



# EWS Sonnenfeld

## Organisation

Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Landtechnik

**Autoren:** Maria König, Bernhard Loder, Martin Fölser, Alexander Bauer

Wien, 29. März 2024

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>   | <b>2</b>  |
| 1.1      | Über das Projekt . . . . .  | 2         |
| 1.2      | Ausgangslage . . . . .  | 3         |
| 1.3      | Agri-Photovoltaik (APV) . . . . .                                 | 4         |
| 1.4      | Körnerhirse <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench . . . . .          | 6         |
| <b>2</b> | <b>Material und Methoden</b>                                      | <b>8</b>  |
| 2.1      | Versuchsstandort . . . . .  | 8         |
| 2.2      | Photovoltaik-Anlage . . . . .                                     | 9         |
| 2.3      | Sensortechnik . . . . .   | 11        |
| 2.3.1    | Wetterstationen . . . . .   | 11        |
| 2.3.2    | Zwischen den Paneelen . . . . .                                   | 11        |
| 2.3.3    | Regenmessung . . . . .  | 13        |
| 2.4      | Versuchsdurchführung . . . . .                                    | 14        |
| 2.4.1    | Kulturführung . . . . .   | 15        |
| 2.4.2    | Ertragsbestimmung . . . . .                                       | 15        |
| 2.5      | Agrartechnik . . . . .  | 17        |
| 2.5.1    | Verwendete Maschinen . . . . .                                    | 17        |
| 2.5.2    | Aufzeichnung und Auswertung der Tätigkeiten . . . . .             | 17        |
| 2.5.3    | Erfahrungsaustausch nach jedem Arbeitsschritt . . . . .           | 18        |
| 2.6      | Datenanalyse . . . . .  | 19        |
| 2.7      | Berechnung der Synergieeffekte . . . . .                          | 20        |
| 2.7.1    | Landwirtschaftliche Flächenäquivalenz . . . . .                   | 20        |
| 2.7.2    | Stromwirtschaftliche Flächenäquivalenz . . . . .                  | 21        |
| 2.7.3    | Gesamtflächenäquivalenz . . . . .                                 | 21        |
| 2.8      | Erstellung eines Leitfadens: Errichtung von APV-Anlagen . . . . . | 22        |
| <b>3</b> | <b>Ergebnisse und Diskussion</b>                                  | <b>23</b> |
| 3.1      | Klimatischer Parameter am Standort . . . . .                      | 23        |
| 3.2      | Mikroklimatische Parameter zwischen PV-Panelen . . . . .          | 25        |
| 3.2.1    | Bodentemperatur . . . . .   | 25        |
| 3.2.2    | Bodenfeuchte . . . . .  | 25        |
| 3.2.3    | Regenmodus . . . . .  | 27        |
| 3.2.4    | Lichtverfügbarkeit . . . . .                                      | 29        |
| 3.3      | Strahlungsnutzung und Ertragsbildung . . . . .                    | 30        |
| 3.3.1    | Keimung . . . . .   | 30        |
| 3.3.2    | Vegetationsperiode . . . . .                                      | 31        |
| 3.3.3    | Ernte . . . . .   | 36        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.4      | Arbeitsmehraufwand in der Verfahrenstechnik . . . . .                                       | 40        |
| 3.4.1    | Fahrtgeschwindigkeiten bei Bewirtschaftung . . . . .  | 40        |
| 3.4.2    | Arbeitszeitbedarf . . . . .   | 42        |
| 3.4.3    | Treibstoffverbrauch . . . . .   | 42        |
| 3.5      | Agrartechnische Herausforderungen . . . . .   | 43        |
| 3.5.1    | Verwendung von automatischen Lenksystemen . . . . .   | 43        |
| 3.5.2    | Arbeitsbreite . . . . .   | 43        |
| 3.5.3    | Integration von Bewässerungstechnik und Hagelschutz in das beste-<br>hende System . . . . . | 43        |
| 3.5.4    | Controlled traffic farming . . . . .  | 44        |
| 3.6      | Synergieeffekte . . . . .   | 46        |
| 3.7      | Leitfaden zur Errichtung von APV Anlagen . . . . .  | 47        |
| 3.8      | Stellungnahme steuerrechtlich und förderrechtliche Rahmenbedingungen . .                    | 49        |
| <b>4</b> | <b>Schlussfolgerung</b>   | <b>51</b> |
| <b>5</b> | <b>Acknowledgement</b>  | <b>53</b> |
| <b>6</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>   | <b>54</b> |
| <b>7</b> | <b>Anhang</b>   | <b>57</b> |

# Abbildungsverzeichnis

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | Klassifizierung von APV-Systemen . . . . .   | 4  |
| 2  | Illustrationen von APV Kategorien. . . . .   | 5  |
| 3  | Körnerhirse <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench . . . . .                           | 7  |
| 4  | Luftaufnahme des EWS Sonnenfelds. . . . .  | 10 |
| 5  | PV-Stellung nachgeführt und im Regenmodus . . . . .                                | 10 |
| 6  | Installation Bodensensor Teros 12 in 10 cm Tiefe . . . . .                         | 12 |
| 7  | PPFD-Sensor SQ-204X von Apogee Instruments . . . . .                               | 12 |
| 8  | Konstruktion zur Evaluierung des Regenmodus. . . . .                               | 13 |
| 9  | Versuchsaufbau Sonnenfeld . . . . .  | 14 |
| 10 | Temperatur, Niederschlag und Luftfeuchtigkeit . . . . .                            | 23 |
| 11 | Verteilung des Gesamtniederschlagsmenge in Bezug auf die Windrichtung . . . . .    | 24 |
| 12 | Mittlere Monatstemperatur und Volumswassergehalt . . . . .                         | 26 |
| 13 | Regenverteilung zwischen Paneelen . . . . .  | 27 |
| 14 | Evaluierung Regenmodus . . . . .   | 28 |
| 15 | Mittlere PPFD - Tagessummen . . . . .  | 29 |
| 16 | Morphologisches Entwicklungsstadien und Bestandeshöhe Sorghum . . . . .            | 31 |
| 17 | Morphologisches Entwicklungsstadien in verschiedenen Bearbeitungsbreiten . . . . . | 32 |
| 18 | Bestandeshöhen Sorghum in verschiedenen Bearbeitungsbreiten . . . . .              | 32 |
| 19 | Morphologisches Entwicklungsstadien (BBCH) am 14. August 2023 . . . . .            | 33 |
| 20 | Pflanzenbestand in 6 m Bearbeitungsbreite, 4. Juli 2023. . . . .                   | 33 |
| 21 | Blattflächenindex Sorghum in verschiedenen Bearbeitungsbreiten . . . . .           | 34 |
| 22 | Oberirdische Trockenmasse. . . . .   | 35 |
| 23 | Wachstumsrate und relative Wachstumsrate Sorghum 2023. . . . .                     | 35 |
| 24 | Ertragsparameter . . . . .   | 37 |
| 25 | Korrelation von PPFD-Tagesmittel und Pflanzenparametern bei der Ernte. . . . .     | 38 |
| 26 | Geschwindigkeit und Treibstoffverbrauch Grubbern . . . . .                         | 41 |
| 27 | Geschwindigkeiten aufgezeichneter maschineller Arbeiten . . . . .                  | 41 |
| 28 | Fahrspuren der Arbeitsschritte . . . . .   | 45 |
| 29 | Anfrage zur Handhabung von Agri-PV bei Grundstücksüberlassung an Dritte. . . . .   | 58 |
| 30 | Stellungnahme Einkommenssteuerrichtlinien 2000 - Wartungserlass . . . . .          | 59 |
| 31 | Brief vom Bundesministerium für Finanzen. . . . .                                  | 60 |

# Tabellenverzeichnis

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Anzahl der Sensoren und Boniturpunkte. . . . .                         | 14 |
| 2 | Bei der Kulturführung verwendete landwirtschaftliche Geräte . . . . .  | 17 |
| 3 | Monatsmittel Bodentemperatur und Volumswassergehalt . . . . .          | 25 |
| 4 | Erträge Sonnenfeld . . . . .   | 39 |
| 5 | Erträge Sorghum 2023 Österreich . . . . .                              | 39 |
| 6 | Leistungsdaten bei der Bodenbearbeitung mit dem Feingrubber . . . . .  | 40 |
| 7 | Gesamtflächenäquivalenz in verschiedenen Bearbeitungsbreiten . . . . . | 46 |

# Abkürzungen

**APV** Agri-Photovoltaik.

**BBCH** Morphologisches Entwicklungsstadium nach der *Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, *Bundessortenamt* und *CHemische Industrie*.

**BH** Bestandeshöhe.

**CGR** *Crop growth rate*, Wachstumsrate der Pflanze.

**GPS-RTK** *Global positioning system - real time kinematics*.

**GWC** *Gravimetric Water Content* , Gewichtswassergehalt.

**HI** *Harvest index*, Ernteindex.

**ISOBUS** Datenbus für die Kommunikation zwischen Traktor und Anbaugeräten.

**LAI** *Leaf area index*; Blattflächenindex.

**NUtE** Nitrogen utilization efficiency; Stickstoffausnutzungseffizient.

**OBM** Oberirdische Biomasse.

**PAR** *Photosynthetically active radiation*, photosynthetisch aktive Strahlung.

**PPFD** *Photosynthetically active photon flux density*, PAR-Photonen-Flussdichte.

**RGR** *Relative growth rate*, relative Wachstumsrate.

**TKG** Tausendkorngewicht.

# 1 Einleitung

## 1.1 Über das Projekt

Im Rahmen des vorliegenden Projektes im Zusammenarbeit mit der Firma EWS Consulting GmbH wurde der Betrieb einer Agri-Photovoltaik (APV) mit nachgeführten Modultischen, dem EWS Sonnenfeld, untersucht. Dabei wurden pflanzenbauliche (unter Berücksichtigung von mikroklimatischen Bedingungen, Strahlungsnutzung und Ertragsbildung) und agrartechnische Fragestellungen/Optimierung landwirtschaftlicher Verfahren betrachtet. Im Arbeitspaket 1 wurden mikroklimatische Parameter am Standort erfasst, statistisch ausgewertet und interpretiert. Im Arbeitspaket 2 erfolgte eine Analyse der landwirtschaftlichen Verfahrenskette. Zudem wurden technische Verbesserungen und Anpassungen für APV identifiziert, um eine Optimierung in zukünftigen Anlagen umsetzen zu können. Im Arbeitspaket 3 wurden pflanzliche Parameter erfasst, um die Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Produktion bewerten zu können. Im Arbeitspaket 4 wurden Maßnahmen für eine Optimierung der Errichtung einer APV bearbeitet, um bei zukünftigen Projekten eine Reduzierung von negativen Einflüssen auf den Boden zu erreichen.

Zusammenfassend adressiert das Projekt die Herausforderungen und Chancen der Integration von Photovoltaik in landwirtschaftliche Betriebe, mit einem Fokus auf die Optimierung der Umweltbedingungen, die Verbesserung der landwirtschaftlichen Verfahren, die Maximierung der Erträge unter Berücksichtigung von Strahlungsbedingungen und die Entwicklung von nachhaltigen Praktiken für die Errichtung von APV.

## 1.2 Ausgangslage

In den vergangenen Jahren hat die weltweite Nachfrage nach umweltfreundlicher Energie signifikant zugenommen. Gleichzeitig ist die regionale Absicherung der Lebensmittelproduktion verstärkt in den Fokus gerückt. In Österreich strebt man bis 2030 an, den gesamten nationalen Stromverbrauch zu 100% aus erneuerbaren Energien zu decken. Dies erfordert insbesondere einen erheblichen Ausbau von Windkraftanlagen und Photovoltaik (PV). Untersuchungen (Fechner, 2020; Mikovits et al., 2021) zeigen, dass die Ziele bis 2030, insbesondere die Klimaneutralität bis 2040, nur erreicht werden können, wenn der Ausbau von PV-Anlagen auch auf landwirtschaftlichen Flächen erfolgt. Da Land eine begrenzte Ressource ist, entsteht ein Konflikt um die Nutzung agrarischer Flächen zwischen der Nahrungsmittelproduktion und der Stromerzeugung. Eine vielversprechende Lösung zur Entschärfung dieses Konflikts und zur Schaffung synergistischer Nutzungsmöglichkeiten ist die Agri-Photovoltaik (APV). Bei diesem Konzept werden PV-Module zur Stromerzeugung mit landwirtschaftlicher Nutzung, wie zum Beispiel Ackerbau oder Tierhaltung, kombiniert. Auf diese Weise können sowohl Solarenergie als auch landwirtschaftliche Erträge effizient auf derselben Fläche genutzt werden.

Die Entwicklung und Implementierung von nachgeführten Modulen in APV-Systemen erfordert jedoch eine gründliche Planung und Forschung, um die Auswirkungen auf das lokale Ökosystem, die Bodenbeschaffenheit und die Wasserressourcen zu verstehen und zu minimieren. Durch die Kombination aus präzisen Wetterdaten, Bodenanalysen und Pflanzenwachstumsmodellen können APV-Anlagen so konzipiert werden, dass sie sowohl die landwirtschaftliche Produktivität als auch die Energieerzeugung optimieren, während gleichzeitig die Umweltauswirkungen minimiert werden. In Österreich, wie auch in anderen Ländern, bietet die weitere Erforschung und Anwendung von APV-Technologien mit nachgeführten Modulen somit eine vielversprechende Möglichkeit, die Herausforderungen der nachhaltigen Landwirtschaft und Energieerzeugung zu meistern.



### 1.3 Agri-Photovoltaik (APV)

APV-Systeme können durch geschicktes Anpassen geeigneter Anlagenkonzepte an verschiedene landwirtschaftliche Kulturen und Bewirtschaftungsformen flexibel eingesetzt werden. Diese Systeme lassen sich in offene und geschlossene Varianten unterteilen (Abbildung 1). Geschlossene Systeme befinden sich üblicherweise auf oder an Gewächshäusern und erfordern in der Regel keine Modulnachführung, d.h. die Module sind fest installiert. Typische Anwendungsbereiche für geschlossene APV-Systeme sind die Aquakultur und der Gartenbau. Offene Systeme wiederum können entweder hoch aufgeständert (> 2.1 m) oder bodennah (< 2.1 m) sein. Bei hoch aufgeständerten Systemen befinden sich die Kulturen unter den PV-Modulen (Abbildung 2a). Je nach Kultur und anderen Bedingungen werden unterschiedliche Ausführungen der Modulnachführung verwendet: fest installierte, einachsige oder zweiachsige Varianten. Bei bodennahen Systemen werden die Kulturen zwischen den Modulen angebaut (Abbildung 2b,c). Bodennahe Systeme können entweder vertikal oder horizontal ausgerichtet sein. Vertikale Systeme sind in der Regel fest installiert und bifazial, und ihre Module sind in Ost-West-Richtung ausgerichtet. Horizontale Systeme können entweder fest installiert sein oder eine einachsige Modulnachführung in Ost-West-Richtung aufweisen (Bergamo et al., 2023; Trommsdorff et al., 2022).

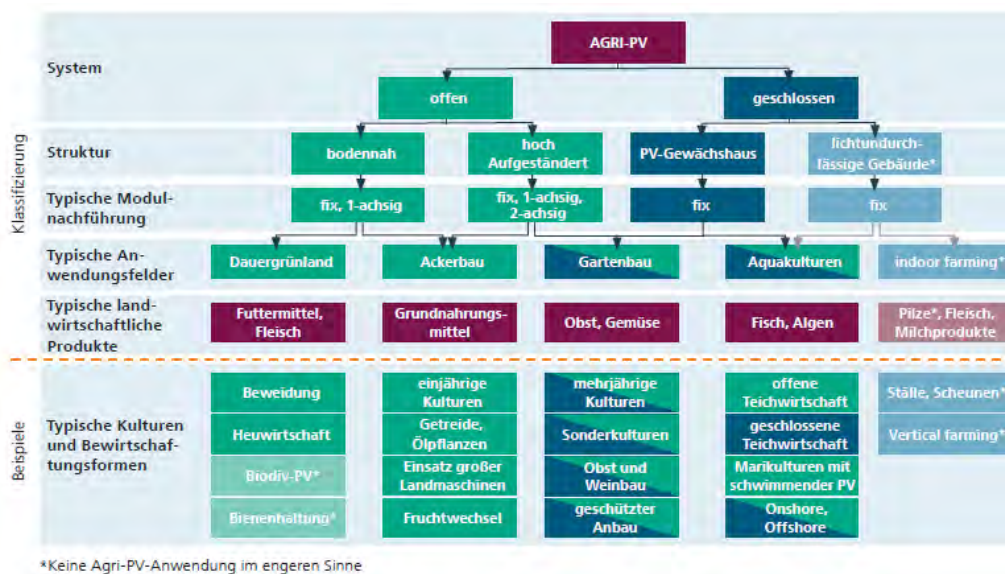
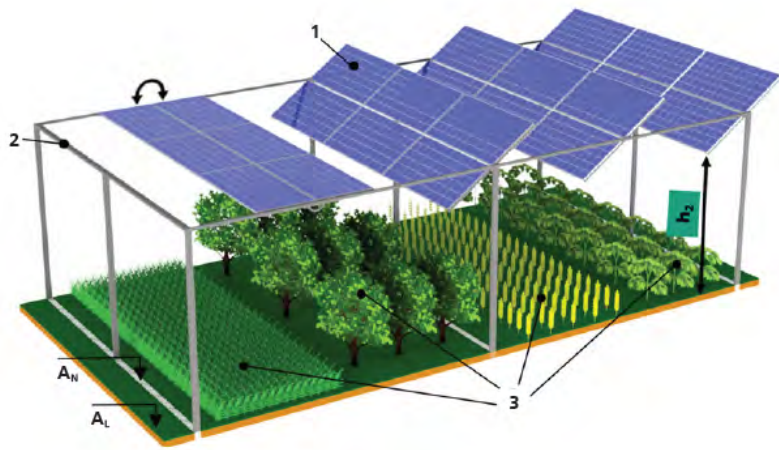
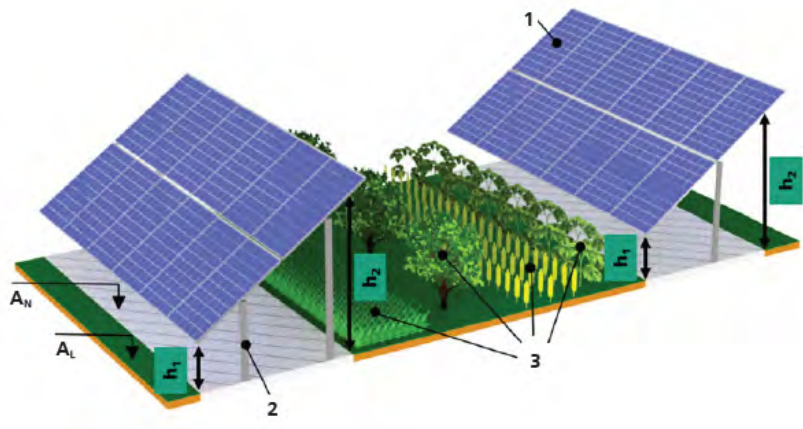


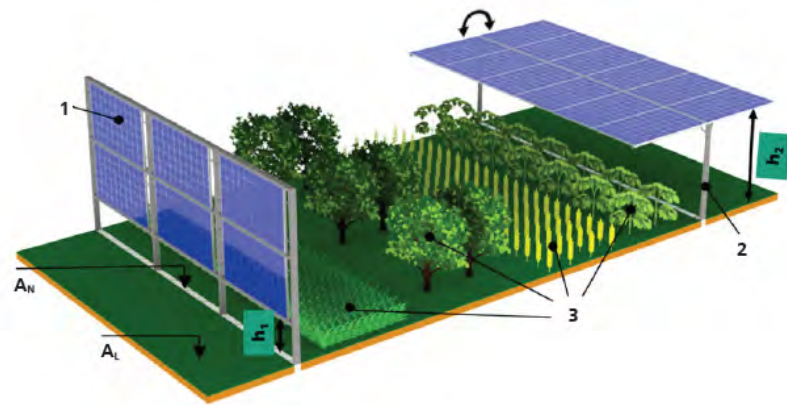
Abbildung 1: Klassifizierung von APV-Systemen (Trommsdorff et al., 2022).



