensoren für die Windgeschwindigkeit und Sensoren für die Messung der fotosynthetisch wirksamen Sonneneinstrahlung. Diese werden aus den dafür vorgesehenen Projektmitteln des Projekts „PilotAgriPV“ erworben.

7.5 Umfrage zur Akzeptanz

7.5.1 Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt nahmen 428 Personen an der Umfrage teil. 76 wurden aufgrund unvollständigen Ausfüllens des Fragebogens von der Auswertung ausgeschlossen. Somit flossen Daten von 352 Fragebögen in die finale Auswertung ein. Aufgrund der Tatsache, dass nur die Bürgerinnen und Bürger, die in der Nähe der entstehenden Agri-PV-Anlagen wohnen, befragt wurden, handelt es sich um keine repräsentative Umfrage zur Akzeptanz von Agri-PV allgemein, sondern um regional gültige Aussagen.

Das Durchschnittsalter der Stichprobenteilnehmer betrug etwa 53 Jahre. Die Stichprobe wurde in vier Altersgruppen aufgeteilt (Tabelle 9). 75 Personen, 21,3 %, konnten aufgrund der Angabe zur Postleitzahl der Gemeinde Wolfertschwenden zugeordnet werden. Die verbleibenden 277 Personen kamen demnach aus den Gemeinden Poing, Kirchheim oder Pliening, das entspricht 78,7 %. 62,5 % der Teilnehmer sind männlich, 35,8 % weiblich. Jeweils drei Personen, also 0,9 %, gaben an, divers zu sein, bzw. gaben keine Antwort an.

Mit 94,9 % gab ein Großteil der Befragten an, nicht in der Landwirtschaft tätig zu sein. 2,6 % sind in der praktischen Landwirtschaft tätig und 1,7 % im vor- oder nachgelagerten Bereich. Ähnlich wurde die Frage nach dem Besitz landwirtschaftlicher Flächen beantwortet: 90,6 % besitzen keine landwirtschaftlichen Flächen. 2,8 % besitzen landwirtschaftliche Flächen und bewirtschaften sie auch selbst und 6,3 % besitzen Flächen, die sie verpachten. Die Frage, ob sie selbst eine PV-Anlage (Dach- oder Freiflächenanlage) besäßen, bejahten 41,8 % der Befragten.

Für zahlreiche Fragestellungen wurde untersucht, ob es relevante Unterschiede im Antwortverhalten zwischen den Gemeinden, Altersgruppen oder landwirtschaftlichen Hintergründen gab. Dies war nicht der Fall, daher wird in der nachfolgenden Auswertung die gesamte Stichprobe betrachtet.

Tabelle 9: Beschreibung der Stichprobe (n = 352) anhand der soziodemographischen Merkmale

	Häufigkeit	**Prozent**
Altersgruppe		
18–30 Jahre	14	3,9 %
31–50 Jahre	146	41,5 %
51–70 Jahre	145	41,2 %
> 71 Jahre	45	12,8 %
Keine Angabe	2	0,6 %
Gemeinde(n) nach PLZ		
Wolfertschwenden	75	21,3 %
Poing, Kirchheim, Pliening	277	78,7 %
Geschlecht		
Männlich	220	62,5 %
Weiblich	126	35,8 %
Divers	3	0,9 %
Keine Angabe	3	0,9 %

7.5.2 Einstellung zu Erneuerbaren Energien

Insgesamt wurden erneuerbare Energien von 83,5 % als „positiv“ bewertet. Zusätzlich schätzten sie noch 12,8 % als „eher positiv“ ein. Ferner wurde danach gefragt, wie verschiedene Erzeugungsformen erneuerbarer Energie hinsichtlich finanzieller Förderung und Beeinträchtigung des Landschaftsbilds bewertet werden. Der Aussage, ob die Befragten die finanzielle Förderung erneuerbarer Energien insgesamt befürworten, stimmten 62,8 % „voll und ganz zu“, während zusätzliche 30,7 % dieser Aussage zustimmten. Darüber hinaus wurde abgefragt, wie die finanzielle Förderung verschiedener Formen erneuerbarer Energien, nämlich PV-Freiflächen sowie -Dachanlagen, Windkraftanlagen, Wasserkraftanlagen und Biogasanlagen, akzeptiert wird. Die höchsten Zustimmungswerte erreichten PV-Dachanlagen. Insgesamt 95,5 % der Befragten stimmten deren finanzieller Förderung zu oder voll und ganz zu. Wasserkraft- und Windkraftanlagen folgten mit 83,8 % bzw. 83,5 %. 78,4 % trafen diese Aussagen bezüglich PV-Freiflächenanlagen und 68,9 % für Biogasanlagen. Bei Letzteren standen zusätzlich 17,9 % der Befragten der finanziellen Förderung neutral gegenüber.

Danach wurde abgefragt, inwiefern die gleichen Erzeugungsformen das Landschaftsbild einschränken. Die Ergebnisse sind in Abbildung 23 dargestellt.

43,2 % der Befragten gaben an, dass es in ihrer Nähe eine PV-Freiflächenanlage gibt. Der Aussage, ob vorrangig Dachflächen genutzt werden sollten, bevor landwirtschaftliche Flächen mit Photovoltaik belegt werden, stimmten 30,9 % voll und ganz zu. 31,5 % stimmten zu und 20,5 % standen dieser Aussage neutral gegenüber. Nur 12,5 % stimmten nicht und 4,6 % gar nicht zu.

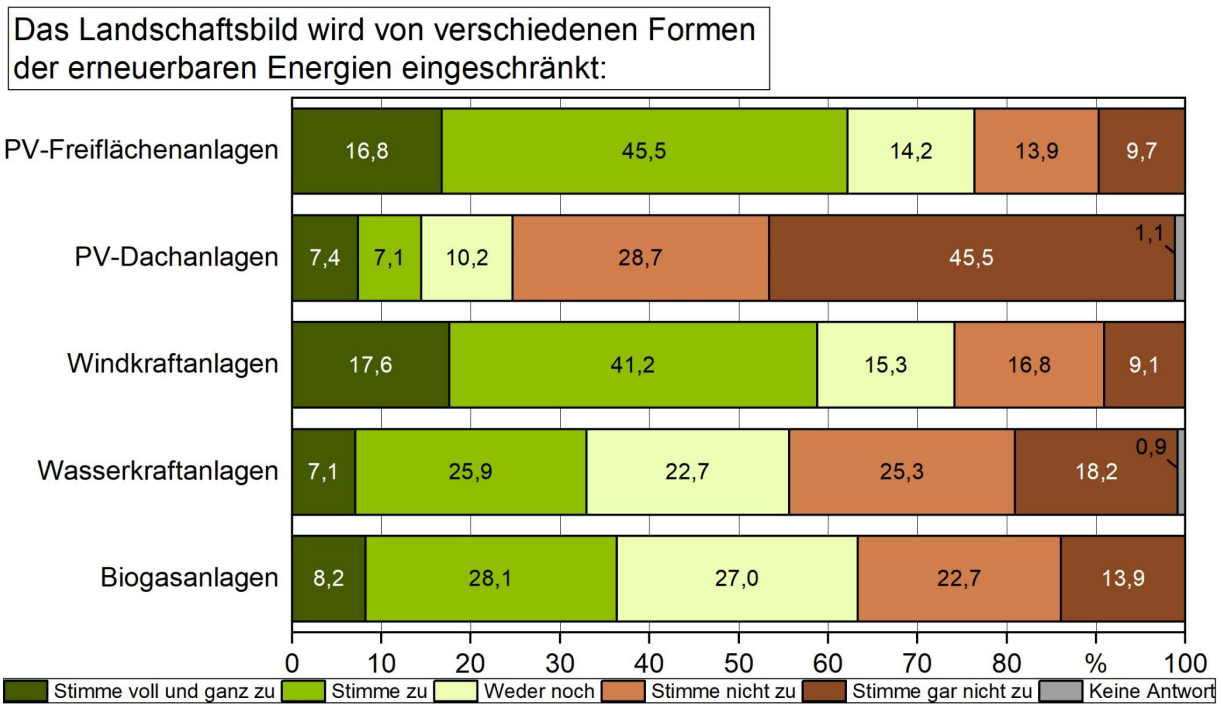

Abbildung 23: Aussagen über die Einschränkung des Landschaftsbilds durch verschiedene Formen erneuerbarer Energien

7.5.3 Einstellung zu Agri-PV

Zu Beginn wurde im nächsten Frageblock der Wissenstand zu Agri-PV abgefragt. Die Aussage „Wenn von Agri-PV gesprochen wird, weiß ich genau was gemeint ist.“ traf für 34,9 % der Teilnehmer voll und ganz und auf 49,4 % überwiegend zu. In Abbildung 24 sind die Einschätzungen zu verschiedenen abgefragten Statements zur Agri-PV dargelegt. Folglich stimmten insgesamt 85,3 % zu oder voll und ganz zu, dass Agri-PV die Energiewende voranbringt. 74,7 % gingen davon aus, dass Agri-PV einen positiven Effekt auf die Umwelt hat. Unentschlossener waren die Befragten bei der Aussage, dass sich Agri-PV positiv auf die Landwirtschaft auswirkt. 40,9 % sahen hier weder einen positiven noch einen negativen Effekt und insgesamt 40,1 % stimmten dieser Aussage voll und ganz zu oder zu. Dass Agri-PV die Pachtpreise für landwirtschaftliche Flächen beeinflussen kann, hielten insgesamt 62,8 % für möglich, 34,1 % bewerteten dies neutral. Einen alleinigen Nutzen der Agri-PV für die Landwirte oder Investoren sahen die Befragten nicht: 31,5 % bzw. 33 % bewerten diese Aussagen mit „weder noch“ und 53,7 % bzw. 39,8 % stimmten diesen Aussagen jeweils nicht oder gar nicht zu.

In einer weiteren Frage wurden die grundlegende Meinung und Akzeptanz zu Agri-PV-Anlagen abgefragt, sofern diese in der Nähe des Wohnorts der Befragten errichtet würde und sie diese demnach regelmäßig sehen würden. Die Befragten konnten zwischen acht Angaben wählen. Einer Einstellung der aktiven Gegnerschaft oder Ablehnung hatten sich nur 4,3 % bzw. 5,1 % zugeordnet. 5,4 % sahen sich in einem Zwiespalt. 2 % blickten gleichgültig auf die Errichtung einer Agri-PV-Anlage in ihrer Nähe und 6,8 % antworteten, sie würden diese dulden. Weitaus mehr Personen bewerteten diese Frage positiv: 33,8 %

würden die Agri-PV-Anlagen akzeptieren, jedoch gleichzeitig Bedingungen daran knüpfen, 34,4 % würden dem Vorhaben zustimmen und 8 % wären begeistert.

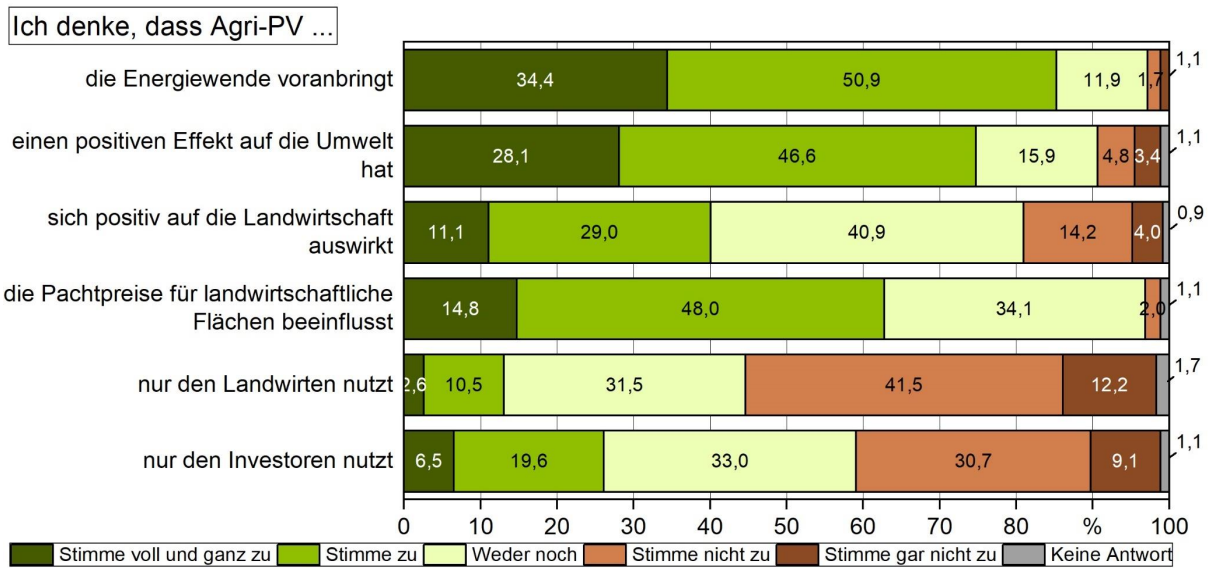

Abbildung 24: Aussagen über Agri-PV

Bei der darauffolgenden Frage wurden in einem direkten Vergleich Agri-PV-Anlagen und PV-Freiflächenanlagen gegenübergestellt. Es wurde jeweils ein Bild einer PV-FFA und im Vergleich dazu Bilder einer vertikalen, hoch aufgeständerten und nachgeführten Agri-PV-Anlage gezeigt. Die Befragten sollten dann jeweils bewerten, ob die Agri-PV-Anlagen hinsichtlich des Landschaftsbilds, des Flächenverbrauchs bzw. des Erhalts der landwirtschaftlichen Produktion und der Biodiversität besser oder schlechter sind als die PV-FFA. Die Ergebnisse sind in Abbildung 25 dargestellt.

Hinsichtlich der Bewertung des Landschaftsbilds schnitt die vertikale Agri-PV-Anlage am besten ab. Insgesamt 62,8 % sagten, dass die Agri-PV-Anlage besser oder eher besser ist als die PV-FFA. Die nachgeführte Agri-PV-Anlage lag mit 56,6 % dahinter. Die hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage bewerteten noch 42 % besser oder eher besser. 40,6 % der Befragten fanden, dass es keinen Unterschied gibt, und 13,1 % gaben an, dass das Landschaftsbild eher schlechter ist als bei PV-FFA.

Beim Flächenverbrauch bzw. Erhalt der landwirtschaftlichen Produktion lagen die drei Agri-PV-Anlagentypen dichter beieinander. Die Befragten bewerteten die drei Agri-PV-Anlagentypen in dieser Hinsicht zu 81,2 % bis 70,8 % besser oder eher besser als PV-FFA. Die vertikale Agri-PV-Anlage wurde dabei am besten bewertet, die nachgeführte Agri-PV-Anlage mit 70,8 % am schlechtesten und die hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage lag mit 76,8 % dazwischen.

