

Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und Photovoltaik auf Agro-Photovoltaik-Flächen



Impressum

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum

Rottenhauser Str. 1

3250 Wieselburg

Autoren: Pfusterschmid, H., Holzweber, D., Paulik, D., Irsigler, P., Niedermayr, M.

Projektleitung: Franz Handler und Georg Pernkopf

Tel.: 0741652175615

E-Mail: franz.handler@josephinum.at und georg.pernkopf@josephinum.at

Projektlaufzeit: 01.01.2021 - 31.03.2024

Fotonachweis Cover: HBLFA Francisco Josephinum

Wieselburg, 2024

Inhalt

1 Einleitung	4
2 Ergebnisse der Diplomarbeiten	5
2.1 Konzept für die Mechanisierung der Bewirtschaftung einer Agri-Photovoltaikanlage (Pfusterschmid und Holzweber 2022).....	7
2.1.1 Mechanisierung für die Bewirtschaftung als Ackerland.....	7
2.1.2 Mechanisierung für die Bewirtschaftung als Mähwiese	9
2.1.3 GNSS-Einsatz	10
2.2 Auswirkung von Agro-Photovoltaikanlagen auf die Entwicklung von Winterweizen und Blühmischungen (Paulik et al. 2023)	11
2.2.1 Ergebnisse Winterweizen	11
2.2.2 Ergebnisse Blühmischungen	14
3 Zusammenfassung	17
Tabellenverzeichnis	20
Abbildungsverzeichnis	21
Literaturverzeichnis	22

1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Diplomarbeiten an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum durchgeführt. Die Arbeit mit dem Titel „Konzept für die Mechanisierung der Bewirtschaftung einer Agro-Photovoltaik-Anlage“ beschäftigt sich mit den Faktoren, die bei der Auswahl der Mechanisierung für die Bewirtschaftung von Acker- und Grünland in Agro-Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen sind sowie mit der Frage in wie weit RTK-GNSS-Systeme in Agro-Photovoltaik-Anlagen funktionieren. Die zweite Diplomarbeit mit dem Titel „Auswirkung von Agro-Photovoltaik-Anlagen auf die Entwicklung von Winterweizen und Blühmischungen“ stellt den Einfluss der Beschattung der Photovoltaik-Anlage auf das Wachstum von Winterweizen und Begrünungen dar. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der beiden Arbeiten zusammengefasst.

2 Ergebnisse der Diplomarbeiten

Beide Diplomarbeiten wurden im RWA Solar Solutions ÖKO-SOLAR-BIOTOP PÖCHLARN durchgeführt. In der Versuchsanlage gab es vier verschiedene PV-Anlagen-Typen (Pfusterschmid und Holzweber 2022):

1. Klassische Agri-PV-Anlage mit Ackerflächen in Ost-West-Anordnung

Die einstützige und fix nach Süden ausgerichtete Anlage ist parallel in bewirtschaftbaren Abständen (13 Meter) von Osten nach Westen angeordnet. Die Fläche unter den PV-Modulen wird als Blühstreifen genutzt. Bei diesem System beträgt die Flächenaufteilung ungefähr 80% landwirtschaftliche Nutzung, 15% Blühstreifen und 5% Photovoltaik.



Abbildung 1: Agri-PV-Anlage mit Ackerfläche (Pfusterschmid und Holzweber 2022)

2. Nachgeführte Agri-PV-Anlage mit Ackerflächen in Nord-Süd-Anordnung

Das einstützige System ist in parallel bewirtschaftbaren Abständen von Nord nach Süd angeordnet. Der PV-Tracker folgt dem Stand der Sonne von Osten nach Westen. Unter der PV-Anlage wird die Fläche als Blühstreifen genutzt. Die Flächenaufteilung entspricht annähernd der unter Punkt 1 beschriebenen. Bei der Bearbeitung der Fläche zwischen den Modulen können Module auf 80° geneigt werden.



Abbildung 2: Nachgeführte Agri-PV-Anlage mit Ackerfläche (Pfusterschmid und Holzweber 2022)

3. Agri-PV-Anlage mit Grünland in Ost-West-Anordnung

Die Grünfläche wird als Dauergrünland mit Weidenutzung für Schafe genutzt.



Abbildung 3: Klassische Agri-PV-Anlage mit Grünlandnutzung (Pfusterschmid und Holzweber 2022)

4. Hochaufgeständerte Agri-PV-Anlage für Dauerkulturen

Diese Anlagenbauart wurde in den Diplomarbeiten nicht untersucht.