(a) Hohe Aufständering



(b) Bodennahe Aufständering I



(c) Bodennahe Aufständering II

- $A_L$  Landwirtschaftlich nutzbare Fläche
- $A_N$  Landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
- $h_1$  Lichte Höhe unter 2,10 m
- $h_2$  Lichte Höhe über 2,10 m
- 1 Beispiele zu Solarmodulen
- 2 Aufständering
- 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

(d) Legende

Abbildung 2: Illustrationen von APV Kategorien (Trommsdorff et al., 2022).

## 1.4 Körnerhirse *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Die Sorghumhirse (Abbildung 3), eine alte Kulturpflanze, fand historisch vor allem in Südeuropa, Südasien, Zentralamerika und Afrika Verbreitung als bedeutende Nutzpflanze. Wildformen der Hirse sind in Teilen Afrikas heimisch. Heutzutage wird Sorghumhirse weltweit als Körnerfrucht für Lebensmittel und Futtermittel, als Feldfutterpflanze für Grünfütter, Silage und Heu sowie als Energiepflanze für die Nutzung in Biogasanlagen angebaut. Weltweit nimmt Sorghumhirse den fünften Platz unter den angebauten Getreidesorten ein (Berger und Huber, 2021).

In Regionen Österreichs, in denen Maisanbau vorherrscht, wird Sorghumhirse zunehmend als Alternative zur Diversifizierung der Fruchtfolge empfohlen, insbesondere aufgrund der Schäden, die durch den Maiswurzelbohrer verursacht werden. Diese Empfehlung wird gegeben, sofern die Standortbedingungen es zulassen. Darüber hinaus spricht auch der Klimawandel mit seiner zunehmenden Hitze und Trockenheit dafür, Sorghumhirse in bestimmten Ackerbauregionen anzubauen, insbesondere in Trockengebieten (Berger und Huber, 2021). Die Sorghumhirsen, Mitglieder der Familie der Süßgräser (*Poaceae*), sind Pflanzen, die Wärme bevorzugen und empfindlich gegen Kälte sind. Sie gehören zu den C4-Pflanzen, die sich durch eine besonders effiziente Photosynthese auszeichnen und dabei weniger Wasser verbrauchen als zum Beispiel Mais. Aufgrund dieser Eigenschaften gelten Sorghumhirsen als tolerant gegenüber Hitze und Trockenheit. Während langer Trockenperioden können sie ihr Wachstum unterbrechen, eine sogenannte Trockenstarre, um es nach Regenfällen wieder aufzunehmen (Berger und Huber, 2021).

Die Blüten der Sorghumhirsen sind einhäusig-zwittrig und in einer endständigen Rispe an der Spitze der Pflanze angeordnet. Die Samenbildung erfolgt durch Selbstbefruchtung. Die Frucht ist eine bespelzte Kernfrucht mit einer verwachsenen Frucht- und Samenschale (Berger und Huber, 2021).

Für ein zügiges Wachstum benötigt Sorghum hohe Temperaturen, idealerweise über 25 °C während des Tages, eine kumulative Wärme von über 2.200 °C und eine Vegetationsperiode von mindestens 120 bis 150 Tagen. Die Pflanze ist empfindlich gegen Kälte und kann bereits bei Temperaturen unter 4 °C Schäden erleiden. Vor allem niedrige Temperaturen (< 10 °C) während der Blüte können die Pollenbildung beeinträchtigen und zu Unfruchtbarkeit der Rispe oder Ertragseinbußen führen. Dank ihrer hohen Trockenheitstoleranz können Sorghumhirsen bereits bei einer ausreichend verteilten Niederschlagsmenge von 450 bis 600 mm m<sup>-2</sup> gute Wachstumsbedingungen finden. Die Pflanze gedeiht besonders gut auf tiefgründigen, gut durchlüfteten Böden mit warmer, leichter bis mittelschwerer Struktur und ohne strukturelle Schäden (Berger und Huber, 2021).



Abbildung 3: Körnerhirse *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Sorte Armorik.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Versuchsstandort

Der Versuch wurde auf der Forschungsfläche auf dem EWS Sonnenfeld in Bruck an der Leitha (PLZ 2460) im Zeitraum von November 2022 bis März 2024 durchgeführt. Das Sonnenfeld liegt im östlichen Niederösterreich und gehört zum pannonischen Klimagebiet. In Bruckneudorf, dem nächstgelegenen Standort der Geosphere Austria, 3 km südwestlich vom EWS Sonnenfeld entfernt, betrug die Jahresmitteltemperatur im Zeitraum von 2000 bis 2022 12.0 °C, und der durchschnittliche Jahresniederschlag belief sich auf 565.0 mm (GeoSphere Austria Data Hub, 2023).

Der Boden besteht aus Tschernosem, Ausgangsmaterial Löss (eBOD2, 2024). Im Zuge des geotechnischen Berichts für die Bebauung der Fläche wurde eine chemische Bodenanalyse durchgeführt. Der Boden weist pH-Werte zwischen 8.6 und 9.1 auf.

## 2.2 Photovoltaik-Anlage

Das EWS Sonnenfeld hat eine Fläche von 5.5 ha und ist in 8 Zonen unterteilt:

- 1 Süd-Ost-Ausrichtung mit starrer Neigung (20°)
- 2 Forschungsfläche mit 6 m Bewirtschaftungsbreite
- 3 Forschungsfläche mit 12 m Bewirtschaftungsbreite
- 4 Forschungsfläche mit 9 m Bewirtschaftungsbreite
- 5 Süd-Ausrichtung mit starrer Neigung (20°)
- 6 Unverbaute Referenzfläche mit landwirtschaftlicher Bewirtschaftung
- 7 Referenzfläche Brache
- 8 Ost-West-Ausrichtung mit starrer Neigung (16°).

Die Anlage wurde im Jahr 2022 in Betrieb genommen. Sie hat eine elektrische Gesamtleistung von 3 MWp und liefert somit erneuerbare Energie für etwa 1.000 Haushalte (EWS Consulting GmbH, 2024). Die Versuche fanden in den Zonen 2, 3, 4 und 6 statt (Abbildung 4). In den Zonen 2, 3 und 4 befindet sich ein hoch aufgeständertes (2.8 m) und nachgeführtes System, das in Nord-Süd-Ausrichtung installiert ist. 2 % der Fläche werden für die hoch aufgeständerte PV-Anlage verwendet, 18 % der Fläche werden als Blühstreifen verwendet und 80 % werden für die Lebensmittelgewinnung verwendet (EWS Consulting GmbH, 2024). Die einzelnen Paneelreihen sind weit genug voneinander entfernt, so dass die Zwischenflächen zum Ackerbau genutzt werden können. In den Zone der Anlage werden unterschiedliche Achsabstände untersucht: 8 m (Zone 2), 11 m (Zone 3) und 14 m (Zone 4). Entlang des ersten Meters nach der Aufständering befindet sich ein Blühstreifen. Dadurch ergeben sich landwirtschaftlich nutzbare Bearbeitungsbreiten von 6 m, 9 m und 12 m. Im Vergleich dazu liegt der Achsenabstand bei einer Anlage des selben Typs ohne landwirtschaftlicher Bewirtschaftung bei 7 bis 8 m. Die Zone 6 diente als Kontrolle.

Bei Niederschlag schirmen die PV-Paneele in Abhängigkeit von der momentanen Ausrichtung der PV-Paneele den Regen zeitweise ab. Um den Boden möglichst gleichmäßig zu beregnen werden bei Niederschlag die PV-Paneele gekippt, so dass die Abschirmung für den Regen minimiert wird (Abbildung 5). Hierzu werden die Paneele um 70° nach West oder Ost gekippt (Regenmodus).

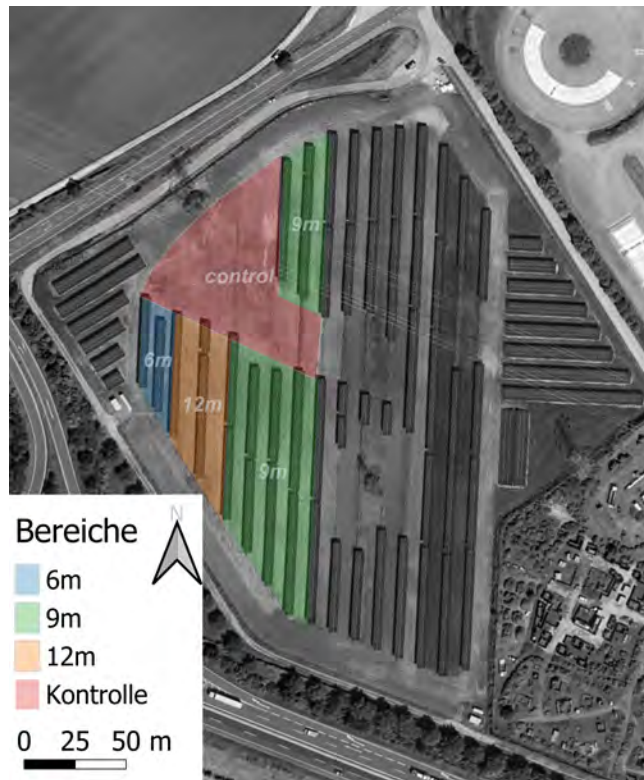


Abbildung 4: Luftaufnahme des EWS Sonnenfelds, mit farblich markierten Forschungszo-  
nen.



Abbildung 5: PV-Stellung dem Sonnenstand nachgeführt (links) und im Regenmodus  
(rechts).

## 2.3 Sensortechnik

### 2.3.1 Wetterstationen

Die gemessenen klimatischen Parameter am Standort umfassen unter anderem die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, den Niederschlag und die pflanzenverfügbare photosynthetische Lichtmenge (PPFD, *Photosynthetically active Photon Flux Density*). Diese Parameter wurden mithilfe von zwei Wetterstationen am EWS Sonnenfeld erfasst. Diese Stationen waren ganzjährig im Einsatz. Die Daten wurden mit der Geosphere Austria Wetterstation in Bruckneudorf verglichen. In Bruckneudorf ist der Parameter der relativen Luftfeuchtigkeit nicht verfügbar.

### 2.3.2 Zwischen den Paneelen

Zur Erfassung der mikroklimatischen Parameter zwischen den PV-Paneelen wurden Bodensensoren des Modells Teros 12 der Firma Meter vergraben. Diese Sensoren erfassten die Bodenfeuchte, Bodentemperatur und die elektrische Leitfähigkeit. Die Bodensensoren wurden so positioniert, dass die erste Sensornadel eine Tiefe von 10 cm im Boden erreichte (Abbildung 6). Die Bodensensoren wurden am 10. Mai 2023 vergraben am 10. Oktober 2023 entfernt. Da die Sensoren kabelgebunden sind, ist ein ganzjähriges Monitoring der Fläche nicht möglich, da die Sensoren vor einer Bodenbearbeitung entfernt werden müssen. Die Datenaufzeichnung erfolgte mithilfe der Datenlogger DT80 und DT85 von dataTaker, Thermo Fisher Scientific.

Der für die Photosynthese relevante Spektralbereich (PAR, *photosynthetically active radiation*) liegt zwischen 400 nm und 700 nm. Zur Messung der Anzahl der Photonen im PAR-Bereich (PPFD) zwischen den Paneelen wurde der Sensor SQ-204X von Apogee Instruments verwendet, während für die Kontrolle der Sensor PQS 1 Quantum Sensor von Kipp & Zonen eingesetzt wurden. Die Datenaufzeichnung erfolgte mithilfe der Datenlogger DT80 und DT85, die auch die Bodensensoren aufzeichnen. Ein Teil der Sensoren wurde über das Datenaufzeichnungssystem der EWS geloggt. PPFD-Sensoren wurden in zwei verschiedenen Höhen montiert: am Boden und auf der Höhe des Pflanzenbestands (Abbildung 7). Letztere wurde alle zwei Wochen an die umliegenden Pflanzenhöhe angepasst. Sensoren im Pflanzenbestand mussten bei landwirtschaftlichen Pflegemaßnahmen auf- und abgebaut werden, daher wurden bestimmte Parameter außerhalb der Vegetationsperiode nicht gemessen. Die Sensoren waren von 11. Juli 2023 bis 2. Oktober 2023 aufgebaut. Der Blattflächenindex (LAI) wurde bei Bonituren von 14. Juli 2023 bis 6. Oktober 2023 alle vier Wochen, mit dem AccuPAR LP-80 von Decagon Devices, gemessen.





Abbildung 6: Installation Bodensensor Teros 12 in 10 cm Tiefe.

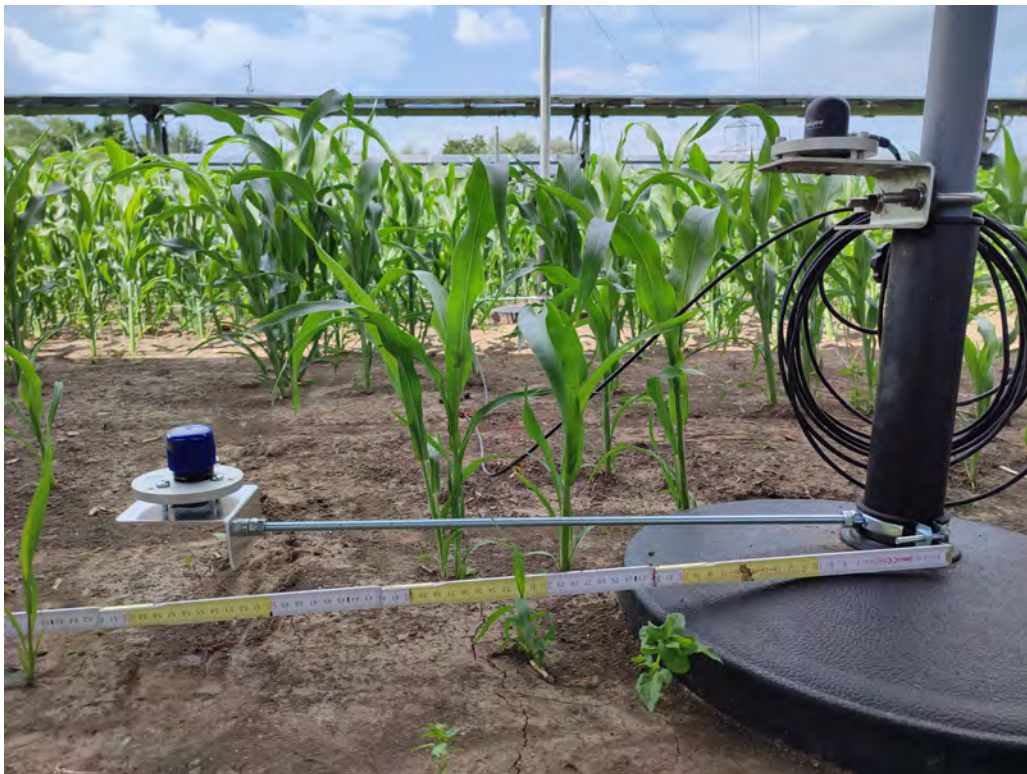


Abbildung 7: PPFD-Sensor SQ-204X von Apogee Instruments.

### 2.3.3 Regenmessung

Die Regenverteilung im Bestand wurde indirekt über die Bodenfeuchte bewertet. Da aber die Datenauswertung gezeigt hat, dass keine gleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeit im Bestand vorlag, wurde ein zusätzlicher Versuchsaufbau entwickelt (zusätzlich zu den im Angebot geplanten Untersuchungen). Zur Messung der Niederschlagsverteilung am Boden wurden im 9 m Bearbeitungsbreite Reihen von Regenmesserbechern in dreifacher Ausführung installiert. Unter den Abtropfkanten der Paneele wurden innerhalb eines Meters 23 Regenmesser aufgebaut, im Bereich zwischen den Paneelen ein Regenmesser alle 50 cm (Abbildung 8). Nach einem Regenereignis wurden die Werte der Messbecher abgelesen. Weiters wurden vor und nach einem Regenereignis Bodenproben zu je 200 cm<sup>3</sup> gezogen. Aus Bodenproben, die vor und nach Trocknung bei 105 °C für 24 h gewogen wurden, wurde die Gewichtswasseranteile bestimmt. Aufgrund des Versuchsaufbaus kann diese Art der Messung der Regenverteilung nur außerhalb der Vegetationsperiode durchgeführt werden. Zudem können die Versuche aufgrund der Frostgefahr im Winter und einer damit einhergehenden Beschädigung des Versuchsaufbaus durch gefrierendes Wasser nur in einer sehr kurzen Zeitperiode im Jahr durchgeführt werden.



Abbildung 8: Konstruktion zur Evaluierung des Regenmodus.

## 2.4 Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde in drei verschiedenen Bearbeitungsbreiten (6 m, 9 m und 12 m) zwischen den PV-Modulen durchgeführt. Die Bestandeshöhe, das morphologische Entwicklungsstadium (BBCH) und die oberirdische Biomasse (OBM) wurden in dreifacher Wiederholung durch die Bonitur erfasst. Die Anzahl der Sensoren und der Boniturstellen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Positionen der Sensoren und Boniturstellen sind in Abbildung 9 dargestellt. Beim Aufbau aller Sensoren und bei der Positionierung aller Erhebungen wurde darauf geachtet, dass die Daten nicht in verdichteten Bereichen, die während der Bauphase entstanden sind, erhoben wurden.

| Bearbeitungsbreite (m) | Bodensensoren | PAR-Sensoren | Boniturstellen |
|------------------------|---------------|--------------|----------------|
| 6                      | 5             | 3            | 7              |
| 9                      | 6             | 5            | 11             |
| 12                     | 9             | 5            | 13             |
| Kontrolle              | 3             | 3            | 3              |

Tabelle 1: Anzahl der Sensoren und Boniturstellen.

