

Operationelle Gruppe:
Agrophotovoltaik

Innovationsprojekt:
Wassermanagement und Mikroklima unter der Agri-Photovoltaikanlage

Abschlussbericht

Projektkoordinator:
Steinicke Haus der Hochlandgewürze GmbH
Seerau in der Lucie 30
29439 Lüchow

Ansprechpartner: Robert Lettenbichler
Telefon: +49 (0) 5841 - 9756 – 22
Email: r.lettenbichler@steinicke-gmbh.de

EIP Netzwerk
Agrar&Innovation
Niedersachsen



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des ländlichen Raums - ELER
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



Inhalt

1.	Kurzdarstellung.....	4
1.1	Ausgangssituation und Bedarf.....	4
1.2	Projektziel und konkrete Aufgabenstellung.....	4
1.3	Mitglieder der OG.....	4
1.4	Projektgebiet.....	4
1.5	Projektlaufzeit und Dauer.....	4
1.6	Budget (Gesamtvolumen und Fördervolumen).....	5
1.7	Ablauf des Verfahrens.....	5
1.8	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	5
2.	Eingehende Darstellung.....	6
2.1	Verwendung der Zuwendung.....	6
2.1.1	Gegenüberstellung der Planung im Geschäftsplan und der tatsächlich durchgeführten und abgeschlossenen Teilschritte, sowie die Aufgaben im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit einer OG.....	6
2.1.2	Darstellung der wichtigsten finanziellen Positionen.....	8
2.2	Detaillierte Erläuterungen der Situation zu Projektbeginn.....	8
2.2.1	Ausgangssituation.....	8
2.2.2	Projektaufgabenstellung.....	9
2.3	Ergebnisse der OG in Bezug auf.....	10
2.3.1	Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet?.....	10
2.3.2	Was war der besondere Mehrwert bei der Durchführung des Projekts als OG?.....	10
2.3.3	Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?.....	10
2.4	Ergebnisse des Innovationsprojektes.....	11
2.4.1	Zielerreichung.....	20
2.4.2	Abweichung zwischen Planung und Ergebnis.....	21
2.4.3	Projektverlauf.....	21
2.4.4	Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Themen.....	25
2.4.5	Nebenergebnisse.....	25
2.4.6	Arbeiten, die zu keiner Lösung/zu keinem Ergebnis geführt haben.....	26
2.4.7	Mögliche weitere Verwendung von Investitionsgütern.....	26
2.5	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	26
2.6	(Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse.....	26
2.7	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit.....	26
2.8	Kommunikations- und Disseminationskonzept:.....	27
3.	Literaturverzeichnis.....	27

Abbildung 1:	Darstellung eines Messfeldes unterhalb der Agri-PV Anlage. Die Position der Bodenfeuchtesonden und des Multiparametersensors sind bereits eingetragen.	11
Abbildung 2:	Niederschlagsverteilung unterhalb der Agri-PV Anlage ohne Regenrinne. Die Niederschlagshöhen sind in Blau dargestellt. Die Solarpaneele sind in Orange dargestellt.....	12
Abbildung 3:	Niederschlagsverteilung unterhalb der Agri-PV Anlage mit Regenrinne. Die Niederschlagshöhen sind in Blau dargestellt. Die Solarpaneele sind in Orange dargestellt.....	12
Abbildung 4:	Niederschlagsverteilung im Feld als Referenzverteilung. Die Niederschlagshöhen sind in Blau dargestellt.	13
Abbildung 5:	Linkes Bild: Niederschlagsmesser unterhalb der Agri-PV Anlage. Im Hintergrund ist das Referenzmessfeld außerhalb der Anlage zu erkennen. Rechtes Bild: Darstellung der Abtropfkanten im Feld.	13
Abbildung 6:	Niederschlagsverteilung unter der Agri-PV-Anlage und auf der Referenzfläche aus Mittelwerten	14
Abbildung 7:	Niederschlagsverteilung unter der Agri-PV-Anlage ohne Regenrinne mit hochauflösenden Messwerten im Bereich der Abtropfkante.....	15
Abbildung 8:	Position der Bodenfeuchtesensoren unter der APV und in der Referenzfläche.....	16
Abbildung 9:	links: Wetterstation mit Niederschlagsmessung außerhalb der APV, rechts: Wetterstation unter APV.....	16
Abbildung 10:	Bodenfeuchte 10 cm unter GOK, Niederschlagswasser und Beregnungsgaben vom 25. Juli bis zum 19. August in der Anbausaison 2024.....	17
Abbildung 11:	Bodenfeuchte 30 cm unter GOK, Niederschlagswasser und Beregnungsgaben vom 25. Juli bis zum 19. August in der Anbausaison 2024.....	18
Abbildung 12:	Beschattung auf der Anbaufläche am 21.06. um 12:15 Uhr und die Position der Bodenfeuchtesensoren unter der APV.....	19
Abbildung 13:	Globalstrahlung und Bodentemperatur unter der APV und in der Referenzfläche..	19
Abbildung 14:	Überflutete Flächen im hinteren Bereich der APV Ende Dezember 2023	21
Abbildung 15:	EIP Projekt Kick-Off.....	22
Abbildung 16:	Besuch des Arbeitskreises der CDU-Landtagsfraktion in Niedersachsen	22
Abbildung 17:	Präsentation der APV-Anlage und des EIP-Projekts beim OWF	23
Abbildung 18:	Informationsveranstaltung zum Thema „Agri-PV: Chance für den ländlichen Raum“	23
Abbildung 19:	Informationsveranstaltung für den Niedersächsischen Städte- und Gemeindebund	24
Abbildung 20:	Begleitender Workshop in Zernien.....	24
Abbildung 21:	Abschlussworkshop zur Präsentation der Ergebnisse im Februar 2025	25

1. Kurzdarstellung

1.1 Ausgangssituation und Bedarf

Im Klimareport 2019 für Niedersachsen wird davon ausgegangen, dass der Temperaturanstieg von 2021-2050 ohne Maßnahmen ca. 3,5°C und im Klimaschutz-Szenario ca. 1°C betragen wird. Darüber hinaus nehmen Wetterextreme wie lange Trockenperioden gefolgt von Starkregenereignissen zu, was die Wasseraufnahmefähigkeit der Böden einschränkt und zu hoher Bodenerosion führt. Im Weiteren wird eine Verschiebung von Niederschlägen aus der Vegetationsperiode in den Winter erwartet. In beiden Extremwetterlagen können Wind- oder Wassererosion zum Abtrag des nährstoffreichen Ackerbodens führen und damit für die erhöhten Nährstoffbelastungen der Wasserkörper und zu Versorgungsdefiziten und einer ungleichen Verteilung von Nährstoffen auf den Anbauflächen sorgen. Zusätzlich sorgt die steigende Verdunstung dafür, dass im langfristigen Planungshorizont (2071-2100) der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz im Jahr um zwei Drittel abnimmt und gleichzeitig sich das Wasserdefizit im Sommer verdoppeln wird.

Diese durch den Klimawandel zunehmend auftretenden Phänomene zwingen die Landwirtschaft vielerorts bereits jetzt zum Umdenken. Für das Unternehmen Steinicke - Haus der Hochlandgewürze GmbH, ein landwirtschaftlicher Betrieb, der im großen Stil Gewürzkräuter anbaut, bedeutet dies schon jetzt, dass z.B. bestimmte Kräuter auf Grund der hohen Sonneneinstrahlung in Kombination mit weniger Niederschlag oftmals nur noch mit erheblichen Ertragseinbußen und/oder Mehraufwand im Bereich des Bewässerungsmanagements kultiviert werden können.

Eine effizientere Nutzung der Wasserressourcen durch die Landwirtschaft ist aber nicht nur eine ökonomische Frage, sondern hat auch soziale und ökologische Implikationen. Der Anfang des Jahres 2021 durch den niedersächsischen Landtag angenommene Antrag „Niedersachsen mit einem nachhaltigen und effizienten Wassermanagement für die Zukunft wappnen“ stellt besonders die Sicherung der Trinkwasserversorgung für die Bevölkerung in den Vordergrund. Dafür ist es wichtig, dass die Landwirtschaft als relevanter Nutzer des zur öffentlichen Wasserversorgung geförderten Wassers einen Beitrag zu dem Thema leistet und sich um eine ressourcenschonende Nutzung bemüht.

1.2 Projektziel und konkrete Aufgabenstellung

Das Innovationsprojekt vergleicht und optimiert Methoden zu nachhaltigem Wassermanagement und Wasserkreisläufen beim Anbau von Kräutern unter einer Agri-Photovoltaikanlage, um so die Voraussetzung zu schaffen, dass der Wasserverbrauch durch die Landwirtschaft in Niedersachsen auch während Trockenzeiten minimiert werden kann. Zusätzlich eignen sich diese Methoden nicht nur dazu, den Wasserverbrauch zu mindern, sondern auch durch weniger Erosion den Oberflächenabfluss von nährstoffhaltigem Boden in angrenzende Gewässer und Ökosysteme zu verringern.

1.3 Mitglieder der OG

- Steinicke Haus der Hochlandgewürze GmbH
- Andreas Barge (Kräuter Andi)
- Anbaugemeinschaft Lettenbichler GbR
- Ostfalia-Hochschule für angewandte Wissenschaften, Campus Suderburg

1.4 Projektgebiet

Das Projektgebiet befindet sich in Seerau in der Lucie, einem Ortsteil der Stadt Lüchow (Wendland) im niedersächsischen Landkreis Lüchow-Dannenberg auf der Anbaufläche für Schnittlauch der Firma Steinicke. Exemplarisch wird die Anbaufläche mit der bestehenden Agri-Photovoltaikanlage intensiv untersucht.

1.5 Projektlaufzeit und Dauer

13.03.2022 (Datum Bewilligungsbescheid) bis 30.04.2025

Offizielle Projektlaufzeit des Innovationsprojektes ist vom 01.05.2022 bis 30.04.2025 (36 Monate)

1.6 Budget (Gesamtvolumen und Fördervolumen)

Bewilligte Zuwendung 430.516,94 €

1.7 Ablauf des Verfahrens

Das Verfahren wurde in mehreren Phasen durchgeführt. Zu Beginn erfolgte die detaillierte Projektplanung und die Antragsstellung. Nach der Bewilligung des Projektes wurde mit der Umsetzung gemäß des Geschäftsplans begonnen. Im Verlauf des Projekts wurden regelmäßige Statusüberprüfungen und Anpassungen vorgenommen, um sicherzustellen, dass die geplanten Ziele erreicht werden. Die Zusammenarbeit innerhalb der Organisationseinheit (OG) wurde stetig abgestimmt, und es fanden regelmäßige Meetings statt, um den Fortschritt zu überprüfen und notwendige Entscheidungen zu treffen. Das Verfahren wurde erfolgreich abgeschlossen, wobei aufgrund der Witterungsbedingungen in den projektrelevanten Anbauphasen nicht alle wesentlichen Meilensteine im festgelegten Zeitraum erreicht werden konnten.

1.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchungen im Rahmen des EIP-Agri Vorhabens „Agrophotovoltaik (Agri-PV)“ führten zu einer Vielzahl von Ergebnissen, die insbesondere die Auswirkungen der Agri-PV-Anlage (APV) auf den Wasserhaushalt unterhalb der Anlage beschreiben. Zu Beginn wurde die Niederschlagsverteilung unter der Anlage sowohl mit als auch ohne Regenrinnen detailliert erfasst. Besonders die Bildung von Abtropfkanten durch das Wasser, das von den Solarmodulen abläuft und von den Modulkanten tropft, wurde untersucht. Diese Abtropfkanten können bei der Bewirtschaftung unterhalb der Anlage problematisch sein. Es wurde festgestellt, dass die Installation von Regenrinnen die Bildung dieser Abtropfkanten, je nach Niederschlagsintensität, verhindern oder zumindest reduzieren kann. Weitere Ergebnisse stammen aus dem Monitoring des Mikroklimas, das die Auswirkungen auf die Bodenfeuchte und Verdunstung unter der APV-Anlage beschreibt. So wurde die potentielle Verdunstung nach Penman-Monteith (FAO 56) berechnet, die etwa 60 % unter der Verdunstungsrate der Referenzfläche liegt. Anhand der Bodenfeuchtemessungen konnte eine reduzierte Verdunstung nachgewiesen werden. Allerdings konnten durch die nicht erfolgte Bewirtschaftung unter der APV keine Beregnungswassermengen quantifiziert werden.

The investigations carried out within the framework of the EIP-Agri project "Agrophotovoltaik (Agri-PV)" led to a variety of results, particularly concerning the impacts of the agrivoltaics on the water balance beneath the installation. Initially, the distribution of rainfall under the system was recorded in detail, both with and without rain gutters. A key aspect of the study was the formation of drip edges from water runoff along the solar modules and dripping from their edges. These drip edges can cause problems in the area beneath the system during agricultural operations. It was found that the installation of rain gutters can prevent or reduce the formation of these drip edges, depending on the intensity of the rainfall. Further results were obtained from monitoring the microclimate, describing the impact on soil moisture and evaporation beneath the agrivoltaics. The potential evaporation was calculated using the Penman-Monteith method (FAO 56), showing a reduction of approximately 60% compared to the evapotranspiration rate in the reference area. Soil moisture measurements also demonstrated reduced evaporation. However, due to the lack of agricultural operations beneath the agrivoltaics, irrigation water volumes could not be quantified.

2. Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung

2.1.1 Gegenüberstellung der Planung im Geschäftsplan und der tatsächlich durchgeführten und abgeschlossenen Teilschritte, sowie die Aufgaben im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit einer OG

Mit der Bewilligung des Projektes wurde bei Steinicke begonnen, die organisatorischen Voraussetzungen für das Projekt zu schaffen. Dies beinhaltete Vorbereitung im landwirtschaftlichen Betrieb und an der Agri-Photovoltaikanlage, das Einrichten der notwendigen IT- und Bewässerungsinfrastruktur, sowie das Erstellen von Arbeitsplänen.

Neben Besprechungsterminen zwischen einzelnen OG-Mitgliedern fand eine Kick-Off-Veranstaltung mit allen OG-Mitgliedern bei der Firma Steinicke am 12.05.2022 statt. Bei diesem Treffen wurden die inhaltliche Koordination des Innovationsprojektes durchgeführt, erste Absprachen getroffen und die einzelnen Arbeitsschritte besprochen. Zusätzlich fand bei diesem Treffen eine Begehung des Projektgebiets statt und der Aufbau und die Funktionsweise der Agri-Photovoltaikanlage sowie der eingesetzte Maschinenpark präsentiert.

Nach intensiver Recherche und Anfragen mit dem Hersteller von Nebeltaunetzen wurde der Einsatz für dieses Innovationsprojekt hinterfragt. Bei den Nebeltaunetzen handelt es sich um eine eigens von der WaterFoundation entwickelte Technologie für den Einsatz in CloudFishern. Diese Nebeltaunetze werden von der Firma Aqualonis unter dem Namen FogCollector vertrieben. Das Gewebe dieser Nebeltaunetze wird exklusiv für den Einsatz in CloudFishern produziert und erst ab einer Bestellmenge von 1.000m² vermarktet. Bei einem Preis von 27 €/m² und einer Mindestbestellmenge von 1.000m² war der Einsatz dieses Gewebes für das Innovationsprojekt nicht wirtschaftlich sinnvoll. Da es sich um eine eigens entwickelte 3D-Gewebestruktur zum Zweck der Wassergewinnung handelt, konnte kein Gewebe mit gleichwertigen Eigenschaften ermittelt werden, was für den Einsatz in dem Versuchsaufbau geeignet wäre. Um die Effekte von Nebeltaunetzen, welche in der Unterkonstruktion der Agri-Photovoltaikanlage installiert sind, mit einem gleichwertigen Mehrwert zu ersetzen, wurde nach möglichen Alternativen gesucht. Für das Innovationsprojekt sind besonders die Effekte einer leichten Verschattung und einer Abschirmung von seitlich einfallenden Winden, die zu einem veränderten Mikroklima und einer verringerten Winderosion führen könnten, von zentraler Bedeutung. Da das Projektgebiet während möglicher Trockenperioden eine geringe Luftfeuchtigkeit aufweist und daher die zu erwartende Wasserausbeute durch Nebeltaunetze in diesen Perioden gering wäre, wurde beschlossen, sich auf die Funktion möglicher Veränderungen des Mikroklimas und der Winderosion zu fokussieren. Daher werden anstelle der Nebeltaunetze bifaziale Photovoltaikmodule, mit vergleichbaren Abmessungen wie die Nebeltaunetze, an der Unterkonstruktion der Agri-Photovoltaikanlage installiert. Da die eingesetzten bifazialen Photovoltaikmodule eine vergleichbare Lichtdurchlässigkeit und Fläche wie die Nebeltaunetze aufweisen, sind hinsichtlich der Verschattung und seitlich einfallender Winde ähnliche Effekte zu erwarten. Gleichzeitig erlaubt der Einsatz von bifazialen Modulen den Stromertrag der Agri-Photovoltaikanlage zu steigern und eine effizientere Doppelnutzung der Fläche zu gewährleisten.

Am 02.06.2022 fand ein Online-Meeting mit allen OG-Mitgliedern mit dem Thema „Wissenstransfer Schnittlauch“ statt. Bei diesem Meeting wurden die Abläufe im Schnittlauchanbau während einer Vegetationsperiode besprochen. Die Schlagkarteien der letzten 30 Jahre mit den Informationen zum Anbau, den Tätigkeiten, Bodenproben, sowie relevanter Umweltdaten wurden besprochen und dienen als Grundlage zur Bestimmung von Referenzwerten in diesem Projekt. Des Weiteren wurden Daten und Erfahrungen zur Bewässerung sowie den Qualitätsanforderungen und -kontrollen des Schnittlauchs besprochen und ausgetauscht. Bei diesem Treffen ergab sich weiterer Klärungsbedarf bezüglich des Einsatzes von Mikrosprinklern, da im Schnittlauchanbau der Anbaugemeinschaft

Lettenbichler ein von Andreas Barge entwickelter Vollernter zum Einsatz kommt, der die Mikrosprinkler beschädigen könnte.

Bei diesem Treffen ergab sich weiterer Klärungsbedarf bezüglich der Grundwassercharakteristik und einer möglichen Wasseraufbereitung, um den Einsatz von Mikrobewässerung zu gewährleisten.

Am 29.06.2022 wurde ein zweites Online-Meeting mit den OG-Mitgliedern veranstaltet, um die finalen Abstimmungen und Aufgaben für die Umsetzung des Versuchsaufbaus zu besprechen. Bei diesem Meeting wurden die Aufgaben der einzelnen OG-Mitglieder, sowie mögliche Alternativen zum Einsatz von Mikrosprinklern besprochen, da diese durch die eingesetzten Landmaschinen beschädigt werden würden und somit nicht praxistauglich im Schnittlauchanbau sind. Nach intensiver Betrachtung und Recherche zu möglichen Alternativen wurde beschlossen, die Mikrosprinkler durch den Einsatz eines Düsenwagens zu ersetzen. Durch die Düsenwagenberegnung ergeben sich gleichwertige Vorteile wie durch die Mikrosprinkler. Auch mit dem Düsenwagen kann eine hohe Verteilungsgenauigkeit, eine geringe Verdunstung durch bodennahe Ausbringung, geringe Verluste durch Windabdrift, sowie eine geringe Aufprallenergie der feinen Tropfen gewährleistet werden, ohne dass der landwirtschaftliche Betrieb beeinträchtigt wird. Dadurch kann im direkten Vergleich mit der Tröpfchenbewässerung anhand der Indikatoren des Zusatzwasserbedarfs, der Energie- und Arbeitszeitbedarfe, sowie die mit den Bewässerungsmethoden verbundenen Kosten eine gleichwertige Aussage zu der Effizienz des Bewässerungssystems unter den gegebenen Bedingungen getroffen werden.

Am 15.03.2023 wurde ein Treffen der OG-Mitglieder am Projektstandort, bei der Firma Steinicke veranstaltet, um mögliche Anpassungen des Versuchsaufbaus zu besprechen. Da die Menge und Speicherkapazität für gesammeltes Regenwasser nicht ausreichend für die Bewässerung der Versuchsfläche während der Wachstumsperiode waren, mussten Alternative Quellen für die Bewässerung identifiziert und in den Versuchsaufbau integriert werden. Die landwirtschaftlichen Flächen in der Region werden in der Regel mit Grundwasser beregnet, jedoch hat eine Grundwasseranalyse ergeben, dass das Grundwasser nicht für die Tröpfchenbewässerung geeignet ist. Die Grundwasseranalyse ergab einen Eisengehalt von 26.35 mg/l, was die Tropfer in kürzester Zeit verstopfen und die Tröpfchenbewässerung unbrauchbar machen würde. Da eine Enteisung des Grundwassers über die Laufzeit des Projektes wirtschaftlich nicht sinnvoll ist musste eine Alternative Wasserquelle identifiziert werden. Daher wurde beschlossen das Wasser von einem Wasseranschluss auf dem Firmengelände zu nutzen, um die Tröpfchenbewässerung für die Projektlaufzeit zu gewährleisten. Dazu musste eine unterirdische Leitung von dem Firmengelände bis zu der Versuchsfläche verlegt werden und eine Druckerhöhungspumpe installiert werden. Damit die Beregnungsmenge auf beiden Versuchsfeldern identisch ist und gesteuert werden kann, wurde ebenfalls beschlossen den Düsenwagen mit einem anderen Motor zu bestücken und die Länge der Ausleger zu kürzen.

Um die Datenerfassung und die landwirtschaftlichen Aktivitäten abzustimmen wurde am 28.09.2023 ein Treffen aller OG-Mitglieder, inklusive Herr Klings, am Projektstandort veranstaltet. Bei diesem Treffen wurden die Erfahrungen aus der landwirtschaftlichen Praxis besprochen und die vorläufigen Ergebnisse der Datenerfassung geteilt. Es hat sich gezeigt, dass es eine gute Koordination und Abstimmung der OG-Mitglieder bedarf, um die Sensorik, bzw. den Versuchsaufbau in den landwirtschaftlichen Betrieb zu integrieren, da ansonsten ein erheblicher Mehraufwand entsteht und mögliche Beschädigungen am Versuchsaufbau und der Sensorik entstehen können. Zusätzlich wurde beobachtet, dass sich am nördlichen Ende der Agri-Photovoltaikanlage eine natürliche Bodensenke befindet. Bei langanhaltenden, oder Starkregenereignissen wird in diesem Bereich der Anlage zwar das Regenwasser wie geplant von den Modultischen gesammelt und abgeleitet, jedoch kommt es durch die Gegebenheiten in diesem Bereich zu einer erhöhten Bodenfeuchte, oder sogar Staunässe, was das Pflanzenwachstum in diesem Bereich beeinflussen könnte.

Der Bau einer Wasseraufbereitungsanlage auf dem Firmengelände der Firma Steinicke verzögert sich und ist für Q1 2024 geplant. Dadurch kann die Bewässerung mit aufbereitetem Prozesswasser noch nicht erprobt werden.

Die Firma Steinicke wird mit landwirtschaftlichen Betrieben in der Region und Vertragspartnern in Kontakt treten, um einen möglichen Termin für einen begleitenden Workshop mit weiteren lokalen Anwendern zu finden.

Am 23.01.2024 wurde ein weiteres Treffen der OG-Mitglieder in Lüchow veranstaltet, um die Auswertungen der vorläufigen Ergebnisse zu besprechen und den begleitenden Workshop mit weiteren lokalen Anwendern zu planen. Der Workshop soll am 21.02.2024 mit ca. 60-70 Personen aus dem landwirtschaftlichen Netzwerk der Firma Steinicke stattfinden.

Für die Planung der abschließenden Arbeiten der laufenden Saison und auch des Projektes wurde am 29.07.2024 ein weiteres Treffen der OG-Mitglieder in Lüchow einberufen. Die bis dahin erhobenen Daten wurden der OG vorgestellt und die abschließenden Arbeiten und Aussichten für die letzten Wochen der Anbausaison wurden besprochen. Aufgrund der schwierigen Bodenverhältnisse hat keine Bewirtschaftung unterhalb der APV stattgefunden und aus wirtschaftlichen Gründen würde auch keine Bearbeitung mehr in diesem Jahr erfolgen. Für die Vorstellung der Endergebnisse wurde eine Veranstaltung für ca. 50-60 Personen im Februar 2025 vorgesehen. Der Workshop wurde am 21.02.2025 mit Teilnehmern aus dem landwirtschaftlichen Netzwerk der Firma Steinicke durchgeführt.

2.1.2 Darstellung der wichtigsten finanziellen Positionen

In der zweiten Jahreshälfte 2022 wurde mit den Untersuchungen zur Niederschlagsverteilung begonnen. Dafür wurden zunächst 300 Regenmesser beschafft, sowie Materialien für die Aufstellung der Regenmesser im Feld. Beim Betrieb der Messfelder und durch die Einrichtung eines ungeplanten Messfeldes durch den Einsatz von Regenrinnen auf einem Teilbereich unterhalb der Agri-PV Anlage, wurden weitere Regenmesser nachgeordert. Das waren die ersten Ausgaben bei den Ausrüstungsgegenständen.

Die weitere Ausstattung der Messfelder wurde im Dezember 2022 beschlossen und beschafft.

In der ersten Jahreshälfte 2023 wurden weitere 140 Regenmesser bestellt, um die Messung der Niederschlagsverteilung zu erweitern. Durch eine höhere Messdichte soll eine höhere Auflösung der Daten erreicht werden. Um in jedem Messplot zwei Wiederholungen mit einer höheren Messdichte im Bereich der Abtropfkanten einzurichten, wurden weitere Regenmesser benötigt.