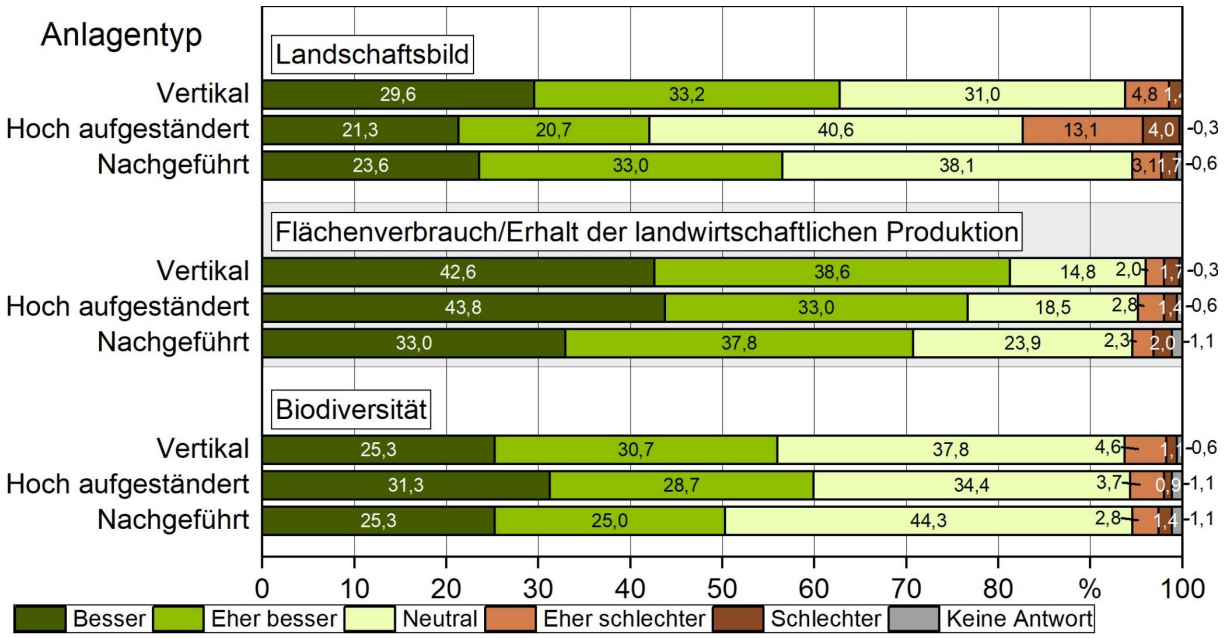

Abbildung 25: Aussagen über den Vergleich von Agri-PV-Anlagen und PV-Freiflächenanlagen

Auch bei den Auswirkungen der verschiedenen Agri-PV-Anlagen auf die Biodiversität wurden die Agri-PV-Anlagen ähnlich bewertet. 60 % der Befragten gaben an, dass sich die hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage besser oder eher besser auf die Biodiversität auswirkt als die PV-FFA. Es folgten die vertikale Agri-PV-Anlage mit 56 % und die nachgeführte Agri-PV-Anlage mit 50,3 % für die entsprechende Bewertung.

Nachdem die Befragten die verschiedenen Agri-PV-Anlagentypen kennenlernen und bewerten konnten, wurde abgefragt, wie die Agri-PV insgesamt das Landschaftsbild im Vergleich zu PV-FFA beeinflussen. Wie in Abbildung 26 zu sehen ist, beeinflusst die Agri-PV das Landschaftsbild laut den erhaltenen Antworten der Befragten zu 26 % positiver und 39 % eher positiver als PV-FFA. Für 25 % der Befragten gab es keinen Unterschied. Lediglich 8 % bewerteten die Auswirkung auf das Landschaftsbild als eher negativer und 2 % als negativer.

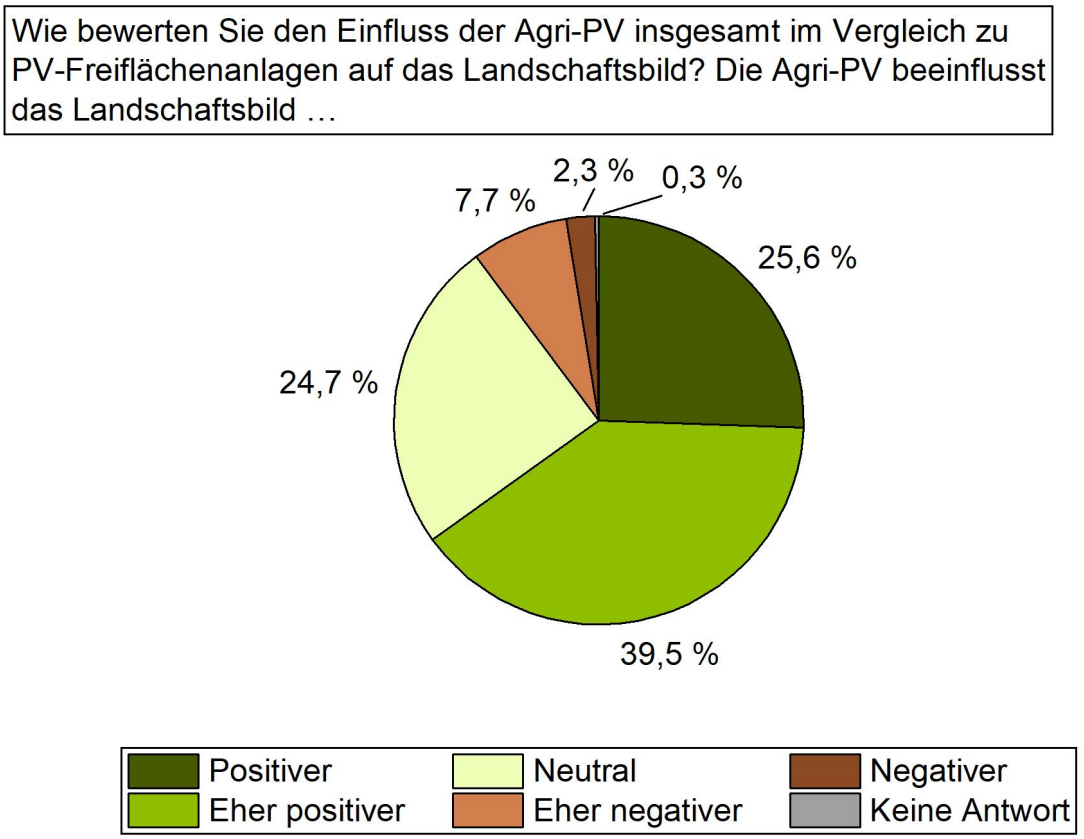

Abbildung 26: Aussagen über die Beeinflussung des Landschaftsbilds durch Agri-PV im Vergleich zu PV-FFA

7.5.4 Wissen über kommunale Entscheidungsprozesse

In diesem vorletzten Frageblock wurde zunächst abgefragt, wie die Befragten ihr Wissen über die Planung kommunaler Bauvorhaben einschätzen würden. 4,8 % der Befragten schätzten ihr Wissen als sehr gut ein, 21 % als gut. Der größte Teil, 43,8 %, wählten mit „geht so“ die mittlere Auswahlmöglichkeit. 21,6 % gaben an, über ein schlechtes Wissen zur Planung kommunaler Bauvorhaben zu verfügen, und 8 % gaben an, dass ihr Wissen darüber sehr schlecht sei. Bei der nächsten Frage sollte angegeben werden, ob die Befragten schon einmal an einer Gemeinderatssitzung zu einem kommunalen Bauvorhaben teilgenommen haben. 34,7 % bejahten dies. Demgegenüber hatten 65,3 % noch nie an solch einer Sitzung teilgenommen. Abschließend wurde erfragt, wer an der Gemeinderatssitzung teilgenommen hat, bei der die konkrete Agri-PV-Anlage offiziell vorgestellt wurde, die in Grub bzw. Dietratried entstehen wird. Hier waren es 9,7 %, die dies bejahten, und 90 %, die nicht teilgenommen hatten. Eine Person gab hierzu keine Antwort.

7.5.5 Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger

Mit dieser Fragegruppe wurden die Einstellung zur Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger an kommunalen Bauprojekten generell und an Agri-PV-Anlagen im Speziellen abgefragt. Die erste Frage zielte darauf ab, ob die Befragten denken, dass eine Bürgerbeteili-

gung in der Planung einer Agri-PV-Anlage einen Konsens zwischen der Bevölkerung und Investoren fördern könne. 83 % der Befragten gaben an, dass diese Aussage voll und ganz oder überwiegend zutrifft. 10,2 % waren unentschlossen und für die restlichen 5,5 % traf die Aussage überwiegend nicht oder überhaupt nicht zu.

In Abbildung 27 ist zu sehen, wie die Befragten zu einer (aktiven) Beteiligung am Planungs- und Umsetzungsprozess einer Agri-PV-Anlage in ihrer Nähe stehen. Die linke Säule zeigt die Antworten auf die Frage, ob die Bürgerinnen und Bürger generell mitentscheiden sollten. Die rechte Säule zeigt wiederum, ob sich die Befragten auch aktiv an einem Planungsverfahren beteiligen würden. Links ist zu sehen, dass insgesamt 68,1 % der Meinung sind, dass die Bürgerinnen und Bürger mitentscheiden sollten. Bei einer aktiven Beteiligung sinkt dieser Wert und nur noch insgesamt 33 % gaben an, dass diese Aussage überwiegend oder voll und ganz zutrifft. Während die Zustimmung sinkt, steigt die Unentschlossenheit von 14 % auf 26,1 % und die Ablehnung einer aktiven Beteiligung von insgesamt 17,6 % auf 39,8 %.

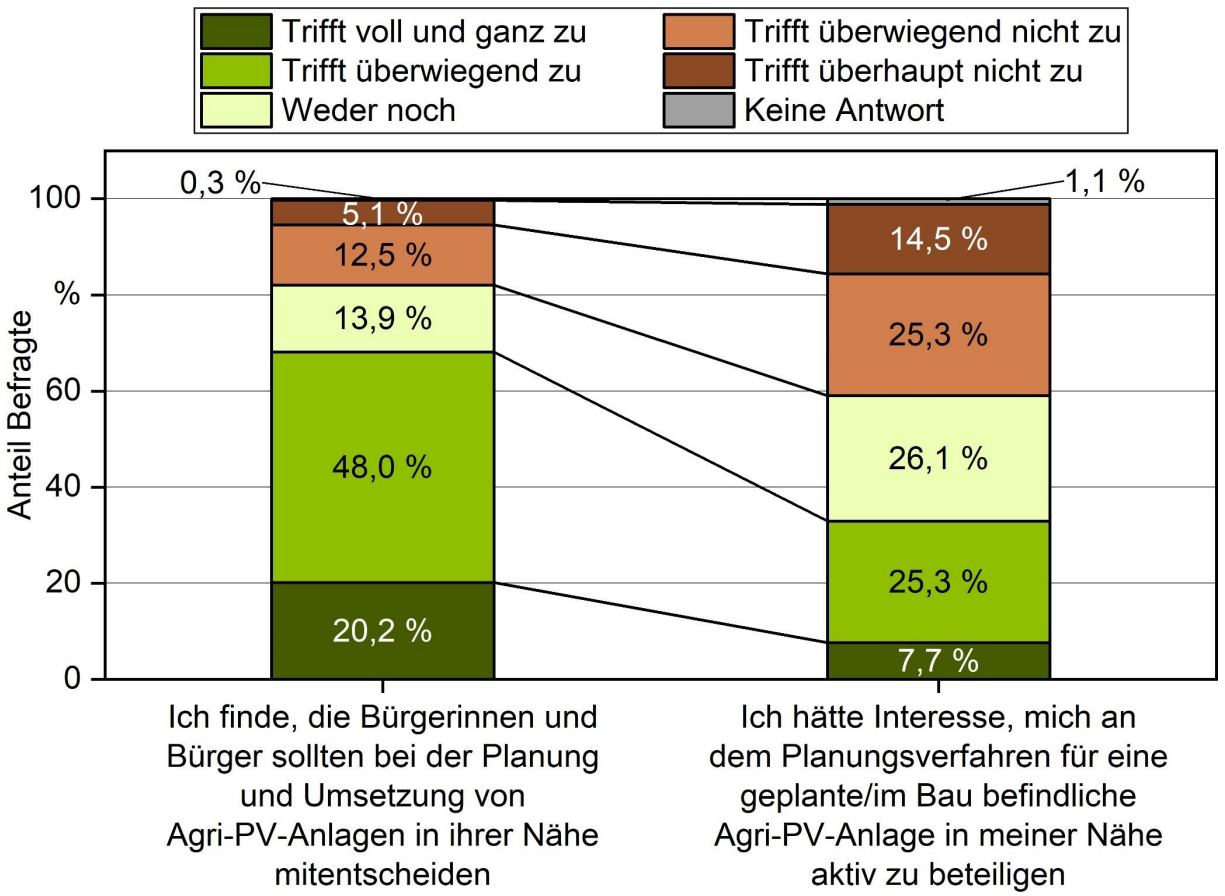

Abbildung 27: Aussagen über die Beteiligung an der Planung von Agri-PV-Anlagen

Überdies wurde abgefragt, ob es ausreichen würde, wenn nur der Gemeinderat an dem Planungsverfahren beteiligt wäre, da die Bürgerinnen und Bürger durch ihn repräsentiert werden. Insgesamt 38,6 % antworteten, dass diese Aussage überwiegend oder voll und

ganz zutrifft, 44,3 % gaben jedoch an, dass sie überwiegend nicht oder überhaupt nicht zutrifft. 16,8 % stehen dem neutral gegenüber. Darüber hinaus sollten die Befragten angeben, ob Bürgerinnen und Bürger, in deren Umgebung eine Agri-PV-Anlage geplant ist, ihre Stimme für oder gegen die Anlage abgeben dürften. Insgesamt 52,6 % der Befragten sprachen sich dafür aus, 25 % dagegen und 21,6 % zeigten sich neutral.

Mit einer weiteren Aussage sollten die Befragten angeben, ob möglichen Bedenken der Bürgerinnen und Bürger bezüglich Agri-PV-Anlagen durch Exkursionen, Diskussionen etc. begegnet werden sollte. Das Ergebnis ist in Abbildung 28 dargestellt. 31 % sprachen sich voll und ganz dafür aus, weitere 54,8 % gaben an, dass diese Aussage überwiegend zutrifft.