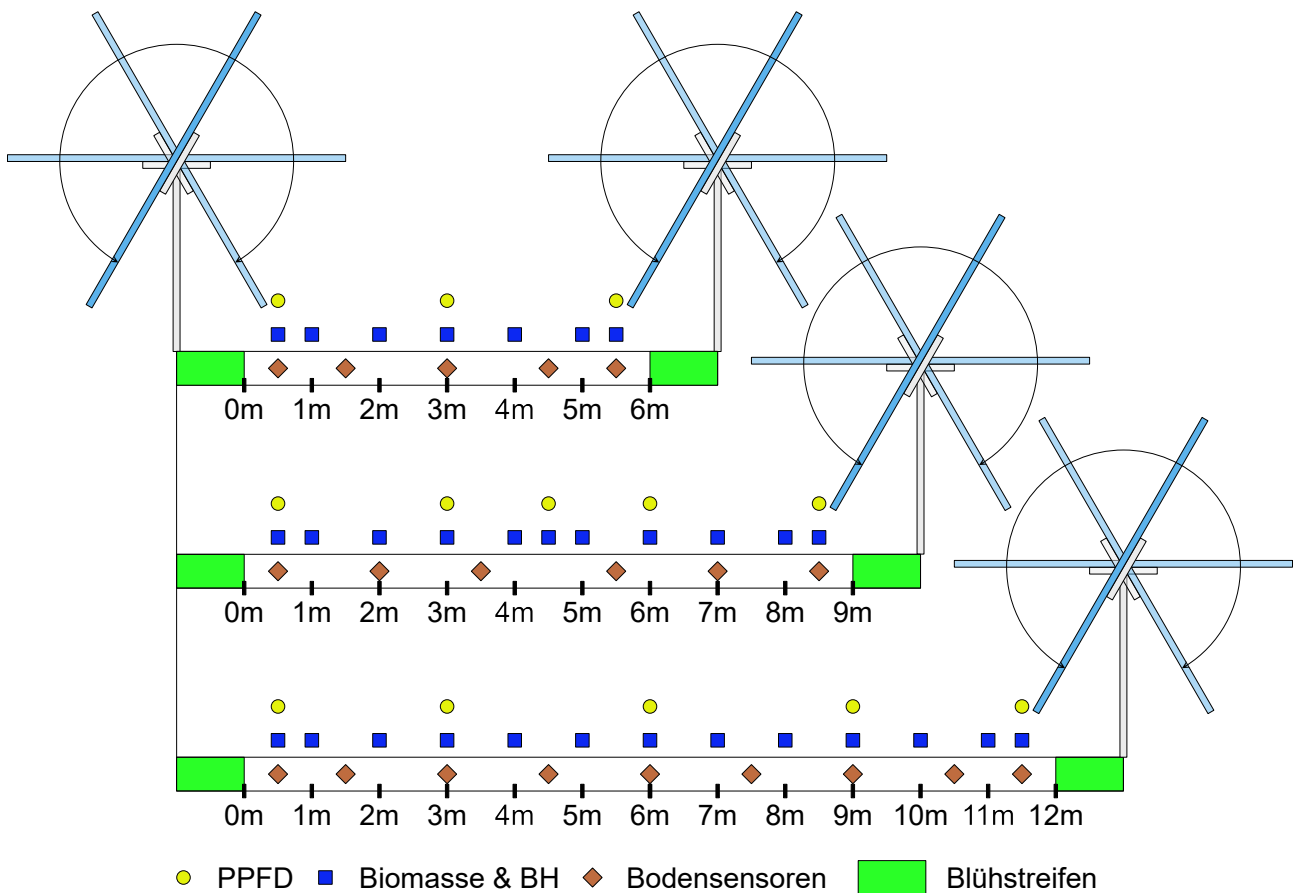


Abbildung 9: Positionen von Sensoren und Boniturstellen

### 2.4.1 Kulturführung

Die Lockerung des Oberbodens (ca. 15 cm) wurde zweimal durchgeführt. Die erste Lockerung erfolgte im November 2022 nach Fertigstellung der Anlage. Die zweite Maßnahme wurde direkt vor der Aussaat der Sorghum-Hirse am 28. April 2023 durchgeführt. Die Sorghum-Sorte Armorik wurde mit einer Saatstärke von 30 Korn/m<sup>2</sup> und einer Ablagetiefe von 2–3 cm ausgebracht. Die Sorte ist eine frühe bis mittlere Sorte, Jugendentwicklung ist stark (rasch), Rispenstücken und Wuchshöhe mittel, Reife früh und der Kornertrag ist niedrig bis mittel (AGES, 2023). Am 5. Mai 2023 erfolgte ein Blindstriegeln. Aufgrund der nassen Wetterverhältnisse war kein weiteres Striegeln möglich. Daher wurde am 2. Juni 2023 ein Herbizid (0.2 kg Arrat und 1 L ha<sup>-1</sup> Dash) durch einen externen Bewirtschafter ausgebracht. Die Ernte wurde am 9. Oktober 2023 durchgeführt. Das Erntegut wurde von jeder Bearbeitungsbreite und der Kontrolle separat vom Bewirtschafter mit einer Brückenwaage gewogen. Am 10. Oktober 2023 fand das Mulchen der Ernterückstände statt.

### 2.4.2 Ertragsbestimmung

Um die Ertragsbildung während der Vegetationsperiode zu erfassen wurden mittels Bonituren im Bestand folgende Parameter erhoben:

- Bestandeshöhe (alle 2 Wochen)
- Morphologisches Entwicklungsstadium (BBCH) (alle 2 Wochen)

Die morphologischen Entwicklungsstadien wurden nach BBCH-Code bewertet, wobei die Makrostadien wie folgt etabliert sind: 0 - Keimung, 1 - Blattentwicklung, 2 - Bestockung, 3 - Schossen, 4 - Rispenstücken, 5 - Rispenstücken, 6 - Blüte, 7 - Fruchtbildung, 8 - Samenreife und 9 - Absterben.

- Oberirdische Biomasse (alle 4 Wochen): Die oberirdische Biomasse (OBM) wurden bei 105 °C für 24 Stunden getrocknet und die oberirdische Trockenmasse (OTM) wurde bestimmt.
- Wachstumsrate: Die Wachstumsrate der Pflanzen (CGR) und die relative Wachstumsrate (RGR) wurde für jenen Zeitraum zwischen den einzelnen OTM-Terminen nach Hunt et al. (2002) wie folgt berechnet:

$$CGR (g m^{-2} d^{-1}) = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$RGR (g g^{-1} d^{-1}) = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

wobei  $W_1$  und  $W_2$  das Anfangs- und Endgewicht der OTM und  $t_1$  und  $t_2$  Anfangs- und Endtag der jeweiligen Periode sind.

- Blattflächenindex (LAI) (alle 4 Wochen): Der Parameter LAI ist ein Maß für die Blattfläche pro Bodeneinheit in einem Pflanzenbestand.

Bei der letzten Entnahme der OBM, drei Tage vor der Ernte, wurde die OBM in Rispe (Trocknung bei 60 °C für 48 Stunden) und Spross (Trocknung bei 105 °C für 24 Stunden) getrennt, und zusätzlich folgende Parameter erhoben und berechnet:

- Pflanzendichte: Anzahl der Pflanzen pro Fläche
- Rispendichte: Anzahl der Rispen pro Fläche
- Körner / Rispe: Anzahl der Körner pro Rispe
- Tausendkorngewicht (TKG): Der Parameter TKG gibt Aufschluss über die Größe und das Gewicht der Körner.
- Ernteindex (HI): Der Parameter HI beschreibt das Verhältnis zwischen der erntebaren Biomasse und der gesamten oberirdischen Biomasse einer Pflanze.
- Kornertrag: Gewicht der Körner pro Fläche
- Stickstoffausnutzungseffizienz (NUE): Die NUE ist ein Maß dafür, wie effizient eine Pflanze Stickstoff in Biomasse umwandelt und stellt die Masse des Korns und die Menge an Stickstoff in der OTM ( $N_{OTM}$ ) in Relation. Um die NUE zu berechnen wurde der Stickstoffanteil nach dem DUMAS-Verfahren durchgeführt (Winkler et al., 2000). Die NUE berechnet sich wie folgt:

$$NUE = \frac{\text{Kornertrag}}{N_{OTM}} \quad (3)$$

- Proteingehalt (Korn)

Der Proteingehalt errechnet sich aus dem Stickstoffgehalt ( $C_N$ ) des Korns (Desta et al., 2023; Lee et al., 2023):

$$\text{Proteingehalt} = C_N \cdot 6,25 \quad (4)$$

## 2.5 Agrartechnik

### 2.5.1 Verwendete Maschinen

Die verwendeten Maschinen für die verschiedenen Bearbeitungsschritte sind in Tabelle 2 aufgelistet.

| Bearbeitungsschritt | Maschine                |
|---------------------|-------------------------|
| Bodenlockerung      | Horsch Cruiser 6 SL     |
| Aussaat             | Horsch Pronto 6 DC      |
| Striegeln           | Horsch Cura 12 ST       |
| Pflanzenschutz      | Amazone UF 901          |
| Ernte               | Case IH Axial-Flow 2388 |
| Mulchen             | Müthing MU-M VARIO      |

Tabelle 2: Bei der Kulturführung verwendete landwirtschaftliche Geräte

### 2.5.2 Aufzeichnung und Auswertung der Tätigkeiten

Vor den jeweiligen Maßnahmen wurde ein robuster PC (DX 1100, Cincoze) am Traktor montiert. Über eine Datenschnittstelle (PCAN-miniPCI2, PEAK-System Technik) wurden Geodaten (GPS-RTK), Traktordaten (Traktor-BUS) und die Kommunikation zwischen Traktor und Anhängegerät (ISOBUS) aufgezeichnet. Die kodierten Maschinendaten wurden in menschenlesbare Parameter-Wert-Paare übersetzt und georeferenziert. Diese Daten wurden nach Fahrtrichtung und Arbeitsstellung der Anbaumaschine gefiltert. Letztlich wurden die Datenpunkte räumlich den jeweiligen Untersuchungsregionen zugeordnet. Die dafür benötigte Software wurde selbst entwickelt.

Die Kontrollfläche der pflanzenbaulichen Datenerhebung war ebenfalls als Kontrollfläche für die agrartechnische Anwendung konzipiert. Da die Fläche jedoch relativ klein ist, bedarf es vieler Wendemanöver und kann nicht uneingeschränkt als Ersatz für ein offenes Feld herangezogen werden.

Die Maschinenparameter beinhalten den Treibstoffverbrauch  $C$  pro Stunde (Schutte et al., 2004). Um eine Vergleichbarkeit bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu erhalten, wird der Treibstoffverbrauch pro Fläche  $\epsilon$  welcher sich aus der Flächenleistung  $A$  und den Treibstoffverbrauch errechnet:

$$\epsilon = \frac{A}{C} \quad (5)$$

wobei die Flächenleistung das Produkt der effektiven Arbeitsbreite  $B_{eff}$  und der durchschnittlichen Geschwindigkeit  $\bar{v}$  ist:

$$A = B_{eff} \cdot \bar{v} \quad (6)$$

Die Flächenleistung  $A$  und der Treibstoffverbrauch pro Fläche  $\epsilon$  wurden durch die Berechnung von Durchschnittswerten pro Überfahrt ermittelt. Für die Eingrenzung der einzelnen Überfahrten wurde der vorhandene Zeitstempel genutzt um den Beginn und das Ende der zu vergleichenden Überfahrt zu bestimmen.

### **2.5.3 Erfahrungsaustausch nach jedem Arbeitsschritt**

Nach den einzelnen Bearbeitungsschritten wurde mit den Bewirtschaftern gesprochen um mögliche Fehlerquellen bzw. Gefahrenpotential zu detektieren.

## 2.6 Datenanalyse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mithilfe von Microsoft Excel (v16.0.14332.20649) und Python (v3.12, Van Rossum und Drake (2009)) mit dem Bibliotheken pandas (v2.1.3, pandas development team (2020)), seaborn (v0.13 Waskom (2021)) und statsmodels (v0.14, Seabold und Perktold (2010)).

Sofern nicht anders angegeben werden Diagramme folgendermaßen dargestellt: Bei Balkendiagrammen und Liniendiagrammen stellt die Länge des Balkens bzw. die Linie den Mittelwert dar, der Fehlerbalken bzw. die schattierte Fläche das 95 %-Konfidenzintervall für den Mittelwert. Bei Kontrollversuchen, wo keine unterschiedlichen Versuchsbedingungen herrschen, ersetzt ein Punkt mit Konfidenzintervall-Indikator die Linien.

Das Konfidenzintervall wurde durch Bootstrapping mit 1000 Samples ermittelt. Box-Plots entsprechen der gebräuchlichen Definition, wobei die Whisker den anderthalbfachen Interquartilsabstand darstellen. Datenpunkte außerhalb der Whisker werden einzeln gezeigt.

Die Daten der Bodensensoren wurden für die statistische Auswertung über alle Bearbeitungsbreiten hinweg folgendermaßen zusammengefasst: Sensoren, die innerhalb von 2 m am westlichen und östlichen Rand der Bearbeitungszonen lagen, wurden zur westlichen beziehungsweise zur östlichen Randregion gepoolt. Diese beiden Randgruppen waren im unmittelbaren Einflussbereich der Solarpaneele. Es bleiben somit Streifen von 2 m, 5 m und 8 m Breite übrig. Alle Sensoren in diesen Streifen wurden zur mittleren Region gezählt. Die Sensoren im Kontrollbereich werden in einer eigenen Gruppe angeführt.



## 2.7 Berechnung der Synergieeffekte

### 2.7.1 Landwirtschaftliche Flächenäquivalenz

Die landwirtschaftliche Flächenäquivalenz gibt an, inwieweit die landwirtschaftliche Nutzung der Fläche durch die Installation der PV-Anlage beeinträchtigt wird oder ob diese sogar synergistisch genutzt werden kann.

Die landwirtschaftliche Flächenäquivalenz ( $Q_L$ ) ergibt sich aus dem landwirtschaftlich nutzbarem Flächenanteil ( $A_L$ ) und dem landwirtschaftlichen Ertragsfaktor ( $B_L$ ).

$$Q_L = A_L \cdot B_L \quad (7)$$

Die landwirtschaftlich nutzbarem Flächenanteil ( $A_L$ ) ist das Verhältnis der landwirtschaftlichen Nutzfläche ( $F_{Nutz}$ ) zur Gesamtfläche ( $F_{Gesamt}$ ). Unter die Nutzfläche fallen alle Flächen, auf denen Ackerbau betrieben wird, d.h. alle Flächen, die den verwendeten Agrarmaschinen gut zugänglich ist.

$$A_L = \frac{F_{Nutz}}{F_{Gesamt}} \quad (8)$$

Die landwirtschaftliche Ertragsfaktor ( $B_L$ ) ist ein Maß für die Ertragsminderung oder Ertragssteigerung bei APV der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen:

$$B_L = \frac{E_{Versuchsfläche}}{E_{Kontrolle}} \quad (9)$$

Hierzu wird der durchschnittliche Ertrag in Randflächen ( $\overline{E_{Rand}}$ ) (erste 3 m der bewirtschafteten vom Blühstreifen) und in den restlichen Flächen in der Mitte der Bewirtschaftungsflächen ( $\overline{E_{Mitte}}$ ) errechnet und mit den entsprechenden Flächenanteilen ( $a_{Rand}$  und  $a_{Mitte}$ ) gewichtet und der erwartbare Ertrag der Versuchsflächen errechnet:

$$E_{Versuchsfläche} = \overline{E_{Rand}} \cdot a_{Rand} + \overline{E_{Mitte}} \cdot a_{Mitte} \quad (10)$$

### 2.7.2 Stromwirtschaftliche Flächenäquivalenz

Die Stromwirtschaftliche Flächenäquivalenz ( $Q_S$ ) ist das Verhältnis des Stromertrags bei erhöhten Achsenabständen ( $P_{APV}$ ) zu Stromgewinnung bei Achsenabständen ohne APV ( $P_{Optimum}$ ). Das Optimum für nachgeführte Systeme liegt bei 8 m.

$$Q_S = \frac{P_{APV}}{P_{Optimum}} \quad (11)$$

### 2.7.3 Gesamtflächenäquivalenz

Die Gesamtflächenäquivalenz ( $Q_{Total}$ ) ist bei gleichzeitiger Nutzung eines Feldes zur agrarischen Produktion und zur Stromproduktion aus der Summe der entsprechenden Teilflächenäquivalente:

$$Q_{Total} = Q_L + Q_S \quad (12)$$

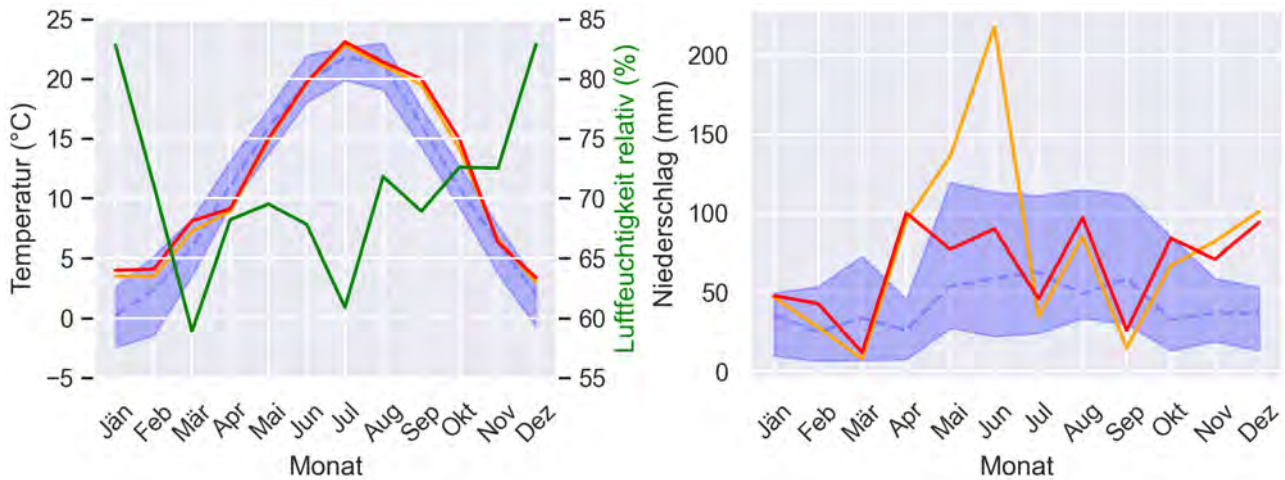
## **2.8 Erstellung eines Leitfadens: Errichtung von APV-Anlagen**

Im Rahmen eines Workshops am 30. Januar 2024 wurde das Ziel verfolgt, Erkenntnisse aus den Bauphasen zu sammeln, Fehler zu identifizieren und Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen. An dem Workshop nahmen BewirtschafterInnen und PlanerInnen der APV-Anlage, StakeholderInnen von EWS Consulting GmbH und Energiepark Bruck / Leitha GmbH, sowie WissenschaftlerInnen der Universität für Bodenkultur Wien teil. Die Ergebnisse des Workshops wurden in einem kurzen Leitfaden zur Errichtung von APV-Anlagen festgehalten. Diese Informationen können als Ergänzung zu den bestehenden Leitfäden für APV verstanden werden.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Klimatischer Parameter am Standort

Im Jahr 2023 wies das EWS Sonnenfeld im Vergleich zum langjährigen Mittel in Bruckneudorf signifikant höhere Temperaturen in den Monaten Jänner, Juli, September und Oktober auf, während der April signifikant kälter war (Abbildung 10a). Die Niederschlagsmenge war in den Monaten April, November und Dezember höher als das 90. Perzentil im Vergleich zu Bruckneudorf, wohingegen der September sehr trocken war (Abbildung 10b).



(a) Durchschnittliche Monatstemperatur und Luftfeuchtigkeit. (b) Durchschnittliche monatliche Regensumme.

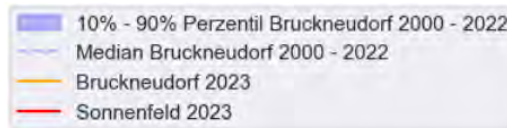


Abbildung 10: Temperatur und Niederschlag Bruckneudorf 2000 - 2023, Temperatur, Niederschlag und Luftfeuchtigkeit Sonnenfeld 2023.

In Abbildung 11 ist die Verteilung der Gesamtniederschlagsmenge in Bezug auf die vorherrschende Windrichtung während der Vegetationsperiode (Beobachtungszeitraums 8. März – 11. November 2023) dargestellt. Es zeigt sich, dass die Regenereignisse mit den größten Niederschlagsmengen bei westlicher bis nordwestlicher Windrichtung auftraten.