Für das Monitoring der Wetterdaten wurden Datenlogger bestellt. Die erforderlichen Sensoren (Luft WS501, Regenmesser Luft) waren bereits an der Ostfalia vorhanden und wurden für das Projekt zur Nutzung bereitgestellt. Ebenso wurden 4 Sentek Drill&Drop Bodenfeuchtesonden (60 cm) für die Nutzung im Projekt von der Ostfalia Hochschule bereitgestellt und verwendet.

Die Tröpfchenbewässerung, und der Düsenwagen mit den notwendigen Anpassungen, sowie eine zusätzliche Wasserleitung, Pumpen, Filter etc. wurden erfolgreich installiert. Die Material- und Betriebskosten sind in den Mietkosten der AgroSolar Europe enthalten.

2.2 Detaillierte Erläuterungen der Situation zu Projektbeginn

2.2.1 Ausgangssituation

Agri-Photovoltaikanlagen sind relativ neue Systeme deren Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung in der DIN SPEC 91434 beschrieben sind. Zum Thema Wasserverfügbarkeit für die landwirtschaftliche Fläche ist unter anderem das Vorhandensein einer technischen Bewässerungseinrichtung als ein Ansatz genannt, um die ausreichende Bewässerung der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche sicherzustellen. Weiterhin wird das Auftreten von Abtropfkanten und dem damit verbundenem Abschwemmen des Bodens erwähnt und eine Minimierung der

auftretenden Erosion und Verschlammung gefordert. Hier wird auf die Kultur angepasste Auffangeinrichtungen für Regenwasser, Regenwasserverteiler oder ähnlich geeignete Konstruktionen verwiesen, ohne diese näher zu definieren. (DIN SPEC 91434:2021-05)

Fraunhofer ISE gibt den weltweiten Ausbau von Agri-PV Anlagen in 2021 mit 14 GW_p an. Von den integrierten Photovoltaiklösungen hat die Agri-PV aber mit Abstand das höchste Potential mit ca. 1.700 GW_p. (Fraunhofer ISE 2022)

Die Entwicklung der Agri-PV Systeme steht noch am Anfang, daher gibt es noch keine etablierten Lösungen für das Wassermanagement. Das Anlagendesign ist neben der Einsatz- und Nutzungsart auch vom Hersteller abhängig. Die Untersuchungen zur Niederschlagsverteilung und zum Mikroklima unter der Agri-PV Anlage werden daher individuelle Ergebnisse sein, die aber zum Teil auf andere Anlagensysteme übertragbar sind. Auch werden die Ergebnisse neuartig sein und in der Forschungsgemeinschaft zum Thema APV auf großes Interesse stoßen.

Agri-Photovoltaik (APV) gewinnt zunehmend an Bedeutung als innovative Lösung für die Herausforderungen der modernen Landwirtschaft, insbesondere im Hinblick auf den Anbau anspruchsvoller Kulturen wie Kräutern und die globale Problematik der Wasserknappheit. Durch die Integration von Photovoltaikanlagen über landwirtschaftlichen Nutzflächen entsteht eine Symbiose, die mehrere Vorteile bietet. Die Solarmodule erzeugen nicht nur erneuerbare Energie, sondern spenden den darunter wachsenden Pflanzen auch Schatten. Dieser reduzierte Lichteinfall kann für viele Kräuterarten, die keine intensive Sonneneinstrahlung vertragen, optimale Wachstumsbedingungen schaffen und die Qualität der Ernte verbessern. Gleichzeitig verringert die Beschattung die Bodentemperatur und somit die Verdunstung, was zu einer effizienteren Wassernutzung führt und den Bewässerungsbedarf signifikant senken kann. Dies ist besonders in Regionen mit zunehmender Trockenheit und Wasserknappheit von entscheidender Bedeutung, um die landwirtschaftliche Produktion langfristig zu sichern.

Darüber hinaus bietet die Agri-Photovoltaik die Möglichkeit, Synergieeffekte in Bezug auf den Wasserkreislauf zu nutzen. Regenwasser kann von den Solarmodulen abgeleitet und gezielt zur Bewässerung der darunterliegenden Kulturen eingesetzt werden. Dies kann die Abhängigkeit von externen Wasserquellen weiter reduzieren und zu einer nachhaltigeren Bewirtschaftung führen. Der Anbau von hochwertigen Kräutern unter APV-Anlagen kann somit nicht nur ökonomische Vorteile durch potenziell höhere Erträge und Qualitätsstandards bieten, sondern auch einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung und zur Anpassung der Landwirtschaft an die Folgen des Klimawandels leisten. Die Kombination aus Energieerzeugung und optimiertem Pflanzenwachstum unterstreicht das Potenzial der APV als zukunftsweisendes Konzept für eine nachhaltige Landwirtschaft.

2.2.2 Projektaufgabenstellung

Das Innovationsprojekt untersucht, welche Methoden des Wassermanagements insgesamt die besten Ergebnisse im Hinblick auf Wasser- und Energiebedarf, Arbeitsaufwand und Ertrag erbringen. Für den Vergleich der zwei Bewässerungsmethoden wird jeweils der Netto-Wasserverbrauch sowie der Verlust an Böden durch Erosion unter einer Agri-Photovoltaikanlage gemessen.

Das Ziel ist eine signifikante Verbesserung des Wassermanagements, und die Veröffentlichung der Daten und eines Leitfadens soll die Wettbewerbsfähigkeit der niedersächsischen Landwirtschaft insgesamt erhöhen. Zudem sollen die aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse zu einer nachhaltigeren Ressourcennutzung im Land Niedersachsen durch Einsparungen bei der Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Flächen beitragen.

2.3 Ergebnisse der OG in Bezug auf

2.3.1 Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet?

Die Zusammenarbeit der OG-Mitglieder war geprägt von einem interdisziplinären Ansatz, der landwirtschaftliches Praxiswissen, planerisch-ökologische Expertise und technische Fragestellungen zusammenführte. Durch den regelmäßigen Austausch konnten Arbeitspakete effizient aufeinander abgestimmt und auftretende Herausforderungen zeitnah adressiert werden. Besonders der enge Kontakt zwischen Praxispartnern und Forschungseinrichtungen ermöglichte eine praxisorientierte Weiterentwicklung der Fragestellungen und eine gezielte Datenerhebung. Die offene Kommunikationskultur und die Bereitschaft zur Kooperation trugen maßgeblich zum erfolgreichen Projektverlauf und zur Schärfung der wissenschaftlichen und praktischen Zielsetzungen bei.

Die OG-Mitglieder standen während des Projektes im kontinuierlichen Austausch. Nach einem Kickoff-Meeting im Mai 2022 wurden alle Arbeitsschritte der Mitglieder untereinander und in Absprache mit der Firma Steinicke abgestimmt. Im März und September 2023 wurden Projekttreffen durchgeführt, um vorläufige Ergebnisse zu teilen und das weitere Vorgehen zu besprechen. Im Januar 2024 gab es ein weiteres Projekttreffen bei dem auch Zwischenergebnisse einer Studie des Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover (Auswirkungen von Agriphotovoltaik auf die Vogelwelt der Agrarlandschaft) vorgestellt wurden. Weiterhin wurde der im Februar 2024 stattfindende Workshop zur Vorstellung des Projektes und der vorläufigen Forschungsergebnisse besprochen. In einem letzten Projekttreffen im August 2024 wurde über die laufenden Anbausaison und die auftretenden Probleme bei der Bewirtschaftung der Fläche berichtet. Die letzten Maßnahmen und Meskampagnen im Projekt wurden besprochen wie auch der Abschlussworkshop, der für den Februar 2025 vorgesehen war.

2.3.2 Was war der besondere Mehrwert bei der Durchführung des Projekts als OG?

In der Anfangsphase des Projektes lässt sich erkennen, dass die Durchführung des Projekts als Operative Gruppe zahlreiche Vorteile mit sich bringt. Für die Umsetzung des Projekts wird die Expertise der vier OG-Mitglieder benötigt, welche alle auf jahrzehntelange Erfahrung im Kräuter- und Gemüseanbau bzw. auf Erfahrungen im Bereich der Wasserwirtschaft und Bewässerung, sowie der Forschung zurückgreifen können. Jedes der OG-Mitglieder trägt aktiv zum Erfolg dieses Projektes bei, welches lediglich durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit der einzelnen Mitglieder ermöglicht wird. Diese Zusammenarbeit erlaubt eine umfangreiche Betrachtung der verschiedenen Aufgabenstellungen, wodurch eine kompetente und effiziente Bearbeitung gewährleistet ist.

Auf die gesamte Projektlaufzeit betrachtet war die Zusammenarbeit als operative Gruppe sehr effektiv und effizient, da die individuellen Fähigkeiten und Aufgaben der OG-Mitglieder optimal eingesetzt werden konnten. Der regelmäßige Austausch erlaubte eine enge Zusammenarbeit und kurze Wege auch bei spontan auftretenden Fragen.

2.3.3 Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?

Aufgrund vieler simultaner Fragestellungen im Bereich des zukünftigen Wasserhaushaltes in Anbetracht des Klimawandels die Ostfalia Hochschule einen weiteren Projektantrag für ein EIP-Agri gefördertes Projekt eingereicht. In dem Projekt „Wasserspeicher- und Betriebsstrategie zur Anpassung an den Klimawandel (WassKli)“ soll die Wettbewerbs- und Anpassungsfähigkeit der niedersächsischen Landwirtschaft gestärkt werden. An diesem Projekt wird unter anderem die Firma Steinicke beteiligt sein, wodurch eine weitere Kooperation von mindestens zwei OG-Mitgliedern avisiert wird.

Seit Juli 2024 ist die Firma Steinicke als Projektpartner in dem von der Ostfalia Hochschule koordinierten EIP-Agri Projekt „Wasserspeicher und Betriebsstrategie zur Anpassung an den Klimawandel (WassKli)“ eingebunden.

2.4 Ergebnisse des Innovationsprojektes

Im September 2022 wurde der Schnittlauch auf dem Projektflächen ausgesät. Im Oktober 2022 wurden die Messfelder mit der Sensorik (Multiparameter Sensoren, Bodenfeuchte Sensoren, Niederschlagsmesser) eingerichtet. Der Versuchsaufbau wurde zum Juni 2023 auf dem Projektgebiet abgeschlossen. Dies beinhaltet die Installation der Tröpfchenbewässerung, sowie dem für dieses Projekt angepassten Beregnungswagen.

Niederschlagsverteilung

Im Oktober 2022 wurden die ersten beiden Messfelder zur Niederschlagsverteilung eingerichtet. Das Messfeld unter der Agri-PV Anlage erstreckt sich über zwei vollständige Zwischenräume, eine komplette Panellänge und beginnt und endet jeweils mittig unter einem Panel. Der Aufbau der Regenmesser beträgt 18 m, mit einem Abstand zwischen den Niederschlagsmessern von 0,5 m. Eine Reihe Niederschlagsmesser hat folglich 37 Messbecher. Der Aufbau wird insgesamt dreifach wiederholt, somit besteht ein Messfeld aus insgesamt 111 Niederschlagsmessern. Der Messfeldaufbau neben der Anlage für die Blindversuche ist identisch.

Der Messfeldaufbau im zusätzlichen Bereich unterhalb der PV-Anlage, in dem Regenrinnen installiert wurden, entspricht den anderen Messfeldern. (Siehe Abbildung 1)

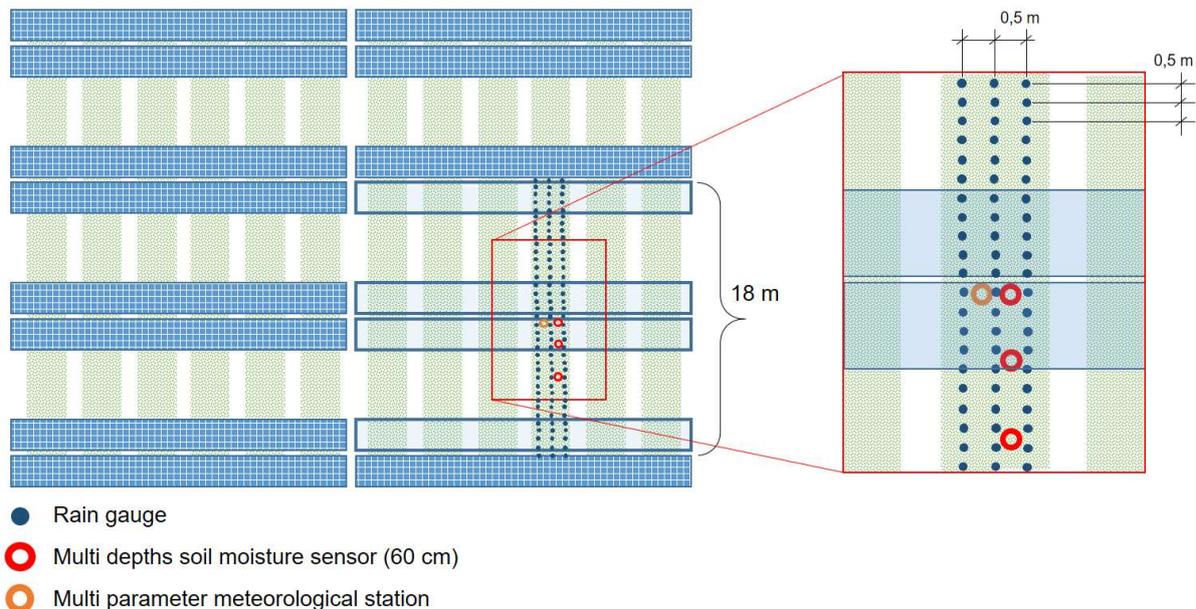


Abbildung 1: Darstellung eines Messfeldes unterhalb der Agri-PV Anlage. Die Position der Bodenfeuchtesonden und des Multiparametersensors sind bereits eingetragen.