Abbildung 4: Hochaufgeständerte Agri-PV-Anlage mit Dauerkulturen (Pfusterschmid und Holzweber 2022)

2.1 Konzept für die Mechanisierung der Bewirtschaftung einer Agri-Photovoltaikanlage (Pfusterschmid und Holzweber 2022)

2.1.1 Mechanisierung für die Bewirtschaftung als Ackerland

Eine Analyse der im Ackerbau für Mähdruschkulturen eingesetzten Geräte zeigte, dass der Pflug, die Sämaschine, der Düngerstreuer, das Güllefass bzw. der Stallmiststreuer und die Feldspritze besonders kritisch sind.

Der Pflug verursacht durch die seitliche Bodenverschiebung eine Furchenbildung, die durch die nachfolgende Bodenbearbeitung wieder ausgeglichen werden muss. In Folge der Teilung des Feldes durch Photovoltaik-Anlagen wird die Feldrandlänge erhöht und damit das Problem verschärft. Durch das Wechseln der Pflugrichtung bei jedem Pflugeinsatz kann die seitliche Bodenverlagerung kompensiert werden. Mit Hilfe einer entsprechenden Pflugeinstellung kann dieses Problem auch gemindert werden. Ein weiteres Problem ist, dass die Breite der bearbeiteten Fläche zwischen den Photovoltaikmodulen ein Vielfaches der Arbeitsbreite des Pfluges sein muss. Pflüge mit hydraulischer Arbeitsbreitenverstellung bzw. RTK-GNSS-gesteuerten Arbeitsbreiteneinstellung können hier Abhilfe schaffen.

Bei der Ausbringung von Dünger kann es zur Verschmutzung der Module durch Staub bei Mineraldünger und Wirtschaftsdünger kommen. Der durch die Teilung des Feldes verursachte Anstieg der Randbereiche verschlechtert die Querverteilung werfender Düngerverteilsystemen. Bei Stallmist- bzw. Kompoststreuer gibt es keine befriedigende technische Lösung zur kompletten Vermeidung dieser Probleme. Am besten eignen sich noch Streuer mit einem an den Rändern steil abfallenden Streubild. Zur Gülleausbringung eignen sich Verteiler zur bodennahen Ausbringung, vorausgesetzt die Arbeitsbreite ist auf die Breite der Fläche zwischen den Modulen abgestimmt. Für feste Mineraldünger können Auslegerstreuer eingesetzt werden, wenn die Arbeitsbreite auf die Breite der Fläche zwischen den Modulen abgestimmt ist.

Feldspritzen haben neben Düngerstreuern üblicherweise die größten Arbeitsbreiten und sind somit ausschlaggebend für die Wahl des Reihenabstandes der Module einer Agri-Photovoltaik-Anlage. Abdrift kann die Anlage beschmutzen.

Bei der Saat soll die Breite der bearbeiteten Fläche zwischen den Photovoltaikmodulen ein Vielfaches der Arbeitsbreite der Sämaschine sein.

Ein besonderes Risiko beim Maschineneinsatz in Photovoltaik-Anlagen ist das Kollidieren mit den Modulen. Deshalb wird zwischen äußerster Kante der Paneele und dem äußersten Punkt der Maschinen ein Sicherheitsabstand von mindestens 0,5 m empfohlen. Nachgeführte Anlagen sind hier von Vorteil, da sie während dem Maschineneinsatz auf bis zu 80° geneigt werden können und damit ihre Breite minimiert wird.

Auf Grund der durchgeführten Analysen werden für die Ermittlung des Abstandes zwischen den Modulreihen (Mitte – Mitte) folgende Parameter berücksichtigt:

- Arbeitsbreite der Sämaschine
- Arbeitsbreite des Düngerstreuers
- Arbeitsbreite der Pflanzenschutzgeräte
- Verwendung eines Pfluges
- Sicherheitsabstand zur Paneele-Kante
- Kleinste Breite der Paneele (bei Tracking-Anlagen können die Paneele gedreht werden, somit sinkt die Breite)

Tabelle 1 zeigt das Ergebnis von Beispielsrechnungen auf Basis der oben erläuterten Überlegungen. Für die Pflugverwendung wird der Reihenabstand um einen halben Meter größer gewählt, da dadurch die Furche ein geringeres Problem darstellt.

Tabelle 1: Beispiele für den erforderlicher Reihenabstand (Mitte – Mitte) der PV-Anlage

	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Arbeitsbreite Sämaschine [m]	3,0	4,0	3,0
Arbeitsbreite Düngerstreuer / Feldspritze [m]	12,0	12,0	15,0
Pflugverwendung	nein	ja	ja
Sicherheitsabstand zur Modulkante [m]	0,5	1,0	1,0
Kleinste Modulbreite [m]	1,0	2,0	1,0
Erforderlicher Reihenabstand der PV-Anlage [m]	14,5	15,0	17,0

Bei der Festlegung des Abstandes zwischen Ende der Modulreihe und dem Zaun, der die Photovoltaik-Anlage umgibt, werden die in Tabelle 2 zusammengefassten Parameter berücksichtigt. Gezogene Geräte können durchaus auch größere Abstände erfordern. Größere Abstände können auch erforderlich sein, wenn zwischen Zaun und Modulreihe

kein rechter Winkel besteht. In Beispiel 1 ist der Zuschlag geringer, da es sich um den Abstand zwischen Modulkante und einem parallel verlaufenden Zaun handelt.