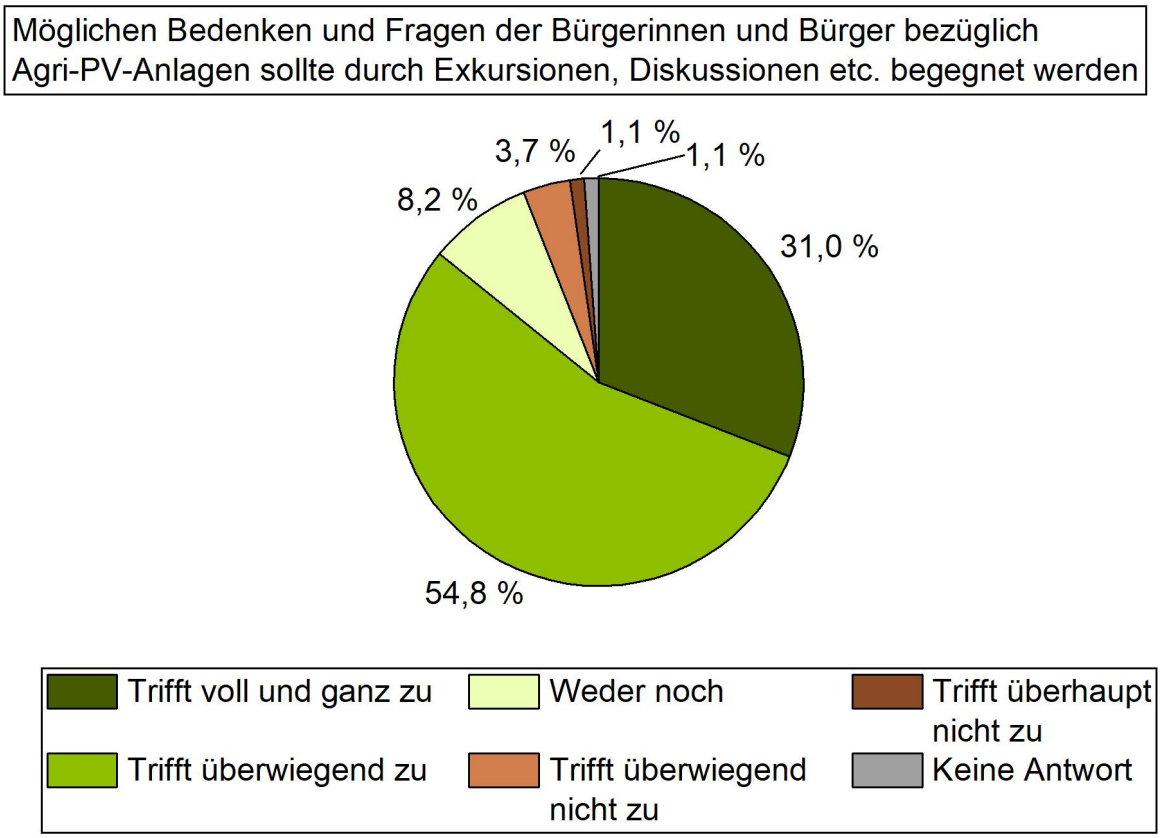

Abbildung 28: Aussage über Informationsangebote zu Agri-PV-Anlagen für Bürgerinnen und Bürger

Die nächsten zwei Fragen zielten auf persönliche Vorteile für die Bürgerinnen und Bürger ab, wie z. B. den Bezug des produzierten Stroms, und darauf, ob sie sich finanziell mit kleinen Beträgen an einer Agri-PV-Anlage in ihrer Umgebung beteiligen würden, wenn sie dadurch eine jährliche Rendite erhalten würden. Wie in Abbildung 29 zu sehen ist, gaben insgesamt 86,6 % an, dass persönliche Vorteile für die Bürgerinnen und Bürger entstehen sollten. Insgesamt 72,5 % der Teilnehmer stimmten zu, dass sie sich mit kleinen Beträgen an einer Agri-PV-Anlage beteiligen würden.

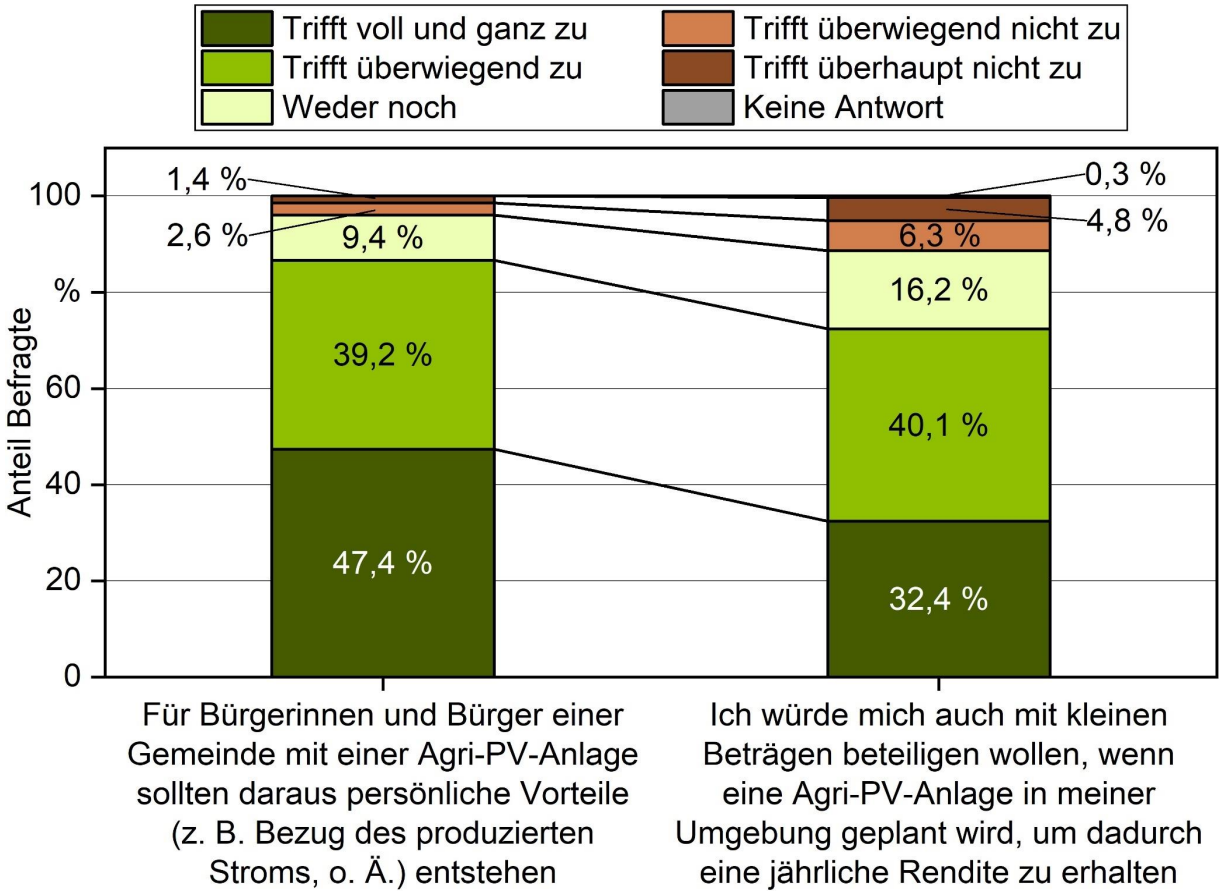

Abbildung 29: Aussagen über persönliche Vorteile durch und eine finanzielle Beteiligungsoption an Agri-PV-Anlagen

Nachfolgend konnten die Befragten angeben, ob sie an einer Führung teilnehmen würden, sobald die im Projekt geplanten Agri-PV-Anlagen in Grub und Dietratried in Betrieb sind. 66,5 % bejahten dies, 32,7 % hatten an diesem Angebot kein Interesse.

In der letzten Frage des Frageblocks sollten die Befragten angeben, ob sie sich zukünftig Informationen wünschen, falls eine weitere Agri-PV-Anlage in ihrer Nähe geplant werden sollte, und falls ja, welche Informationen sie sich wünschen. Die Befragten konnten entweder eigene Informationen in ein Freitextfeld angeben oder aus sechs Informationen wählen. 27,6 % wählten die Option Freitext, wobei nur 14,2 % eigene gewünschte Informationen eintrugen. Insgesamt bezogen sich die gewünschten Informationen auf Art, Standort und Größe der geplanten Agri-PV-Anlage, sowie auf die Fragen, ob sich die Bürgerinnen und Bürger finanziell mit einer Renditeoption daran beteiligen könnten und ob der Strom lokal genutzt werden könnte. 44,3 % der Befragten gaben an, dass sie bei der nächsten Agri-PV-Anlage Informationen haben möchten. In Abbildung 30 ist dargestellt, welche Informationen sich die Befragten wünschen, hier waren Mehrfachantworten möglich. 89,1 % der Befragten gaben an, dass sie in diesem Fall den genauen Anlagenstandort erfahren möchten. 77,6 % hätten gerne Informationen über die Kosten und den Stromertrag der Anlage und 76,9 % über die Möglichkeiten der Bürgerbeteiligung. Etwa zwei Drittel der Befragten interessierten sich jeweils für eine finanzielle Beteiligung, beispielsweise in

Form von Agri-PV-Anlagen-Anteilen und die Vorstellung der eingesetzten Technik. Mit 52,6 % wünschte sich etwas mehr als die Hälfte der Befragten Informationen zum Projektablauf. 27,6 % gaben an, in Zukunft keine Informationen zu benötigen.

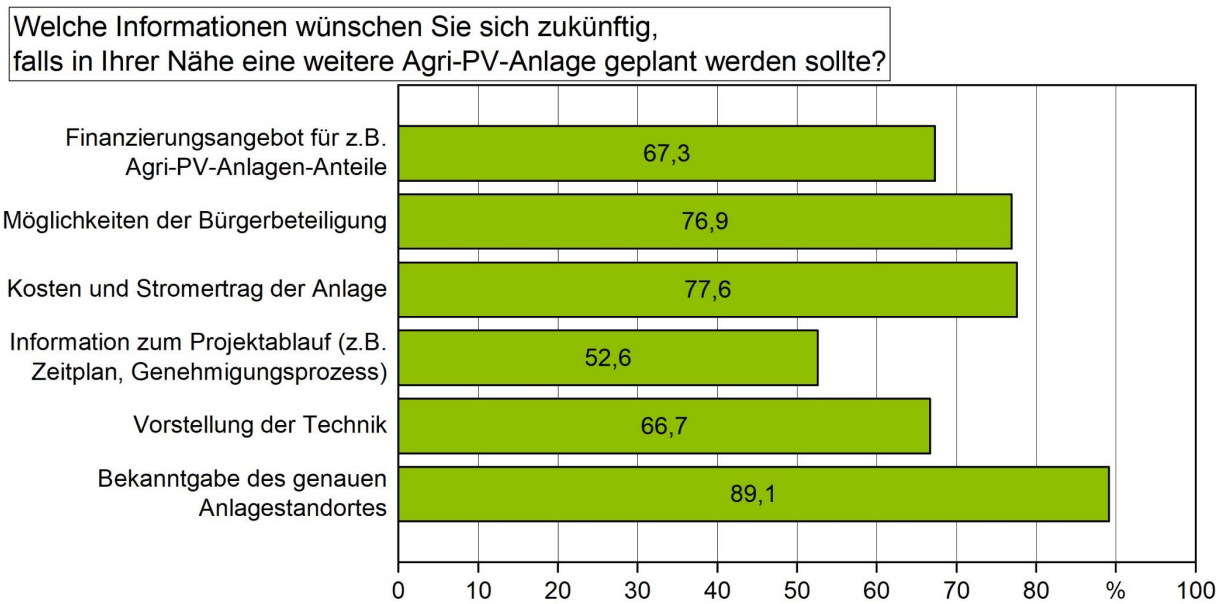

Abbildung 30: Erwünschte Informationen im Fall der Errichtung einer weiteren Agri-PV-Anlage

Als Abschluss der Umfrage bot sich den Befragten die Möglichkeit, in einem Freitextfeld einzutragen, was sie sonst noch loswerden wollten. Insgesamt nahmen 82 Personen diese Möglichkeit wahr. Davon konnten 57 Antworten in fünf Kategorien eingeteilt werden. 26 Personen nutzten das Freitextfeld, um positives Feedback zur Umfrage zu geben und die Agri-PV oder das Forschungsvorhaben gutzuheißen. 13 der Befragten merkten an, dass vorrangig andere Flächen, wie bspw. Dächer von Wohnhäusern oder Industriegebäuden, für die Stromerzeugung zu nutzen seien, bevor landwirtschaftliche Flächen dafür herangezogen werden. Zwölf weitere Personen forderten, entstehende Agri-PV-Anlagen so zu planen, dass das Orts- und/oder Landschaftsbild nicht zu stark beeinträchtigt wird. Drei Personen merkten außerdem an, dass zu viel Bürgerbeteiligung auch nachteilig sein kann, gaben aber gleichzeitig nicht an, in welchem Maße sie eine Beteiligung für positiv halten. Abschließend wünschten sich drei Personen schnellere Genehmigungsverfahren, um Projekte wie die Errichtung einer Agri-PV-Anlage schneller voranzubringen. Die restlichen Aussagen waren hauptsächlich negativ konnotiert und konnten keiner Kategorie eindeutig zugeordnet werden. Beispielsweise übten einige konstruktive Kritik am Fragebogen. Viele Antworten waren nicht auf die Umfrage bezogen und kritisierten die Energiepolitik und ihre Umsetzung im Bund und auf lokaler Ebene. Andere kritisierten die Lokalpolitik insgesamt.

7.5.6 Diskussion der Umfrageergebnisse

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden die Bürgerinnen und Bürger befragt, die in der Nähe der entstehenden Agri-PV-Anlagen in Grub und Dietratried wohnen. Demnach ist wichtig zu berücksichtigen, dass es sich hierbei nicht um eine repräsentative Stichprobe für Bayern handelt. Nichtsdestotrotz bieten die Ergebnisse eine Erweiterung der Datenbasis zur Einstellung und Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber Agri-PV. Im Folgenden sollen einige Ergebnisse diskutiert werden.

Zunächst sei erwähnt, dass die Teilnehmenden in der Stichprobe erneuerbaren Energien gegenüber sehr positiv eingestellt waren. Ihre finanzielle Förderung wurde grundsätzlich unterstützt, Einschränkungen des Landschaftsbilds wurden vor allem bei PV-FFA und Windkraftanlagen gesehen.

Der Wissensstand zu Agri-PV war in der Stichprobe anscheinend sehr hoch. 84,3 % gaben an zu wissen, was Agri-PV ist. Angesichts der Tatsache, dass es sich hierbei um eine vergleichsweise neue Technologie handelt, ist dieser Anteil unwahrscheinlich hoch. Das könnte damit zusammenhängen, dass das Thema in den befragten Gemeinden seit mehr als einem Jahr diskutiert wird und über öffentliche Veranstaltungen und Verkündungen in großem Maße die Bürgerinnen und Bürger erreicht. Die Einstellung gegenüber der Agri-PV kann wie auch bei erneuerbaren Energien allgemein als positiv eingeschätzt werden. Die erwarteten positiven Effekte auf die Energiewende und die Umwelt sind hervorzuheben. Allerdings waren auch über 60 % der Befragten der Meinung, dass Agri-PV einen Einfluss auf die Pachtpreise haben kann. Der Einfluss auf die Landwirtschaft wurde eher positiv als negativ gesehen, über 40 % sind jedoch unentschlossen.

