



BioSeed

**GRÜNE BRÜCKE ZUM REGENERATIVEN KLIMAANGEPASSTEN ACKERBAU: BIOTISIERUNG VON SAAT-
GUT FÜR NÄHRSTOFFMANAGEMENT, HUMUSAUFBAU UND CO₂-BINDUNG IM MAIS**

ABSCHLUSSBERICHT

BERICHTSZEITRAUM: 13.2.2020 – 15.6.2023

PROJEKTLAUFZEIT: 13.2.2020 – 15.6.2023

FÖRDERKENNZEICHEN: EIP-2019-19

KOORDINATOR: INSTITUT FÜR PFLANZENKULTUR

www.pflanzenkultur.de

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	2
1 KURZDARSTELLUNG (IN ALLTAGSSPRACHE)	4
1.1 AUSGANGSSITUATION UND BEDARF	4
1.2 PROJEKTZIEL UND KONKRETE AUFGABENSTELLUNG (TITEL DES PROJEKTS MAX. 150 ZEICHEN)	4
1.3 MITGLIEDER DER OG	4
1.4 PROJEKTGEBIET	5
1.5 PROJEKTLAUFZEIT UND DAUER	5
1.6 BUDGET (GESAMTVOLUMEN UND FÖRDERVOLUMEN)	5
1.7 ABLAUF DES VERFAHRENS	6
1.8 ZUSAMMENFASSUNG DER (ERWARTETEN) ERGEBNISSE (IN DEUTSCH UND ENGLISCH MAX. 200 WÄRTER, 1200 ZEICHEN).	7
2 EINGEHENDE DARSTELLUNG	8
2.1 VERWENDUNG DER ZUWENDUNG.....	8
2.1.1 <i>Gegenüberstellung der Planung im Geschäftsplan und der tatsächlichen durchgeführten und abgeschlossenen Teilschritte jeweils für ein OG-Mitglied und die Aufgaben im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit einer OG</i>	8
2.1.2 <i>Darstellung der wichtigsten finanziellen Positionen</i>	14
2.2 DETAILLIERTE ERLÄUTERUNGEN DER SITUATION ZU PROJEKTBEGINN	15
2.2.1 <i>Ausgangssituation</i>	15
2.2.2 <i>Projektaufgabenstellung</i>	16
2.3 ERGEBNISSE DER OG IN BEZUG AUF	17
2.3.1 <i>Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. Beispiele wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?</i>	17
2.3.2 <i>Was war der besondere Mehrwert bei der Durchführung des Projektes als OG?</i>	17
2.3.3 <i>Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projektes vorgesehen?</i>	17
2.4 ERGEBNISSE DES INNOVATIONSPROJEKTES	18
2.4.1 <i>Zielerreichung</i>	18
2.4.2 <i>Abweichungen zwischen Planung und Ergebnis</i>	75
2.4.3 <i>Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Themen</i>	76
2.4.4 <i>Nebenergebnisse</i>	77
2.4.5 <i>Arbeiten, die zu keiner Lösung/zu keinen Ergebnis geführt haben</i>	77
2.4.6 <i>Mögliche weitere Verwendung von Investitionsgütern</i>	78

2.5	NUTZEN DER ERGEBNISSE FÜR DIE PRAXIS: SIND VERWERTBARE/NUTZBARE EMPFEHLUNGEN, PRODUKTE, VERFAHREN ODER TECHNOLOGIEN ENTSTANDEN?.....	78
2.6	(GEPLANTE) VERWERTUNG UND NUTZUNG DER ERGEBNISSE	79
2.7	WIRTSCHAFTLICHE UND WISSENSCHAFTLICHE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT: GIBT ES WEITERGEHENDE (WISSENSCHAFTLICHE) FRAGESTELLUNGEN AUS DEN PROJEKTERGEBNISSEN, DIE ZUKÜNFTIG ZU BEARBEITEN SIND?	80
2.8	KOMMUNIKATIONS- UND DISSEMINATIONSKONZEPT: DARSTELLUNG IN WELCHER WEISE DIE ERGEBNISSE KOMMUNIZIERT ODER VERBREITET WURDEN, GGF. MIT VERWEIS AUF VERÖFFENTLICHUNGEN UND ANGABE DER QUELLEN. GRUNDSÄTZLICHE SCHLUSSFOLGERUNGEN (GGF. FAZIT ZUR EIGNUNG VON EIP-FÖRDERUNGEN ZUR GENERIERUNG VON INNOVATION UND SCHLIEßUNG VON LÜCKEN ZWISCHEN PRAXIS UND WISSENSCHAFT) UND EVENTUELLE VORSCHLÄGE ZUR WEITERENTWICKLUNG DER EIP AGRI	81
3	ANHANG	84