Die Ergebnisse in Tabelle 1 und Tabelle 2 beruhen auf theoretischen Überlegungen und wurden in der Praxis noch nicht überprüft.

Tabelle 2: Beispiele für den erforderlichen Abstand zwischen Ende der Modulreihe und dem Zaun um die PV-Anlage

	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Größte Breite der eingesetzten Maschinen in Arbeitsstellung (Feldspritze, Düngerstreuer) [m]	12,0	12,0	15,0
Sicherheitsabstand zur Modulkante [m]	0,5	1,0	1,0
Sicherheitsabstand zum Zaun [m]	0,5	1,0	1,0
Zuschlag Wendebereich [m]	1,5	2,0	2,0
Erforderlicher Abstand der Modulkante zum Zaun [m]	14,5	16,0	19,0

2.1.2 Mechanisierung für die Bewirtschaftung als Mähwiese

Die relevanten Geräte für die Bewirtschaftung als Mähwiese sind Mähwerk, Schwader, Zetter, Ladewagen und Ballenpresse. Um den Stromertrag zu maximieren soll in der Regel der Abstand zwischen den Modulreihen möglichst gering sein.

Bei Mähwerken sind vor allem Frontgeräte von Interesse, da die Gespannbreite nicht wesentlich größer ist als die Arbeitsbreite. Durch die Schwadformer wird das Erntegut von den Modulen wegtransportiert.

Soll Heu produziert werden, müssen auch Zetter und Schwader eingesetzt werden. Zetter, die das Futter seitlich über ihre Breite hinausstreuen sind problematisch. Hier sind Rotorschwader, die sowohl Zetten als auch Schwaden können, mit einer Arbeitsbreite von drei Meter eine interessante Lösung.

Für den Abtransport des Erntegutes können Ladewagen eingesetzt werden. Beim Einsatz von Ballenpressen bereitet die Aufnahme der Ballen für den Abtransport Probleme. Bei Rundballen besteht in Hanglagen die Gefahr des Wegrollens.

Die meisten Düngestreuer und Güllefässer haben eine Streubreite, die größer ist als der Abstand zwischen den Modulen der Agri-PV-Anlagen. Deshalb sollte man bei der Bewirtschaftung auf diese Geräte verzichten, da der Einsatz zur Verunreinigung und schlimmstenfalls sogar zur Beschädigung der Module führen kann. Für geringe Arbeitsbreiten geeignete Düngestreuer sind Kastenstreuer.

Bei der Wahl des Abstandes der Module sollte von einer Arbeitsbreite der eingesetzten Geräte von mindestens drei Metern ausgegangen werden. Zusätzlich muss auch ein entsprechender Sicherheitsabstand berücksichtigt werden.

Die Breite des Vorgewendes ergibt sich aus dem Wendekreis des längsten eingesetzten Gespannes plus der halben Länge der Zugmaschine plus der Länge des längsten eingesetzten Anhängengerätes. Beim Einsatz eines Ladewagens ergibt sich daraus eine Vorgewendebreite von rund 15 m.

2.1.3 GNSS-Einsatz

Zuverlässig funktionierende RTK-GNSS-basierende Lenksysteme können das Arbeiten mit Traktoren erleichtern bzw. den Einsatz von Robotern ermöglichen. Deshalb wurde die Genauigkeit der Positionsbestimmung in der Agri-PV-Anlage am Beispiel eines RTK Handheld Surveyor Kit der Marke ArduSimple mit Tablet untersucht.

Aus den durchgeführten Messungen war zu erkennen, dass die gemessenen Werte durchaus einer hohen Qualität entsprachen. Dadurch ließ sich schlussfolgern, dass die Verwendung eines RTK-GNSS-Lenksystems mit einer hohen Wahrscheinlichkeit möglich ist.

Probleme bereitete mitunter der Ausfall des Korrektursignals.

Um eine endgültige Aussage über die Funktion eines Lenksystems treffen zu können, müssten die Untersuchungen mit einem Traktor mit Lenksystem durchgeführt werden.

2.2 Auswirkung von Agro-Photovoltaikanlagen auf die Entwicklung von Winterweizen und Blütmischungen (Paulik et al. 2023)

In der Versuchsanlage für Agro-Photovoltaik der Firma RWA Solar Solutions wurde der Einfluss der Beschattung der PV-Anlage auf das Wachstum von Winterweizen untersucht. Bei den Anlagen handelte es sich einerseits um eine Anlage in Ost-West-Anordnung (siehe Seite 5, Abbildung 1) und andererseits um eine nachgeführte Anlage in Nord-Süd-Anordnung (siehe Seite 5, Abbildung 2).