Wurden die drei unterschiedlichen Agri-PV-Anlagentypen im Vergleich zu PV-FFA betrachtet, fiel auf, dass insgesamt der Erhalt der landwirtschaftlichen Fläche als sehr positiv bewertet wurde. Der Einfluss auf das Landschaftsbild war über 50 % der Befragten zufolge bei vertikalen und nachgeführten Anlagen besser als bei PV-FFA. Bei der hoch aufgeständerten Agri-PV-Anlage waren es nur etwa 40 %. Unabhängig vom Agri-PV-Anlagentyp zeigte sich ein noch positiveres Bild, da 65 % der Meinung waren, dass Agri-PV das Landschaftsbild eher positiver oder positiver beeinflusst. Bei den Auswirkungen auf die Biodiversität war die Verteilung ähnlich, nur, dass die hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage den Befragten nach die Biodiversität am besten erhält.

Weiterhin wurde erfragt, inwiefern sich die Bürgerinnen und Bürger in den Planungsprozess von Agri-PV-Anlagen einbringen wollen. Auf der einen Seite waren die Befragten zwar mit insgesamt 68,2 % dafür, dass die Bürgerinnen und Bürger beteiligt werden sollten. Nach einer aktiven Beteiligung gefragt würde sich mit insgesamt 33 % jedoch nur noch weniger als die Hälfte bereit erklären. Es besteht also ein genereller Wunsch nach Einbindung. Allerdings würde diese nicht von allen Befragten wahrgenommen werden. Die Gründe dafür gehen nicht aus den Ergebnissen hervor. In nachfolgenden Befragungen sollte daher darauf eingegangen werden, wie sich die Bürgerinnen und Bürger eine Beteiligung vorstellen bzw. wie eine aktivere Beteiligung am Planungsprozess möglich wäre.

Gleichwohl zeigt sich, dass ein großes Interesse daran besteht, von einer in der Umgebung gebauten Agri-PV-Anlage auch persönlich zu profitieren und sich finanziell an ihr zu beteiligen, um eine jährliche Rendite zu bekommen. Diese Aspekte sollten bei der Planung von Agri-PV-Anlagen berücksichtigt werden, da sie als akzeptanzfördernde Maßnahmen wirken könnten. Außerdem zeigte sich auch ein großes Interesse der Befragten, schon während der Planungsphase umfassende Informationen über das Projekt zu bekommen und an Informationsveranstaltungen teilzunehmen, um Fragen und Bedenken gegenüber dem Bau und Betrieb einer Agri-PV-Anlage auszuräumen. Auch diesen Umstand sollten mögliche Anlagenbetreiber, Kommunen oder Projektierer berücksichtigen.

7.6 Wissenstransfer

Im Laufe des Projektzeitraums wurden Mitarbeiter aus der Abteilung Wissenstransfer (W) und Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse (P) des TFZ zu insgesamt 29 Veranstaltungen als Vortragende eingeladen. Abbildung 31 zeigt TFZ-Projektmitarbeiter Malte Stöppler und die Projektpartner der LEW AG Walter Albrecht und Sigrid Del Rio bei der Besichtigung einer Agri-PV-Versuchsanlage vor einem Vortrag beim Bayerischen Bauernverband in Kaufbeuren.

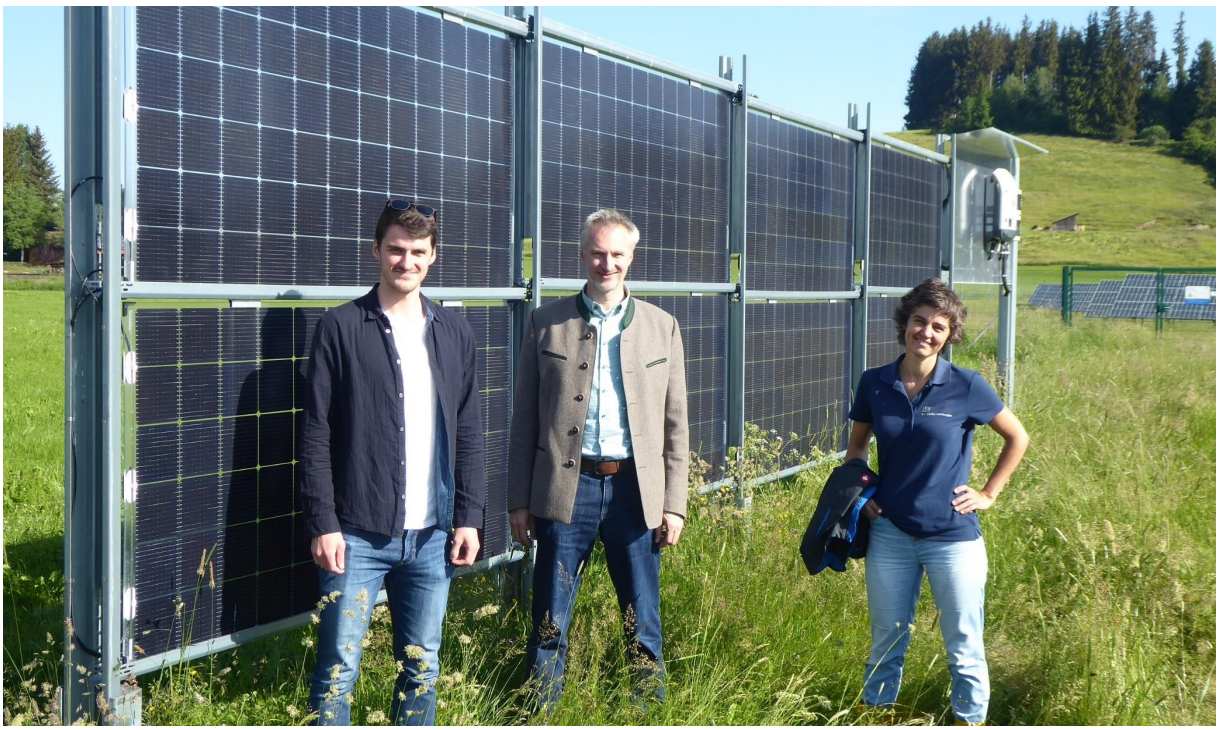

Abbildung 31: TFZ-Projektmitarbeiter Malte Stöppler (links) mit den Projektpartnern der LEW AG Walter Albrecht und Sigrid Del Rio

Zwei weitere Vorträge wurden am TFZ gehalten. Insgesamt nahmen an diesen 31 Veranstaltungen 1.787 Personen, im Durchschnitt also 58 Personen pro Veranstaltung, teil. Darüber hinaus haben das TFZ und LSE zu zwei Online-Konferenzen zu den Themen „Agri-

Photovoltaik – was hat die Innovationsausschreibung gebracht?“ und „Agri-Photovoltaik – Neuerungen ab 2023“ eingeladen. An den Konferenzen haben insgesamt 227 Personen teilgenommen. Diese Veranstaltungen wurden genutzt, um das Projekt vorzustellen, den aktuellen Entwicklungsstand der Agri-PV darzustellen und sich mit Teilnehmenden fachlich auszutauschen.

7.7 Erklärvideo und Leitfaden

Das Erklärvideo zur Planung und Genehmigung von Agri-PV-Anlagen wurde durch die Firma mein-erklärfilm.de erstellt.

Es wurde zusammen mit einem Glossar am 05.05.2023 auf der Internetseite des TFZ mit einem YouTube-Link veröffentlicht: https://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/agri_pv/index.php.

Unter „Aktuelle Forschungsprojekte“ findet sich auf der Internetseite des StMELF außerdem eine Verlinkung zur Internetseite des TFZ: https://www.stmelf.bayern.de/ministerium/forschung/forschungsprojekte/index.html.

Der Leitfaden wurde bereits am Tag des Spatenstichs an die Staatsministerin für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und verschiedene Projektbeteiligte verteilt. Die Veröffentlichung mitsamt Pressemitteilung fand im Oktober 2023 statt.

8 Fazit und Ausblick

Der großflächige Ausbau der Photovoltaik wird zusammen mit anderen Gewinnungsformen erneuerbarer Energie unabdingbar sein. Agri-PV kann eine wichtige Rolle spielen, erneuerbaren Strom zu produzieren und gleichzeitig wertvolle landwirtschaftliche Flächen zu erhalten. Das Interesse, die Forschungstätigkeit und die Anzahl der Agri-PV-Anlagen nehmen in Deutschland stetig zu. Das zunehmende Interesse haben unter anderem die im Projekt erfolgten Aktivitäten im Rahmen des Wissenstransfers und die damit verbundenen Kontakte zu Landwirten, Kommunen und anderen Interessierten gezeigt.

Die Datenlage reicht bislang allerdings noch nicht aus, um eine Vielzahl von wichtigen Fragen rund um Agri-PV zu beantworten. In Grub und in Dietratried sind aktuell zwei Agri-PV-Anlagen in der Planung bzw. Umsetzung Der spätere Betrieb und ihre wissenschaftliche Begleitung tragen dazu bei, diese Datenlage zu ergänzen, dafür schließt direkt an dieses Projekt die zweite Projektphase „PilotAgriPV“ an. Darin wird unter bzw. zwischen den verschiedenen Anlagenformen die landwirtschaftliche Produktion auf Acker sowie Grünland durchgeführt und mit entsprechenden benachbarten Referenzflächen verglichen. Es wird ein besonderer Fokus auf die Auswirkungen der Agri-PV-Anlage auf die Erträge der landwirtschaftlichen Kulturen und der gesamten Wirtschaftlichkeit der Agri-PV-Anlage liegen. Zusätzlich soll untersucht werden, ob es durch die Aufständerung der Agri-PV-Anlage zu einem erhöhten Bearbeitungsaufwand oder durch Pflanzenschutz- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen oder die Düngemittelapplikation zu Beschädigungen der Module kommt.

Für die Untersuchungen in den Bereichen Biodiversität, mikroklimatische Veränderungen und der Akzeptanz wurden erste Daten generiert und eine wichtige Basis für die folgende Forschung gelegt. In diesem Projekt konnten somit gleich für zwei Agri-PV-Anlagen praktische Erfahrungen aus den Planungs- und Genehmigungsverfahren sowie Entscheidungsprozesse mitdokumentiert und für die Praxis aufbereitet werden. Ein leicht nachvollziehbarer Leitfaden und ein niedrigschwelliges Erklärvideo sind wichtige Ergänzungen für das Beratungsangebot des TFZ zu Agri-PV und können künftig zur Ausweitung der Agri-PV-Nutzung in Bayern und darüber hinaus werden.

Quellenverzeichnis

[1] 50 HERTZ TRANSMISSIONS GMBH, AMPRION GMBH, TRANSNETBW GMBH, TENNET TSO GMBH (2023): Monatsmarktwerte (MW) gemäß Anlage 1 (zu § 23a EEG) Nr. 5.2. https://netztransparenz.de/EEG/Marktpraemie/Marktwerte (Stand: 29.06.2023)

[2] BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR/MITSCHANG/REIDT (2022): 15. Aufl., BauGB § 35 Rn. 1

[3] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR DIGITALES (2023): Flächennutzungsplan und Bebauungsplan; Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung. https://www.eap.bayern.de/informationen/leistungsbeschreibung/47441429650 (Stand: 29.06.2023)

[4] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WOHNEN, BAU UND VERKEHR (2021): Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Stand: 10.12.2021, 44 Seiten

[5] BECK ONLINE KOMMENTAR (2021): BauGB/Söfker, 56. Aufl. 01.08.2021, BauGB, § 35 Rn. 54

[6] BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2022): Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAP-Direktzahlungen-Verordnung – GAPDZV). GAPDZV, in der Fassung vom 24.01.2022. Bundesgesetzblatt (BGBl), Teil I, Nr. 4, S. 139–167

[7] BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2023): Informationen zu den ab 2023 geltenden Direktzahlungen, zur Konditionalität und zum INVEKOS.

[8] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (2023): Photovoltaik-Strategie. Berlin, 40 Seiten

[9] BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2023): Ausschreibungsverfahren für Solaranlagen des ersten Segments. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen1/Ausschreibungsverfahren/start.html (Stand: 29.06.2023)

[10] BUNDESREGIERUNG (2023): Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der Digitalisierung im Bauleitplanverfahren und zur Änderung weiterer Vorschriften. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Formulierungshilfe. https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/Webs/BMWSB/DE/digitalisierung-im-bauleitverfahren.html (Stand: 30.03.2023)

[11] BUNDESSTEUERBLATT (BSTBL) (2022): S. 1226

[12] BUNDESVERWALTUNGSGERICHT (1964): BVerwG Urt. v. 30.06.1964 – I C 80/62, BVerwGE 19, 75 (76)

[13] BURMEISTER, J.; PANASSITI, B. (2022): Sample Species richness accounting for different determination depth (Version 3. Figshare, https://doi.org/10.6084/m9figshare.21324372.v3

[14] BURMEISTER, J; PANASSITI, B. ; HEINE, F.; WOLFRUM, S.; MORINIERE, J. (2023): Perennial alternative crops for biogas production increase arthropod abundance and diversity after harvest results of suction sampling and metabarcoding. EJE, 120 (1), S. 59–69

[15] BURTIN (2021): Die planungsrechtliche Zulässigkeit von Agri-Photovoltaikanlagen. NVWZ 2021, S. 1582 (1584)

[16] C.A.R.M.E.N. E. V. (2023): Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Leitfaden, 2. Aufl. Straubing, 54 Seiten

[17] CÁCERES, M. D., & LEGENDRE, P. (2009): Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. Ecology, 90 (12), S. 3566–3574

[18] DEUTSCHER BUNDESTAG (2022): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG). BNatSchG, vom 29.07.2009 (BGBl. Teil I, S. 2542–2579), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 08.12.2022 (BGBl. Teil I, S. 2240–2241) geändert worden ist

[19] DEUTSCHER BUNDESTAG (2022): Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor, in der Fassung vom 20. Juli 2022. Im Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 28, vom 28.07.2022, S. 1237–1324

[20] DEUTSCHER BUNDESTAG (2022): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterung und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG). BImSchG, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17.05.2013 (BGBl. Teil I, S. 1274–1311; 2021, Teil I, S. 123), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 19.10.2022 (BGBl. Teil I, S. 1792–1795) geändert worden ist

[21] DEUTSCHER BUNDESTAG (2023): Baugesetzbuch (BauGB). BauGB, in der Fassung der Bekanntmachung von 03.11.2017 (BGBl. Teil I, S. 3634–3722), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 12.07.2023 (BGBl. 2023, Teil I, Nr. 184) geändert worden ist

[22] DEUTSCHER BUNDESTAG (2023): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2023). EEG, in der Fassung vom 21.07.2014 (BGBl. Teil I, S. 1066–1132), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 03.07.2023 (BGBl. 2023 Teil I, Nr. 176) geändert worden ist

[23] DEUTSCHER BUNDESTAG (2023): Gesetz zur sofortigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die erneuerbaren Energien im Städtebaurecht, in der Fassung vom 11. Januar 2023. Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 6, vom 11.01.2023, S. 2–5