1 Kurzdarstellung (in Alltagssprache)

1.1 Ausgangssituation und Bedarf

Klimawandel, nicht-nachhaltig bewirtschaftete Böden, Ressourcenverknappung und neue gesetzliche Vorgaben (Stichwort: Düngeverordnung) bei gleichzeitig steigender Bevölkerungszahl weltweit erfordern ein zeitnahes und rasches Umdenken in der landwirtschaftlichen Praxis. Zudem stehen die Verbraucher in vielen Ländern den bisherigen Verfahren zunehmend kritisch gegenüber. Der Begriff der Regenerativen Landwirtschaft fasst analog zu dem Term Regenerative Energien wohl am besten die Notwendigkeit zu einer Systemänderung zusammen; mit isolierten Einzelmaßnahmen wird dies keinesfalls gelingen. Landwirtschaft ist regenerativ, wenn Böden, Wasserkreisläufe, Anbaufrucht und Produktivität kontinuierlich besser werden, statt nur gleich zu bleiben oder nach und nach schlechter zu werden. Den Kern des Regenerativen Ackerbaus bilden daher laut Definition Maßnahmen zur Aktivierung und Stärkung des Bodenlebens und der Humusanreicherung. Ein wichtiger Aspekt ist dabei eine möglichst ganzjährige Begrünung des Ackers, die vor allem über Untersaaten in Hauptfrüchten wie Getreide, Mais oder Raps sichergestellt wird. Auch intensiver Zwischenfruchtanbau gilt als wichtiges Werkzeug, um die Bodenbedeckung zu verlängern. Die notwendigen Wissensgebiete hierzu sind bei den Mitgliedern der OG BioSeed großenteils schon gut entwickelt (u.a. auch durch vorhergehende EIP-AGRI Projekte), jedoch ist die Vernetzung jetzt der Schlüssel zu einer erfolgreichen Innovation. Dementsprechend stellt sich die OG BioSeed einer *multifaktoriellen Herangehensweise*.

1.2 Projektziel und konkrete Aufgabenstellung (Titel des Projekts max. 150 Zeichen)

Grüne Brücke zum regenerativen, Klimaangepassten Ackerbau: Biotisierung von Saatgut für Nährstoffmanagement, Humusaufbau und CO₂-Bindung im Mais.

1.3 Mitglieder der OG

- 0 Institut für Pflanzenkultur GmbH & Co. KG (Projektkoordinator) mit Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften
- 1 Biolandhof Michael Cordts
- 2 Wollbrandt Agrarbetriebe GbR
- 3 Deutsche Saatveredelung AG
- 4 Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V.

1.4 Projektgebiet

Das Projekt BioSeed wird in Niedersachsen durchgeführt. Für DSV ist der Sitz der Gesellschaft in Nordrhein-Westfalen, die federführende Saatgutbehandlung und die Versuchsflächen befinden sich aber am Standort 27330 Asendorf, damit liegt die überwiegende wirtschaftliche Bedeutung des Projekts in Niedersachsen.

1.5 Projektlaufzeit und Dauer

13.2.2020 bis 15.06.2023

1.6 Budget (Gesamtvolumen und Fördervolumen)

Gesamtvolumen: 497.045,00€; Fördervolumen: 497.045,00€

1.8 Zusammenfassung der (erwarteten) Ergebnisse (in Deutsch und Englisch max. 200 Wörter, 1200 Zeichen).

Durch das Projekt wurde erwartet, dass eine optimierte Zwischenfruchtmischung konzipiert werden kann, die zu einer Verringerung der Erosionsgefährdung im Maisanbau führt. Durch eine Aktivierung des Bodenlebens durch die Zugabe von Mykorrhiza- und Bakterienpräparaten soll die Bodendegradation gebremst werden.

Durch die Nutzung von biotisiertem Saatgut soll die Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) verbessert werden und eine erhöhte Nährstoffnutzung erzielt werden. Durch eine höhere Nährstoffnutzungseffizienz können mineralische Düngergaben reduziert oder eingespart werden. Vor allem bei dem endlichen Phosphor (P)-Reserven ist dieses enorm wichtig.