In den folgenden Abbildungen ist eine beispielhafte Auswertung der Niederschlagsverteilung vom 22.12.2022 dargestellt. Während unterhalb der Anlage zwischen den Solarpanelen eine eher gleichmäßige Verteilung der Niederschläge aufgezeichnet wurde, kann man unter den Solarpanelen gut erkennen, dass es Bereiche ohne, bzw. mit sehr geringem Niederschlag und Bereiche mit hohen Niederschlägen an den Abtropfkanten der Solarpaneele gibt. Unterhalb der Paneele sind zwei Peaks zu erkennen, die baulich bedingt auftreten. Jede Reihe mit PV-Elementen besteht aus 2 voneinander getrennten Paneelen und ein Teil des Niederschlags fällt durch die Lücke zwischen diesen Paneelen. Am unteren Ende beider Paneele fällt der Großteil des Niederschlags zu Boden. Die Auswertung unterhalb der Paneele mit Regenrinne lässt erkennen, dass auch hier das Abtropfen des Niederschlags zwischen den Paneelen auftritt, am unteren Ende beider Paneele jedoch das Abtropfen verhindert wird. Die Auswertung der Niederschläge im freien Feld zeigt eine gleichmäßige Verteilung. (Siehe Abbildung 2, Abbildung 3, Abbildung 4)

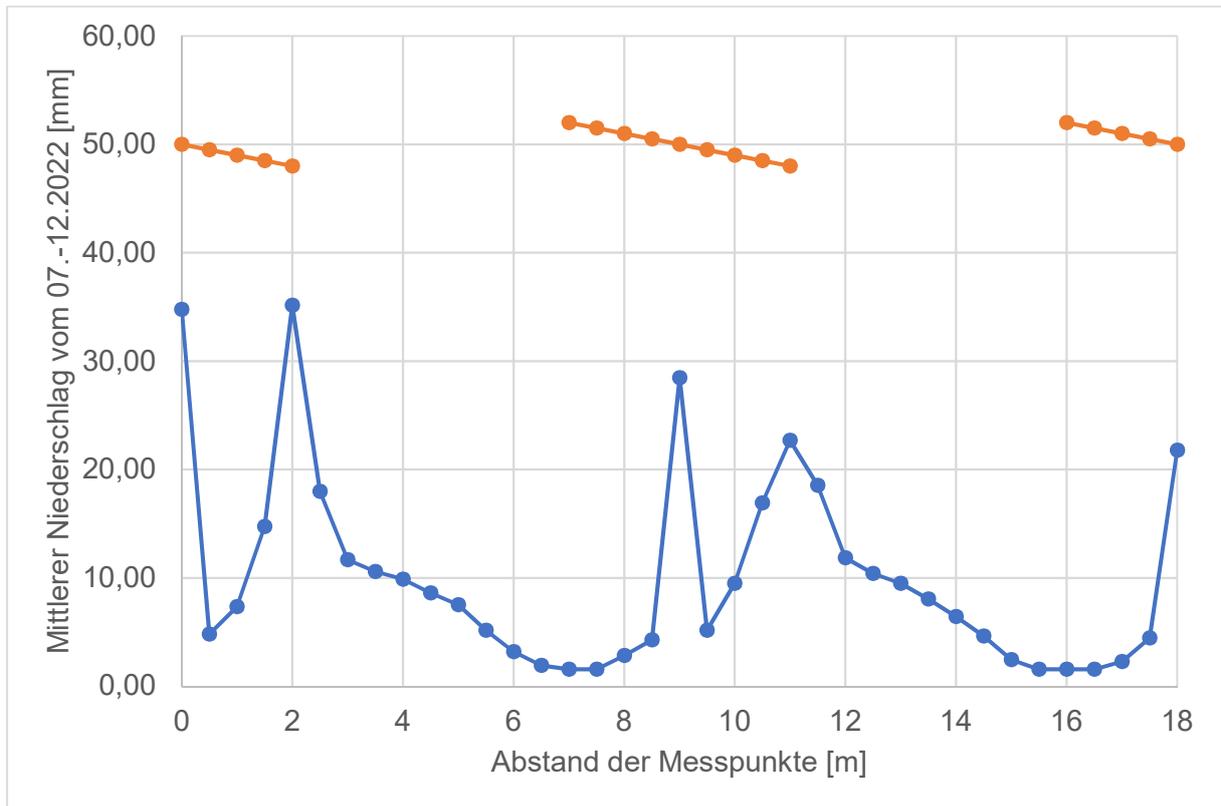


Abbildung 2: Niederschlagsverteilung unterhalb der Agri-PV Anlage ohne Regenrinne. Die Niederschlagshöhen sind in Blau dargestellt. Die Solarpaneele sind in Orange dargestellt

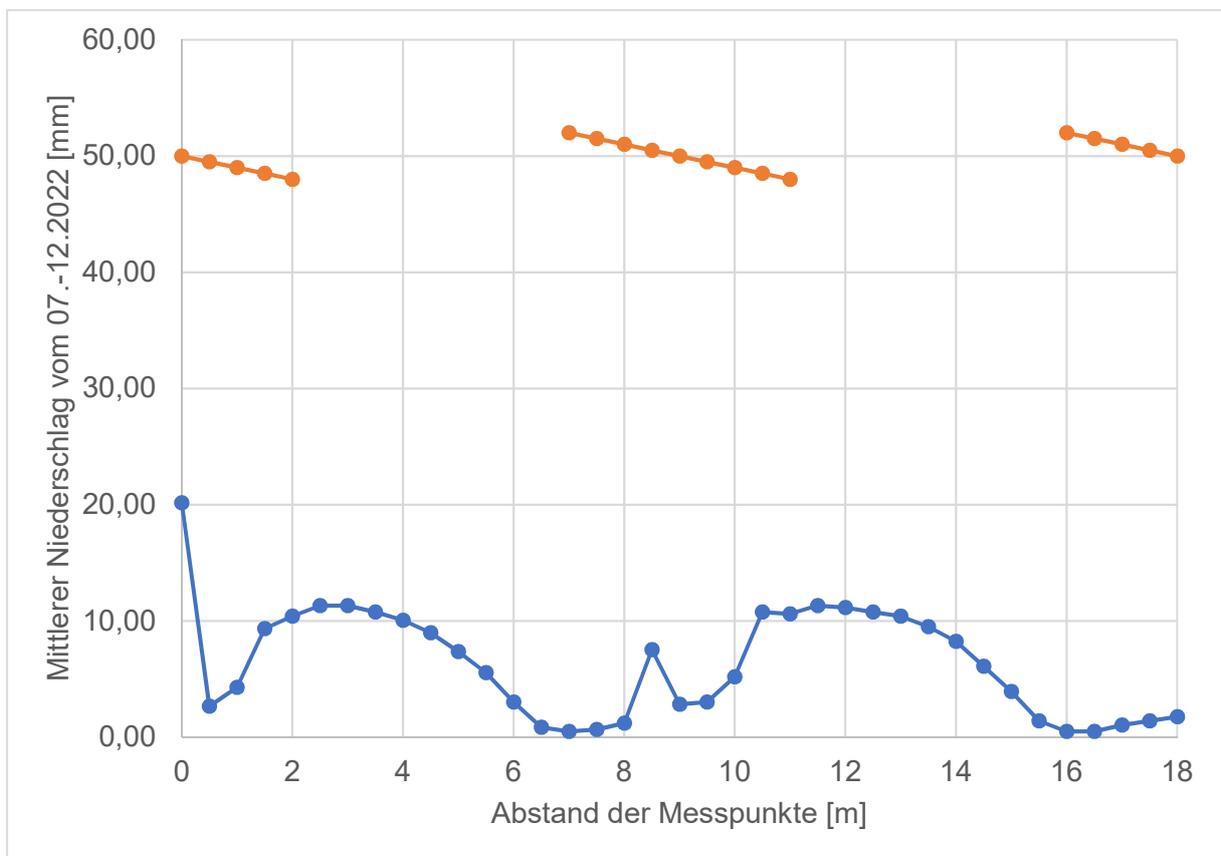


Abbildung 3: Niederschlagsverteilung unterhalb der Agri-PV Anlage mit Regenrinne. Die Niederschlagshöhen sind in Blau dargestellt. Die Solarpaneele sind in Orange dargestellt

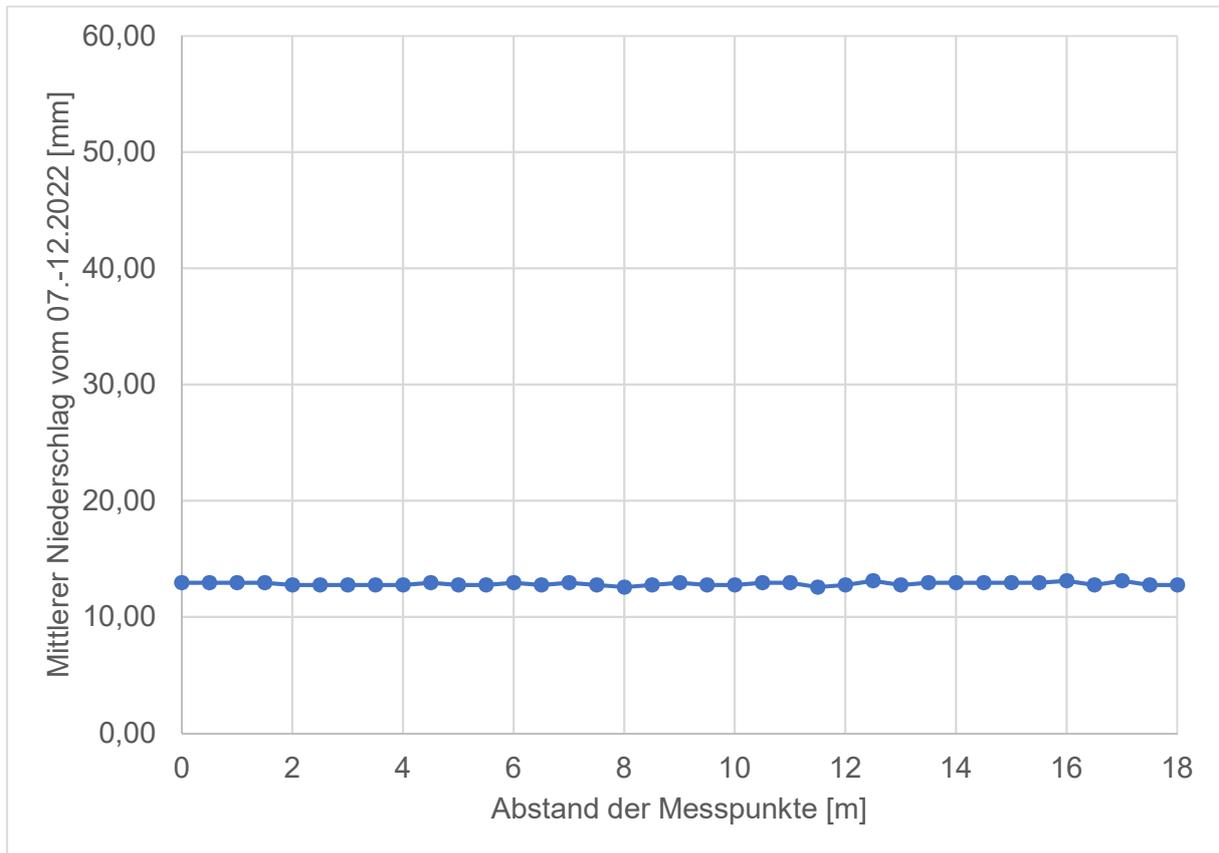


Abbildung 4: Niederschlagsverteilung im Feld als Referenzverteilung. Die Niederschlagshöhen sind in Blau dargestellt.