[24] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (2021): Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung: Beuth Verlag GmbH. Berlin, Nr. 27.160 (DIN SPEC 91434:2021-05) (16.04.2021)

[25] ENERGIE-ATLAS BAYERN: GLOBALSTRAHLUNG JAHRESSUMME (2023): https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?topic=energie_gesamt&lang=de&bgLayer=atkis&E=618652.52&N=5447975.89&zoom=3&layers=4a204108-1905-45a4-a119-4d1553058864&layers_opacity=0.75&catalogNodes=1200,1220,46

[26] FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE (2022): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland, 2. Aufl. Freiburg, 74 Seiten

[27] FREUDE, H.; HARDE, K. W.; LOHSE, G. A.; KLAUSNITZER, B. (2004): Die Käfer Mitteleuropas, Band 2, Adephaga 1: Carabidae. Spektrum Verlag, Heidelberg, Berlin, 251 Seiten

[28] FREY, M.; KALLINA, A. (2022): Bauleitplanerische Zulässigkeit von Agri-PV-Forschungsanlagen nach § 35 I Nr. 4 und II BauGB, NVwZ, Heft 6, Ausgabe vom 15.03.2022, S. 388–389

[29] GOETZBERGER, A.; ZASTROW, A. (1981): Kartoffeln unter dem Kollektor. In: Sonnenenergie, S. 19–22

[30] HESSISCHES MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ENERGIE, VERKEHR UND WOHNEN (2023): Bauleitplanverfahren im Regelverfahren. https://bauleitplanung.hessen.de/bauleitplanung/bauleitplanverfahren (Stand: 29.06.2023)

[31] KALLINA, A. (2023): Analysepapier Agri-Photovoltaik mit dem Fokus Bauplanungsrecht. FYI Landgewinn Insights, 20 Seiten

[32] KANIBER, M. (2021): Landwirtschaft 2030: nachhaltig, smart, fair. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF). Regierungserklärung, Nr. 08052021, München, 20. Mai 2021, 16 Seiten

[33] KIELHORN, U. (2021): Rote Liste und Gesamtartenliste der Spinnen (Aranae) und Gesamtartenliste der Weberknechte (Opiliones). Rote Listen der gefährdeten Pflanzen, Pilze und Tiere von Berlin, 59 Seiten

[34] LETTENMEIER, F. (2023): Herausforderung: Landwirtschaftliches Nutzungskonzept. Online-Konferenz: Agri-Photovoltaik – Neuerungen ab 2023

[35] MASLATON, M. (2021): Handbuch des Rechts der Photovoltaik, 3. Aufl. Leipzig: Verlag für Alternatives Energierecht Maslaton, 506 Seiten, 978-3-941780-03-3

[36] OKSANEN, J.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B.; STEVENS, M. H. H.; OKSANEN, M. J.; SUGGESTS, M. A. S. S. (2007): The vegan package. Community ecology package, 10 (631–637), S. 719

[37] PÜSCHEL, A. (2023): Das Strahlungsjahr 2022. Regionales Klimabüro Hamburg, Know-how-Center Strahlungsklima. Deutscher Wetterdienst. Hamburg, 3 Seiten

[38] WALZ, U.; PABST, L.; JENTZSCH, M. (2020): Mastfußflächen als Trittsteine?: Zur Bedeutung isolierter Kleinstrukturen für den Biotopverbund in der Agrarlandschaft. Naturschutz und Landschaftsplanung, 52 (7), S. 326–332

[39] ZACH, S. (2021): Photovoltaik-Ausbau II: So teuer ist der Netzanschluss. 19. Januar 2021, energie:bau, https://www.energie-bau.at/energie-wirtschaft/3527-photovoltaik-in-niederoesterreich-so-viel-kostet-der-netzanschluss (Stand: 29.06.2023)

Anhang

Anhang 1: Fragebogen

1.1 Einleitung

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

vielen Dank für Ihr Interesse an unserer Befragung zum Thema „Agri-Photovoltaik-Anlagen“. (Bitte beachten Sie, dass für den restlichen Fragebogen das Wort „Photovoltaik“ mit „PV“ abgekürzt wird)

Wir, vom Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing, begleiten als Forschungseinrichtung des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums aktuell die Entstehung von zwei Agri-PV-Anlagen in Bayern.

Jeweils eine dieser Anlagen wird in **Grub** (Gemeinde Poing) und in **Dietratried** (Gemeinde Wolfertschwenden) errichtet.

Von Agri-PV wird gesprochen, wenn auf einer Fläche Landwirtschaft unter oder zwischen PV-Modulen betrieben wird. Im Gegensatz zu herkömmlichen PV-Freiflächenanlagen steht die Landwirtschaft dabei jedoch im Vordergrund.

So werden landwirtschaftliche Erzeugung und Stromproduktion kombiniert.

Das Ziel unseres Projekts ist es zu ermitteln, was bei der Genehmigung, der Planung und dem Bau solcher Anlagen zu beachten ist. Zentral sind dabei auch die **Akzeptanz der Bevölkerung** und die Frage, wie die Bevölkerung in den Planungsprozess eingebunden werden kann. Es erfolgt auch eine wissenschaftliche Begleitung des Anlagenbetriebs.

Am Ende der Befragung haben Sie die Möglichkeit, an einer Verlosung für einen Gutschein im Wert von 30 Euro teilzunehmen.

Die Teilnahme an der Befragung ist freiwillig und dauert **etwa 15 Minuten**. Sie können die Befragung jederzeit abbrechen. Die Ergebnisse der Befragung dienen ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken, werden anonym erhoben und von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des TFZ ausgewertet. Die erhobenen Daten werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Ergebnisse der Studie werden gemäß den entsprechenden Datenschutzrichtlinien des Freistaats Bayern ausgewertet und aufbewahrt. (Die Löschprüffrist beträgt zehn Jahre, vorbehaltlich der Pflicht zu Archivierung.)

1.2 Bilder Agri-PV

Hier sind einige Eindrücke zur Agri-PV. Es gibt verschiedene Agri-PV-Anlagentypen. Alle haben gemeinsam, dass unter oder zwischen den Modulen Landwirtschaft zum Beispiel in Form von Acker- oder Grünlandbewirtschaftung betrieben werden kann.

Einige dieser Bilder werden Ihnen im Laufe der Befragung noch einmal begegnen.

Abbildung 32: Vertikale Agri-PV-Anlage auf extensivem Dauergrünland

Abbildung 33: Vertikale Agri-PV-Anlage auf extensivem Dauergrünland

Abbildung 34: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Äpfeln in Kressbronn

Abbildung 35: Hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage über Äpfeln in Kressbronn

Abbildung 36: Nachgeführte Agri-PV-Anlage in Althegnenberg

1.3 Soziodemografische Merkmale

01: Bitte wählen Sie Ihr Geburtsjahr

Bitte auswählen …

02: Bitte wählen Sie Ihr Geschlecht

O Weiblich

O Männlich

O Divers

03: Bitte geben Sie Ihre Postleitzahl an

1.4 Persönlicher Bezug zur Landwirtschaft

04: Sind Sie in der Landwirtschaft tätig?

O Ja

O Ja, im vor- oder nachgelagerten Bereich

O Nein

05: Besitzen Sie landwirtschaftliche Flächen?

O Ja, ich besitze Flächen, die ich selbst bewirtschafte

O Ja, ich besitze Flächen, die ich verpachte

O Nein

06: Besitzen Sie selbst eine PV-Anlage (Aufdach- oder Freiflächenanlage)?

O Ja

O Nein

1.5 Einstellung zu erneuerbaren Energien

07: Erneuerbare Energien bewerte ich generell wie folgt:

O Positiv

O Eher positiv

O Neutral

O Eher negativ

O Negativ

08: Ich befürworte die finanzielle Förderung von:

	Stimme voll und ganz zu	Stimme zu	Weder noch	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
Erneuerbaren Energien	O	O	O	O	O
PV-Freiflächen-anlagen	O	O	O	O	O
PV-Dachanlagen	O	O	O	O	O
Windkraftanlagen	O	O	O	O	O
Wasserkraftanla-gen	O	O	O	O	O
Biogasanlagen	O	O	O	O	O

09: Das Landschaftsbild wird von verschiedenen Formen der erneuerbaren Energien eingeschränkt:

	Stimme voll und ganz zu	Stimme zu	Weder noch	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
PV-Freiflächen-anlagen	O	O	O	O	O
PV-Dachanlagen	O	O	O	O	O
Windkraftanla-gen	O	O	O	O	O
Wasserkraftanla-gen	O	O	O	O	O
Biogasanlagen	O	O	O	O	O

10: Gibt es bei Ihnen in der Nähe eine PV-Freiflächenanlage?

O Ja

O Nein

11: Es sollten vorrangig Dachflächen genutzt werden, bevor landwirtschaftliche Flächen mit Photovoltaik belegt werden.

O Stimme voll und ganz zu

O Stimme zu

O Weder noch

O Stimme nicht zu

O Stimme gar nicht zu

1.6 Einstellung zu Agri-PV

12: Wenn von Agri-PV gesprochen wird, weiß ich genau, was gemeint ist.

O Trifft voll und ganz zu

O Trifft überwiegend zu

O Weder noch

O Trifft überwiegend nicht zu

O Trifft überhaupt nicht zu (Mit dieser Umfrage höre ich zum ersten Mal davon)

13: Ich denke, dass Agri-PV …

	Stimme voll und ganz zu	Stimme zu	Weder noch	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
Die Energiewende voran-bringt	O	O	O	O	O
Einen positiven Effekt auf die Umwelt hat	O	O	O	O	O
Sich positiv auf die Landwirt-schaft auswirkt	O	O	O	O	O
Die Pachtpreise für landwirt-schaftliche Flächen beein-flusst	O	O	O	O	O
Nur den Landwirten nutzt	O	O	O	O	O
Nur den Investoren nutzt	O	O	O	O	O

14: Stellen Sie sich vor, Sie müssten sich bezüglich Ihrer persönlichen Meinung und Akzeptanz zu Agri-PV-Anlagen einer Personen-Gruppe anschließen. Die Agri-PV-Anlage wird in der Nähe Ihres Wohnorts errichtet. Sie sehen die Anlage also regelmäßig.

Welche der nachfolgenden Gruppierungen würden Sie persönlich wählen?

- O Aktive Gegnerschaft
- O Ablehnung
- O Zwiespalt
- O Gleichgültigkeit
- O Duldung
- O Akzeptanz, die an Bedingungen geknüpft ist
- O Zustimmung
- O Begeisterung

1.7 Vergleich Freiflächen- und Agri-PV

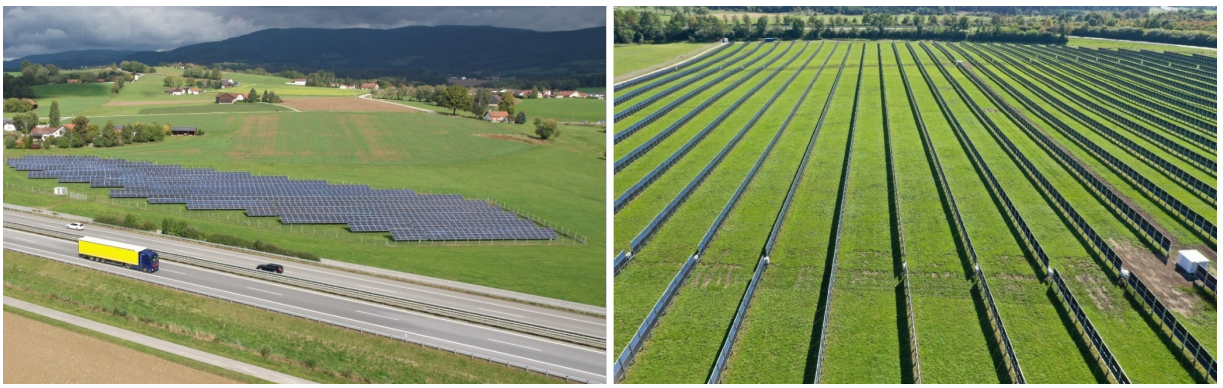

Abbildung 37: Vergleich zwischen PV-FFA (links) und vertikaler Agri-PV-Anlage (rechts)

Auf dem linken Bild sehen Sie eine PV-Freiflächenanlage. Diese wird auf Acker- und Grünland errichtet. Hier ist nur Weidetierhaltung möglich. Die Anlagenhöhe beträgt ca. 2 Meter.

Auf dem rechten Bild sehen Sie eine vertikale Agri-PV-Anlage. Bei dieser Anlage steht die Produktion von Heu durch eine Grünlandnutzung im Vordergrund. Eine Nutzung dieses Anlagentyps auf Ackerland ist jedoch auch möglich. Die Anlagenhöhe beträgt 2 bis 3 Meter.

*15: Bitte vergleichen Sie die PV-Freiflächenanlage im **linken** Bild mit der Agri-PV-Anlage im **rechten** Bild. Die Agri-PV-Anlage **(rechts)** ist hinsichtlich …*

	Besser	Eher besser	Neutral	Eher schlechter	Schlechter
Landschaftsbild	O	O	O	O	O
Flächenverbrauch/Erhalt der landwirtschaftlichen Produktion	O	O	O	O	O
Biodiversität	O	O	O	O	O

Abbildung 38: Vergleich zwischen PV-FFA (links) und hoch aufgeständerter Agri-PV-Anlage (rechts)

Auf dem linken Bild sehen Sie eine PV-Freiflächenanlage. Diese wird auf Acker- und Grünland errichtet. Hier ist nur Weidetierhaltung möglich. Die Anlagenhöhe beträgt ca. 2 Meter.

Auf dem rechten Bild ist eine hoch aufgeständerte Agri-PV-Anlage abgebildet. Bei dieser Anlage werden unter den Modulen Äpfel angebaut. Das weiße im Hintergrund sind Hagelschutznetze, die im Obstbau häufig genutzt werden. Dieser Agri-PV-Anlagentyp kann diese Funktion übernehmen und zusätzlich Strom produzieren. Er kann außerdem Anwendung im Ackerbau, Weinbau oder im Anbau von anderen Obstsorten finden. Die Anlagenhöhe beträgt 4 bis 6 Meter.