Durch präzisere Kenntnisse über den Bodenkohlenstoffkreislauf sollen Verluste davon vermieden werden, um so das Ertragspotential langfristig abzusichern oder zu erhöhen. Der nachhaltige Wasserhaushalt des Bodens ist eng verknüpft mit dem Bodenkohlenstoffgehalt und ausschlaggebend für das Ertragspotential.

Über allem steht der Wissenstransfer von der Wissenschaft in die Praxis, sowie die Prüfung der Maßnahmen auf Praxistauglichkeit durch die Praxispartner.

The expectation from the project was an optimized catch crop mixture that would lead to a reduction in the risk of erosion in maize cultivation. Soil degradation should be slowed down by activating soil life through the addition of mycorrhiza and bacterial preparations.

With biotized seeds, the greenhouse gas balance (GHG balance) should be improved, and an increased use of nutrients should be achieved. Due to a higher nutrient use efficiency, mineral fertilizer inputs can be reduced or saved. This is extremely important, especially with the finite phosphorus (P) reserves.

Through precise knowledge of the soil carbon cycle, losses should be avoided in order to secure or increase the yield potential in the long term. The sustainable water balance of the soil is closely linked to the soil carbon content and is decisive for the yield potential.

Above all, there is the transfer of knowledge from science to practice, as well as the testing of the measures for practical suitability by the practice partners.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung

2.1.1 Gegenüberstellung der Planung im Geschäftsplan und der tatsächlichen durchgeführten und abgeschlossenen Teilschritte jeweils für ein OG-Mitglied und die Aufgaben im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit einer OG

	Planung im Geschäftsplan	Abweichungen
OG-Mitglied Biolandhof Cordts	<p>AP1a: Feldversuche mit ausgewählter Zwischenfrucht zur Hauptkultur Körnermais. Hier wird die Zwischenfrucht mit wachstumsfördernden Bakterienstämmen und Mykorrhiza zur Aussaat beimpft bzw. das Saatgut coated. Die Aufgaben sind im Einzelnen: Bereitstellung der Versuchsfläche, Einrichten der Maschinen, Versuchsanlage, -pflege, -ernte und Erntebonitur. Nach den Parzellenvorversuchen in IFP und DSV werden erfolgversprechende Kombinationen für die praxisnahen Feldversuche ausgewählt. Versuchsumfang je 1 ha in 2 Vegetationsperioden mit den Varianten AMF+/BAK+ (Ausbringung mit der Aussaat) sowie Coating der Zwischenfruchtsaat mit AMF+/BAK+ vierfach wiederholt. Sowohl die Entwicklung der Zwischenfrucht als auch die der folgenden Hauptkultur Körnermais (AP1b) werden im Vergleich bio zu konventionell untersucht. Im Vordergrund der Bonitierungen stehen Schnelligkeit im Aufgang, Wurzelentwicklung und Humusaufbau (CO₂-Bindung) der Zwischenfrüchte sowie Pflanzenentwicklung, -gesundheit und Kornertrag der Hauptfrucht. Das IFP untersucht den Grad der Mykorrhizierung, und, mittels Kompartimente, auch die Ausprägung des extra-</p>	

	<p>radiculären Mycels im Boden. Von besonderem Interesse ist, inwieweit die über Zwischenfrüchte eingebrachten Biotstimulantien, im Vergleich der beiden Anbausysteme, sich über die grüne Brücke im Boden etablieren, vermehren und damit auch die Hauptkultur stärken werden.</p> <p>AP1b: Feldversuche in der Kultur Körnermais mit Anwendung von wachstumsfördernden Bakterienstämmen in Kombination mit Mykorrhizapilzen zur Aussaat der Hauptkultur Mais. In AP1b werden über jede Zwischenfruchtvariante aus AP1a in Streifen fünf Varianten der Hauptkultur gedreht. Das sind im Einzelnen die Varianten BAK+, AMF+, BAK+/AMF+ (Ausbringung im Saatband), Coating BAK+/AMF+ und die Kontrolle ohne Behandlung, jeweils vierfach wiederholt. Die Landwirte richten die Maschinen zur Aussaat ein und übernehmen Versuchsanlage, -pflege, -ernte und Erntebonitur. Nach Parzellenvorversuchen am IFP und der DSV werden die besten Kombinationen vierfach wiederholt im Praxisversuch im Feld getestet. Versuchsumfang je 1 ha in zwei Vegetationsperioden. Der Versuchsansatz ermöglicht den Wirkungsvergleich der getesteten Biotstimulantien im organischen und konventionellen Anbau. Die Versuche werden unter Praxisbedingungen in den normalen Betriebsablauf integriert. Erfahrung und Praxiswissen der Landwirte fließen unmittelbar mit ein.</p>
<p>OG-Mitglied Wollbrandt GbR</p>	<p>AP1a: Feldversuche mit ausgewählter Zwischenfrucht zur Hauptkultur Körnermais. Hier wird die Zwischenfrucht mit wachstumsfördernden Bakterienstämmen und Mykorrhiza zur Aussaat beimpft bzw. das Saatgut coated. Die Aufgaben sind im Einzelnen: Bereitstellung der Versuchsfläche, Einrichten der Maschinen, Versuchsanlage, -pflege, -ernte und Erntebonitur. Nach den Parzellenvorversuchen in IFP und DSV werden erfolgversprechende Kombinationen für die praxisnahen Feldversuche ausgewählt. Versuchsumfang je 1 ha in 2 Vegetationsperioden mit den Varianten AMF+/BAK+ (Ausbringung mit der Aussaat) sowie Coating der Zwischenfruchtsaat mit AMF+/BAK+ vierfach wiederholt. Sowohl die Entwicklung der Zwischenfrucht als auch die der folgenden Hauptkultur Körnermais (AP1b) werden im Vergleich bio zu konventionell untersucht. Im Vordergrund der Bonitierungen stehen Schnelligkeit im Aufgang, Wurzelentwicklung und</p>