Im Herbst 2021 wurde Winterweizen angesät und in den nächsten Monaten auf Bestandsdichte, Triebzahl, Bestandshöhe und EC-Stadien bonitiert. Neben dem Winterweizen wurden unter den PV-Anlagen verschiedene Begrünungen angelegt und Überwinterung und Verunkrautung untersucht.

Der Winterweizen wurde mit einem Parzellenmähdrescher geerntet und auf Ertrag, Wassergehalt und Protein untersucht.

2.2.1 Ergebnisse Winterweizen

2.2.1.1 Anlage in Ost-West-Anordnung (Südernte)

Der Feldaufgang war im Schatten (Parzelle mit drei Meter neben den Modulen) nicht nur eine Woche später, sondern auch geringer als in unbeschatteten Bereichen. Die Beurteilung des Wachstumsverlaufes anhand der EC-Stadien zeigte, dass der Weizen im Schatten bis zur Ernte in der Entwicklung immer hinter dem nicht beschatteten Bestand zurück war. Besonders deutlich war der Unterschied zwischen dem 8. Jänner und dem 8. März, da in dieser Phase der Entwicklung die Bestockung beginnt. Danach wurde die Differenz geringer. Erst ab Anfang Juni bewirkten die geringeren Temperaturen im Schatten eine verzögerte Kornfüllung und Abreife.

Die Bestandesdichte und Bestandeshöhe waren im Schatten (Parzelle mit drei Meter neben den Modulen) immer geringer. Gleiches gilt auch für die Anzahl der Körner pro Ähre. Im Schatten waren es 36 Körner pro Ähre, ohne Schatten waren es 60 Körner pro Ähre. Dies wirkte sich auch auf den Ertrag aus.

Für die Ertragsbestimmung wurde die Fläche zwischen den Modulen in sieben Streifen (Parzellen) unterteilt. Dabei wiesen die beschatteten Parzellen im Vergleich zu den drei nicht beschatteten Parzellen in der Mitte der Versuchsfläche im Mittel einen um 14,6%

niedrigeren Ertrag auf. Die Ertragsdifferenz zwischen den drei in der Mitte der Versuchsfläche liegenden Parzellen und den beiden nördlichen gelegenen, unbeschatteten Parzellen betrug im Mittel 0,5 % zu Gunsten der beiden nördlich liegenden Parzellen (siehe Abbildung 5).

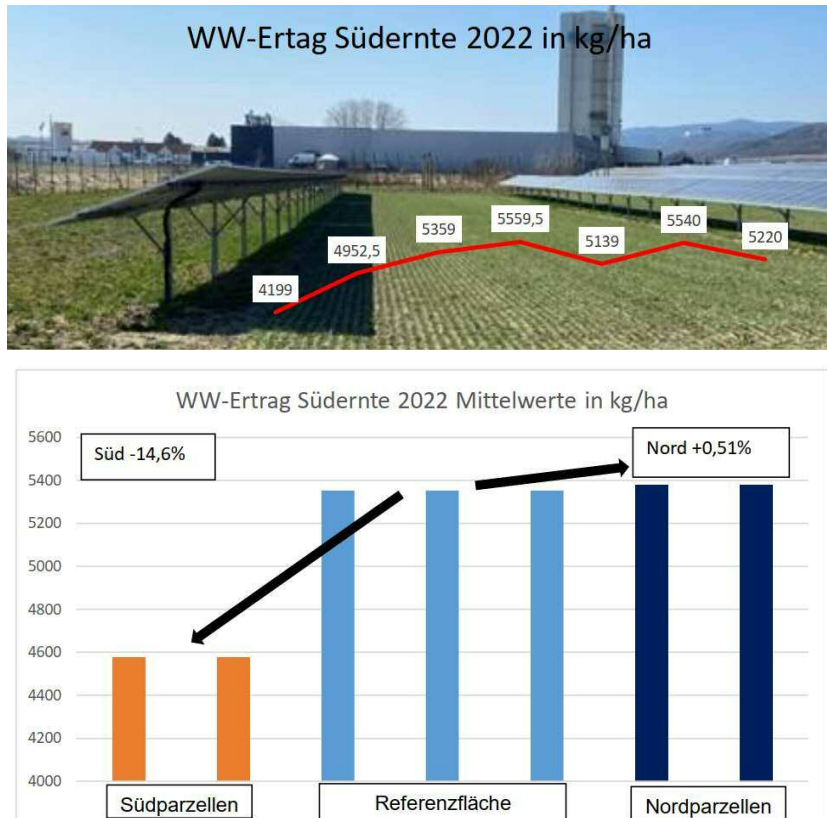


Abbildung 5: Ertragsverlauf in der von Osten nach Westen angeordneten Anlage (Südernte)

Der Rohproteingehalt war in den beschatteten Parzellen mit im Mittel 13,9% höher als in den drei in der Mitte der Versuchsfläche liegenden Parzellen, wo er im Mittel 13,3% betrug. In den beiden nördlich liegenden Parzellen betrug er im Mittel 13,6%.