Das ausgeprägte Abtropfverhalten von den Solarpanelen ist in Form von ausgeprägten Abtropfkanten auf dem Boden zu sehen (Siehe Abbildung 5). Erste Beeinträchtigungen im Aufgang des Schnittlauchs waren zu erkennen. Ob der Effekt auch bei stärkeren Pflanzen merkbar ist wird sich während der Messungen und Beobachtungen im laufenden Jahr 2023 zeigen. Die Installation der Regenrinnen in einem Teilbereich der Anlage hat Auswirkungen auf die untere Abtropfkante. Wie sich das Auffangen des Niederschlags an den Elementen auf Dauer auswirkt, muss ebenfalls im Laufe des Jahres betrachtet werden.



Abbildung 5: Linkes Bild: Niederschlagsmesser unterhalb der Agri-PV Anlage. Im Hintergrund ist das Referenzmessfeld außerhalb der Anlage zu erkennen. Rechtes Bild: Darstellung der Abtropfkanten im Feld.

Nach Auswertung der ersten Niederschlagsverteilungen wurde der Aufbau der Messfelder überarbeitet. In mehreren Schritten wurden in den Messfeldern unter der Anlage (mit und ohne Regenrinne) zunächst in zwei von drei Wiederholungen die Dichte der Aufstellung im Bereich der Abtropfkanten erhöht. Hier wurden auf der Länge von 3,5 m der Abstand der Regenmesser von 0,5 m auf 0,01 m reduziert. Weiterhin wurden die Wiederholungen von 18 m auf 13 m verkürzt. Der ursprüngliche Aufbau von 18 m entstand mit dem Gedanken zunächst sicherzustellen, dass alle erforderlichen Daten erfasst werden. Dafür begann eine Messreihe mittig unter einer Solarmodulreihe, erfasst einen kompletten Zwischenraum, eine komplette Solarmodulreihe, einen weiteren Zwischenraum und endete dann wieder mittig unter einer Solarmodulreihe (siehe Abbildung 1). Nach mehreren Messdurchgängen wurden die Messreihen verkürzt und enden in der Mitte des zweiten gemessenen Zwischenraums. Bis Anfang Juli 2023 wurden 27 Ereignisse ausgewertet. Die Ergebnisse der Niederschlagsverteilung wurden als Darstellung der Mittelwerte in Abbildung 6 dargestellt.

Die Messwerte der Niederschlagsverteilung unter der Agri-PV-Anlage ohne Regenrinne wurden mit den hochauflösenden Messwerten aus dem Bereich der Abtropfkanten ergänzt. Hier konnte ermittelt werden, dass die ursprüngliche Messdichte die Verteilung gut dargestellt hat, aber die absoluten Peaks noch nicht vollständig erfasst wurden. (siehe Abbildung 7)

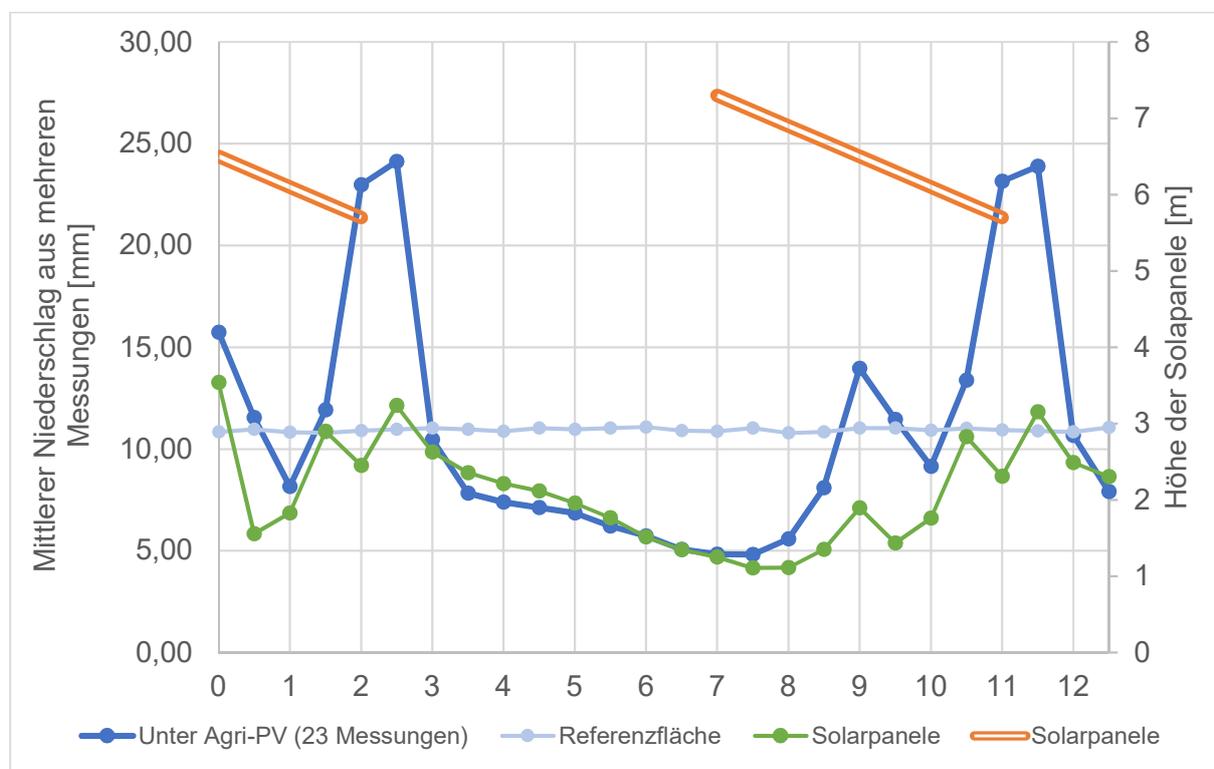


Abbildung 6: Niederschlagsverteilung unter der Agri-PV-Anlage und auf der Referenzfläche aus Mittelwerten

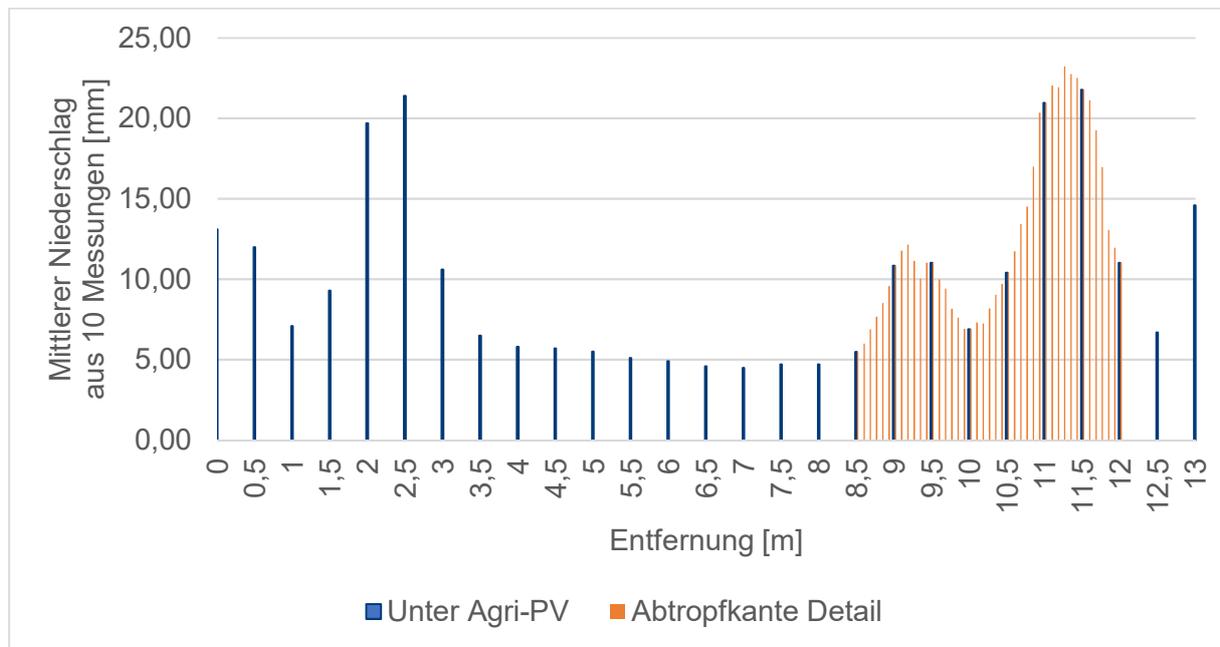


Abbildung 7: Niederschlagsverteilung unter der Agri-PV-Anlage ohne Regenrinne mit hochauflösenden Messwerten im Bereich der Abtropfkante.

Über die Zeit wurde beobachtet, dass die Niederschlagsverteilung nicht nur längs der Anlage sehr heterogen ist, sondern dass es auch quer im Verlauf der Abtropfkante zu unterschiedlichen Intensitäten kommt. Es wird vermutet, dass der Grund dafür der Aufbau der einzelnen Solarmodule in einer Modulreihe ist, bei denen die einzelnen Solarmodule auf Stoß auf einem Profilträger montiert sind. Zwischen den Modulen ergibt sich ein Spalt von ca. 1 cm wo sich das Wasser sammelt und so, wie in einem kleinen Kanal, auf dem Profilträger abgeleitet wird. Der Träger endet einige Zentimeter vor dem Ende der Solarmodule. An diesen Stellen wird ein erhöhter Abfluss von der Modulreihe vermutet. Daher wurde zum Ende des Berichtszeitraumes ein weiterer Versuchsaufbau eingerichtet, in dem im Bereich der Abtropfkante ein Messfeld ein Solarmodul quer zur Anlage erfasst. Das Messfeld ist 1,5 m tief und 1,8 m breit. Die Regenmesser sind im Abstand von 0,1 m aufgestellt, somit sind in dem Messfeld 270 Regenmesser installiert.

Im Juni 2023 wurden 4 Bodenfeuchte-Profilsonden (Sentek Drill&Drop, 60 cm) eingebaut. Die Überwachung der Bodenfeuchte erfolgt im Bereich der vorderen Abtropfkante (feuchtester Bereich), im hinteren Bereich einer Solarmodulreihe (trockenster Bereich) und zwischen zwei Modulreihen installiert, sowie eine Sonde in der Referenzfläche. (siehe Abbildung 8)

Im Herbst 2023 wurde eine weitere Bodenfeuchtesonde installiert, die die Bodenfeuchte genau mittig unter einer Modulreihe (Abbildung 8), im Bereich der zweiten Abtropfkante, misst.

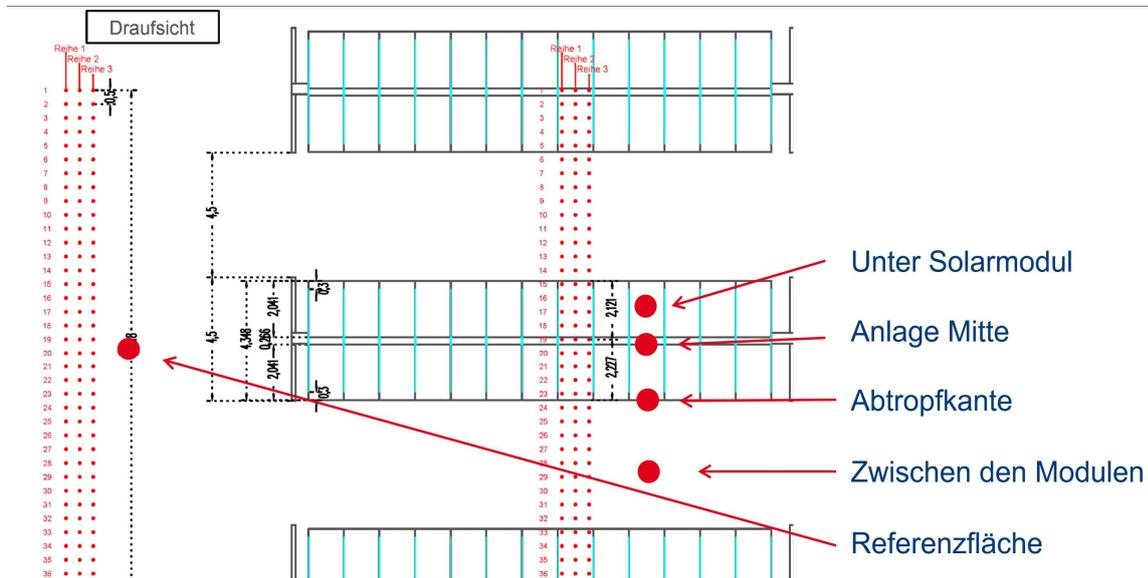


Abbildung 8: Position der Bodenfeuchtesensoren unter der APV und in der Referenzfläche

Im Folgenden wurden die Wetterstationen eingerichtet. Unter der APV wurde ein WS501-UMB der Firma Luft installiert, der Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, sowie die Strahlung misst. Die Referenzmessungen der Wetterparameter werden nicht auf der Referenzfläche durchgeführt, da diese Position nicht für die Errichtung einer Wetterstation geeignet ist. Es wurde ein Platz nördlich der APV gefunden. Das ist der den Messungen unter der APV am nächsten gelegene geeignete Aufstellungsort für die Wetterstation. Diese besteht auch aus einem WS501-UMP Sensor und zusätzlich einem Niederschlagsmesser (WTB100). In den Monaten Oktober, November und Dezember 2023 sowie im Januar 2024 wurden erste Daten der Stationen ausgelesen, die aufgrund der Stromversorgung mit Batterien nicht zuverlässig Daten aufgezeichnet haben. Hier wurde vor Beginn der Anbausaison eine Versorgung durch Landstrom eingerichtet, sodass die Anlage unabhängig betrieben werden konnte (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: links: Wetterstation mit Niederschlagsmessung außerhalb der APV, rechts: Wetterstation unter APV

Im Frühjahr 2024 ist der Bodenfeuchtesensor „Referenzfläche“ ohne erkennbaren Grund ausgefallen und konnte nicht wieder aktiviert werden. Er wurde mit dem Sensor „Anlage Mitte“ ersetzt, wodurch dieser Messpunkt dann weggefallen ist.