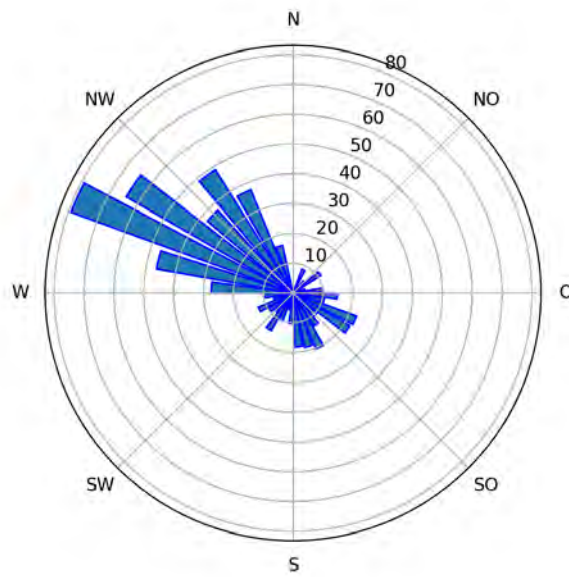


Abbildung 11: Verteilung der Gesamtniederschlagsmenge (mm m<sup>-2</sup>) in Bezug auf die während des Niederschlags vorherrschende Windrichtung

## 3.2 Mikroklimatische Parameter zwischen PV-Panelen

### 3.2.1 Bodentemperatur

Die Bodentemperatur war abhängig von der Position des Sensors (Tabelle 3 und Abbildung 12 oben). Sowohl in der westlichen und östlichen Randregion, als auch in der Mitte, war der Boden Frühjahr und Frühsommer deutlich kühler im Vergleich zur Kontrolle. Erst im Juli holte der mittlere Bereich zur Kontrolle auf, die Randregionen erst im Rahmen einer allgemeinen Abkühlung im August.

### 3.2.2 Bodenfeuchte

Den zeitlichen Verlauf der Bodenfeuchte beeinflussten mehrere Effekte: Solarpaneele liefern Schatten und verringern den Wind. Dies führte dazu, dass besonders in Trockenzeiten der Boden in den Bereichen zwischen den Paneelen tendenziell feuchter blieb. Solarpaneele fungieren allerdings auch als Dach und leiten Niederschlag ab, was sich in Regenzeiten bemerkbar machte. Der Dach-Effekt ist asymmetrisch. Da die Hauptwindrichtung Westen war, wurde der westliche Rand mehr durch die Paneele vom Regen abgeschirmt als der östliche. Innerhalb der Bearbeitungsbereiche waren die Randbereiche trockener als die Mitte. Der Volumswassergehalt im mittleren Bereich war höher als in der Kontrolle. In den trockeneren Monaten (Juli und September 2023) betrug die Differenz bis 2.5 Prozentpunkte. Im östlichen Bereich zeigte sich ebenfalls die moderierende Wirkung der Paneele: mehr Feuchtigkeit in Trockenzeiten, weniger in Regenzeiten (siehe Tabelle 3 und Abbildung 12 unten). Angesichts fehlender Daten ist die Aussagekraft einer Analyse des Westbereichs noch beschränkt. Bei der Messung der Bodenfeuchte zeigten einige Sensoren unplausibel niedrige Werte. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass bei der Austrocknung des Bodens Risse entstehen, welche die Messung verfälschen. Die Werte dieser Sensoren wurden von der Analyse ausgenommen.

Tabelle 3: Monatsmittel der Bodentemperatur und des Volumswassergehalts im Kontrollbereich und Differenz zum Kontrollbereich in West-, Mitte- und Ostbereich der Anbaubereiche (\* $P \leq 0.05$ ).

| Monat | Temperatur (°C) | Temperaturdifferenz (°C) |        |        | VWC (%)   | Differenz VWC (%) |       |        |
|-------|-----------------|--------------------------|--------|--------|-----------|-------------------|-------|--------|
|       | Kontrolle       | West                     | Mitte  | Ost    | Kontrolle | West              | Mitte | Ost    |
| 5     | 17.1            | -1.9 *                   | -0.9   | -2.2 * | 32.5      | -2.6 *            | 1.1 * | -1.4 * |
| 6     | 23.4            | -2.9 *                   | -1.4 * | -3.3 * | 29.9      | -1.4 *            | 1.8 * | -0.1   |
| 7     | 24.1            | -0.9 *                   | -0.3   | -1.7 * | 22.7      | 0.6               | 2.5 * | 3.4 *  |
| 8     | 20.8            | -0.4                     | -0.3   | -0.8 * | 29.5      | -1.7 *            | 0.6   | -0.1   |
| 9     | 18.7            | -0.0                     | -0.5 * | -0.7 * | 23.3      | -0.3              | 2.5 * | 1.9 *  |

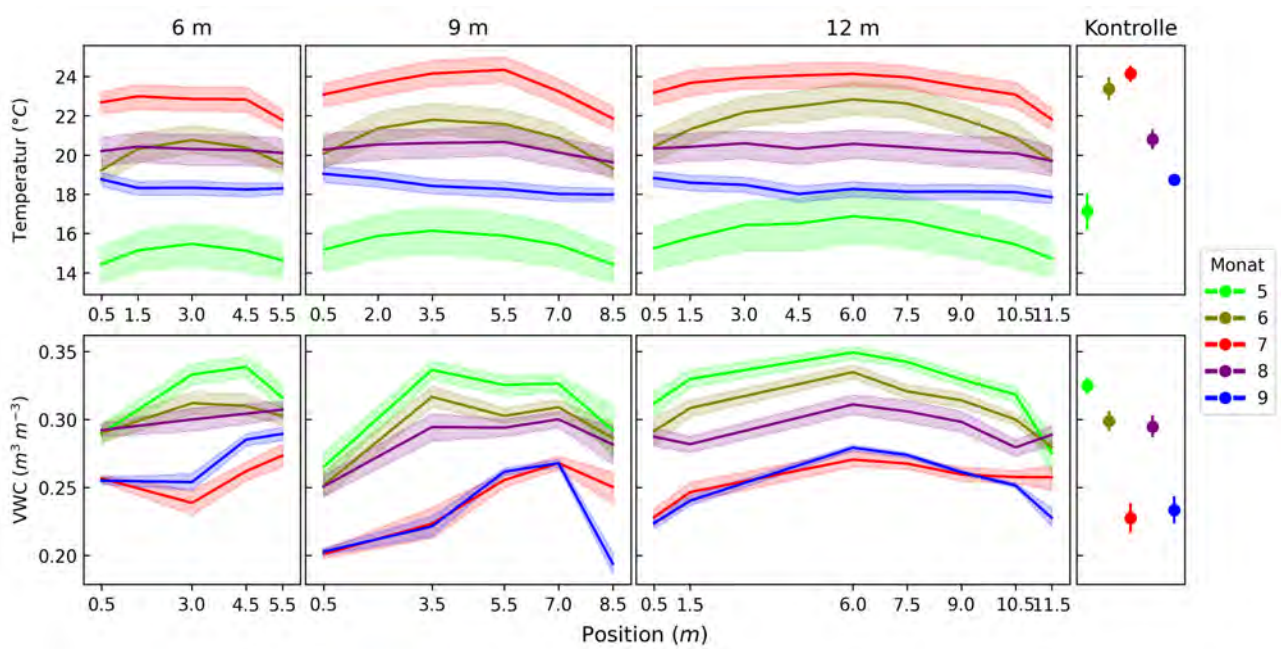


Abbildung 12: Oben: Monatsmittel der Bodentemperatur. Unten: Monatsmittel des Volumswassergehalts im Boden. Die x-Achse gibt die Position (m) der Sensoren von West nach Ost an.

### 3.2.3 Regenmodus

Bei Regen floss das Wasser an den Kanten der Photovoltaikpaneele ab, was lokal zu sehr hohen Niederschlagsdichten führte. Bei der Messung kam es zur Überfüllung der Regenmessbecher. Unter der Annahme, dass ein 2.5 m langes Paneel den Regen auf einen Streifen von 5 cm konzentriert, kann bei einem Niederschlag von etwa 40 mm in diesem Streifen von Niederschlagsdichten im vierstelligen Bereich ausgegangen werden, während in 15 cm Entfernung kein nennenswerter Niederschlag gemessen wurde (Abbildung 13 oben). Lateraler Wasserfluss im Boden konnte die ungleiche Niederschlagsverteilung nicht vollständig ausgleichen (Abbildung 13 unten). An der Oberfläche konnten wir Regenlacken und Verschlammung unter den Kanten beobachten (Abbildung 14).

Um das Problem zu lindern können die Paneele bei Niederschlag so positioniert werden, um möglichst wenig Regen abzuschirmen. So sollten die Paneele bei Westwind Richtung Osten geneigt werden und vice versa. Dieser Regenmodus wurde während der Saison implementiert. Da die Regelparameter noch optimiert werden müssen, herrschte kein Idealbetrieb. So gab es eine bedeutende Zahl an Regenereignissen, bei denen das Paneel dem vorherrschenden Wind entgegengestellt wurde (Abbildung 14).

Bei starkem Wind müssen die Paneele aus statischen Gründen in T-Stellung gebracht werden. In diesem Fall sammelte sich Regenwasser auf den Paneelen und floss schwallartig beim nächsten Ausrichten nach dem Sonnenstand ab.

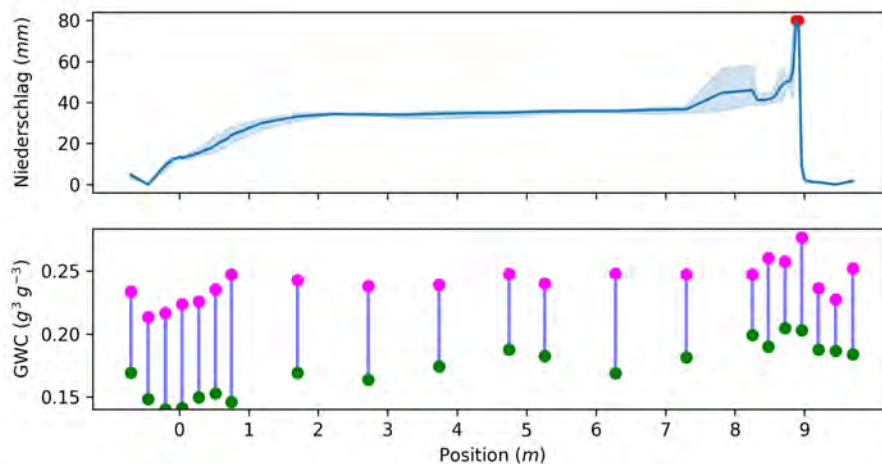


Abbildung 13: Oben: Regenverteilung bei starkem zweitägigem Niederschlag am 11.3.2024 und am 12.3.2024 im 9 m Bearbeitungsbreite. Im rot gekennzeichneten Bereich reichte das Fassungsvermögen der Regenmessbehälter nicht aus. Unten: Gravimetrischer Wassergehalt (GWC) des Bodens am Tag vor (grün) und am Tag nach (magenta) dem Niederschlag.



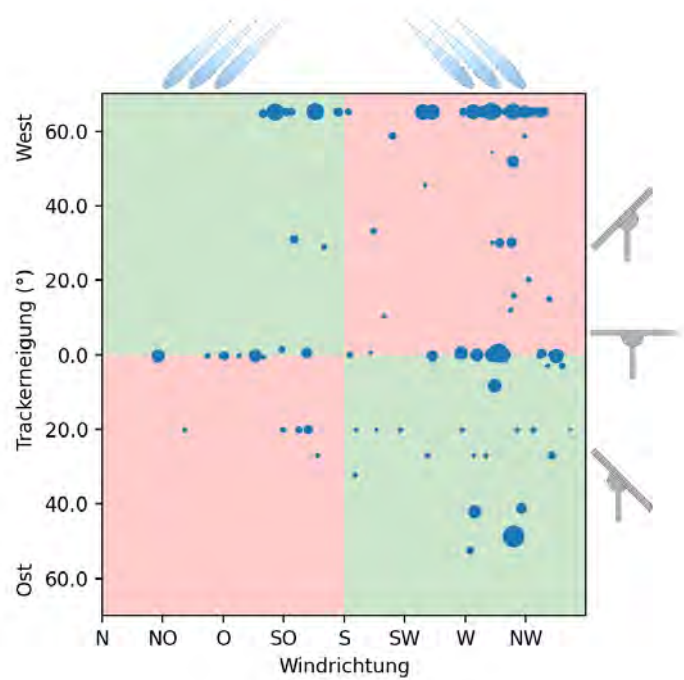
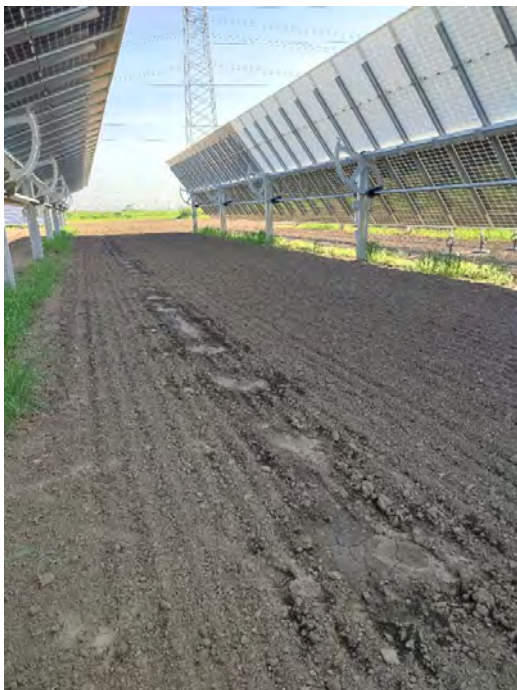


Abbildung 14: Links: Bereiche mit Lackenbildung und Verschlämmung unter der Kante des PV-Paneels. Rechts: Stellung der PV-Paneele bei Regen in Relation zur Windrichtung. Die günstige Stellung ist grün, die ungünstige rot hinterlegt. Ein Punkt entspricht einem Regenereignis. Die Größe der Punkte entspricht dem Niederschlagsvolumen.

### 3.2.4 Lichtverfügbarkeit

Die Lichtverfügbarkeit wurde auf Bestandeshöhe und auf Bodenhöhe gemessen. Es grenzten sich auf der Höhe des Pflanzenbestands drei verschiedene Gruppen ab (Abbildung 15): die Kontrollgruppe mit ungestörtem Lichtraum, Sensoren in der Mitte der Bearbeitungszonen zwischen den Paneelen (mit Reduktion des Lichteinfalls auf 72 %) und Sensoren, die am östlichen und am westlichen Rand der Bearbeitungszonen lagen. Am Rand befanden sich die Sensoren unter den Paneelen, was zu einer deutlichen Einschränkung des Lichts auf 27 % beziehungsweise 25 % des Kontrollwerts führte. Am Boden gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Bedingungen.

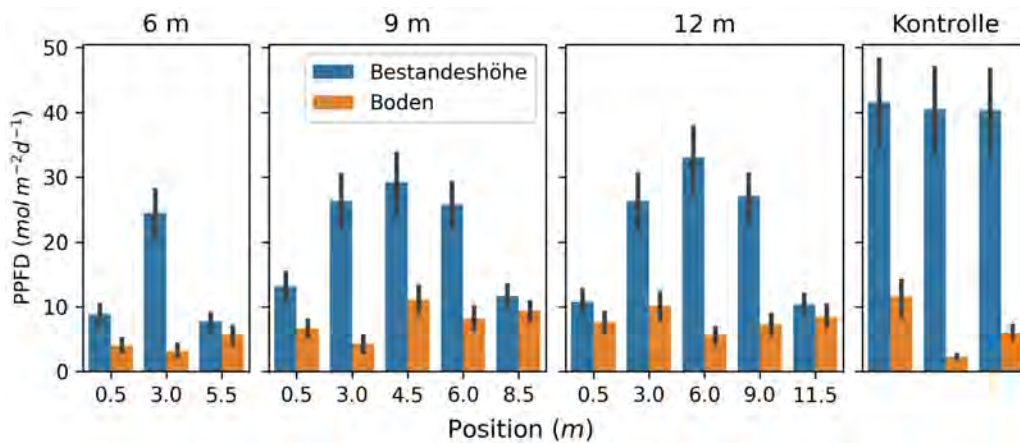


Abbildung 15: Mittlere PPFD - Tagessumme für jeden Sensor.

### 3.3 Strahlungsnutzung und Ertragsbildung

#### 3.3.1 Keimung

Die Saatstärke betrug 30 Körner pro Quadratmeter, jedoch keimten nicht alle Samen, was zu einer durchschnittlichen Pflanzendichte von 24 in der Kontrolle führte (Abbildung 24a). In der Bearbeitungsbreite von 6 m betrug die durchschnittliche Pflanzendichte lediglich 15. In den Bearbeitungsbreiten von 9 m und 12 m lag die durchschnittliche Pflanzendichte hingegen bei 16 (Abbildung 24b), wobei in 12 m Bearbeitungsbreite im Randbereich eine Abnahme der Pflanzendichte beobachtet wurde.

Sorghum zeigt eine empfindliche Reaktion auf die Bodentemperatur während der Aussaat und erfordert eine Bodentemperatur von 12 bis 14 °C in einer Tiefe von 5 bis 10 cm (Berger und Huber, 2021). Im Randbereich der Anbaufläche wiesen die Pflanzen einen Standortnachteil auf, da sich der Boden dort langsamer erwärmte und um durchschnittlich 2 °C kälter war als im Mittelbereich (Abbildung 12, Tabelle 3). Auch in der Mitte der Anbaufläche in 6 m Bearbeitungsbreite war es kühler. Eine Möglichkeit, dem unzureichenden Keimen der Pflanzen entgegenzuwirken, könnte darin bestehen, den Anbau zeitlich später durchzuführen, insbesondere bei 6 m Bearbeitungsbreite. Ein weiterer Faktor, der zu einer verminderten Pflanzendichte beitragen könnte, ist die Bodenfeuchtigkeit (Abbildung 12, Tabelle 3). Daher könnte eine Erhöhung der Aussaatmenge auf 35 Körner pro Quadratmeter in Betracht gezogen werden, da dies insbesondere unter Stressbedingungen wie Trockenheit und Feuchtigkeit empfohlen wird (RWA Raiffeisen Ware Austria AG, 2024).

### 3.3.2 Vegetationsperiode

Bei der Betrachtung der morphologischen Entwicklungsstadien (BBCH) zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen der Kontrolle und den Randbereichen der verschiedenen Bearbeitungsbreiten (Abbildung 16a, 19). In den Randbereichen kam es zu einer Entwicklungsverzögerung von bis zu zwei Makrostadien im Vergleich zur Kontrolle (Abbildung 17). Die Unterschiede zwischen den Mittelbereichen und der Kontrolle bewegten sich meist innerhalb eines Makrostadiums, mit Ausnahme von Bearbeitungsbreite 6 m, wo auch in der Mitte eine größere Verzögerung zu beobachten war (Abbildung 20). Vor der Ernte konnten jedoch alle Pflanzen die Entwicklungsverzögerungen aufholen und erreichten die Druschreife.

Die Bestandeshöhe nahm mit abnehmender Bearbeitungsbreite ab (Abbildung 16b). Der Verlauf der Bestandeshöhen zeigte einen ähnlichen Trend wie die BBCH-Entwicklung. In den Randbereichen waren die Pflanzen signifikant kleiner als in der Mitte und der Kontrolle (Abbildung 18, 20). Mitte Juni konnten diese Unterschiede bis zu 50 cm betragen. Bei der finalen Wuchshöhe, die in etwa Anfang August erreicht wurde, zeigten sich in der Mitte kleine Unterschiede, die mit der Breite des Bearbeitungstreifens korrelierten. Im Gegensatz zu BBCH konnten die Randbereiche nicht zur Mitte aufschließen.

Ab dem Zeitpunkt der Fruchtbildung (BBCH 7), Ende Juli, fand kein weiteres Wachstum der Pflanzen statt. Es zeigten sich in den Mitten kleine Unterschiede, die mit der Breite des Bearbeitungstreifens korrelierten. Diese Höhenunterschiede blieben bis zur Ernte bestehen. In allen Bearbeitungsbreiten blieben die Pflanzen am Rand deutlich kleiner als in der Mitte und der Kontrolle.