Im Wassergehalt gab es zwischen den beschatteten Parzellen und den drei in der Mitte der Versuchsfläche liegenden Parzellen im Mittel keinen Unterschied. Er betrug überall 14,1%. In den nördlich gelegenen Parzellen betrug er 14,5%.

2.2.1.2 Nachgeführte Anlage in Nord-Süd-Anordnung (Wanderfrucht)

Der Einfluss der getrackten PV-Module auf den Feldaufgang war geringer als in Kapitel 2.2.1.1. Dennoch liefen die beschatteten Pflanzen (Parzelle mit drei Meter neben den

Modulen) um ein paar Tage verzögert auf. Diese Verzögerung wurde auch bei der weiteren Entwicklung (EC-Stadien) beobachtet.

Die Bestandesdichte betrug bei EC31 mit Schatten 750 Triebe/m² und ohne Schatten 900 Triebe/m². Allerdings reduzierte der Bestand mit Schatten weniger als der ohne Schatten, wodurch zum Zeitpunkt der Ernte die Triebanzahl mit 600 Triebe/m² gleich war. In der Bestandeshöhe gab zwischen es zwischen beschatteten und nicht beschatteten Bereichen keine Unterschiede.

Die getrackten PV-Module hatten auch keine Auswirkung auf die Kornzahl pro Ähre. Sie betrug im Mittel 60 Körner pro Ähre.

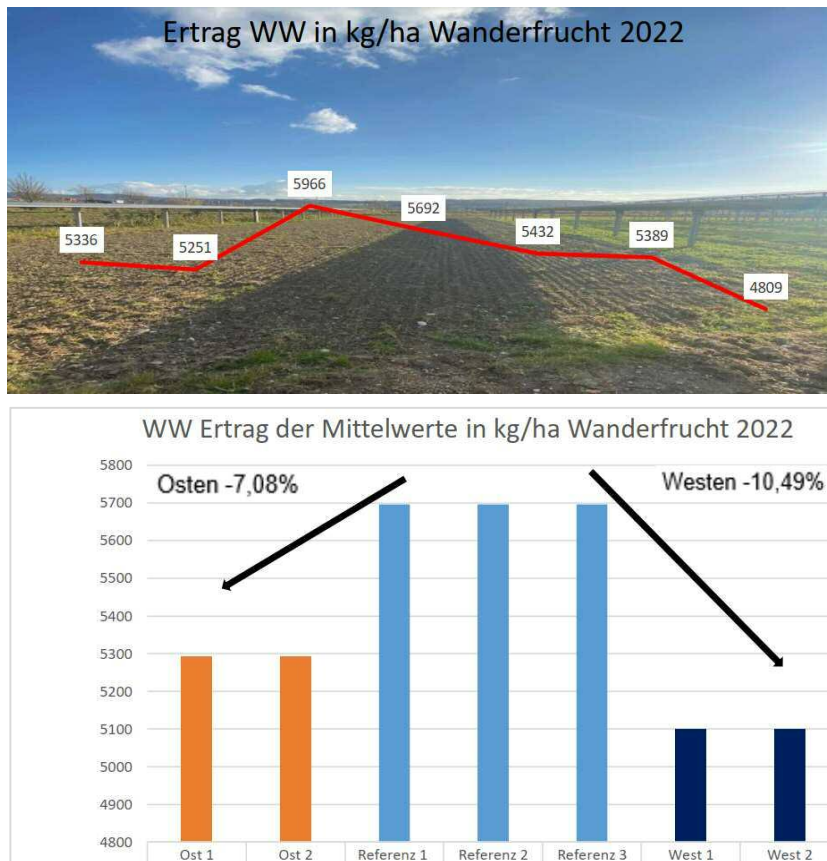


Abbildung 6: Ertragsverlauf in der nachgeführten Anlage in Nord-Süd-Anordnung (Wanderfrucht)

Für die Ertragsbestimmung wurde die Fläche zwischen den Modulen wie in Kapitel 2.2.1.1 in sieben Streifen (Parzellen) unterteilt. Die Ertragsunterschiede in Abbildung 6 sind durch ein geringeres Tausendkorngewicht in den beschatteten Parzellen erklärbar.