Die Messungen der Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe zeigen einen erkennbaren Tagesgang der Bodenfeuchte in den Messpunkten Tropfkante, Zwischen den Modulen und in der Referenzfläche. Der Messpunkt unterhalb des Solarmoduls zeigt diesen Tagesgang nicht, da durch die Verschattung der Anlage die Bodenfeuchte aufgrund geringerer Temperaturschwankungen nicht so stark beeinflusst wird. Weiterhin kann man gut erkennen, wie die Bodenfeuchte im Bereich der Tropfkante auch bei geringen Niederschlägen stark ansteigt und auch wieder sinkt, dass wird durch den akkumulierten Abfluss des Niederschlags an der Modulkante hervorgerufen. Der Bereich zwischen den Modulen weist in dieser Tiefe die geringste Bodenfeuchte auf, das lässt sich damit begründen, dass hier nicht geregnet wurde und auch weniger Niederschlag auf den Boden gekommen ist als in der Referenzfläche. Im Bereich der Tropfkante treten, wie beschrieben, auch bei geringen Niederschlägen hohe Wassermengen auf. Unterhalb des Solarmoduls ist der Einfluss durch Niederschlag ebenfalls gering, hier ist durch die Verschattung der Anlage aber auch eine geringere Verdunstung. (siehe Abbildung 10)

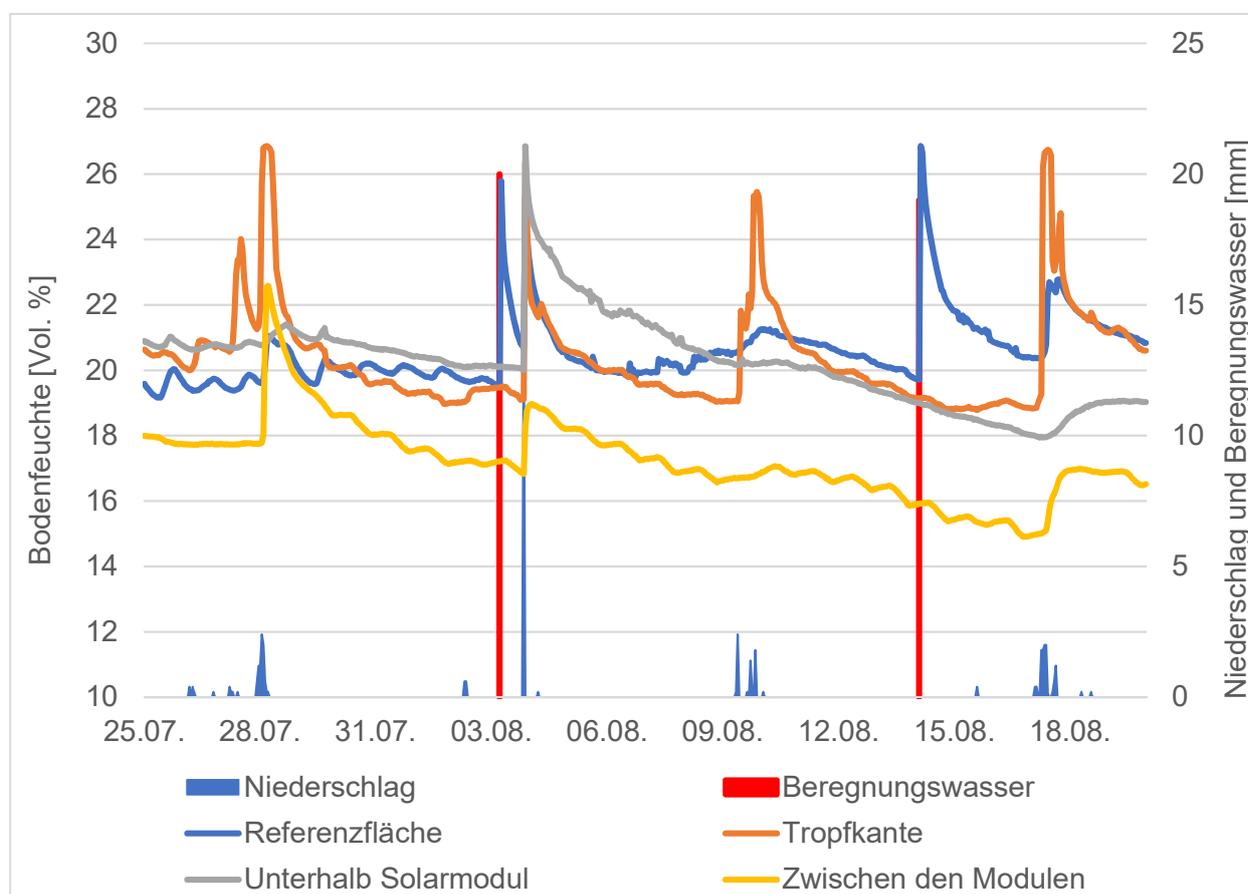


Abbildung 10: Bodenfeuchte 10 cm unter GOK, Niederschlagswasser und Beregnungsgaben vom 25. Juli bis zum 19. August in der Anbausaison 2024

Betrachtet man die Bodenfeuchte in einer Tiefe von 30 cm unter Geländeoberkante (GOK), dann sind die Schwankungen aus dem Tagesgang nicht mehr zu sehen, allerdings finden sich hier noch die Peaks aus den Niederschlägen im Bereich der Tropfkante, wie auch der Anstieg der Bodenfeuchte bei den Beregnungsgängen in der Referenzfläche. Die Bodenfeuchte im Bereich der Tropfkante und zwischen den Modulen ist über den abgebildeten Zeitraum in etwa gleich, wobei immer wieder Ausschläge in der Bodenfeuchte bei Niederschlägen im Bereich der Tropfkante auftreten, die sich dann wieder reduzieren. Im abgebildeten Zeitraum ist die Bodenfeuchte in der Referenzfläche am höchsten, hier werden in dieser Zeit jedoch auch zwei Bewässerungsgaben von je 20 mm gegeben. Die geringste

Bodenfeuchte ist im Bereich unterhalb der Solarmodule, was sich dadurch erklären lässt, dass hier die geringsten Niederschläge fallen (siehe Abbildung 6). (Abbildung 11)

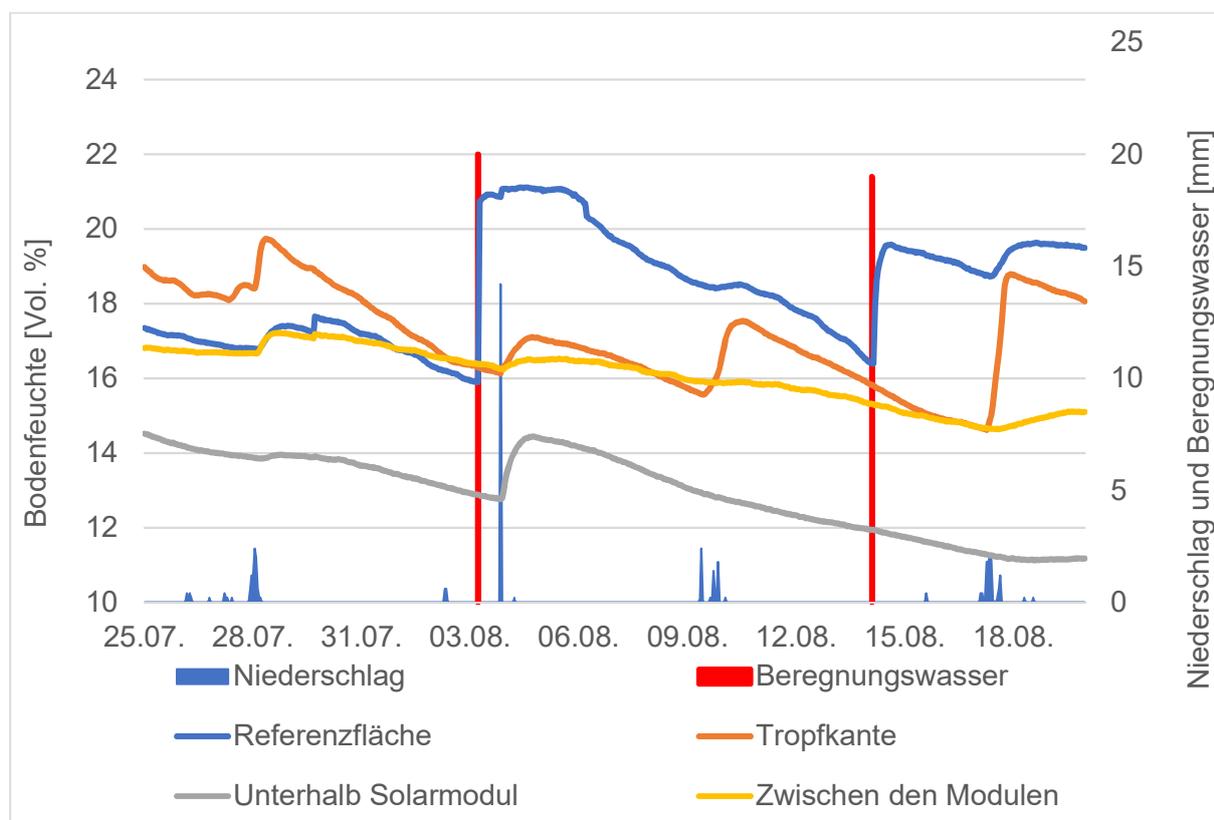


Abbildung 11: Bodenfeuchte 30 cm unter GOK, Niederschlagswasser und Beregnungsgaben vom 25. Juli bis zum 19. August in der Anbausaison 2024

Neben der Bodenfeuchte wurden auch Messungen zum Mikroklima gemacht. Das Ziel war es die Unterschiede unterhalb der Anlage im Vergleich mit der Referenzfläche herauszufinden. Ein Hauptaugenmerk lag hier auf der Berechnung der potentiellen Evapotranspiration nach der FAO Penman-Monteith Gleichung (FAO 1998). Durch das Anlagendesign mit der hohen Aufständigkeit und nach allen Seiten offen waren wenige Einflüsse der Anlage auf die Windgeschwindigkeiten zu erwarten. Im Zeitraum vom 21. April bis zum 21. August führt die Anlage jedoch zu einer Beschattung von 60 bis 65 %, wodurch Einflüsse auf die Temperatur, die Globalstrahlung und die Luftfeuchte unterhalb der Anlage zu erwarten waren (siehe Abbildung 12).

Der Schattenwurf der Anlage macht sich insbesondere in den Werten der Globalstrahlung bemerkbar, die einen direkten Einfluss auf die Bodentemperatur haben (siehe Abbildung 13). Bei der Berechnung der potentiellen Verdunstung nach Penman-Monteith sorgt die reduzierte Strahlung für geringere Verdunstungswerte, die sich mit den Beschattungswerten von ca. 60 % decken. Die Bodenfeuchte unterhalb der Anlage ist ebenfalls ca. 60 % geringer. Die gesamte Verdunstung in dem in Abbildung 11 betrachteten Zeitraum in der Referenzfläche ca. 53 % höher als unterhalb der APV. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** lässt sich gut erkennen, dass die Bodenfeuchte in der Referenzfläche durch eine Bewässerungsgabe am und ein folgendes Niederschlagsereignis ansteigt und über den betrachteten Zeitraum wieder auf das Niveau der Bodenfeuchte unter der APV sinkt, die über den Zeitraum stabil bleibt. Auch das lässt auf eine geringere Verdunstung unterhalb der APV schließen. Dadurch, dass keine Beregnungsversuche in dem Projekt stattgefunden haben, lassen sich die absoluten Wassermengen nicht genau quantifizieren.