*16: Bitte vergleichen Sie die PV-Freiflächenanlage im **linken** Bild mit der Agri-PV-Anlage im **rechten** Bild. Die Agri-PV-Anlage **(rechts)** ist hinsichtlich …*

	Besser	Eher besser	Neutral	Eher schlechter	Schlechter
Landschaftsbild	O	O	O	O	O
Flächenverbrauch/Erhalt der landwirtschaftlichen Produktion	O	O	O	O	O
Biodiversität	O	O	O	O	O

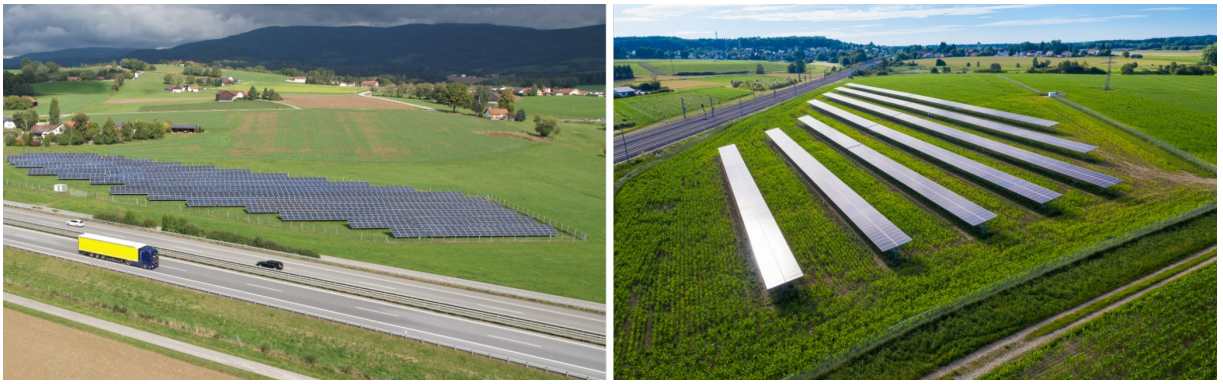

Abbildung 39: Vergleich zwischen PV-FFA (links) und nachgeführter Agri-PV-Anlage

Auf dem linken Bild sehen Sie eine PV-Freiflächenanlage. Diese wird auf Acker- und Grünland errichtet. Hier ist nur Weidetierhaltung möglich. Die Anlagenhöhe beträgt ca. 2 Meter.

Auf dem rechten Bild sehen Sie eine nachgeführte Agri-PV-Anlage. Auf diesem Bild ist der Anbau von Mais zu sehen. Die Module sind beweglich und folgen dem Sonnenverlauf. Dieser Agri-PV-Anlagentyp kann generell im Ackerbau und der Grünlandbewirtschaftung genutzt werden. Die Anlagenhöhe beträgt zwischen 2 und 3,5 Meter.

*17: Bitte vergleichen Sie die PV-Freiflächenanlage im **linken** Bild mit der Agri-PV-Anlage im **rechten** Bild. Die Agri-PV-Anlage **(rechts)** ist hinsichtlich …*

	Besser	Eher besser	Neutral	Eher schlechter	Schlechter
Landschaftsbild	O	O	O	O	O
Flächenverbrauch/Erhalt der landwirtschaftlichen Produktion	O	O	O	O	O
Biodiversität	O	O	O	O	O

18: Jetzt haben Sie einen guten Überblick über unterschiedliche Anlagentypen der Agri-PV bekommen. Wie bewerten Sie den Einfluss der Agri-PV insgesamt im Vergleich zu PV-Freiflächenanlagen auf das Landschaftsbild?

Die Agri-PV beeinflusst das Landschaftsbild …

O Positiver

O Eher positiver

O Neutral

O Eher negativer

O Negativer

1.8 Wissen über kommunale Entscheidungsprozesse

19: Mein Wissen über die Planung von kommunalen Bauvorhaben würde ich wie folgt einschätzen:

O Sehr gut

O Gut

O Geht so

O Schlecht

O Sehr schlecht

20: Ich habe schon einmal an einer Gemeinderatssitzung zu einem kommunalen Bauvorhaben teilgenommen.

O Ja

O Nein

21: Ich habe an der Gemeinderatssitzung teilgenommen, bei der die Agri-PV-Anlage offiziell vorgestellt wurde, die in Grub/Dietratried entstehen wird.

O Ja

O Nein

1.9 Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger

22: Bitte bewerten Sie folgende Aussagen:

	Trifft voll und ganz zu	Trifft überwiegend zu	Weder noch	Trifft überwiegend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
Ich denke, dass eine Bürgerbeteiligung in der Planung einer Agri-PV-Anlage einen Konsens zwischen der Bevölkerung und Investoren fördern kann.	O	O	O	O	O
Ich finde, die Bürgerinnen und Bürger sollten bei der Planung und Umsetzung von Agri-PV-Anlagen in ihrer Nähe mitentscheiden.	O	O	O	O	O
Die Bürgerinnen und Bürger werden durch den Gemeinderat repräsentiert. Daher reicht es aus, dass der Gemeinderat beteiligt ist.	O	O	O	O	O

23: Bitte bewerten Sie folgende Aussagen:

	Trifft voll und ganz zu	Trifft überwiegend zu	Weder noch	Trifft überwiegend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
Ich hätte Interesse, mich an dem Planungsverfahren für eine geplante/im Bau befindliche Agri-PV-Anlage in meiner Nähe aktiv zu beteiligen.	O	O	O	O	O
Möglichen Bedenken und Fragen der Bürgerinnen und Bürger bezüglich Agri-PV-Anlagen sollte durch Exkursionen, Diskussionen etc. begegnet werden.	O	O	O	O	O
Bürgerinnen und Bürger, in deren näherer Umgebung eine Agri-PV-Anlage geplant ist, sollten ihre Stimme für oder gegen die Anlage abgeben dürfen.	O	O	O	O	O

24: Bitte bewerten Sie folgende Aussagen:

	Trifft voll und ganz zu	Trifft überwiegend zu	Weder noch	Trifft überwiegend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
Für Bürgerinnen und Bürger einer Gemeinde mit einer Agri-PV-Anlage sollten daraus persönliche Vorteile (z. B. Bezug des produzierten Stroms, o. Ä.) entstehen.	O	O	O	O	O
Ich würde mich auch mit kleinen Beträgen beteiligen wollen, wenn eine Agri-PV-Anlage in meiner Umgebung geplant wird, um dadurch eine jährliche Rendite zu erhalten.	O	O	O	O	O

25: Wenn die Agri-PV-Anlage in Betrieb ist, wäre ich an einer Führung durch die Anlagenbetreiber interessiert.

O Ja

O Nein

26: Wünschen Sie sich zukünftig Informationen, falls in Ihrer Nähe eine weitere Agri-PV-Anlage geplant werden sollte?

O Ja, diese Informationen wünsche ich mir:

O Ja, ich möchte aus diesen Optionen wählen:

O Nein, ich benötige keine Informationen

1.10 Sonstiges

27: Was ich noch loswerden möchte:

Anhang 2: Bericht zur Statuserhebung: Spinnentiere, 30.11.2022

In Auftrag gegeben von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising und ausgeführt von Dr. Christof Manhart, Umweltplanung und zoologische Gutachten, Laufen

Ergebnis

Artenliste Araneae

In Tabelle 10 und Tabelle 11 sind die nachgewiesenen Spinnenarten aufgelistet. Die 1.852 erfassten Spinnen konnten 28 Arten aus sieben Familien zugeordnet werden.

X = ungefährdet, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Art der Vorwarnliste

Bestand/Häufigkeitsklassen: ss = sehr selten, s = selten, mh = mäßig häufig, h = häufig, sh = sehr häufig

Ökologischer Typ und Vorzugshabitate: [33]

Tabelle 10: Liste der nachgewiesenen Spinnenarten (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung)

Aranae						
Gnaphosidae Plattbauchspinnen		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugsha-bitat**
Drassyllus pusillus	(C. L. Koch, 1833)	x	x	sh	(x)	14
Micaria micans	(Blackwall, 1858)	neu	neu	(sh)	eu	2
Linyphiidae Zwergspinnen		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugsha-bitat**
Agyneta rurestris	(C. L. Koch, 1836)	x	x	sh	x	12
Araeoncus humilis	(Blackwall, 1841)	x	x	sh	(x)w	15
Centromerus sylvaticus	(Blackwall, 1841)	x	x	sh	w	7
Diplocephalus cristatus	(Blackwall, 1833)	x	x	sh	(x)w	14
Diplocephalus latifrons	(O. Pickard-Cambridge, 1863)	x	x	sh	(h)w	7
Diplostyla concolor	(Wider, 1834)	x	x	sh	(h)(w)	6
Erigone atra	Blackwall, 1833	x	x	sh	eu	15
Erigone dentipalpis	(Wider, 1834)	x	x	sh	eu	16
Mermessus trilobatus	(Emerton, 1882)	x	x	h	syn	16
Oedothorax apicatus	(Westring, 1851)	x	x	sh	eu	4
Pelecopsis parallela	(Wider, 1834)	x	x	sh	(x)	12
Porrhomma microphthalmum	(O. Pickard-Cambridge, 1871)	x	x	sh	(x)	15
Tenuiphantes flavipes	(Blackwall, 1854)	x	x	sh	(x)w, arb	8
Walckenaeria vigilax	(Blackwall, 1853)	x	x	sh	h	2

Tabelle 11: Weiterführung von Tabelle 10 (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung)

Aranae						
Lycosidae Wolfspinnen		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugshabitat**
Alopecosa pulverulenta	(Clerck, 1757)	x	x	sh	eu	12
Pardosa agrestis	(Westring, 1861)	x	x	sh	(x)	15
Pardosa palustris	(Linnaeus, 1758)	x	x	sh	eu	4
Pardosa prativaga	(L. Koch, 1870)	x	x	sh	eu	4
Pardosa pullata	(Clerck, 1757)	x	x	sh	h, th	2
Trochosa ruricola	(De Geer, 1778)	x	x	sh	eu	14
Xerolycosa miniata	(C. L. Koch, 1834)	x	x	sh	x	12
Phrurolithidae Ameisensackspinnen		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugshabitat**
Phrurolithus festivus	(C. L. Koch, 1835)	x	x	sh	eu, th	14
Tetragnathidae Streckerspinnen		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugshabitat**
Pachygnatha clercki	Sundevall, 1823	x	x	sh	h	2
Pachygnatha degeeri	Sundevall, 1830	x	x	sh	eu	15
Theridiidae Kugelspinnen		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugshabitat**
Enoplognatha thoracica	(Hahn, 1833)	x	x	sh	(x)(w)	12
Thomisidae Krabbenspinne		**RL-BY 2022**	**RL-D 2016**	**Bestand DE**	**Ökol. Typ**	**Vorzugshabitat**
Ozyptila praticola	(C. L. Koch, 1837)	x	x	sh	(x)w	8
Xysticus kochi	Thorell, 1872	x	x	sh	x	12

Legende:

Arten unbewaldeter Standorte

h = hygrobiont/hygrophil (z. B. in offenen Mooren, Nasswiesen)

(h) = überwiegend hygrophil (auch in trockenen Lebensräumen)

eu = euryöker Flächenbewohner

x = xerobiont/xerophil (z. B. auf Sandtrockenrasen, trockene Ruderalbiotope)

(x) = überwiegend xerophil (auch in feuchteren Lebensräumen, Arten der Äcker)

Arten bewaldeter und unbewaldeter Standorte

h(w) = je nach Schwerpunktvorkommen: in Feucht- und Nasswäldern oder nassen Freiflächen

(h)(w) = je nach Schwerpunktvorkommen: in mittelfeuchten Laubwäldern oder feuchten Freiflächen

x(w) = je nach Schwerpunktvorkommen: in trockenen Laubwäldern oder trockenen Freiflächen

(x)(w) = je nach Schwerpunktvorkommen: in bodensauren Mischwäldern oder trockenen Freiflächen

Arten bewaldeter Standorte (Wälder, Parks, Gebüsche etc.)

w = euryöke Waldart (in Wäldern unabhängig vom Feuchtigkeitsgrad)

hw = in Feucht- und Nasswäldern (z. B. Erlen-, Birkenbruch-Gesellschaften)

(h)w = in mittelfeuchten Laub- und Nadelwäldern (z. B. Buchen-, Eichen-Hainbuchenwäldern)

(x)w = in bodensauren Mischwäldern (z. B. Kiefern-Eichenwäldern, Kiefernforsten)

arb = arboricol (auf Bäumen und Sträuchern), an/unter Rinde

Spezielle Habitate

th = thermophil (an Standorten mit hoher Insolation)

syn = synanthrop im engeren Sinn (in und an Gebäuden, Bauwerken, Kellern, Ställen)

myrm = myrmecobiont/-phil

Vorzugshabitat

2 = Oligotrophe und mesotrophe Verlandungsvegetation

3 = Eutrophe Verlandungsvegetation (Röhrichte, Seggenriede)

4 = Feucht- und Nasswiesen, Überschwemmungsgebiete in Flussauen

6 = Feucht- und Nasswälder

7 = Mesophile Laubwälder

8 = Bodensaure Mischwälder

10 = Zwergstrauchheiden

11 = Vegetationsarme Rohböden (Sand, Lehm, Kies- und Schotterflächen)

12 = Sandtrockenrasen, Halbtrockenrasen, Magerrasen

14 = Ruderalfluren inkl. Brachen

15 = Ackerunkrautfluren

16 = Synanthrope Standorte (in Häusern, Kellern, Schuttdeponien, Kompost)

Anzahl Individuen

In Tabelle 12 und Tabelle 13 ist die Anzahl der erfassten Spinnen bezüglich der einzelnen Probestandorte aufgelistet. Vergleichsweise hohe Individuenzahlen beziehen sich auf die Standorte 2, 3 und 4 und liegen an den Individuenzahlen von *P. agrestis* und *E. atra*. Dabei ist anzumerken, dass gerade bei bodenlebenden Arten der vorherrschende Raumwiderstand durch unterschiedliche Vegetationsdichten zu berücksichtigen ist und die Mobilität und damit die Fangzahl beeinflussen kann. Ein weiterer Punkt, der zu berücksichtigen ist, sind die zahlreichen Pulli der Wolfspinnen. Weibchen der Wolfspinnen tragen ihre Jungen auf dem Hinterleib was dazu führen kann, dass diese beim Fang zufälligerweise in Bodenfallen geraten. Dadurch entstandene hohe Individuenzahlen können durchaus als „Ausreißer“ bezeichnet werden. In Bezug auf die einzelnen Arten ist *Pardosa agrestis* die Art mit den meisten Individuen gefolgt von *Erigone atra* und *E. dentipalpis* und *Pardosa palustris*. Eine deutlich geringere, aber noch auffällige Individuenzahl weist *Oedothorax apicatus* auf (insbesondere auf den Flächen 2, 3 und 4). Die übrigen Arten wurden mit vergleichsweise wenigen Individuen bzw. nur vereinzelt an den Probestandorten nachgewiesen.