Wie zu erwarten war der Wassergehalt in den beschatteten Zonen etwas höher als in jenen, welche mehr von der Sonne bestrahlt wurden. Er betrug in den mittleren drei Parzellen im Mittel 14,3%, in den östlichen beiden Parzellen im Mittel 14,5% und in den westlichen beiden Parzellen im Mittel 15,1%.

Der Rohproteingehalt des Weizens war in den beschatteten Bereichen höher als in den sonnigen Bereichen. Er erreichte in den östlichen beiden Parzellen im Mittel 14,2%, in den mittleren drei Parzellen im Mittel 13,3% und in den westlichen beiden Parzellen im Mittel 15,3%.

2.2.1.3 Vergleich zwischen den Anlagentypen

Bei der Anlage in Ost-West-Anordnung (Südernte) lag der Durchschnittsertrag bei 5.138 kg/ha und bei der nachgeführten Anlage in Nord-Süd-Anordnung (Wanderfrucht) bei 5.410 kg/ha. Mit 272 kg/ha Ertragsdifferenz beziehungsweise 5% weniger Ertrag bei der Südernte als bei der Wanderfrucht war der Unterschied nicht sehr groß. Der Ertrag bei der Wanderfrucht ist besser, weil der Schatten nicht die ganze Zeit an einem Punkt ist.

Die PV-Ausbeute lag bei den fest stehenden Modulen der Südernte bei 1.099 kWh/Jahr und kWp installierte Leistung und bei den getrackten Modulen der Wanderfrucht bei 1.480 kWh/Jahr und kWp.

2.2.2 Ergebnisse Blühmischungen

Im folgenden Abschnitt werden die unter den Photovoltaik-Anlagen angelegten Blühmischungen behandelt.

2.2.2.1 Bienentracht Pluss

Bienentracht Pluss ist eine Blühmischung der RWA und besteht aus: Luzerne, Rotklee, Weißklee, Esparsette, Inkarnatklee, Malve, Buchweizen, Leindotter, Futterkohl, Phacelia, Ringelblume, Sonnenblume, Kümmel, Koriander, Fenchel, Kresse und Senf.

Diese Mischung wurde sowohl unter der Variante Südernte als auch unter der Variante Wanderfrucht angebaut. Bei der letzten Bonitierung des Beikrautbesatzes am 07.08.2022

schnitt Bienenstrich Plus in beiden Fällen mit dem niedrigsten Beikrautbesatz von nur 4 Beikräuter/m² am besten ab. Jedoch war eine hohe Verungrasung von über 50% deutlich erkennbar. Diese wilden Ungräser unterdrückten den in den anderen Varianten sehr präsenten Beinwell am besten, sodass unter den PV-Modulen sogar weniger Beinwell-Pflanzen als auf der Ackerfläche standen. Die Hauptbeikräuter waren Stumpfbblätteriger Ampfer, Echter Beinwell und wenig Ackerkratzdistel.

Am 15.03.2022 wurde der Begrünungsbestand bonitiert, um die Pflanzen, welche im Frühjahr wieder ausgetrieben hatten, zu ermitteln. Bei Bienenstrich Plus kamen Esparsette, Buchweizen, Leindotter, Phacelia, Sonnenblume, Kümmel und Kresse nicht mehr vor. Das waren nur 41% der gesäten Arten, was auf eine schlechte Überwinterung schließen ließ. Dieses Ergebnis war unter Wanderfrucht und Südernte gleich.

2.2.2.2 Blüten Plus

Blüten Plus ist eine Begrünungsmischung der RWA und setzt sich aus Luzerne, Rotklee, Weißklee, Hornklee, Inkarnatklee, Esparsette, Malve, Leindotter und Senf zusammen.

Aufgrund des vorhandenen Restmaterials eines ehemaligen Feldweges in der Versuchspartzeile konnte sich kein repräsentativer Bestand entwickeln. Deshalb konnte diese Begrünungsmischung nicht ausgewertet werden.

2.2.2.3 BOKU-Blumenrasen

Diese Mischung wurde von der BOKU entwickelt und ist bei der Firma Austrosaat erhältlich. Sie besteht zu 80% aus kurzwüchsigen Gräsern, 3% Leguminosen und 17% Kräutern.

Auch diese Mischung wurde unter beiden Photovoltaik-Varianten ausgesät und hatte am 07.08.2023 jeweils die zweitbeste Beikrautunterdrückung von 7 und 8 Beikräutern/m². In Bezug auf ungewünschte Gräser hatte der BOKU-Blumenrasen durch den hohen Gräseranteil von 80% in der Mischung einen großen Vorteil. So erfüllt der BOKU-Blumenrasen an diesem Standort die Aufgabe, ungewünschte Pflanzen zu unterdrücken, am besten.

Die Hauptbeikräuter waren Stumpfbblätteriger Ampfer, Echter Beinwell, Gemeine Rispe, Kanadaberufkraut, Einjähriger Feinstrahl und diverse Ungräser (30%).