Beschattung: 21. Juni 2024, 12:15 Uhr

Bodenfeuchtesonde:

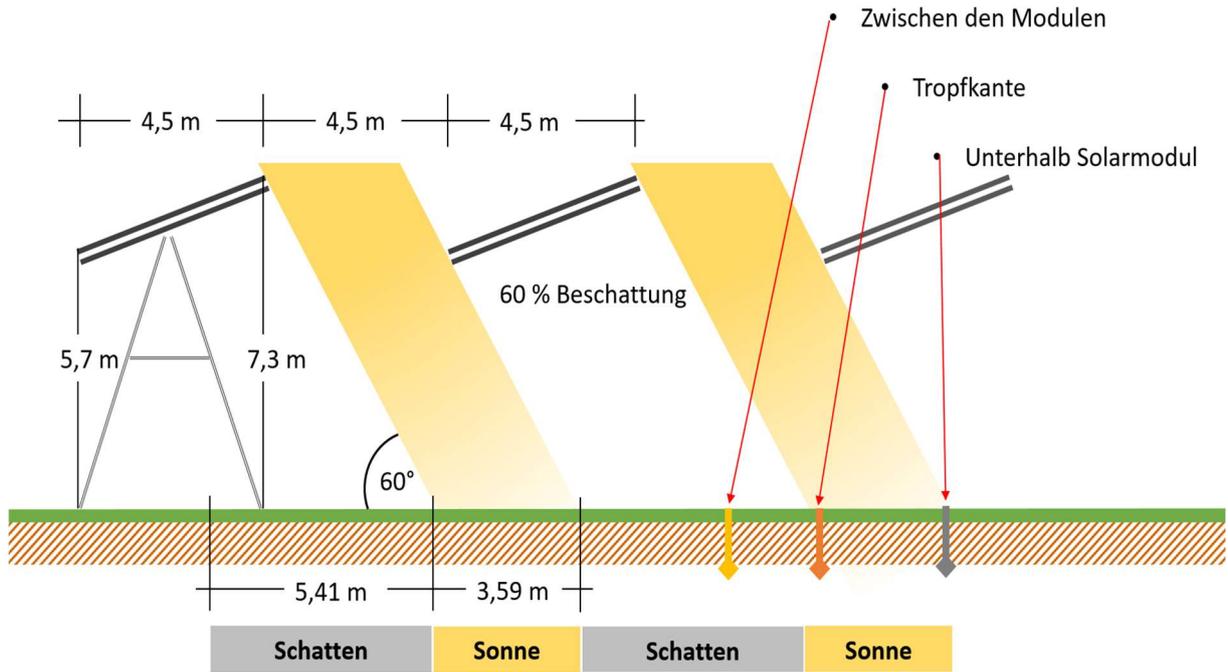


Abbildung 12: Beschattung auf der Anbaufläche am 21.06. um 12:15 Uhr und die Position der Bodenfeuchtesensoren unter der APV

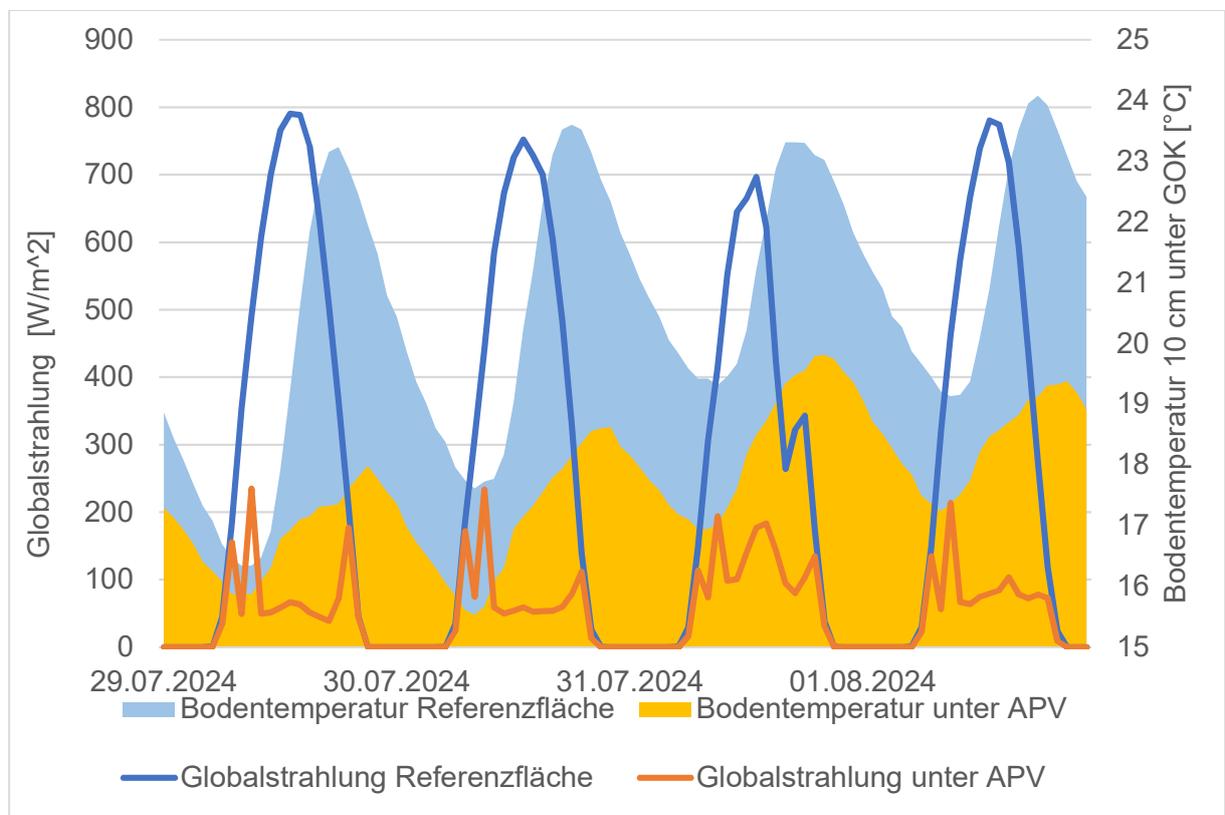
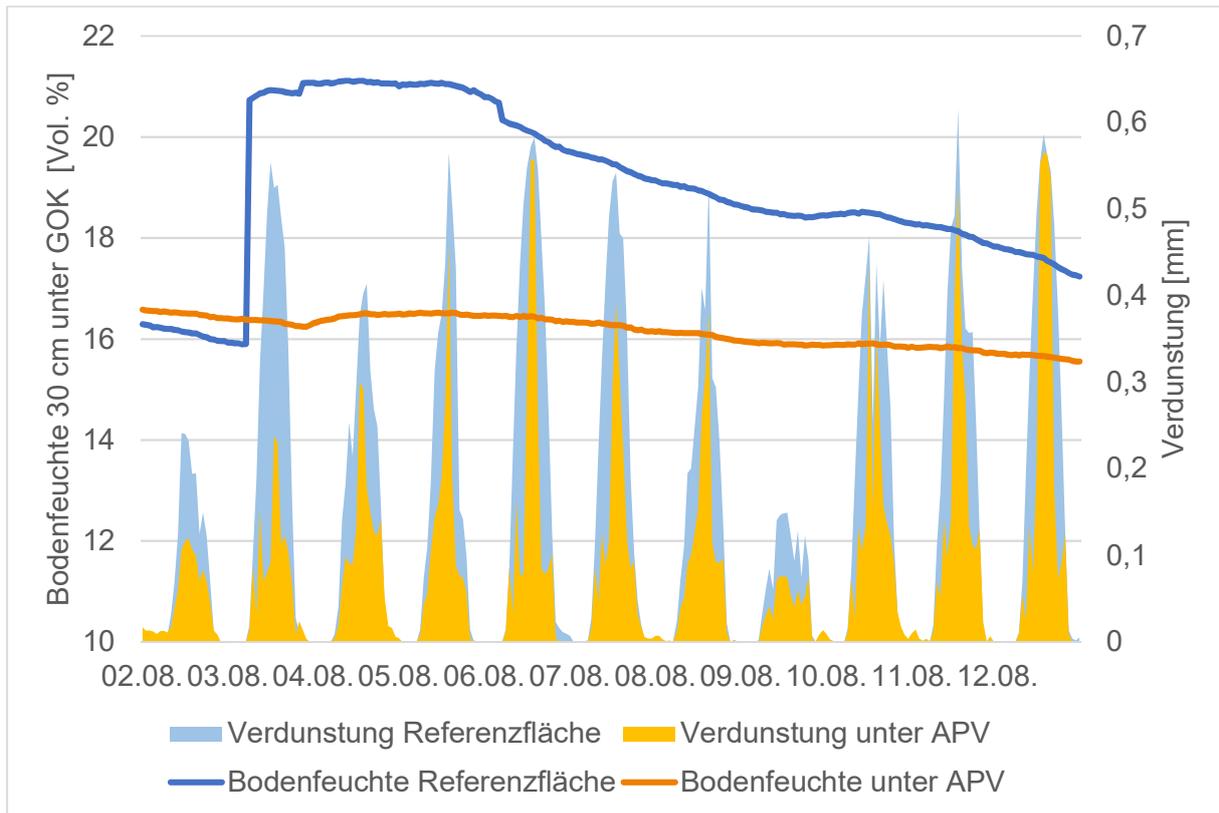


Abbildung 13: Globalstrahlung und Bodentemperatur unter der APV und in der Referenzfläche



2.4.1 Zielerreichung

Die im Antrag formulierten Projektziele wurden in der Projektlaufzeit erreicht, allerdings konnten einige Punkte nicht bearbeitet werden, wodurch hier auch einige Ergebnisse offengeblieben sind. Insbesondere die Untersuchungen zur Niederschlagsverteilung wurden nach Beginn der Messungen immer weiter intensiviert, da sich während der Messungen weitere Fragestellungen ergeben haben. Dementsprechend detailliert fallen hier auch die Ergebnisse aus, die in so hoher Auflösung noch in keinem anderen Projekt erhoben wurden. Auch die Untersuchungen des Mikroklima wurden im Rahmen des Projektes ausführlich bearbeitet und ausgewertet. Hier lässt sich festhalten, dass es durchaus Unterschiede, insbesondere bei der Verdunstung, gibt, die sich auf den Bodenwasserhaushalt auswirken. Durch die Witterungsbedingungen während der zwei relevanten Versuchsjahre konnten keine Daten aus dem Bereich Bewirtschaftung und Bewässerung erhoben werden, wodurch sich auch eine abschließende Quantifizierung des Wasserverbrauchs, bzw. der Unterschied in der Wasserbilanz unter und neben der APV ermitteln ließen. Hier sind in Zukunft weitere Untersuchungen nötig, auch mit einem erweiterten Messkonzept, um darüberhinausgehende Ergebnisse zu erhalten. Da die Jahre 2023 und 2024 in den bearbeitungsrelevanten Monaten zu nass für den Standort der APV waren, war keine Bewirtschaftung möglich. Die Vorbereitungen für die Bewässerungsversuche wurden bereits getroffen, ein Düsenwagen wurde für den Einsatz unter der APV angepasst und ein Tropfbewässerungssystem wurde installiert. Beide Systeme sind nicht zum Einsatz gekommen, auch ein Vergleich des Schnittlauchs mit der Ernte auf der Referenzfläche konnte nicht stattfinden.



Abbildung 14: Überflutete Flächen im hinteren Bereich der APV Ende Dezember 2023

Der vorgesehene Leitfaden wird aufgrund der fehlenden Bewirtschaftungsdaten nicht wie ursprünglich angedacht erstellt. Durch die fehlenden Daten lassen sich keine „best practice“ Aussagen treffen, die von der OG veröffentlicht werden können. Vielmehr werden die „lessons learned“ auf dem Abschlussworkshop vorgestellt und besprochen, wie auch im Netzwerk der OG Mitglieder verbreitet. Grundsätzlich besteht im Agri-Photovoltaik Sektor ein erhebliches Interesse an den erzielten Ergebnissen, sodass die relevanten Informationen breit gestreut und sowohl auf EU-Ebene als auch international verbreitet werden.

Die detaillierten Ergebnisse aus den Untersuchungen zur Niederschlagsverteilung und dem Mikroklima, sowie Überlegungen zu den Möglichkeiten eines Wassermanagements werden in einem separaten Bericht der Ostfalia Hochschule im ersten Halbjahr 2025 veröffentlicht.

2.4.2 Abweichung zwischen Planung und Ergebnis

Während der Durchführung des Projekts traten unerwartete Herausforderungen auf, die zu einer Abweichung von der ursprünglichen Planung führten. Insbesondere war der hintere Bereich der Agri-Photovoltaikanlage wiederholt von Überschwemmungen betroffen, was die geplante Bewirtschaftung unter der Anlage erheblich beeinträchtigte. Aufgrund dieser unvorhergesehenen hydrologischen Bedingungen war es im gesamten Projektzeitraum nicht möglich, die vorgesehenen Bewirtschaftungsmaßnahmen durchzuführen.