Tabelle 12: Liste der erfassten Spinnenarten mit Angaben zu ökologischem Typ und Anzahl der erfassten Individuen an den jeweiligen Probestandorten (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung)

Art	Ökol. Typ	Standort Nr. 1 Hoch	Nr. 2 Vert. 1	Nr. 3 Vert. 2	Nr. 4. Kontrolle	Nr. 5 Strom	Gesamt
Agyneta rurestris	x		6	5	6	1	16
Alopecosa pulverulenta	eu					3	3
Araeoncus humilis	(x)w	1	2	2	1	1	7
Centromerus sylvaticus	w					2	2
Diplocephalus latifrons	(h)w					3	3
Diplostyla concolor	(h)(w)	1				14	15
Diplocephalus cristatus	(x)w	1				7	8
Drassyllus pusillus	(x)	1			1	1	3
Enoplognatha thoracica	(x)(w)			1			1
Erigona atra	eu	61	60	87	46	20	274
Erigone dentipalpis	eu	44	63	98	51	10	266
Euophrys spec.				1			1
Linyphiidae spec.		9	8	8	7	1	33
Lycosidae-Pulli		21	31	14	102	60	228
Mermessus trilobatus	syn	5	7	17	4	4	37
Micaria micans	eu					2	2
Oedothorax apicatus	eu	6	30	35	20	2	93
Ozyptila praticola	(x)w					2	2
Pachygnatha clercki	h		1	1			2

Tabelle 13: Weiterführung von Tabelle 12 (Quelle: Dr. Christof Manhart, eigene Darstellung)

Art	Ökol. Typ	Standort					Gesamt
		Nr. 1 Hoch	Nr. 2 Vert. 1	Nr. 3 Vert. 2	Nr. 4. Kontrolle	Nr. 5 Strom	
Pachygnatha degeeri	eu	9	3	4	7	17	40
Pardosa agrestis	(x)	61	171	123	94	70	519
Pardosa palustris	eu	52	11	67	39	30	199
Pardosa prativaga	eu	5	16	12	3	18	54
Pardosa pullata	h, th			1	1		2
Pelecopsis parallela	(x)	1		2			3
Phrurolithus festivus	eu, th					4	4
Porrhomma microphthalmum	(x)	2	4	1			7
Thenuiphanthes flavipes	(x)w, arb		3	2	1		6
Theridion bimaculatum				1			1
Trochosa ruricola	eu	4		1	1	3	9
Walckenaeria vigilax	h		1				1
Xerolycosa miniata	x		1				1
Xysticus kochi	x	1		2	3	2	8
Gesamtergebnis		285	418	485	387	159	1852
Anzahl Arten		18	17	22	17	23	

Angaben zu den Arten

Bei den Arten sind unterschiedliche Hemerobiegrade angegeben. Hintergrund ist, dass ein Sukzessionszyklus regelmäßig oder sporadisch durch natürliche (Sturm, Überflutung), vor allem aber durch anthropogene, nutzungsbedingte Störungen (Mahd, Umbruch, Holzeinschlag usw.) abgebrochen oder zurückgesetzt ist. Jedes Entwicklungsstadium umfasst bestimmte ökologische Bedingungen, welche die Spinnenfauna widerspiegelt. Das heißt, Arten mit entsprechender Anpassung an regelmäßige „Störungen“ werden das Artenspektrum dominieren.

Oligohemerob (natürlich): Das Ökosystem strebt einen natürlichen Klimazustand an, in dem es sich langzeitlich erhält. Bei großer Flächenausdehnung ist eine Patchdynamik mit Mosaikzyklen möglich.

Mesohemerob (naturnah): Das Ökosystem befindet sich in einer Entwicklungsphase der Sukzession, die durch regelmäßige Nutzungs- oder Pflegeeingriffe oder natürliche Störungen (Überschwemmung) in einem weitgehend natürlichen Zustand gehalten wird.

Euhemerob (naturfern): Das Ökosystem befindet sich in einem permanenten Pionierzustand, durch jährlich wiederkehrende durchgreifende Störungen (Umbruch). Das System wird von wenigen Kulturpflanzen geprägt und zum Großteil jährlich neu von Pionierarten besiedelt.

Drassyllus pusillus

Überwiegend im Offenland, seltener in Gebüschen und lichten Waldbiotopen. Bevorzugt werden frische bis trockene Brache, Grünland und Heiden. Die Art gilt als mesohemerobiont und bezieht sich auf „naturnahe“ Lebensräume. Das heißt, der Lebensraum befindet sich in einer Sukzessionsphase, wird aber durch regelmäßige Eingriffe in einem mehr oder weniger natürlichen Zustand gehalten. Die Art wurde anhand von Einzelexemplaren an den Standorten 1, 4 und 5 nachgewiesen.

Micaria micans

Lebensräume sind extensiv genutztes Grünland, vereinzelt in Strand und Uferlebensräumen. Die Art gilt als mesohemerobiont und bezieht sich auf „naturnahe“ Lebensräume. Die Art wurde nur am Standort mit 2 Individuen nachgewiesen.

Agyneta rurestris

Schwerpunktlebensräume sind Äcker, Magerrasen und Brachen und weitere eher trockenere Lebensräume, selten in dunklen und feuchten Lebensräumen. Die Art gilt als mesohemerob bis euhemerophil, d. h., sie kommt neben naturnahen Lebensräumen auch ich naturfernen Lebensräumen vor, die sich infolge jährlich wiederkehrender und durchgreifender Störungen in einem Pionierstadium befinden und an denen eine Sukzession unterbrochen wird. Die Art wurde mit wenigen Individuen an den Standorten 2, 3, 4 und 5 nachgewiesen.

Araeoncus humilis

Lebensräume sind frische offene Biotope mit lückiger Vegetation, vor allem Äcker, daneben auch Magerrasen und Brachflächen. Mesohemerob bis euhemerophile Art. Geringe Individuenzahl, aber bis auf Standort 3 überall nachgewiesen.

Centromerus sylvaticus

Euryöker Bewohner verschiedenartiger Gehölzbiotope wie Nadel- und Laubwälder, Kiefernwälder und Feuchtwälder, weniger häufig im Offenland. Die Art gilt als meso- bis oligohemerob und besiedelt naturnahe bis natürliche Lebensräume ohne menschliche Einflüsse bis mäßige Pflegeeingriffe. Am Standort 5 wurde die Art mit zwei Individuen nachgewiesen.

Diplocephalus cristatus

Feuchte Offenlandbiotope wie alte Äcker und Grünlandbrachen, vereinzelt in Laubwäldern bilden die Schwerpunktbiotope. Euhemerob bis mesohemerophil. Nachweise beziehen sich auf die Standorte 1 und 5.

Diplocephalus latifrons

In fast allen Lebensräumen, wo Laubstreu zu finden ist. Hauptsächlich in Laubwäldern, Feuchtwäldern. Natürlicher Lebensraum, oligohemerob, d. h., der Lebensraum strebt ohne menschlichen Einfluss ein natürliches Klimaxstadium an. Nachweis anhand weniger Individuen am Standort 5.

Diplostyla concolor

Euryöker Bewohner feuchter und schattiger Lebensräume wie Laubwälder, Bruchwälder, Nadelwälder, Gebüsch und Ruderalstreifen. Mesohemerob bis oligohemerophil. Ein Einzelindividuum am Standort 1, vergleichsweise viele Individuen am Standort 5.

Erigone atra

Schwerpunktlebensräume sind Äcker, danach Intensivgrünland, Feucht- bis Frischgrünland. Die mesohemerobe Art weist im Vergleich der übrigen Arten die zweithöchste Individuenzahl nach *Pardosa agrestis* auf. Sie fehlt nur am Standort 3.

Erigone dentipalpis

Schwerpunklebensraum sind eindeutig Äcker. Mesohemerob. Fast gleich hohe Individuenzahl wie *E. atra*. Die Art ist an allen Standorten vertreten. Auffallend wenige Individuen am Standort 3.

Mermessus trilobatus

Neozooe mit Vorlieben für trockene Offenbiotope wie Magerrasen, Schonungen, Zwergstrauchheiden. Xerophil, oligohemerob bis mesohemerob. Bis auf den Standort 3 an allen übrigen Probeflächen nachgewiesen.

Oedothorax apicatus

Besiedelt stark gestörte Biotope, wo sie als Pionierart in großen Individuendichten auftreten kann. Schwerpunktlebensraum sind eindeutig Äcker, danach mit großem Abstand Grünlandbrachen und Intensivgrünland. Euhemerob. An allen Standorten nachgewiesen. Häufiger an den Standorten 2, 3 Vert. 2 und 4.

Pelecopsis parallela

Schwerpunktlebensraum eindeutig Äcker, danach Magerrasen, Acker und Grasland. Mesohemerob. Einzelnachweise an den Standorten 1 und 3.

Porrhomma microphthalmum

Vor allem in Äckern. Stenohemerob bis euhemerobiont. Nachweis anhand weniger Individuen an den Standorten 1, 2 und 3 Vert 2.

Tenuiphantes flavipes

Feuchte Wälder, weniger in feuchtem Offenland, z. B. Grünland, Verlandungszonen. Wichtig ist eine dicke und lockere Bodenauflage. Oligohemerobiont. Nachweis anhand weniger Individuen an den Standorten 2, 3 Vert 2. und 4.

Walkenaeria vigilax

Die feuchtigkeitsliebende Art besiedelt Feucht- bis Frischgrünland, mesohemerob. Die Art wurde mit einem Individuum am Standort 2 nachgewiesen.

Alopecosa pulverulenta

Weit verbreitete euryöke Offenlandart im Feucht- bis Frischgrünland. Pionierart bei einschneidenden Biotopveränderungen, mesohemerobiont. Nachweis anhand weniger Individuen am Standort 5.

Pardosa agrestis

Lebt vor allem in Agrarbiotopen vegetationsarmer Offenflächen. Störungsabhängige Pionierart die mit sukzessiv dichter werdender Vegetation verschwindet. Mesohemerob. Mit Abstand individuenreichste Art. Größte Individuenzahl am Standort 2.

Pardosa palustris

Typischer Bewohner von Agrarlebensräumen, insbesondere Acker- und Grünlandbiotopen. Kommt aber auch in nassen bis trockenen, kurzrasigen Lebensräumen vor. Pionierart mit hohen Individuenzahlen in stark gestörten Ackerflächen. Mesohemerob.

Pardosa prativaga

Offene, nasse bis feuchte Grünlandbiotope, selten in trockenen Lebensräumen. Mesohemerob bis mesohemerophil. Bis auf Standort 3 Vert. 3 überall vertreten.

Pardosa pullata

Nasse bis trockene Offenlandbiotope, selten in schattigen bis dunklen Lebensräumen. Mesohemerobiont. Nachweise von Einzelindividuen an den Standorten 3 Vert. 2 und 4.

Trochosa ruricola

Euryöke Offenlandart in feuchten bis frischen Lebensräumen wie Acker und Grünlandbrachen, Feucht- bis Frischgrünland. Mesohemerob. Nachweise anhand weniger Individuen.

Xerolycosa miniata

Äcker und Magerrasen sowie Zwergstrauchheiden mit lückiger Vegetation bilden die Schwerpunktlebensräume dieser Art. Mesohemerob. Einzelnachweis am Standort 2.

Enoplognatha thoracica

Frisches bis trockenes Offenland wie Magerrasen, Grünland, aber auch an Waldrändern und in Gebüsch, mesohemerob bis mesohemerophil. Einzelnachweis am Standort 3 Vert. 2.

Phrurolithus festivus

Besiedelt unterschiedlichste Lebensräume von extrem feucht (Moore, Bruch-, Auwälder) bis extrem trocken (Trockenrasen, Trockenheiden). Mesohemerob.

Pachygnatha clercki

Feuchte Offenbiotope, Feucht- und Nassgrünland, Moore, Ufer. Mesohemerob.

Pachygnetha degeeri

Besiedelt werden frische, offene Biotope wie Acker, Grünland, Brachen, Magerrasen. Mesohemerob.

Ozyptila praticola

Bevorzugt werden Laubwälder und andere gehölzbestandene Biotope, aber auch im Offenland. Oligohemerob.

Xysticus kochi

Feuchte bis trockene, stets offene Lebensräume wie Äcker, Grünlandbrachen, Feucht- und Frischgrünland oder Magerrasen. Mesohemerob.

Ökologischer Typ

In den Abbildungen 33 bis 37 ist die Verteilung der ökologischen Typen bezüglich der Standorte dargestellt. Wie zu erwarten nehmen die euryöken und xerophilen Arten den größten Anteil am Artenspektrum ein. Feuchtigkeitsliebende Arten wie *Pachygnatha clercki*, *Pardosa pullata* und *Walckenaria vigilax* wurden an den Standorten 2, 3 und 4 nachgewiesen, die Individuenzahl ist jedoch sehr gering. Gerade bei *P. pullata* können die Individuendichten in geeigneten Lebensräumen sehr hoch sein. Gleiches gilt für Arten, deren Schwerpunktlebensräume Wälder sind, wie *Centromerus sylvaticus, Araeoncus humilis* oder *Dilocephalus cristatus*, die mit geringen Individuenzahlen an den Standorten nachgewiesen wurden.