Aufgrund der 26 verschiedenen Mischungspartner war eine Bonitur hinsichtlich der Überwinterung der einzelnen Arten nicht möglich. Jedoch stimmte das angegebene Verhältnis aus Gräsern, Leguminosen und Kräutern mit 80% : 3% : 17% weiterhin. Auf die Überwinterung bezogen schnitt diese Variante am besten ab.

2.2.2.4 Honig & Schmetterling

Honig und Schmetterling ist eine Blümmischung von Austro Saat und besteht aus Duftsteinrich, Boretsch, Gartenkornblume, Goldlack, Lavendel und Ziertabak.

Mit 15 Beikräutern/m² schnitt diese Variante eher schlechter ab. Die Hauptbeikräuter waren hier Stumpfbliättriger Ampfer, Echter Beinwell, Kanada-Berufskraut und diverse Ungräser (30%).

Auch bei der Überwinterung war Honig & Schmetterling eine der schlechtesten Varianten. Es waren im Frühjahr nur noch Gartenkornblume und Lavendel zu finden. Der Rest war von Vogelsternmiere überwuchert.

2.2.2.5 Die Robusten

Diese Variante ist eine Mischung der Firma Austro Saat und besteht aus Ringelblume, Rotem Lein, Klatschmohn, Schafgarbe, Hornkraut und Katzenminze.

Auch diese Mischung hatte einen Beikrautbesatz von 15 Beikräutern/m². Die Hauptbeikräuter waren Echter Beinwell, Weißer Gänsefuß und diverse Ungräser (10%).

Auch diese Mischung kam eher schlecht durch den Winter. Klatschmohn, Hornkraut und Katzenminze waren im Frühjahr nicht mehr am Feld.

3 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum durchgeführt.

Die Arbeit „Konzept für die Mechanisierung der Bewirtschaftung einer Agro-Photovoltaik-Anlage“ beschäftigt sich mit den Faktoren, die bei der Auswahl der Mechanisierung für die Bewirtschaftung von Acker- und Grünland in Agro-Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen sind sowie mit der Frage in wie weit RTK-GNSS-Systeme in Agro-Photovoltaik-Anlagen funktionieren.

Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende:

Hinsichtlich der Breite des ackerbaulich genutzten Bereiches zwischen den Photovoltaikmodulen muss die Arbeitsbreite der Geräte berücksichtigt werden. Ausgehend von der Sätechnik sollte die Breite ein Vielfaches von drei Meter sein. Soll eine Feldspritze eingesetzt werden, muss eine Mindestbreite von 12 m gegeben sein, da neue Feldspritzen mit kleineren Arbeitsbreiten kaum verfügbar sind.

Um die Gefahr von Schäden durch Berührung von Anlagenteilen mit Landmaschinen gering zu halten, muss ein Mindestabstand von 50 cm eingerechnet werden. Nachgeführte Anlagen haben in diesem Zusammenhang den Vorteil, dass sie während der landwirtschaftlichen Arbeitsgänge in eine platzsparende Position geschwenkt werden können.

Die Staubbildung erfolgt bei ziemlich allen landwirtschaftlichen Arbeitsgängen. Die dadurch verursachte Effizienzminderung wird in der Regel durch Niederschlag beseitigt. In längeren Trockenperioden kann es aber zu Ertragsminderungen kommen.

Abtrift von Feldspritzen, Stallmist und Handelsdünger können ebenfalls zur Verschmutzung der Module beitragen. Schleuderstreuer für Handelsdünger sowie Stallmist- und Kompoststreuer erzielen erst durch Überlappung eine zufriedenstellende Querverteilung. Diese kann aber auf Grund der Behinderung durch die Photovoltaik-Anlage nicht erreicht werden. Für Handelsdünger können Auslegerstreuer und für Gülle Verteiler zur bodennahen Ausbringung eingesetzt werden.

Der Pflugeinsatz verursacht durch den seitlichen Transport der Erdbalken und die Furchenbildung Probleme.

Die Breite des Vorgewendes (Abstand zwischen Photovoltaik-Anlage und Schlaggrenze (Einzäunung der Anlage)) richtet sich nach dem Wendekreis bzw. der Arbeitsbreite der größten eingesetzten Maschine. Auch hier soll ein Sicherheitsabstand zu den Anlagenteilen und Zäunen eingehalten werden.

Bei der Nutzung des Grünlandes durch Mahd gelten die gleichen Grundsätze wie im Ackerbau. Dabei sind Grünlandstreifen von drei Meter eine besondere Herausforderung, da es kaum Hersteller von Zettern mit Grenzstreueinrichtung und Schwadern mit Mittenablage mit dieser Arbeitsbreite gibt.