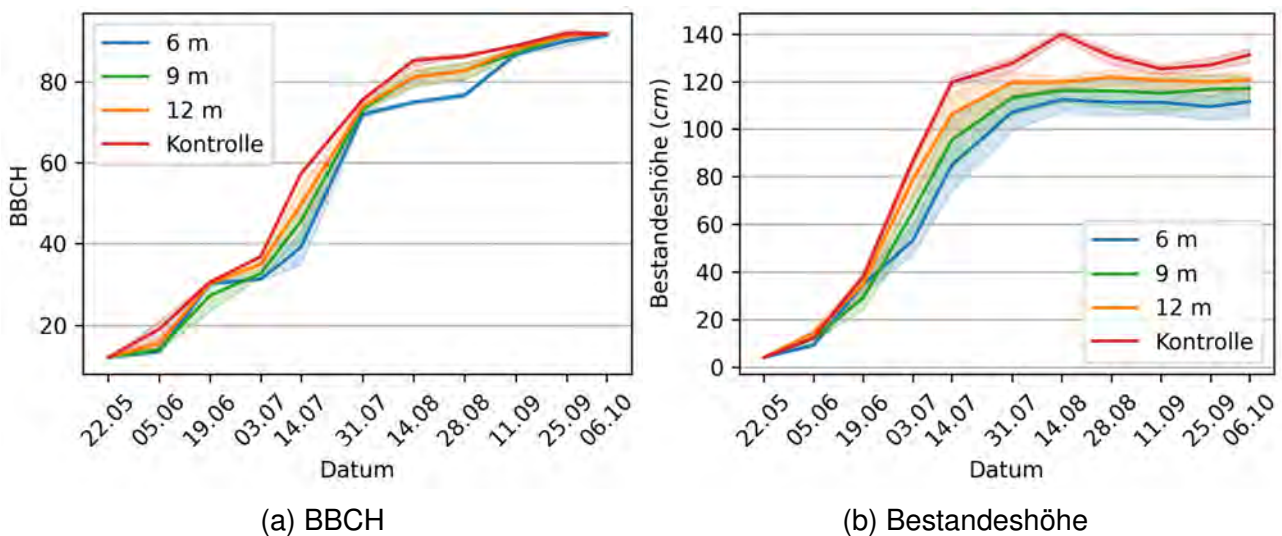


Abbildung 16: Morphologisches Entwicklungsstadien (BBCH) und Bestandeshöhe Sorghum 2023.

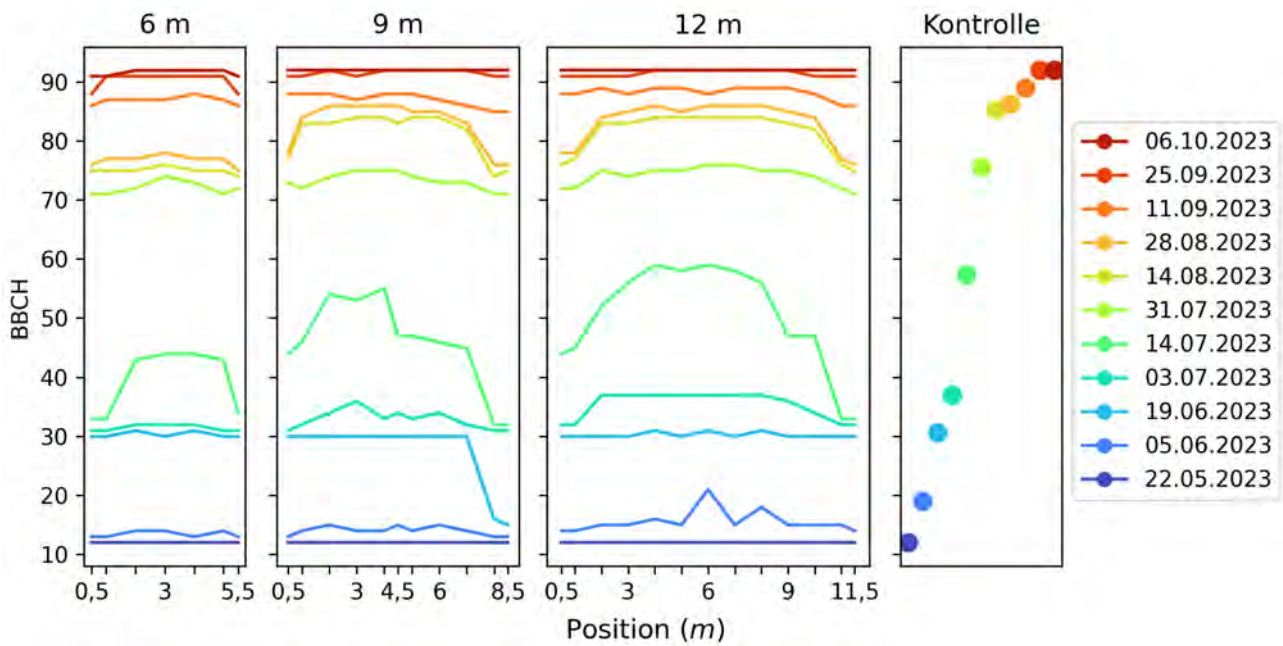


Abbildung 17: Morphologisches Entwicklungsstadien (BBCH) Sorghum in verschiedenen Bearbeitungsweiten 2023. Die x-Achse gibt die Position der Sensoren von West nach Ost an.

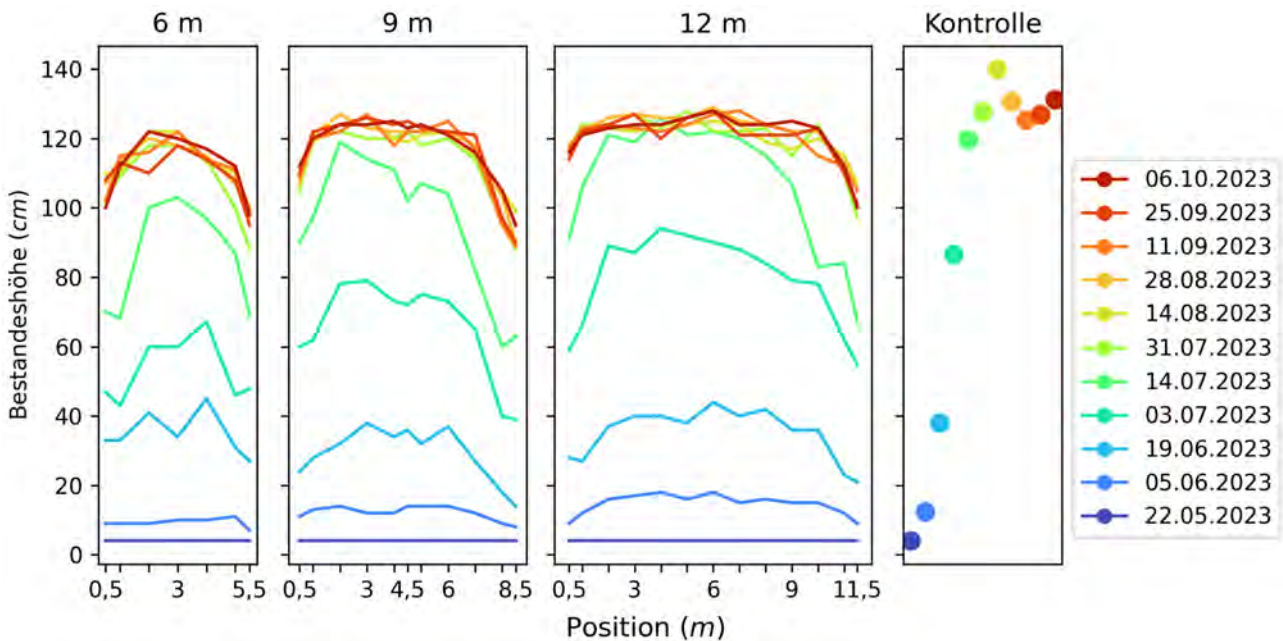


Abbildung 18: Bestandeshöhen (BH) Sorghum in verschiedenen Bearbeitungsweiten 2023. Die x-Achse gibt die Position der Sensoren von West nach Ost an.



(a) 6 m; BBCH 75      (b) 9 m; BBCH 81      (c) 12 m; BBCH 83      (d) Kontrolle; BBCH 86

Abbildung 19: Morphologisches Entwicklungsstadien (BBCH) am 14. August 2023.



Abbildung 20: Pflanzenbestand in 6 m Bearbeitungsbreite, 4. Juli 2023. BBCH Randbereich: 33, BBCH Mitte: 44. Bestandeshöhe Randbereich: 46 cm, Bestandeshöhe Mitte: 62 cm.

In den Randbereichen blieb der Blattflächenindex (LAI) unter  $2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (Abbildung 21). In der Mitte hingegen wurden mehrfach doppelt so hohe Werte erreicht. Auch hier korrelierten die Werte in der Mitte positiv mit der Bearbeitungsbreite.

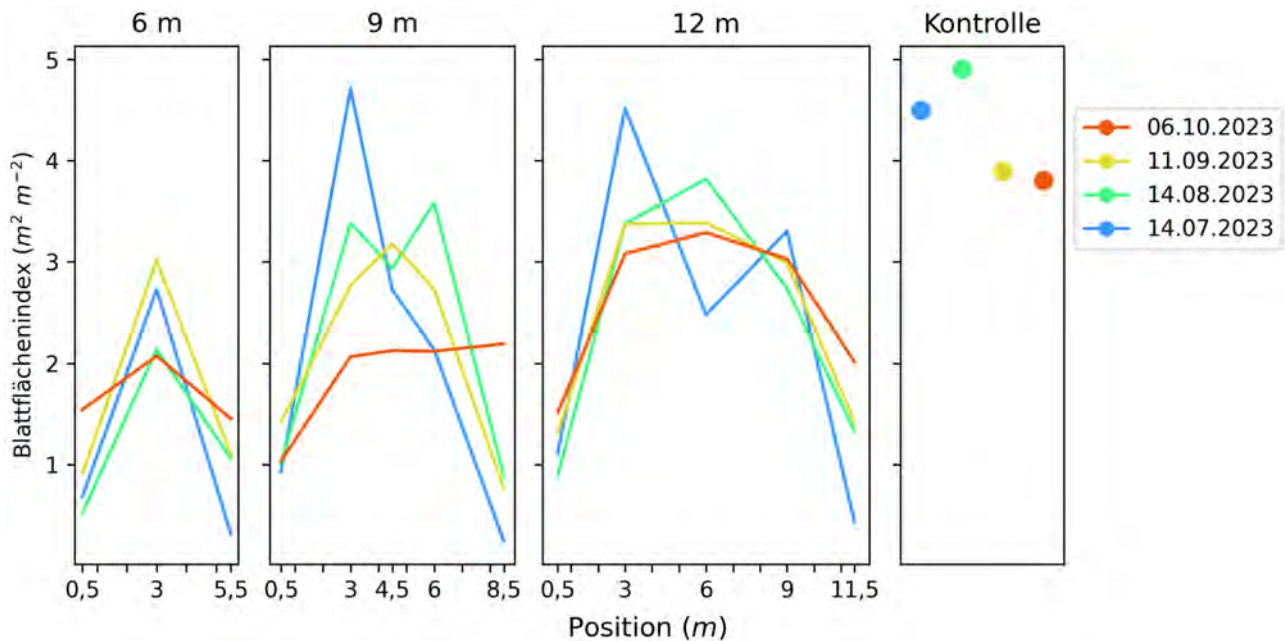


Abbildung 21: Blattflächenindex Sorghum in verschiedenen Bearbeitungsbreiten 2023. Die x-Achse gibt die Position der Sensoren von West nach Ost an.

Die oberirdische Trockenmasse (OTM) nahm bis zum 11. September 2023 zu und nahm bis zur Ernte ab (Abbildung 22). Dies ist auf die Seneszenz zurückzuführen. In der Kontrolle stieg die Wachstumsrate (CGR) bis zum 14. August (BBCH 8) an und sank dann bis zur Ernte. In allen Bearbeitungsbreiten stieg die CGR auch bis zum 14. August (BBCH 7, 8), blieb aber bis 11. September (BBCH 8) gleich und sank dann auch bis zur Ernte (Abbildung 23a). Die relative Wachstumsrate (RGR) sank von Anfang der Erhebung (19. Juni, BBCH 3) in allen Bearbeitungsbreiten und in der Kontrolle kontinuierlich (Abbildung 23b). Davidson und Campell (1984) haben bei Weizen gezeigt, dass die CGR bis zur Blüte (BBCH 6) ansteigt und dann zurückgeht. Weiters berichten sie, dass die RGR ab dem Aufkommen des Fahnenblattes (BBCH 3) abnimmt.

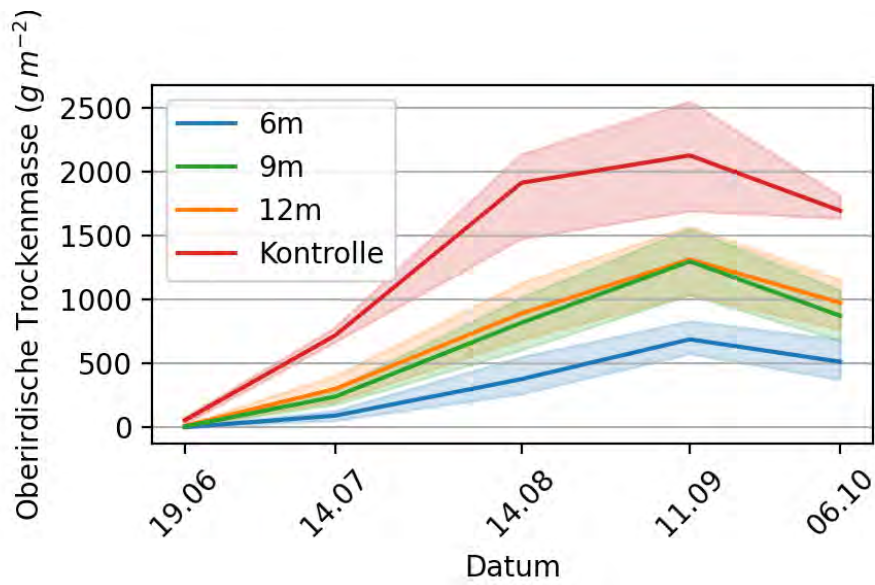
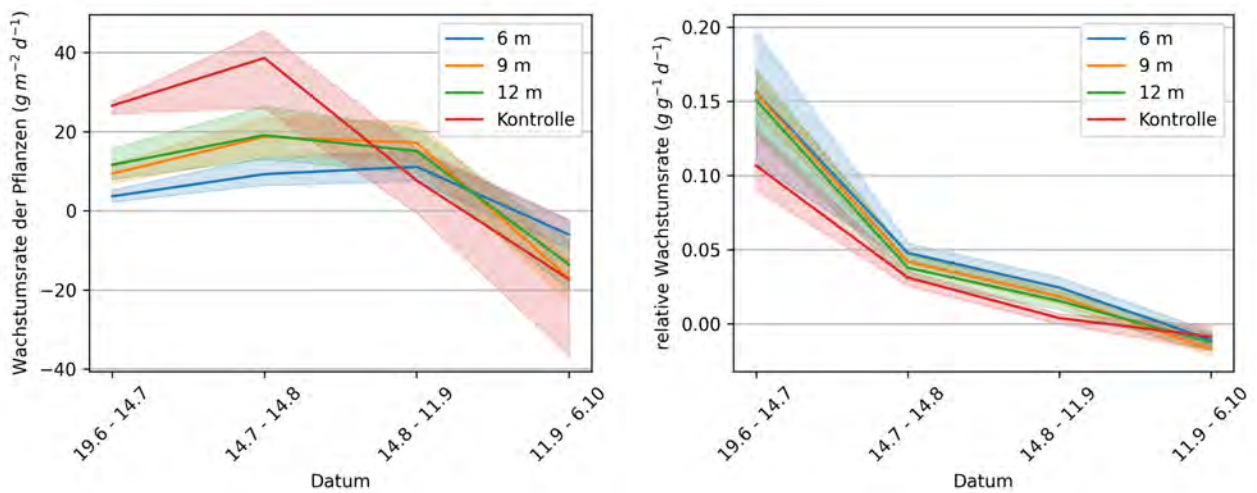


Abbildung 22: Oberirdische Trockenmasse.



(a) Wachstumsrate der Pflanze

(b) relative Wachstumsrate

Abbildung 23: Wachstumsrate und relative Wachstumsrate Sorghum 2023.



### 3.3.3 Ernte

In allen Bearbeitungsbreiten und der Kontrolle wurde eine geringe Ausbildung von Seitentrieben beobachtet, was zu einer nur gering höheren Rispendichte im Vergleich zur Pflanzendichte führte (Abbildung 24a, b).

Im Randbereich aller Bearbeitungsbreiten wurde eine geringere Anzahl von Körnern pro Rispe im Vergleich zum Mittelbereich beobachtet (Abbildung 24c). In den Mittelbereichen der Bearbeitungsbreiten 9 m und 12 m war die Anzahl der Körner pro Rispe ähnlich hoch wie in der Kontrolle.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Kontrolle den höchsten Ertrag aufwies, gefolgt von den Mittelbereichen der 9 m und 12 m Bearbeitungsbreiten, die ähnliche Erträge erzielten (Abbildung 24d). In der 6 m Bearbeitungsbreite war der Ertrag in der Mitte nur halb so hoch wie in der Kontrolle. Die Randbereiche aller Bearbeitungsbreiten wiesen einen geringeren Ertrag auf. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Bearbeitungsbreite einen bedeutenden Einfluss auf den Ertrag hat und dass die Randbereiche durch das verminderte Lichtangebot sowie der Beschattung der Solarmodule benachteiligt waren. Diese Annahme wird durch die starke positive Korrelation zwischen pflanzenverfügbarem Licht und Ertrag gestützt (Abbildung 25).

Laub et al. (2022) untersuchten in einer Metaanalyse, wie sich unterschiedliche Beschattungsgrade auf den Ertrag von Pflanzen in APV Anlagen auswirken. Sie untersuchten dabei unter anderem Mais, eine C4-Pflanze, die der Hirse ähnelt. Ihre Ergebnisse zeigen, dass eine Reduzierung der Sonneneinstrahlung um 20 % im Durchschnitt zu einer knappen 30 %igen Verringerung des Ertrags führt. Bei einer 40 %igen Reduzierung der Sonneneinstrahlung wurde ein über 50 %iger Ertragsverlust beobachtet, während eine Reduzierung um 60 % zu einem Ertragsrückgang von über 70 % führte.

Beim Tausendkorngewicht (TKG) und dem Ernteindex (HI) zeigte sich ein entgegengesetzter Trend, bei dem die Kontrolle niedrigere Werte aufwies als die Proben aus den verschiedenen Bearbeitungsbreiten (Abbildung 24e, f). Der hohe OTM-Anteil der Kontrolle spiegelt sich auch im LAI wieder.

Der Proteingehalt in der Kontrolle war im Durchschnitt niedriger als in den verschiedenen Bearbeitungsbreiten. In allen Bearbeitungsbreiten zeigte sich ein abnehmender Trend des Proteingehalts von West nach Ost (Abbildung 24g). Der höhere Proteingehalt deutet darauf hin, dass die Qualität der geernteten Sorghum-Körner nicht durch die Beschattung minimiert wurde.

Die Stickstoffausnutzungseffizienz (NUE) war in allen Bearbeitungsbreiten am Rand geringer als in der Mitte (Abbildung 24h). In den Bearbeitungsbreiten mit 9 m und 12 m Breite wies die Mitte sogar höhere Werte auf als die Kontrolle.

Die Verfügbarkeit von Licht spielte eine entscheidende Rolle bei der Förderung der oberirdischen Trockenmasse (OTM) und der Kornbildung, wie in Abbildung 25 deutlich wird. Eine zunehmende Lichtmenge stand in direktem Zusammenhang mit einer höheren OTM und

einer vermehrten Kornbildung. Des Weiteren verdeutlicht Abbildung 25, dass die Parameter PPF<sub>D</sub> (photosynthetisch aktive Strahlung), OTM, Körner pro Rispe und Kornertrag stark positiv miteinander korrelieren. Eine Erhöhung eines dieser Parameter führt zu einer Steigerung der anderen. Daher zeigen sich in der Kontrollgruppe höhere Werte für OTM, Körner pro Rispe und Ertrag im Vergleich zu allen Bearbeitungsbreiten.