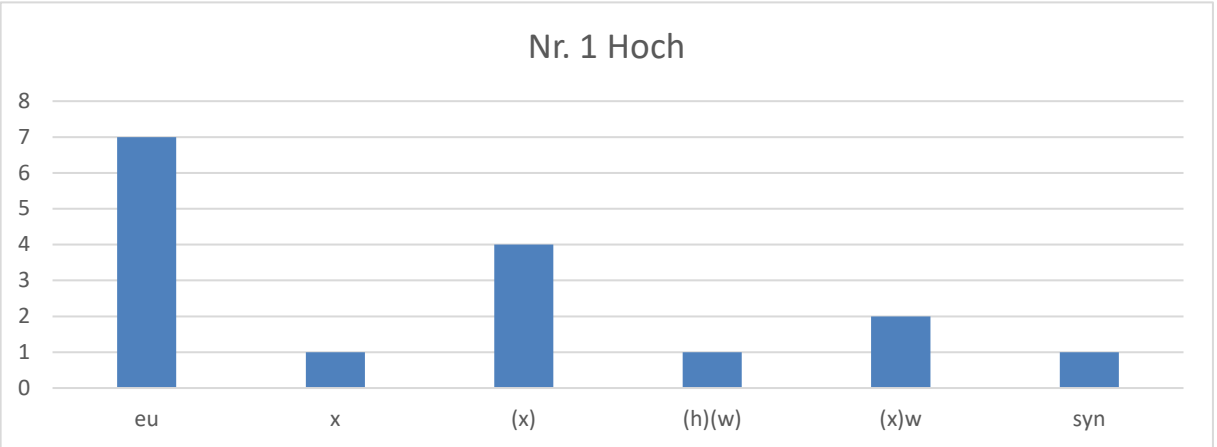

Abbildung 40: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ

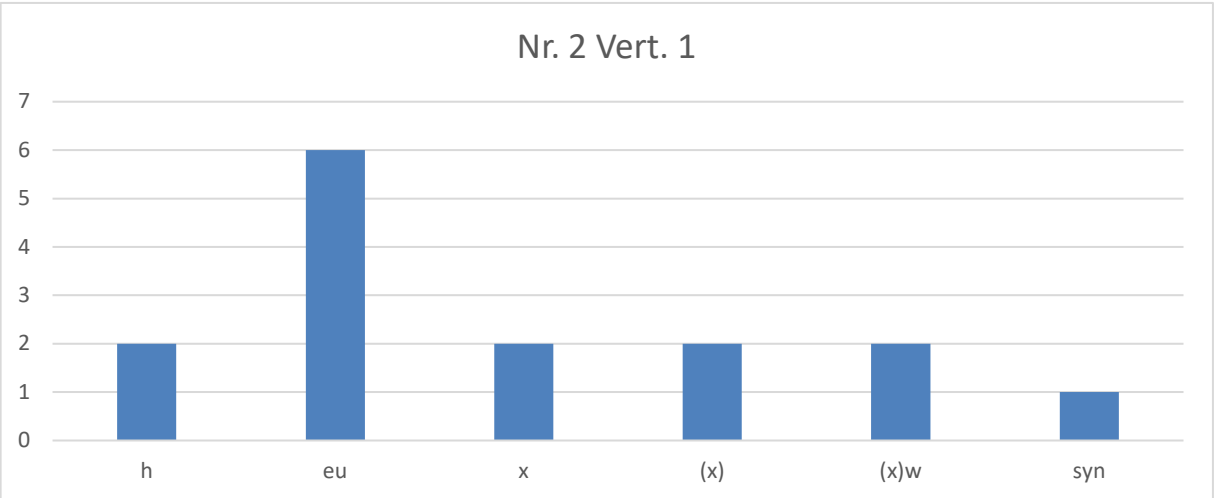

Abbildung 41: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ

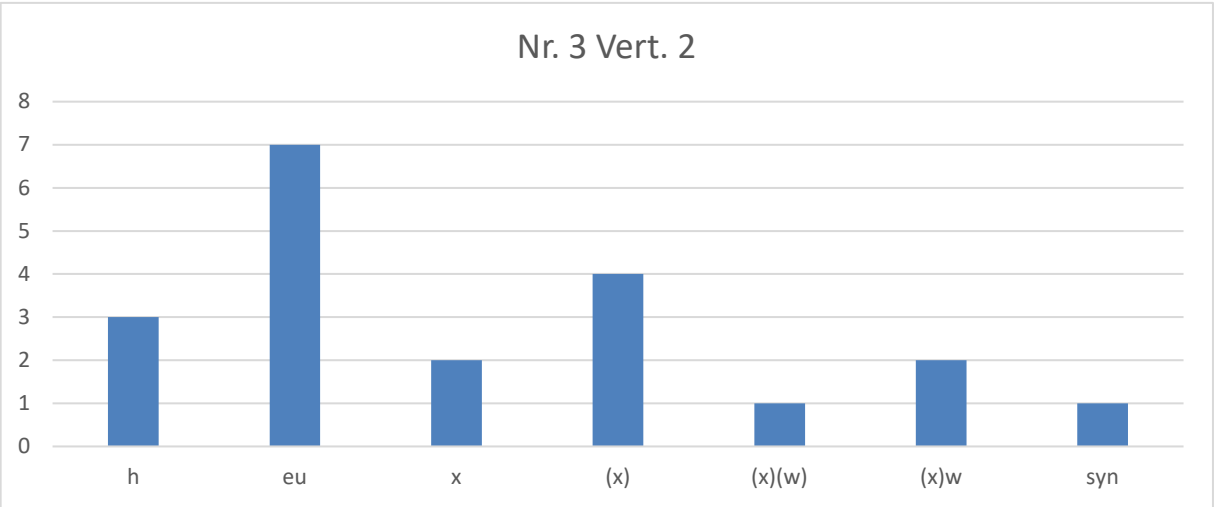

Abbildung 42: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ

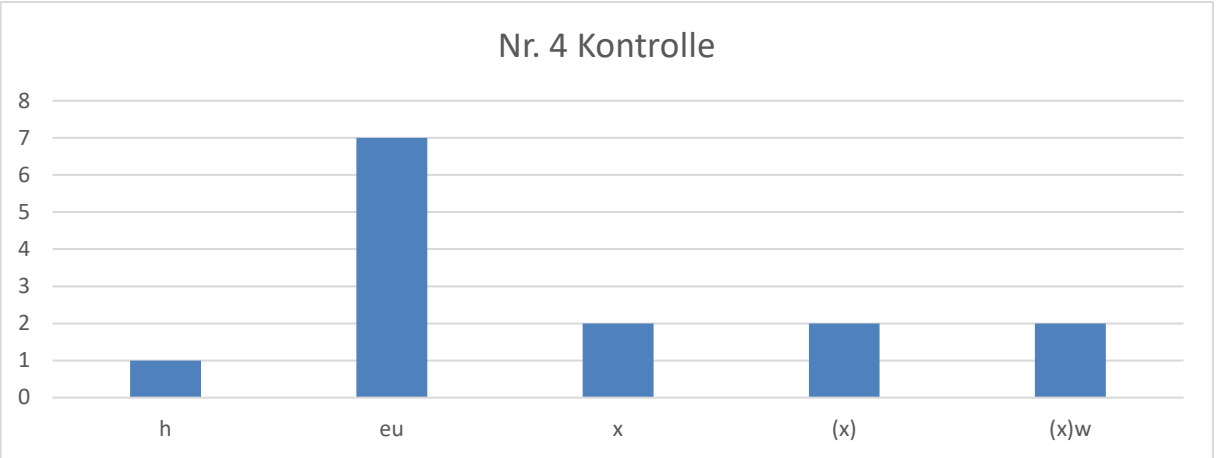

Abbildung 43: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ

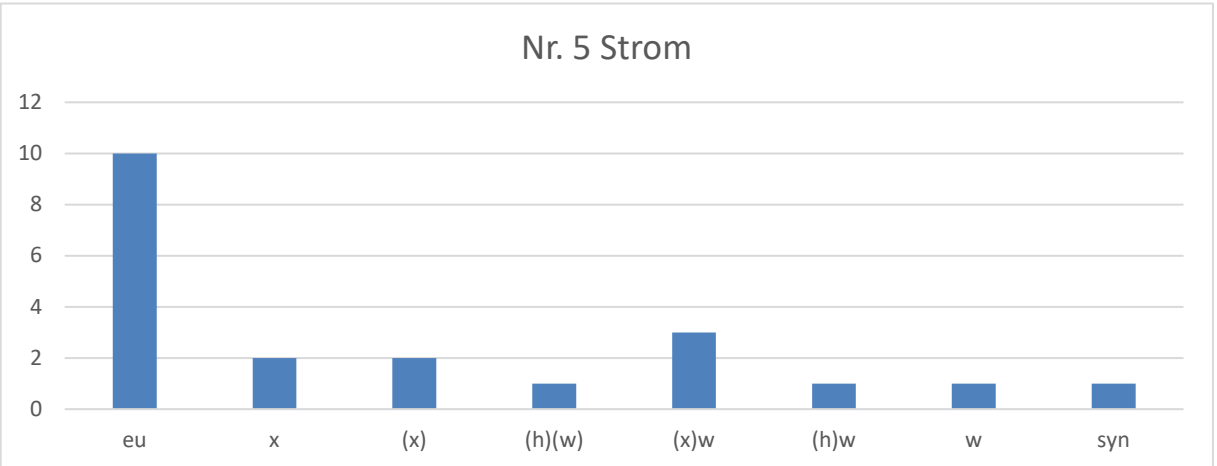

Abbildung 44: Verteilung der erfassten Arten nach dem ökologischen Typ

Berichte aus dem TFZ

Bisher erschienene Ausgaben der Schriftenreihe des Technologie- und Förderzentrums:

1 Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich – Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis

2 Erprobung der Brennwerttechnik bei häuslichen Holzhackschnitzelheizungen mit Sekundärwärmetauscher

3 Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland

4 Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung

5 Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards

6 Entwicklung einer Prüfmethode zur Bestimmung der Cetanzahl von Rapsölkraftstoff

7 Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenöltauglichen Motoren

8 Wärmegewinnung aus Biomasse – Begleitmaterialien zur Informationsveranstaltung

9 Maize as Energy Crop for Combustion – Agricultural Optimisation of Fuel Supply

10 Staubemissionen aus Holzfeuerungen – Einflussfaktoren und Bestimmungsmethoden

11 Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren

12 Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich – Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen

13 Getreidekörner als Brennstoff für Kleinfeuerungen – Technische Möglichkeiten und Umwelteffekte

14 Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff betriebenen Traktors

15 Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen

16 Schnellbestimmung des Wassergehaltes im Holzscheit

17 Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell

18 Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff – Ergebnisse als bayerischen Forschungsarbeiten

19 Miscanthus: Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis

20 Prüfung der Eignung von Verfahren zur Reduktion ablagerungs- und aschebildender Elemente in Rapsölkraftstoff bei der dezentralen Erzeugung

21 Kleine Biomassefeuerungen – Marktbetrachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit

22 Partikelemissionen aus Kleinfeuerungen für Holz und Ansätze für Minderungsmaßnahmen

23 Bewertung kostengünstiger Staubabscheider für Einzelfeuerstätten und Zentralheizungskessel

24 Charakterisierung von Holzbriketts

25 Additivierung von Rapsölkraftstoff – Auswahl der Additive und Überprüfung der Wirksamkeit

26 Status quo der dezentralen Ölgewinnung – bundesweite Befragung

27 Entwicklung einer Siloabdeckung aus Nachwachsenden Rohstoffen

28 Sorghumhirse als Nachwachsender Rohstoff – Sortenscreening und Anbauszenarien

29 Sorghum als Energiepflanze – Optimierung der Produktionstechnik

30 Ethanol aus Zuckerhirse – Gesamtkonzept zur nachhaltigen Nutzung von Zuckerhirse als Rohstoff für die Ethanolherstellung

31 Langzeiterfahrungen zum Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren der Abgasstufen I und II

32 Pflanzenöltaugliche Traktoren der Abgasstufe IIIA – Prüfstanduntersuchungen und Feldeinsatz auf Betrieben der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

33 Betriebs- und Emissionsverhalten eines pflanzenöltauglichen Traktors mit Rapsöl, Sojaöl und Sonnenblumenöl

34 Dezentrale Ölsaatenverarbeitung 2012/2013 – eine bundesweite Befragung

35 Additivierung von Rapsölkraftstoff – Projektphase 2: Langzeit- und Prüfstanduntersuchungen

36 Nutzer- und Brennstoffeinflüsse auf Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen

37 Screening und Selektion von Amarantsorten und -linien als spurenelementreiches Biogassubstrat

38 Untersuchung der Praxistauglichkeit eines Elektrofilters für Kleinfeuerungsanlagen

39 Eignung von Buchweizen und Quinoa als späte Zweitfrüchte für die Biogasnutzung

40 Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel

41 Qualitätssicherung bei der dezentralen Herstellung von Rapsölkraftstoff nach DIN 51605

42 Weiterentwicklung einer Siloabdeckung auf Basis Nachwachsender Rohstoffe

43 Brennstoffqualität von Holzpellets

44 Herstellung und Demonstration der Praxistauglichkeit von Traktoren mit Motoren der Abgasstufe IV im Betrieb mit Pflanzenöl

45 ExpRessBio – Methoden

46 Qualität von Holzhackschnitzeln in Bayern

47 Pflanzenöltaugliche Traktoren der Abgasstufen I bis IIIB

48 Sorghum als Biogassubstrat – Präzisierung der Anbauempfehlungen für bayerische Anbaubedingungen

49 Zünd- und Verbrennungsverhalten alternativer Kraftstoffe

50 Rapsölkraftstoffproduktion in Bayern – Analyse und Bewertung ökologischer und ökonomischer Wirkungen nach der ExpRessBio-Methode

51 Emissions- und Betriebsverhalten eines Biomethantraktors mit Zündstrahlmotor

52 Schnellbestimmung des Wassergehalts von Holzhackschnitzeln

53 Bioenergieträger mit Blühaspekt: Leguminosen-Getreide-Gemenge

54 Dauerkulturen – Aufzeigen der bayernweiten Anbaueignung

55 Lagerung von Holzhackschnitzeln

56 Holzhackschnitzel aus dem Kurzumtrieb

57 Optimierungspotenziale bei Kaminöfen – Emissionen, Wirkungsgrad und Wärmeverluste

58 Überführung einer Siloabdeckung auf Basis Nachwachsender Rohstoffe in die Praxisreife

59 Regionalspezifische Treibhausgasemissionen der Rapserzeugung in Bayern

60 Langzeitmonitoring pflanzenöltauglicher Traktoren der Abgasstufen I bis IV

61 Nutzereinflüsse auf die Emissionen aus Kaminöfen

62 Abgasverhalten von Fahrzeugen im realen Betrieb mit alternativen Kraftstoffen – Bestimmung mit einem portablen Emissionsmesssystem (PEMS)

63 Rapsölkraftstoff als Energieträger für den Betrieb eines forstwirtschaftlichen Vollernters (Harvester)

64 Amarant als Biogassubstrat – Selektion zur Erarbeitung praxistauglicher Amarantlinien für bayerische Standorte

65 Schwierige Pelletbrennstoffe für Kleinfeuerungsanlagen – Verbrennungstechnische Optimierung durch Additivierung und Mischung

66 Einflussfaktoren auf die NO_X-Emissionen in Hackschnitzelheizwerken zwischen 1 und 5 Megawatt

67 Gärrestversuch Bayern – Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL

68 Hanf zur stofflichen Nutzung – Stand und Entwicklungen

69 Grundlagenorientierte Untersuchungen zum Zünd- und Verbrennungsverhalten von Pflanzenölkraftstoff und Übertragung auf ein Motorsystem der Abgasstufe V (EVOLUM)

70 Effiziente Lagerungs- und Aufbereitungsverfahren für Holzhackschnitzel

71 Ertragsstabilität, Etablierung und Umweltparameter mehrjähriger Energiepflanzen – Dauerkulturen II

72 Stoffliche Nutzung von Biomasseaschen als Baustein der Bioökonomie

73 Agri-Photovoltaik – Stand und offene Fragen

74 Erweiterte Holzpelletcharakterisierung – Einfluss bekannter und neuer Brennstoffparameter auf die Emissionen aus Pelletöfen und -kesseln

75 Entwicklung von Umbruchstrategien für Dauerkulturflächen und Weiterführung des Gärrestdüngungsversuchs in Durchwachsener Silphie

76 Mineralisch verschmutzte Holzbrennstoffe – Teil 1: Auswirkungen auf die Verbrennung

77 Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern – Thermische Verwertung

78 Verwertung und Anbauoptimierung von Hanf als Nachwachsender Rohstoff

79 Realemissionen und Nutzungsgrade von kleinen automatisch beschickten Holz-Zentralheizungskesseln mittels Lastzyklus-Methode – Methodenentwicklung und Ergebnisse einer Serienprüfung

80 Klimafreundliche Landmaschinen im Feldtest

81 HVO-Diesel für Traktoren – Analyse zum Einsatz des paraffinischen Dieselkraftstoffs HVO auf Staatsbetrieben

82 Innovative Verfahrensketten für Holzbrennstoffe mit einem Duplex-Schneckenhacker

83 Spritzbares Mulchmaterial im Wein- und Obstbau

84 Spritzbares Mulchmaterial im Gemüsebau

85 Konzeption von Agri-Photovoltaik-Anlagen

ISSN 1614-1008