Die Untersuchung der Funktionsfähigkeit von RTK-GNSS-Systemen in der Anlage zeigte, dass eine gute bis sehr gute Positionsbestimmung möglich ist.

Die Arbeit „Auswirkung von Agro-Photovoltaikanlagen auf die Entwicklung von Winterweizen und Blütmischungen“ stellt den Einfluss der Beschattung der PV-Anlage auf das Wachstum von Winterweizen und Begrünungen dar. Dazu wurde in der Versuchsanlage für Agro-Photovoltaik der Firma RWA Solar Solutions im Herbst 2021 Winterweizen angesät und in den nächsten Monaten auf Bestandsdichte, Triebzahl, Bestandshöhe und EC-Stadien bonitiert. Neben dem Winterweizen wurden unter den PV-Anlagen verschiedene Begrünungen angelegt und Überwinterung und Beikrautbesatz untersucht. Der Winterweizen wurde mit einem Parzellenmähdrescher geerntet und auf Ertrag, Wassergehalt und Protein untersucht.

Die formulierten Forschungsfragen wurden wie folgt beantwortet:

Wie wirken sich südlich ausgerichtete Agro-Photovoltaikmodule auf die Entwicklung von Winterweizen in Abhängigkeit des Abstandes zu den Modulen aus?

Die südlich ausgerichtete Agro-Photovoltaik-Anlage wirkt sich merkbar auf das Wachstum des Winterweizens aus. In allen gemessenen Parametern schnitt der Weizen im Schatten der Photovoltaik-Anlage schlechter ab. Der Minderertrag in einem drei Meter breiten Streifen nördlich der PV-Module betrug 14,5%.

Wie wirken sich Ost-West getrackte Agro-Photovoltaikmodule auf die Entwicklung von Winterweizen in Abhängigkeit des Abstandes zu den Modulen aus?

Die Ost-West getrackten Module wirkten sich nicht so stark auf den vegetativen Wachstumsverlauf aus. Die Bestandshöhe und Bestandsdichte waren am Tag der Ernte auf der gesamten Parzelle einheitlich. Man konnte leichte Unterschiede im Ertrag (7% bzw. 10,5% weniger), Proteingehalt und Wassergehalt feststellen.

Wie wirken sich verschiedene Photovoltaikmodule auf die Entwicklung von speziellen Blühmischungen aus?

Für die Dauerblühstreifen wurden fünf verschiedene Saatgutmischungen ausgesät. Es wurden Überwinterung und Verunkrautung der Varianten erhoben und verglichen. Es konnten deutliche Unterschiede zwischen den Mischungen beobachtet werden. So kam es dazu, dass gewisse Mischungen im zweiten Jahr noch blühten und andere nur noch aus wenigen der ursprünglichen Pflanzenarten bestanden und von Beikraut überwuchert waren. Die besten Ergebnisse lieferte eine Mischung, welche durch den hohen Gräseranteil das Beikraut am besten unterdrückte. Dabei spielten auch die wild aufgegangenen Gräser eine wichtige Rolle.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele für den erforderlicher Reihenabstand (Mitte – Mitte) der PV-Anlage ..	8
Tabelle 2: Beispiele für den erforderlichen Abstand zwischen Ende der Modulreihe und dem Zaun um die PV-Anlage	9

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Agri-PV-Anlage mit Ackerfläche (Pfusterschmid und Holzweber 2022).....	5
Abbildung 2: Nachgeführte Agri-PV-Anlage mit Ackerfläche (Pfusterschmid und Holzweber 2022).....	6
Abbildung 3: Klassische Agri-PV-Anlage mit Grünlandnutzung (Pfusterschmid und Holzweber 2022)	6
Abbildung 4: Hochaufgeständerte Agri-PV-Anlage mit Dauerkulturen (Pfusterschmid und Holzweber 2022)	6
Abbildung 5: Ertragsverlauf in der von Osten nach Westen angeordneten Anlage (Südernte).....	12
Abbildung 6: Ertragsverlauf in der nachgeführte Anlage in Nord-Süd-Anordnung (Wanderfrucht).....	13

Literaturverzeichnis

Pfusterschmid, H. und Holzweber, D.: Konzept für die Mechanisierung der Bewirtschaftung einer Agro-Photovoltaik-Anlage. Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum - Abteilung Landtechnik - in Wieselburg eingereicht zum Haupttermin 2022 der Reife- und Diplomprüfung.

Paulik, D., Irsigler, P. und Niedermayr, M.: Auswirkung von Agro-Photovoltaikanlagen auf die Entwicklung von Winterweizen und Blütmischungen. Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum - Abteilung Landwirtschaft - in Wieselburg eingereicht zum Haupttermin 2023 der Reife- und Diplomprüfung.

Projektnehmer:in

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum

Rottenhauser Str. 1

3250 Wieselburg

www.josephinum.at