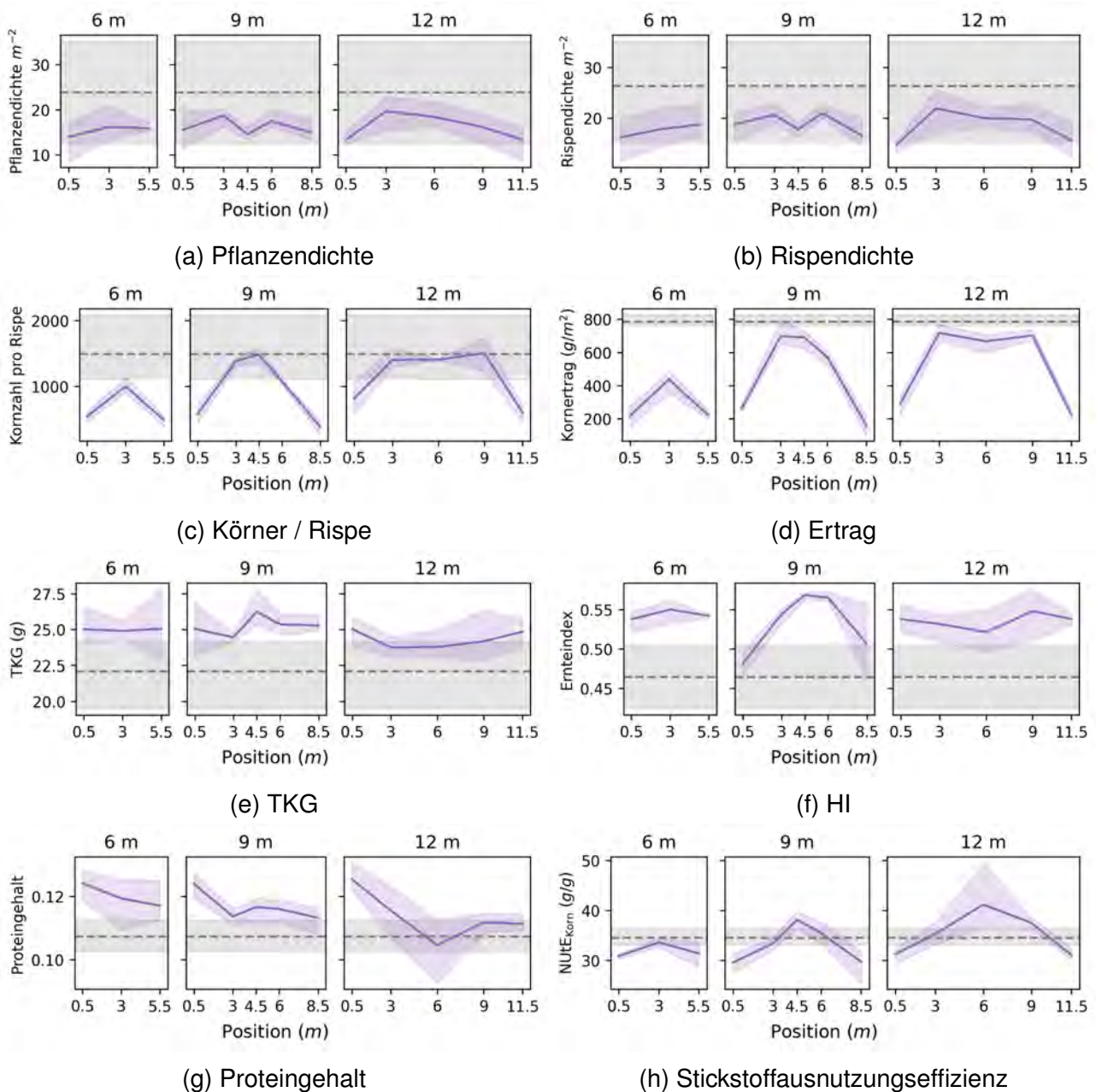


Abbildung 24: Ertragsparameter. Die graue Linie ist die Kontrolle. Die x-Achse gibt die Position der Sensoren von West nach Ost an.

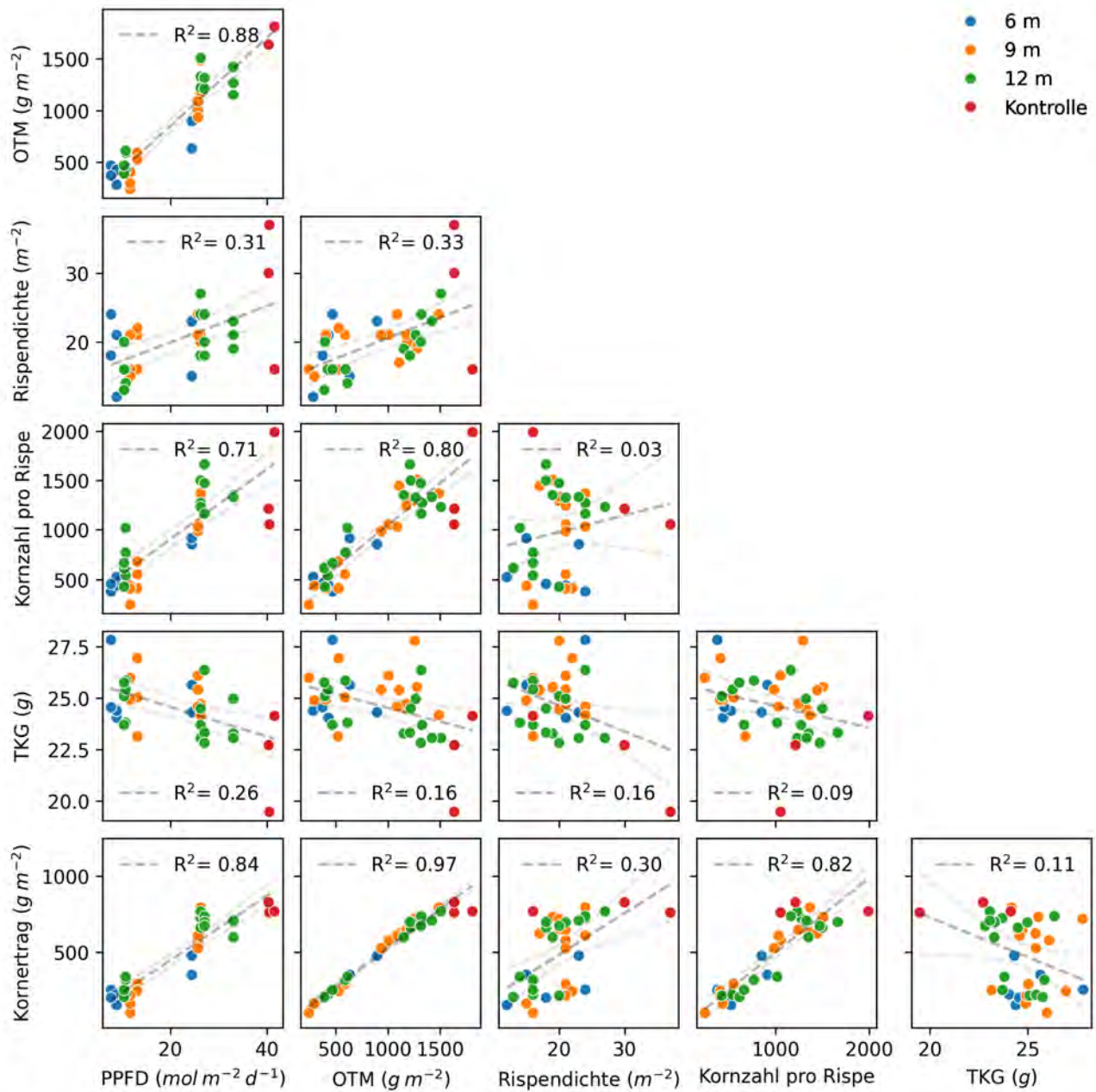


Abbildung 25: Korrelation von PPFD-Tagesmittel und Pflanzenparametern bei der Ernte.

Die gesamten Kornerträge der verschiedenen Teilbereiche anhand der Wägung des Ladeguts am Anhänger sind in Tabelle 4 angeführt. Dabei war der Ertrag in der Kontrollfläche im Vergleich zur 6 m und 9 m Bearbeitungsbreite deutlich höher, während die 12 m Bearbeitungsbreite nur einen etwas geringeren Ertrag aufwies. Der durchschnittliche Ertrag im Sonnenfeld betrug  $5.84 \text{ t ha}^{-1}$ . Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Erträgen aus der Bonitur. Bei den Bonitурpunkten wurde darauf geachtet möglichst ähnliche Bodenverhältnisse in räumlicher Nähe zu beproben. Homogenität konnte aber nicht für die ganze Fläche garantiert werden.

Im regionalen Vergleich fällt das Mittel aller Versuchsflächen am EWS Sonnenfeld um 2.7 % geringer als der durchschnittliche Ertrag in Niederösterreich und 23 % geringer als im Österreich-Schnitt aus (Tabelle 5).

Tabelle 4: Erträge Sorghum in verschiedene Bewirtschaftungsbreiten und Kontrollfläche am Sonnenfeld 2023 laut Fahrzeugwaage des Bewirtschafters.

| Bewirtschaftungsbreite | Fläche (m <sup>2</sup> ) | Ernte (kg) | Feuchtigkeit (%) | Ertrag (t ha <sup>-1</sup> ) | %   |
|------------------------|--------------------------|------------|------------------|------------------------------|-----|
| 6 m                    | 768                      | 440        | 15,1             | 5,73                         | 77  |
| 9 m                    | 6.084                    | 3.050      | 13,8             | 5,01                         | 68  |
| 12 m                   | 2.090                    | 1.420      | 14,0             | 6,79                         | 92  |
| Kontrolle              | 3.420                    | 2.530      | 13,8             | 7,4                          | 100 |

Tabelle 5: Erträge Sorghum 2023 in Österreich, Niederösterreich und Burgenland (Statistik Austria, 2024).

| Region           | Fläche (ha) | Ernte (t) | Ertrag (t ha <sup>-1</sup> ) | vgl. Sonnenfeld |
|------------------|-------------|-----------|------------------------------|-----------------|
| Österreich       | 5.219,66    | 37.472,67 | 7,18                         | + 23,0 %        |
| Niederösterreich | 1.729,42    | 10.376,52 | 6,0                          | + 2,7 %         |
| Burgenland       | 1.458,29    | 9.478,86  | 6,50                         | + 11,30 %       |

### 3.4 Arbeitsmehraufwand in der Verfahrenstechnik

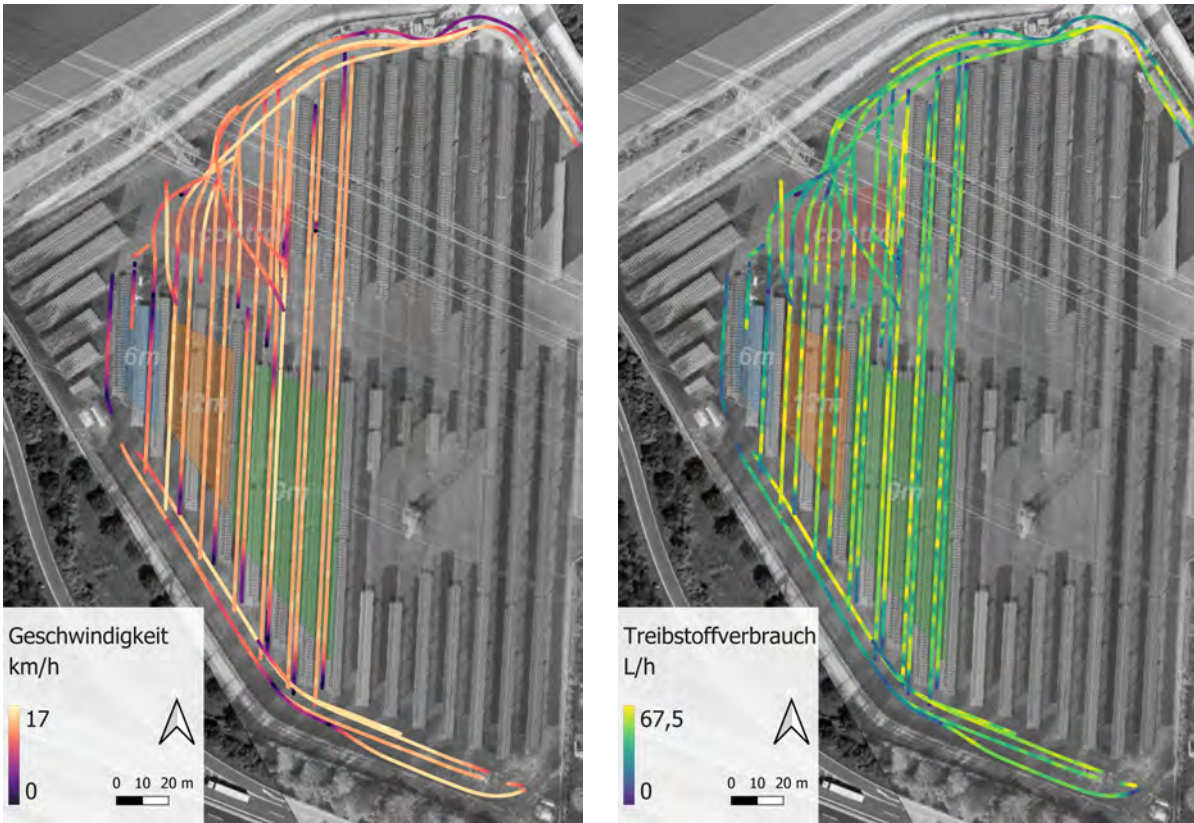
Eine zentrale Fragestellung im Vergleich zu herkömmlich bewirtschafteten Flächen bezieht sich auf den arbeitstechnischen Mehraufwand bei der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen zwischen den PV-Paneelen. Die wesentlichen Unterschiede werden am Beispiel der Saatbeetbereitung mit dem Feingrubber demonstriert.

| Arbeitsbreite (m) | Geschwindigkeit (km h <sup>-1</sup> ) | Flächenleistung (ha h <sup>-1</sup> ) | Verbrauch / Fläche (L ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 6                 | 10.2                                  | 6.7                                   | 5.4                                      |
| 9                 | 15.3                                  | 6.8                                   | 6.9                                      |
| 12                | 15.3                                  | 9.2                                   | 5.5                                      |

Tabelle 6: Leistungsdaten bei der Bodenbearbeitung mit dem Feingrubber

#### 3.4.1 Fahrtgeschwindigkeiten bei Bewirtschaftung

Bei der Bewirtschaftung der Versuchsfelder zwischen den Paneelen wird mit den Traktoren mit einer Seite oder sogar mit zwei Seiten knapp an die Paneele herangefahren. Bei Fahrten, die eine erhöhte Vorsicht benötigen, wurde mit gedrosselter Geschwindigkeit gefahren. Bei der Analyse der Fahrgeschwindigkeit zeigte sich, dass im 6 m Bearbeitungsbreite, wo eine Einschränkung auf beiden Seiten vorliegt, etwa 5 km/h langsamer gefahren wurde als auf freiem Feld. Im 9 m und im 12 m Bearbeitungsbreite, wo die Beschränkung nur auf einer Seite gegeben ist, wurde mit für Grubbern hoher Geschwindigkeit (Brockmann A. (2018)) ohne merkenswerter Drosselung gefahren (Tabelle 6, Abbildung 26).



(a) Darstellung der Geschwindigkeit beim Grubbern der bewirtschafteten Hirsefläche. Für die Gegenüberstellung der mittleren Geschwindigkeiten wurden die Punkte innerhalb der farblich hinterlegten Bereiche herangezogen.

(b) Darstellung des Treibstoffverbrauchs. Im Bereich 6 m liegt eine Aufzeichnungslücke vor.

Abbildung 26: Geschwindigkeit und Treibstoffverbrauch Grubbern.

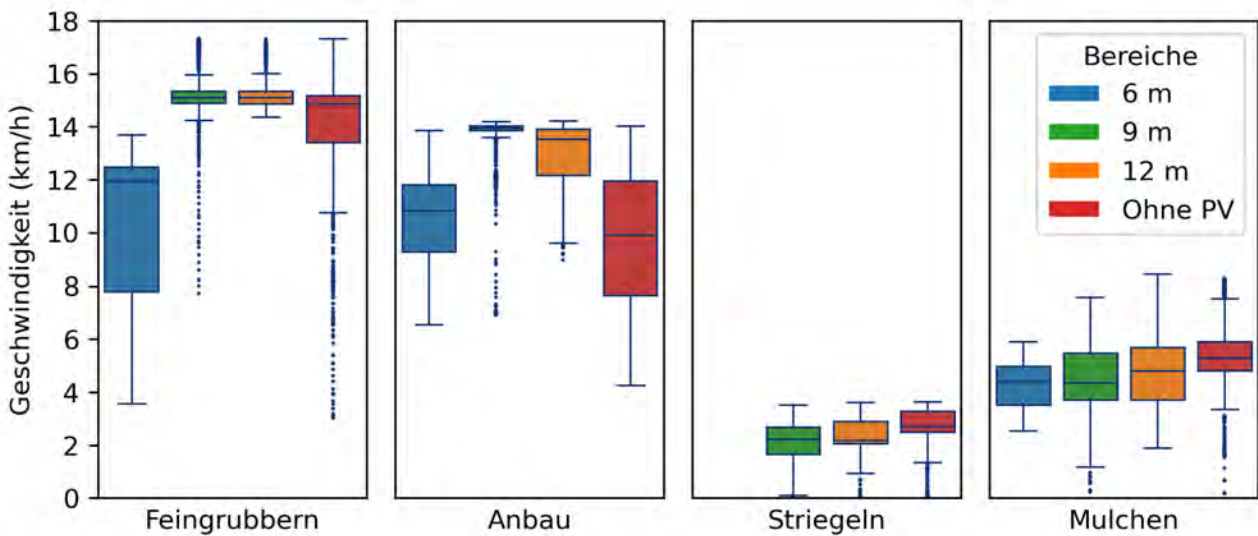


Abbildung 27: Vergleich der Geschwindigkeiten der aufgezeichneten maschinellen Arbeitsschritte. Der verwendete Striegel ließ eine Befahrung des 6 m Bearbeitungsbreite aufgrund der Maschinenbreite nicht zu.

### **3.4.2 Arbeitszeitbedarf**

Die volle Maschinenbreite des Feingrubbers von 6 m konnte nur im 6 m und 12 m Bearbeitungsbreite optimal eingesetzt werden. Im 9 m Bearbeitungsbreite reduzierte sich die effektive Arbeitsbreite auf 4.5 m. Die Flächenleistung bei der Bodenlockerung war bei 12 m mit durchschnittlich  $9.2 \text{ ha h}^{-1}$  am höchsten und reduzierte sich durch die niedrigere Fahrgeschwindigkeit bei 6 m und wegen der effektiven Arbeitsbreite bei 9 m um rund 30 %.

### **3.4.3 Treibstoffverbrauch**

Beim Treibstoffverbrauch pro Fläche zeigten sich im 6 m und 12 m Bearbeitungsbreite ähnliche Werte mit  $5.4$  und  $5.5 \text{ L ha}^{-1}$ . Der höhere Treibstoffverbrauch im 9 m Bearbeitungsbreite war wieder der suboptimalen Maschinenbreite geschuldet. Hier wurde durchschnittlich  $6.9 \text{ L ha}^{-1}$  benötigt.