Infolgedessen konnten keine relevanten Daten zur Wassernutzungseffizienz unter den Agri-PV-Anlagen erhoben werden. Dies betraf unter anderem die geplante Untersuchung und den Vergleich von Bewässerungssystemen, wie Düsenwagen und Tropfbewässerung, sowie die Durchführung von Berechnungen zur Wasserbilanz und Aussagen zur Qualität und Quantität des Schnittlauchs. Die fehlende Möglichkeit, diese Aspekte zu untersuchen, stellt eine Abweichung von den ursprünglichen Projektzielen dar, da die geplanten wasserwirtschaftlichen Untersuchungen für die Evaluierung der Effizienz und Nachhaltigkeit von Agri-PV-Systemen von Relevanz waren.

2.4.3 Projektverlauf

Gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit 2022

Das Innovationsprojekt „Mikroklima und Wassermanagement unter der Agri-Photovoltaik“ wurde auf verschiedenen Veranstaltungen vorgestellt. Im Folgenden befindet sich eine Auflistung der Veranstaltungen.

Termine der Projektvorstellung 2022

- 12.05.2022 Kick-Off-Veranstaltung mit allen OG-Mitgliedern bei der Firma Steinicke in Lüchow



Abbildung 15: EIP Projekt Kick-Off

- 12.05.2022 Besuch des Arbeitskreises der CDU-Landtagsfraktion in Niedersachsen um den MdL Uwe Dorendorf bei der Firma Steinicke und Informationen über das Projekt



Abbildung 16: Besuch des Arbeitskreises der CDU-Landtagsfraktion in Niedersachsen

- 13.06.2022 Präsentation beim Ostdeutschen Wirtschaftsforum (OWF)



Abbildung 17: Präsentation der APV-Anlage und des EIP-Projekts beim OWF

- 30.06.2022 Vortrag bei Sonne & Wind – Energiewende vor Ort gestalten in der Reihe Green Cities 2035: Klimaneutrale Städte mit neuen Allianzen
- 01.09.2022 Vortrag über die Erfahrungen mit Agri-PV und die vorläufigen Ergebnisse des EIP-Projektes mit anschließender Podiumsdiskussion zum Thema „Agri-PV: Chance für den ländlichen Raum“ mit Uwe Dorendorf (CDU), Miriam Staudte (B90/Grüne), Gregor Szorec (SPD), Dagmar Schulz (Landrätin des Landkreises Lüchow-Dannenberg, sowie dem Bauernverband Nordostniedersachsen.



Abbildung 18: Informationsveranstaltung zum Thema „Agri-PV: Chance für den ländlichen Raum“

- 09.09.2023 Der Kreisverband Gifhorn im Niedersächsischen Städte- und Gemeindebund (NSGB) hat eine kommunalpolitische Informationsreise zum Thema „Energie“ veranstaltet. In

diesem Rahmen wurde das EIP-Projekt, das Thema Agri-PV und Wassermanagement an einem konkreten Beispiel in Lüchow ca. 40 Kommunalpolitikern präsentiert.



Abbildung 19: Informationsveranstaltung für den Niedersächsischen Städte- und Gemeindebund

- 21.02.2024 1. Begleitender Workshop mit Landwirten der Anbaugemeinschaft Lettenbichler in Zernien. Präsentation des EIP-Projekts „Wassermanagement und Mikroklima unter der Agri-Photovoltaikanlage“ und Vermittlung der gewonnenen Erkenntnisse, sowie Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis mit Agri-Photovoltaikanlagen.



Abbildung 20: Begleitender Workshop in Zernien



Abbildung 21: Abschlussworkshop zur Präsentation der Ergebnisse im Februar 2025

2.4.4 Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Themen

Das Projekt leistet einen relevanten Beitrag zu mehreren zentralen Zielsetzungen der EIP-Agri. Im Fokus steht insbesondere die Entwicklung und Bewertung innovativer Landnutzungskonzepte (Agri-PV), die landwirtschaftliche Produktion, erneuerbare Energiegewinnung und Wasserwirtschaft synergetisch miteinander verbinden. Damit adressiert das Vorhaben das EIP-Thema „nachhaltige Ressourcennutzung“, insbesondere im Hinblick auf Flächeneffizienz, Klimaschutz und Biodiversität.

Die erhobenen Daten zu agronomischen und ökologischen Auswirkungen von Agri-PV liefern eine evidenzbasierte Grundlage für künftige politische und planerische Entscheidungen im Bereich der simultanen Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Nahrungsmittelproduktion und die PV-Stromerzeugung. Darüber hinaus trägt das Projekt durch den Austausch mit Praxisbetrieben und Forschungseinrichtungen zur Förderung von Innovationstransfer und Wissensvernetzung bei – dies sind zentrale Anliegen der EIP-Agri.

Insgesamt zeigt das Projekt exemplarisch, wie praxisrelevante Innovationen im Sinne eines integrierten Ansatzes entwickelt, erprobt und weitergegeben werden können, wodurch eine Brücke zwischen Forschung, landwirtschaftlicher Praxis und Politik geschlagen wird.

2.4.5 Nebenergebnisse

Die Nebenergebnisse unserer Forschung unterstreichen die **entscheidende Bedeutung der Standortwahl** bei der Implementierung von Agri-Photovoltaik-Anlagen. Eine sorgfältige Analyse der potenziellen Flächen ist unerlässlich, wobei insbesondere darauf zu achten ist, dass **keine zu große Nähe zum Grundwasserspiegel** besteht, um negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die landwirtschaftliche Nutzbarkeit auszuschließen. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die **räumliche Nähe zwischen Energieerzeugung und -verbrauch** einen signifikanten Faktor für die Effizienz und Nachhaltigkeit von APV-Systemen darstellt. Die lokale Nutzung des erzeugten Stroms minimiert Übertragungsverluste und maximiert den direkten Nutzen für landwirtschaftliche Betriebe oder umliegende Gemeinschaften. Diese Erkenntnisse betonen die Notwendigkeit einer integrierten

Planung, die sowohl agrarökologische als auch energiewirtschaftliche Aspekte berücksichtigt, um das volle Potenzial der Agri-Photovoltaik auszuschöpfen.

2.4.6 Arbeiten, die zu keiner Lösung/zu keinem Ergebnis geführt haben

Die Messungen der Ostfalia Hochschule haben zu interessanten und neuen Ergebnissen geführt. Alle durchgeführten Arbeiten haben zu Ergebnissen geführt. Aufgrund der bereits beschriebenen Schwierigkeiten in der Bewirtschaftung aufgrund der Bodenverhältnisse, konnten vorgesehene Arbeiten (Beregnungsversuche, Untersuchungen zur Bodenerosion) nicht wie vorgesehen durchgeführt werden.

2.4.7 Mögliche weitere Verwendung von Investitionsgütern

Die für die Ostfalia Hochschule beschafften Gegenstände, in erster Linie Regenmesser und Datenlogger für die Wetterstationen, werden zurzeit noch weiter im Feld betrieben. Auch nach Abschluss des Projektes ist die Fortsetzung der Messungen vorgesehen, um möglichst lange Datenreihen zu erhalten. Das Fortführen der Messungen liegt insbesondere im Sinne der Firma Steinicke und der Ostfalia Hochschule. Die weiterführenden Ergebnisse sollen helfen den Anbau unterhalb der APV zu optimieren und weitere Aussagen zum Mikroklima unter der Anlage treffen zu können.

2.5 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Sowohl der Schutz vor Wetterextremen durch die Teilüberdachung unter der Agri-Photovoltaikanlage als auch ein verändertes Mikroklima sowie ein effizientes Wassermanagement und die daraus resultierenden Effekte auf die Kulturpflanzen sind äußerst Relevant. Insbesondere durch die verschiedenen Veranstaltungen im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit konnte bereits eine erhöhte Aufmerksamkeit und Sensibilität für das Thema Wassermanagement und Synergieeffekte einer Agri-Photovoltaikanlage in Fachkreisen und Politik erzielt werden.

2.6 (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Die gewonnenen Forschungsergebnisse des Mikroklimas unter der APV, zur optimalen Standortwahl und der Bedeutung der lokalen Energienutzung bilden eine **fundierte Grundlage für die strategische Erweiterung bestehender Agri-Photovoltaik-Anlagen**. Die Erkenntnisse über die Notwendigkeit, grundwassernahe Gebiete zu vermeiden, ermöglichen eine präzisere Identifizierung geeigneter Erweiterungsflächen, wodurch potenzielle Risiken minimiert und die langfristige Nachhaltigkeit der Anlage gesichert werden. Gleichzeitig liefert das Wissen um die Vorteile des lokalen Energieverbrauchs wertvolle Hinweise für die Dimensionierung und Ausrichtung zukünftiger Anlagenteile, um den Eigenverbrauch zu optimieren oder lokale Abnehmerstrukturen effektiv einzubinden. Diese evidenzbasierte Herangehensweise gewährleistet eine effiziente und ressourcenschonende Erweiterung, die sowohl die Energieproduktion als auch die landwirtschaftliche Nutzung synergetisch weiterentwickelt.

Die gewonnenen Ergebnisse zur Wasserverteilung und dem Mikroklima unter APV Anlagen werden in einem wissenschaftlichen Bericht des Instituts für nachhaltige Bewässerung und Wasserwirtschaft im ländlichen Raum detailliert erläutert und auf der Internet-Seite des INBW veröffentlicht. Die gewonnenen Daten und Ergebnisse sollen in zukünftigen Forschungsvorhaben als Grundlage dienen und auch erweitert werden. Durch die Exklusivität der gewonnenen Daten ist hier ein hohes Potential das Design zukünftiger APV Systeme positiv zu beeinflussen, um eine hohe Wassernutzungseffizienz unter den Anlagen zu erreichen und die negativen Auswirkungen auf den Boden zu reduzieren oder zu vermeiden.

2.7 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Wie bereits beschrieben wurden im Laufe des Projektes viele neuartige Daten erhoben und wissenschaftlich relevante Ergebnisse produziert. Zurzeit bestehen schon mehrere Kontakte zu anderen Hochschulen und Universitäten die sich ebenfalls mit APV Systemen befassen, wie auch zum Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Hier steht die Ostfalia im engen Austausch mit

anderen Forschenden und erste Kooperationen zu weiteren, bzw. tiefergehenden Fragestellungen wurden bereits initiiert.

Darüber hinaus wird angestrebt, bestehende Kontakte durch gemeinsame Forschungsvorhaben weiter zu vertiefen und neue institutionelle Partnerschaften aufzubauen. Im Fokus stehen dabei interdisziplinäre Fragestellungen an der Schnittstelle von Landwirtschaft, Energietechnik und Wasserwirtschaft. Die im Projekt gewonnenen Daten und Erkenntnisse bilden eine wertvolle Grundlage für weiterführende Studien und bilden somit einen attraktiven Anknüpfungspunkt für nationale wie internationale Forschungsk Kooperationen. Zudem eröffnet die thematische Relevanz der Agri-Photovoltaik ein breites Spektrum für den Wissenstransfer in angewandte Praxisprojekte sowie für eine stärkere Einbindung in europäische Innovationsnetzwerke.

2.8 Kommunikations- und Disseminationskonzept:

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Maßnahmen zur Kommunikation und Verbreitung der Projektergebnisse realisiert, wobei der direkte Austausch mit Praktiker:innen und Forschungseinrichtungen im Vordergrund stand. Zwei projektinterne Workshops boten Gelegenheit zur Diskussion zentraler Fragestellungen mit landwirtschaftlichen Betrieben sowie technischen Partnern. Die Ausgestaltung dieser Veranstaltungen ermöglichte eine enge inhaltliche Abstimmung zwischen den Praxispartnern und den wissenschaftlichen Projektbeteiligten, was wesentlich zur Zielerreichung und praxisnahen Ausrichtung des Projekts beigetragen hat.

Die Zwischenergebnisse wurden darüber hinaus im Januar 2025 beim 3. Forum Agri-PV in Berlin in Form eines wissenschaftlichen Posters und eines Fachvortrags präsentiert, der die zentralen Erkenntnisse des Projekts anschaulich aufbereitet hat. Diese öffentliche Präsentation trug maßgeblich zur Vernetzung mit anderen Agri-PV-Akteuren und zur Einbettung des Projekts in den nationalen Fachdiskurs bei. Zusätzlich erfolgte eine Vorstellung des Projekts auf europäischer Ebene im Rahmen eines EU-CAP-Workshops (Circular Water Management) in Sevilla im Jahr 2024. Derzeit wird der wissenschaftliche Abschlussbericht erstellt, der nach Veröffentlichung zur weiteren Nutzung und Verbreitung der Ergebnisse in Forschung, Planung und Praxis beitragen soll.

3. Literaturverzeichnis

DIN SPEC 91434:2021-05, Mai 2021: Agri-Photovoltaik-Anlagen - Anforderung and die landwirtschaftliche Hauptnutzung, zuletzt geprüft am 19.12.2022.

FAO (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Food and Agriculture Organization of the United States (FAO irrigation and drainage paper, 56).

Fraunhofer ISE (2022): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Online verfügbar unter

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2023.