## **3.5 Agrartechnische Herausforderungen**

### **3.5.1 Verwendung von automatischen Lenksystemen**

Die Bewirtschafter am Sonnenfeld verwendeten am Traktor automatische Lenksysteme, die sich via GPS-RTK an virtuellen Linien orientierten. Für exaktes Arbeiten wird eine hohe Lokalisationspräzision benötigt. Unter guten Bedingungen können mit GPS-RTK Abweichungen von unter 2 cm gewährleistet werden (Enge, 1994). Zu jeder Zeit konnte Kontakt zu mindestens 15 Satelliten aufgenommen werden. Dennoch wurde von einem Bewirtschafter berichtet, dass es zu einer Abweichung von der Ideallinie kam, die vom Traktorfahrer ausgeglichen werden konnte.

Für das Erstellen der GPS-Linien wurde ein manueller Ansatz gewählt. Die Fläche wurde initial beim Feingrubbern mit 6 m Arbeitsbreite händisch abgefahren und am Terminal aufgezeichnet. Bei späteren Arbeiten wurde die vorhandene Spur nachgefahren. Um für verschiedene Arbeitsbreiten zu kompensieren wurde die Spur während der Fahrt parallel versetzt.

### **3.5.2 Arbeitsbreite**

Im Raum Bruck an der Leitha gibt es vorwiegend große Schläge mit ebenen und offenen Flächen und gut bearbeitbaren Böden (eBOD2, 2024). Es werden daher häufig große landwirtschaftliche Geräte mit 6 m Netto-Arbeitsbreite eingesetzt (Besold et al., 06/2023). Die tatsächliche Größe der Geräte kann jedoch größer ausfallen. Das Schneidwerk des Mähdreschers bei der Hirseernte hatte eine Gesamtbreite von 6.7 m. Insbesondere zusätzlichen Konstruktionen unter den Paneelen, wie Stromkästen, musste ausgewichen werden.

Keiner der Bewirtschafter besaß ein Striegel-Modell, das 6 m breit war. Hier musste ein Gerät ausgeborgt werden. Auch die Ausbringung des Pflanzenschutzes erforderte ein Spezialgerät, bei dem sich die Ausleger auf das kleine Maß von 6 m zusammenklappen ließen. Im Verlauf der Bewirtschaftung wurde kein Dünger ausgebracht. Bei der Verwendung eines Schleuderstreuers stellt die Breite eines Düngerstreuers kein Problem dar, jedoch lässt die Arbeitsweise keine dosierte Ausbringung zwischen den Paneelen zu. Schleppehuhverteiler für Flüssigdünger mit geringen Arbeitsbreiten sind wiederum Spezialkonstruktionen.

### **3.5.3 Integration von Bewässerungstechnik und Hagelschutz in das bestehende System**

Im Ackerbau wird in der Region Bruck an der Leitha in der Regel nicht bewässert, da aufgrund der Tiefgründigkeit des Bodens und des Wasserhaltevermögens des vorzufindenden lehmigen Schluffs ausreichend Bodenwasser verfügbar ist (eBOD2, 2024). Die Gefährdung durch Hagel in der Region ist gering, daher wurden keine Hagelschutzmaßnahmen getroffen (HORA, 2024).



Eine Installation von Hagelschutznetzen ist beim derzeitigen System nicht möglich. Eine statische Anpassung scheint aber bei zukünftigen Projekten möglich zu sein, falls Hagelschutznetze installiert werden sollen. Allerdings wird durch eine Installation von Hagelschutznetzen auch die Bewirtschaftbarkeit der Flächen massiv eingeschränkt, sodass es aus heutiger Sicht nicht zielführend ist, das vorliegende System auf Hagelschutznetzen zu adaptieren.

#### **3.5.4 Controlled traffic farming**

Bei den aufgezeichneten Arbeiten (Grubbern, Anbau, Striegeln) wurde laut Fahrer mit denselben GPS-Spuren gefahren. Ein paralleler Verlauf der aufgezeichneten GPS-Linien von der Maßnahme Feingrubbern hin zum Arbeitsschritt Anbau zwischen den Paneelen kann erkannt werden. Aus den aufgezeichneten Fahrspuren kann jedoch entnommen werden, dass die Kontrolle unterschiedlich befahren wurde. Aus Abbildung 28 zeichnen sich Zonen mit höherer Anzahl an Überfahrten ab, was im herkömmlichen Wendebereich des Vorgewendes nicht ungewöhnlich ist. Ob sich häufig überfahrene Bereiche bilden, wo die Bodenverdichtung zu Wuchshemmung führt, sollte in den Folgejahren beobachtet werden.

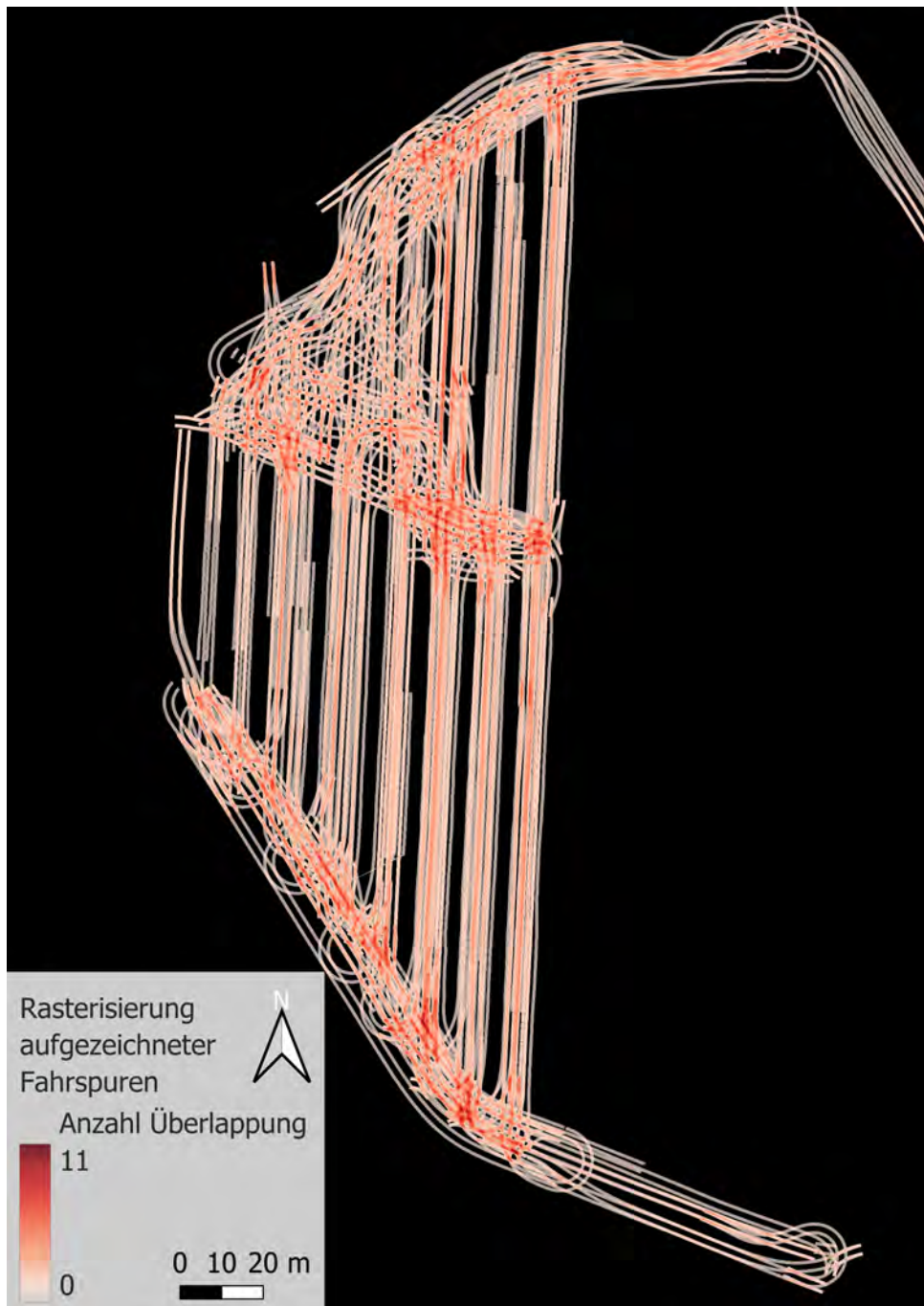


Abbildung 28: Stand 10.10.2023: Fahrspuren der Arbeitsschritte: Feingrubber 28.04.23, Anbau 28.04.23, Striegel 05.05.23, Mulchen 10.10.23; dargestellt das Hinterradpaar (Reifenbreite: 80 cm, Spurbreite 2.10 m, Pixelgröße 0.1 x 0.1 m).

### 3.6 Synergieeffekte

In allen Bearbeitungsbreiten konnte ein Mehrwert erzielt werden, da die Gesamtproduktion höher war als bei einer alleinigen landwirtschaftlichen oder energetischen Nutzung. Somit ergab sich in allen Bearbeitungsbreiten eine positive Gesamtflächenäquivalenz ( $Q_{Total}$ ), die den zusätzlichen Nutzen der APV-Anlage im Vergleich zu einer monofunktionalen Nutzung des Landes widerspiegelte. Die landwirtschaftliche Flächenäquivalenz ( $Q_L$ ) nahm mit zunehmender Breite zu, während die stromwirtschaftliche Flächenäquivalenz ( $Q_S$ ) mit zunehmender Bearbeitungsbreite abnahm.

|  | 6 m   | 9 m   | 12 m  |
|--|-------|-------|-------|
| landwirtschaftlich nutzbarer Flächenanteil ( $A_L$ ) (%) | 75,2  | 83,2  | 84,5  |
| landwirtschaftlicher Ertragsfaktor( $B_L$ ) (%)          | 37,4  | 63,7  | 75,1  |
| landwirtschaftliche Flächenäquivalenz ( $Q_L$ ) (%)      | 28,1  | 53,0  | 63,5  |
| stromwirtschaftliche Flächenäquivalenz ( $Q_S$ ) (%)     | 100   | 72,7  | 54,1  |
| Gesamtflächenäquivalenz ( $Q_{Total}$ ) (%)              | 128,1 | 125,7 | 120,7 |

Tabelle 7: Gesamtflächenäquivalenz ( $Q_{Total}$ ) in verschiedenen Bearbeitungsbreiten im Sonnenfeld 2023.

### 3.7 Leitfaden zur Errichtung von APV Anlagen

Im Jahr 2023 veröffentlichte das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) den Leitfaden zur Agri-Photovoltaik (Bergamo et al., 2023). Unser Leitfaden zur Bauphase einer APV-Anlage ergänzt den Leitfaden Agri-Photovoltaik des BMK und könnte bei der Überarbeitung desselben durch das BMK berücksichtigt werden.

Die Vermeidung von Bodenverdichtung ist ein entscheidender Faktor während der Bauphase. Zahlreiche Studien, wie die von Soane und van Ouwerkerk (1995) und Håkansson und Reeder (1994), zeigen die erheblichen Folgen einer solchen Verdichtung auf. Diese reichen von einer Verminderung der landwirtschaftlichen Erträge bis hin zu langfristigen Schäden durch Verdichtungen im Unterboden.

Der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit ist für die spätere Nutzung der Fläche als Ackerland unerlässlich. Daher müssen bereits in der Bauphase geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtung ergriffen werden. Um die Bodenverdichtung im Acker so gering wie möglich zu halten werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- **Transportweg:** Um die Bodenverdichtung auf der Fläche zu minimieren, sollten Wege etabliert werden, auf denen die Baumaschinen fahren dürfen. Dadurch kann die Verdichtung in der Fläche gering gehalten werden und an diesen Wegen kann bei Bedarf eine spezielle Bodenlockerung durchgeführt werden.
- **Nutzung von Liefer- und Verteilerpunkte:** Um den Boden zu schonen und den Transport sowie die Verteilung von Materialien und Produkten zu optimieren, wird empfohlen, Liefer- und Verteilungspunkte einzurichten. Durch die Nutzung dieser zentralen Punkte können unnötige Fahrten über die Fläche vermieden werden, was wiederum die Bodenverdichtung reduziert und den Boden schont.
- **Grünbrache:** Um die Bodenstruktur bereits vor der Bauphase zu stabilisieren und zu verbessern, wird empfohlen, die Fläche mit tiefwurzelnden Pflanzen, wie beispielsweise Luzerne, zwei Jahre vor der Bauphase anzupflanzen. Auf den zugewiesenen Wegen sollte die Anpflanzung sogar drei Jahre im Voraus erfolgen. Durch die tiefreichenden Wurzeln dieser Pflanzen kann der Boden verbessert und gestärkt werden, was zu einer höheren Stabilität und Tragfähigkeit führt.
- **Baumaschinen:** Baufahrzeuge mit bodenschonender Bereifung sollten eingesetzt werden. Hierbei kann eine Regulierung des Reifendrucks hilfreich sein, um den Bodendruck zu reduzieren. Auch der Einsatz von Raupenfahrzeugen kann sinnvoll sein, da diese eine größere Auflagefläche haben und somit den Bodendruck verringern. Für die Verteilung von Materialien auf dem Acker sollten landwirtschaftliche Fahrzeuge verwendet werden, um den Boden zu schonen. Es ist außerdem wichtig, den Acker nicht bei feuchten Bedingungen zu befahren, da dies zu einer Verdichtung des Bodens führen kann.

- **Aushub des Bodens:** Beim Aushub des Bodens sollten die verschiedenen Bodenhorizonte getrennt abgelegt werden, um eine Vermischung des Bodens zu vermeiden. Beim Wiedereinbringen des Aushubs ist es wichtig, diesen gut zu rückverdichten. Eine schlechte Rückverdichtung kann zu einer Verschlechterung der Bodenstruktur führen, was die landwirtschaftliche Bewirtschaftung erschweren kann.
- **Tiefenlockerung nach der Bauphase:** Nach Abschluss der Bauphase ist es empfehlenswert, eine Tiefenlockerung auf der gesamten Fläche durchzuführen, um etwaige Verdichtungen zu lockern und eine optimale landwirtschaftliche Bewirtschaftung zu ermöglichen. Hierfür eignen sich insbesondere tiefwurzelnde Pflanzen, wie beispielsweise Luzerne, da diese in der Lage sind, den Boden in tiefere Schichten zu lockern und somit die Bodenstruktur zu verbessern.

### **3.8 Stellungnahme steuerrechtlich und förderrechtliche Rahmenbedingungen**

Mit dem Erneuerbaren Ausbau Gesetz (EAG) wurde in Österreich die Rechtslage für APV-Anlagen geändert. Im Zuge des neuen Gesetzes wurde auch ein neues Fördersystem für PV-Anlagen und Stromspeicher verabschiedet. Für eingespeisten Strom kann eine Marktprämie in Anspruch genommen werden, die die Erzeugungskosten im Vergleich zum schwankenden Marktpreis ausgleicht. Die zweite Möglichkeit ist der Investitionszuschuss, der als einmaliger Zuschuss beim Neubau oder der Erweiterung von PV-Anlagen ausgezahlt wird. Für Freiflächenanlagen gibt es einen Abzug für beide Fördermöglichkeiten. Dieser beträgt voraussichtlich 25 %, wenn die Fläche zuvor landwirtschaftlich genutzt wurde oder es sich um eine Grünlandfläche handelt. Neu ist jedoch, dass es bei der Marktprämie und bei der Investitionszulage keinen Abzug für Agrarkraftwerke gibt. Dies ist jedoch nur zulässig, wenn die Doppelnutzung die landwirtschaftliche Hauptnutzung nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt und mindestens 75% der Fläche für die landwirtschaftliche Produktion genutzt werden. Darüber hinaus kann APV unter bestimmten Voraussetzungen auch als innovative PV-Anlage gelten, was einen 30-prozentigen Aufschlag auf die Investitionsfördersätze ermöglichen würde.

Die von der EWS Consulting GmbH errichtete APV-Anlage wurde im November 2022 eröffnet. Im Gegensatz zur klassischen PV-Freiflächenanlage liegt der Flächenverlust durch bauliche Einrichtungen bei vorliegendem System bei max. 2 %. Mindestens 80 % der Fläche werden weiterhin landwirtschaftlich bewirtschaftet. Die restlichen 18 % dienen als Blühstreifen zur Steigerung der Biodiversität (= sogenannte Doppelnutzung mit Schwerpunkt Landwirtschaft gem. den Vorgaben des EAG 2021). Bezugnehmend auf die im Vertrag festgehaltenen Punkt 3.2. "Monitoring und Berichtspflichten: Bei der landwirtschaftlichen Nutzungsplanung und der zugehörigen Dokumentation müssen neben pflanzenphysiologischen und landtechnischen Aspekten insbesondere auch die komplexen steuer- und förderrechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang sind u.a. der Verfügungserlass des BMF (BMF-AV Nr. 65/2021 | Seite 186 – 188 | Z. 5189 – 5193) für die Abgrenzung "echter landwirtschaftlicher Mehrfachnutzungen" von "Alibi-Doppelnutzungen", die Kriterien für Flächenabgrenzungen des Flächen-Mehrfachantrags bei der AMA und die Voraussetzungen für die Anerkennung als Agri-PV-Mehrfachnutzungsfläche gemäß EAG zu berücksichtigen". Zusammenfassend wird festgehalten, dass bei der Bewirtschaftung die entsprechenden Vorgaben berücksichtigt wurden. Das BMF hat mit dem Verfügungserlass 2021 zu den Einkommensteuerrichtlinien 2000 in Abschnitt 15.9 seine Rechtsmeinung betreffend Grundstücksüberlassung an Dritte kundgetan. Dieser liefert für die Konstellationen, die von der EWS Consulting GmbH errichtete APV betreffen, noch keine ausreichende Rechtssicherheit. Daher wurde Bezugnehmend auf Punkt 3.2. "Besondere Herausforderungen für die Erfüllung der Vorgaben zur Anerkennung als "echte" Agri-PV-Anlage in den relevanten Rechtsmaterien müssen erfasst sowie allfällige Verbesserungsvorschläge für Definitionen

und Abgrenzungskriterien aus dem Blickwinkel der Praxistauglichkeit im Monitoringbericht dargestellt werden” wurden entsprechende Verbesserungsvorschläge übermittelt (Anhang Abbildung 29, 30 und 31).

## 4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen ein vielversprechendes Potenzial für APV in Österreich auf. Die Bewirtschaftung der Fläche zwischen den Paneelreihen ermöglicht eine nachhaltige Nutzung der agrarischen Fläche. Der Anbau der Hirse zeigt in Abhängigkeit des Reihenabstandes gute bis sehr gute Erträge, wenngleich die Erträge unterhalb des maximalen Ertrags im Vergleich zur Referenzfläche liegen. Im Vergleich zu den in der Region geernteten Hektarerträgen liegen aber auch die Erträge zwischen den Reihen auf einem vergleichbaren Niveau. Differenzierter betrachtet erscheint es im Versuchsjahr so, dass bei Fokus auf die Produktion von Körnern geringe Ertragsverluste zu erwarten sind. Bei Fokussierung auf maximale Biomassehektarerträge zeigen die Ergebnisse im Falle von Hirse deutlich geringere Erträge. Dies lässt den Schluss zu, dass bei APV-Anlagen die Produktionsrichtung aber auch die Sortenauswahl besonders berücksichtigt werden müssen. Die mikroklimatischen Bedingungen in der APV-Anlage sind im Untersuchungsjahr günstig für die Kultur ausgefallen, wenngleich aufgrund der ausreichenden Niederschläge und vergleichsweise moderaten Anzahl an Hitzetagen kein direkter Rückschluss auf die landwirtschaftliche Produktion gezogen werden kann.

Aufgrund der Ergebnisse sehen wir insbesondere bei folgenden Punkten noch weiterführenden Forschungsbedarf:

- Die Ansteuerung der Paneele während des Regens funktionierte noch nicht zufriedenstellend und führte teils zu Verschlämmung des Oberbodens, andererseits aber auch zu trockenen Bereichen unter den Paneelen. In der aktuellen Implementierung werden die Paneele anhand der Wind- und Niederschlagsdaten der Wetterstation vor Ort gesteuert. Im Rahmen weiterer Forschung könnten auch andere Datenquellen, wie zum Beispiel Wetterprognosen, herangezogen werden.
- Optimierung der Sonneneinstrahlung zwischen den Paneelreihen: Die Verteilung der Feuchtigkeit ist nicht der einzige Faktor, der für eine Optimierung in Betracht gezogen werden kann. So könnten beispielsweise bei einem Überschuss an Strom im Frühjahr intelligente Algorithmen eingesetzt werden, um die Solarpaneele derart auszurichten, dass eine Erwärmung des Bodens und verbesserte Bedingungen für die Keimung gefördert werden.
- Es wurde festgestellt, dass ein geringerer Achsenabstand mit einem entsprechend niedrigeren Ertrag und einer reduzierten oberirdischen Biomasse einhergeht. Dies ist auf die verringerte Lichtverfügbarkeit zurückzuführen. Insbesondere bei 6 m Bearbeitungsbreite scheint APV für C4-Pflanzen weniger geeignet zu sein, weshalb weitere Forschung erforderlich ist, um geeignete Pflanzen für diese Konfiguration zu identifizieren. Dennoch ergab die Analyse, dass alle Bearbeitungsbreiten eine Produktionssteigerung im Vergleich zu einer reinen Nutzung als Ackerland oder PV-Anlage aufweisen, wie aus der Gesamtflächenäquivalenz hervorgeht. Aus agrarischer Sicht könnte



die Gewährleistung einer regionalen Lebensmittelversorgung durch die Auswahl eines größeren Achsenabstands (mindestens 12 m) zwischen den Modulen unterstützt werden.

- Bei der Analyse der Fahrdaten der Bearbeitungsschritte zeigte sich, dass die Fahrgeschwindigkeit signifikant sank, wenn auf beiden Seiten der Maschine unmittelbar eine räumliche Beengung herrschte. Bei einer Verbauung auf nur Seite ist die Verringerung vernachlässigbar. Zur wirtschaftlichen Bearbeitung ist eine Abstimmung der Gerätebreiten mit den Bearbeitungsbreite zwischen den PV-Modulen unabdinglich. Die Bearbeitungsbreiten sollten so gewählt werden, dass alle Bearbeitungsschritte mit voller effektiver Arbeitsbreite durchgeführt werden können.

Die Bedeutung der APV wird besonders im Zusammenhang mit den Herausforderungen des Klimawandels deutlich. Während bisherige Studien meist auf kurzfristige Beobachtungen beschränkt sind, unterstreicht dies die Notwendigkeit, langfristige Forschungsansätze zu verfolgen. Ein Untersuchungszeitraum von lediglich einem Jahr reicht nicht aus, um fundierte Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu entwickeln. Vielmehr ist eine kontinuierliche und mehrjährige Forschung erforderlich, um die Effekte der APV vollständig zu erfassen und zu verstehen.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die APV einen vielversprechenden Ansatz darstellt, um den Wettbewerb um die knappe Ressource Land zu entschärfen. Durch die Möglichkeit der Doppelnutzung, landwirtschaftliche Produktion kombiniert mit der Erzeugung von Solarenergie, bietet die APV eine innovative Lösung, um den Konflikt zwischen Energiegewinnung und Nahrungsmittelproduktion zu minimieren.

## 5 Acknowledgement

Die Sensorik am EWS Sonnenfeld wurde mit Unterstützung von Jürgen Mühlböck aufgebaut.

Wir danken Reinhard Neugschwandtner für die Diskussion pflanzenbaulicher Thematiken. Die Evaluierung des Regenmodus wurde von Elias Rusch, Jürgen Kitzwögerer und Maximilian Dobesberger mit Unterstützung von Jürgen Mühlböck durchgeführt.

Erntegutanalysen wurden von Georg Hehenberger, Martin Schirnböck und Rafael Weinrichter mit Hilfe von Craig Jackson durchgeführt.

Wir möchten uns herzlich bei EWS Consulting GmbH, dem Energiepark Bruck an der Leitha GmbH und den Bewirtschaftern von der Harrach'schen Gutsverwaltung für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Bei der Erstellung dieses Endberichts haben wir ChatGPT genutzt, um stilistische Verbesserungen vorzunehmen. Zusätzlich wurde der Bericht von Ornella Kajdy lektoriert.

## 6 Literaturverzeichnis

- AGES (2023). Österreichische Beschreibende Sortenliste 2023 Landwirtschaftliche Pflanzenarten.  
**URL:** [https://bsl.baes.gv.at/fileadmin/BSL/pdf-Version/BSL2023\\_end.pdf](https://bsl.baes.gv.at/fileadmin/BSL/pdf-Version/BSL2023_end.pdf), Abgerufen am: 27.03.2023.
- Bergamo, A., Jaros, B. und Strimitzer, L. (2023). Leitfaden Agri-Photovoltaik.  
**URL:** <https://www.klimaaktiv.at/service/publikationen/erneuerbare-energie/agri-pv.html>, Abgerufen am: 27.03.2024.
- Berger, L. und Huber, E. (2021). *Pflanzenbau: 2 : Ackerbau, Grünland*, Vol. 2 Ackerbau, Grünland, 8. auflage. Aufl., Leopold Stocker Verlag, Graz.
- Besold, A., Juen, R. und Rabl, T. (06/2023). Bewirtschaftung einer Agri-Photovoltaikanlage aus landwirtschaftlich verfahrenstechnischer Sicht. Bachelorarbeit - Universität f. Bodenkultur Wien.
- Brockmann A. (2018). Als Spezialisten für die flache Bodenbearbeitung beschreibt HORSCH seine Cruiser XL Baureihe. Ob die Maschinen auch unter schwierigen Bedingungen überzeugen, konnten wir an der 12 m-Version testen.  
**URL:** <https://terra.horsch.com/maschinentest/zwoelf-auf-einen-streich>, Abgerufen am: 26.03.2024.
- Davidson, H. R. und Campell, C. A. (1984). Growth rates, harvest index and moisture use of manitou spring wheat as influenced by nitrogen, temperature and moisture, *Canadian Journal of Plant Science* **64**(4): 825–839.
- Desta, K. T., Choi, Y.-M., Shin, M.-J., Yoon, H., Wang, X., Lee, Y., Yi, J., Jeon, Y.-a. und Lee, S. (2023). Comprehensive evaluation of nutritional components, bioactive metabolites, and antioxidant activities in diverse sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces, *Food Research International* **173**: 113390.
- eBOD2 (2024). eBOD2.  
**URL:** <https://bodenkarte.at/#/center/13.3458,47.7132>, Abgerufen am: 29.02.2024.
- Enge, P. K. (1994). The global positioning system: Signals, measurements, and performance, *International Journal of Wireless Information Networks* **1**: 83–105.
- EWS Consulting GmbH (2024). EWS Sonnenfeld - Bruck/Leitha (NÖ), Agri-PV Referenzanlage.

**URL:** <https://www.ews-sonnenfeld.com/referenzprojekte/detail/ews-sonnenfeld-bruck-ander-leitha>, Abgerufen am: 20.03.2024.

Fechner, H. (2020). Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können.

**URL:** [https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user\\_upload/Oesterreichs\\_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/PV-Studie\\_2020.pdf](https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/PV-Studie_2020.pdf), Abgerufen am: 28.03.2024.

GeoSphere Austria Data Hub (2023). GeoSphere Austria Data Hub.

**URL:** <https://data.hub.geosphere.at/dataset/klima-v1-1m>, Abgerufen am: 25.02.2024.

HORA (2024). HORA - Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria.

**URL:** <https://hora.gv.at>, Abgerufen am: 27.03.2024.

Hunt, R., Causton, D. R., Shipley, B. und Askew, A. P. (2002). A Modern Tool for Classical Plant Growth Analysis, *Annals of Botany* **90**(4): 485–488.

Håkansson, I. und Reeder, R. C. (1994). Subsoil compaction by vehicles with high axle load—extent, persistence and crop response, *Soil and Tillage Research* **29**(2): 277–304.

Laub, M., Pataczek, L., Feuerbacher, A., Zikeli und Petra, S. H. (2022). Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems: A meta-analysis, *Agronomy for Sustainable Development* **42**(3): 51.

Lee, S., Choi, Y.-M., Shin, M.-J., Yoon, H., Wang, X., Lee, Y., Yi, J., Jeon, Y.-a. und Desta, K. T. (2023). Exploring the potentials of sorghum genotypes: A comprehensive study on nutritional qualities, functional metabolites, and antioxidant capacities, *Frontiers in Nutrition* **10**.

Mikovits, C., Schauppenlehner, T., Scherhauer, P., Schmidt, J., Schmalzl, L., Dworzak, V., Hampl, N. und Sposato, R. G. (2021). A Spatially Highly Resolved Ground Mounted and Rooftop Potential Analysis for Photovoltaics in Austria, *ISPRS International Journal of Geo-Information* **10**(6): 418.

pandas development team, T. (2020). pandas-dev/pandas: Pandas.

**URL:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134>

RWA Raiffeisen Ware Austria AG (2024). Die Saat - Sortenpass Sorghum Amoric.

**URL:** <https://www.diesaat.at/wp-content/uploads/2021/02/sortenpass-sorghum-armorik.pdf>, Abgerufen am: 26.03.2024.

Schutte, B., Herrmann, L., Schreiber, M. und Kutzbach, H. D. (2004). Die Kartierung des Kraftstoffverbrauchs. Zusätzliche Informationsgrundlage für den präzisen Ackerbau.,

*Landtechnik* .

**URL:** <https://doi.org/10.1515/lt.2004.1315>

Seabold, S. und Perktold, J. (2010). statsmodels: Econometric and statistical modeling with python, *9th Python in Science Conference*.

Soane, B. D. und van Ouwerkerk, C. (1995). Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment, *Soil and Tillage Research* **35**(1): 5–22.

**URL:** <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167198795004758>

Statistik Austria (2024). STATcube Datenabruf: Statistiken / Land- und Forstwirtschaft / Agrarstruktur, Flächen, Erträge/; Auswahl von Kulturart(Spalte): Sorghum, Erntejahr(Zeile): 2023, Regionale Gliederung: Bundesländer.

**URL:** <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/tableView/tableView.xhtml>, Abgerufen am: 2024-01-10.

Trommsdorff, M., Gruber, S., Keinath, T., Hopf, M., Hermann, C., Schönberger, F., Högy, P., Zikeli, S., Ehmann, A., Weselek, A., Bodmer, U., Rösch, C., Ketzer, D., Weinberger, N., Schidele, S. und Vollprecht, J. (2022). Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende, *Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE* .

Van Rossum, G. und Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual*, CreateSpace, Scotts Valley, CA.

Waskom, M. L. (2021). seaborn: statistical data visualization, *Journal of Open Source Software* **6**(60): 3021.

**URL:** <https://doi.org/10.21105/joss.03021>

Winkler, R., Botterbrodt, S., Rabe, E. und Lindhauer, M. G. (2000). Stickstoff-/Proteinbestimmung mit der Dumas-Methode in Getreide und Getreideprodukten, *Getreide, Mehl und Brot: technologische Zeitschrift für Getreide, Mehl und Backwaren* **54**(2): 86–91.

## 7 Anhang

Bundesministerium für Finanzen  
z. Hd. Herrn Bundesminister Dr. Magnus Brunner, LL.M.  
Johannesgasse 5  
1010 Wien

Munderfing, am 19.01.2023

**□ Anfrage zur Handhabung von Agri-PV bei Grundstücksüberlassung an Dritte. Betrifft: EStR 2000 Wartungserlass 2021, Abschnitt 15.9**

Sehr geehrter Herr Bundesminister!

EWS Consulting GmbH ist mit mehr als 28 Jahren Branchenerfahrung im Bereich erneuerbare Energieerzeugung federführend bei der Konzeption und Errichtung von sogenannten Agri-Photovoltaikanlagen. Unser Konzept wird als [EWS Sonnenfeld®](#) geplant und errichtet. Ein Meilenstein war am 10.11.2022 die Eröffnung unseres **1. Sonnenfelds in Bruck an der Leitha**, welches durch **Ministerin Leonore Gewessler und Minister Norbert Totschnig** mit der Betonung auf den **Vorzeigecharakter für ganz Österreich** feierlich eröffnet wurde.

Im Gegensatz zur klassischen PV-Freiflächenanlage liegt der Flächenverlust bei unserem System bei max. 2 %, was viele Landwirt:innen und Grundeigentümer:innen wünschen. Mindestens 80% der Fläche werden weiterhin landwirtschaftlich als Acker- oder Grünland bewirtschaftet. Die restlichen 18% dienen als Blühstreifen zur Steigerung der Biodiversität (= sogenannte Doppelnutzung mit Schwerpunkt Landwirtschaft gem. den Vorgaben des EAG 2021)

Unser Systemkonzept ermöglicht unterschiedliche Konstellationen (Höhe, Abstände, Modi). **Das BMF hat mit dem Wartungserlass 2021 zu den Einkommensteuerrichtlinien 2000 in Abschnitt 15.9 seine Rechtsmeinung betreffend Grundstücksüberlassung an Dritte kundgetan.** Dieser liefert für einige unserer Konstellationen **noch keine ausreichende Rechtssicherheit.**

**Wir möchten unsere Anwendungsfälle daher gerne mit einem Fachexperten persönlich durchgehen.** Diese Besprechung kann gerne im Rahmen eines Besuches unserer Agri-PV Anlage in Bruck an der Leitha bzw. in unserem Büro in Parndorf stattfinden. Sollte dies nicht möglich sein, bitten wir um einen Termin in Wien und bitten dafür um Terminvorschläge.

Für Fragen und Abstimmungen stehen Ihnen Herr Joachim Payr, Tel. 0664 5131140, Mail [j.payr@ews-consulting.at](mailto:j.payr@ews-consulting.at) oder Hr. Norbert Dorfinger, Tel. 0664 88369907, Mail [n.dorfinger@ews-consulting.at](mailto:n.dorfinger@ews-consulting.at) jederzeit zur Verfügung!

Mit sonnigen Grüßen,

  
Joachim Payr  
Geschäftsführender Gesellschafter  
EWS Consulting GmbH

EWS Consulting GmbH  
Katztal 37 · A-5222 Munderfing  
Büro Ostösterreich: Industriezentrum-Kälberweide 13a · A-7111 Parndorf  
T. +43 7744 20141-0  
E. [office@ews-consulting.at](mailto:office@ews-consulting.at)  
[www.ews-consulting.com](http://www.ews-consulting.com)  
UID: ATU 656 47 678  
FBNr.: FN 344782h  
LG Ried/Innkreis



Abbildung 29: Anfrage zur Handhabung von Agri-PV bei Grundstücksüberlassung an Dritte.

Bundesministerium für Finanzen  
Johannesgasse 5  
1010 Wien

Munderfing, am 21.02.2023  
Unser Zeichen: jp

## Stellungnahme im Rahmen des Begutachtungsverfahrens zu den Einkommenssteuerrichtlinien 2000 – Wartungserlass 2021

Sehr geehrte Damen und Herren!

Wir möchten uns für den Entwurf zum Wartungserlass 2021 zu den Einkommenssteuerrichtlinien 2000 und die Möglichkeit zur Stellungnahme bedanken und nutzen hiermit die Gelegenheit unsere Anmerkungen zu Agri-Photovoltaikanlagen in Abschnitt 15.9 einzubringen.

Wir, die EWS Consulting GmbH, arbeiten seit mehr als 29 Jahren für Erneuerbare Energieprojekte und für Energieeffizienz. Im Bereich der Windkraftanlagenplanung sind wir marktführend, ca. 7 % des in Österreich erzeugten Stroms stammt aus Anlagen, die wir für unsere Kunden geplant und umgesetzt haben. Seit mehreren Jahren beschäftigen wir uns auch mit Agri-Photovoltaikanlagen (APV) und haben das EWS Sonnenfeld® als naturverträgliche Variante mit geringstem Flächenverbrauch von nur 2% entwickelt. Im November 2022 konnten wir die 5,5 ha große Agri-PV-Forschungs- und Pilotanlage EWS Sonnenfeld Bruck an der Leitha in NÖ in Betrieb genommen. Ein Sonnenfeld vereint landwirtschaftliche Nutzung und Stromproduktion auf einer Fläche (=Doppelnutzung). Durch einen Blühstreifen unter den Modultischen wird zudem die Biodiversität gesteigert.

Die Definition von Agri-PV-Anlagen ist bereits im **EAG 2021** mit „überwiegend landwirtschaftlicher Nutzung“ definiert. Ebenso in der **Investitionsprämienverordnung 2022** sowie in der **Marktprämienverordnung 2022**. Im Sinne einer Harmonisierung der Begriffe wäre es sinnvoll, wenn das BMF diese Definition auch für den Wartungserlass 2021 übernehmen würde. Sollte dies nicht möglich sein, empfehlen wir aus Gründen der Rechtssicherheit die folgenden Formulierungen in grün.

Mit sonnigen Grüßen

Joachim Payr  
Geschäftsführender Gesellschafter  
EWS Consulting GmbH

Seite 2:

EWS Consulting GmbH  
Katztal 37 · 5222 Munderfing · Austria  
Büro Ostösterreich: Industriezentrum-Kälberweide 13a · 7111 Parndorf · Austria  
T. +43 7744 20141-0 UID: ATU 656 47 678  
E. office@ews-consulting.at FBNr.: FN 344782h  
www.ews-consulting.com LG Ried/Innkreis



Abbildung 30: Stellungnahme im Rahmen des Begutachtungsverfahrens zu den Einkommenssteuerrichtlinien 2000 - Wartungserlass 2021.



Herrn  
Joachim PAYR  
EWS-Consulting

E-Mail: [j.payr@ews-consulting.at](mailto:j.payr@ews-consulting.at)

---

Geschäftszahl: 2023-0.279.061

Wien, 12. April 2023

Sehr geehrter Herr Payr,

vielen Dank für Ihre E-Mails zum Thema Photovoltaikanlagen. Nach Mitbefassung der zuständigen Fachabteilung im Hause können wir Ihnen dazu Folgendes mitteilen:

Die Klärung des Sachverhalts und die Beurteilung konkreter Abgabensachverhalte obliegen ausschließlich dem zuständigen Finanzamt. Das Bundesministerium für Finanzen ist nur für die Beantwortung abstrakter Rechtsfragen zuständig. Zur Beurteilung konkreter Photovoltaikanlagen dürfen wir Sie daher ersuchen, sich an Ihr zuständiges Finanzamt zu wenden.

In Bezug auf Photovoltaikanlagen hat es seine Rechtsansicht im Photovoltaikerlass und in den Einkommensteuerrichtlinien (EStR) 2000, Abschnitt 15.9 (zu PV-Anlagen in der Land- und Forstwirtschaft) dargelegt. Die Begutachtungsfrist für den Wartungserlass 2021 hat am 15. März 2021 geendet. Der Abschnitt 15.9 ist seit 6. Mai 2021 Teil der EStR 2000. Bei Vorschlägen zu Richtlinien würden wir bitten, diese als abgestimmte Stellungnahme über die zuständigen Interessenvertreter (z. B. LKÖ) einzubringen.

Wir hoffen, wir konnten Ihnen mit diesen Informationen weiterhelfen und danken Ihnen für die Zeit, die Sie sich genommen haben, uns zu schreiben.

Freundliche Grüße

Ihr Team BMF Kommunikation

Unsere Datenschutzerklärung finden Sie unter [www.bmf.gv.at/datenschutz](http://www.bmf.gv.at/datenschutz).

Abbildung 31: Brief vom Bundesministerium für Finanzen.