	<p>Humusaufbau (CO₂-Bindung) der Zwischenfrüchte sowie Pflanzenentwicklung, -gesundheit und Korntrag der Hauptfrucht. Das IFP untersucht den Grad der Mykorrhizierung, und, mittels Kompartimente, auch die Ausprägung des extraradikulären Mycels im Boden. Von besonderem Interesse ist, inwieweit die über Zwischenfrüchte eingebrachten Biostimulanzien, im Vergleich der beiden Anbausysteme, sich über die grüne Brücke im Boden etablieren, vermehren und damit auch die Hauptkultur stärken werden.</p> <p>AP1b: Feldversuche in der Kultur Körnermais mit Anwendung von wachstumsfördernden Bakterienstämmen in Kombination mit Mykorrhizapilzen zur Aussaat der Hauptkultur Mais. In AP1b werden über jede Zwischenfruchtvariante aus AP1a in Streifen fünf Varianten der Hauptkultur gedrillt. Das sind im Einzelnen die Varianten BAK+, AMF+, BAK+/AMF+ (Ausbringung im Saatband), Coating BAK+/AMF+ und die Kontrolle ohne Behandlung, jeweils vierfach wiederholt. Die Landwirte richten die Maschinen zur Aussaat ein und übernehmen Versuchsanlage, -pflege, -ernte und Erntebonitur. Nach Parzellenvorversuchen am IFP und der DSV werden die besten Kombinationen vierfach wiederholt im Praxisversuch im Feld getestet. Versuchsumfang je 1 ha in zwei Vegetationsperioden. Der Versuchsansatz ermöglicht den Wirkungsvergleich der getesteten Bio-Stimulantien im organischen und konventionellen Anbau. Die Versuche werden unter Praxisbedingungen in den normalen Betriebsablauf integriert. Erfahrung und Praxiswissen der Landwirte fließen unmittelbar mit ein.</p>
<p>OG-Mitglied DSV</p>	<p>Keine</p> <p>AP2: Die Mikroorganismen, die an die Zwischenfrüchte, bzw. an das Maissaatgut zu applizieren sind, werden durch den Projektpartner IFP vorgelegt. In den Versuchen werden sowohl Einzelkomponenten als auch Saatgutmischungen für die Zwischenfruchtaussaat zum Einsatz kommen. An vier Zwischenfrüchten mit sehr unterschiedlicher Saatgutbeschaffenheit (Pannonische Wicke (<i>Vicia pannonica</i>), Inkarnatklée (<i>Trifolium incarnatum</i>), Phacelia (<i>Phacelia tannacetifolia</i>) und Welsches Weidelgras (<i>Lolium multiflorum</i>)) sollen die Behandlungen so optimiert werden, dass eine gute Haftung der</p>

	<p>Mykorrhiza und der Bakterien und der Kombination beider erzielt wird. Parallele Versuche zur Haftung der Mykorrhiza werden auch bei Mais durchgeführt.</p> <p>Die behandelten Saatgutproben werden einer visuellen Beurteilung und einem Staubtest (Kontrolle der Anhaftung) unterzogen. Erfolgreich behandeltes Saatgut wird darüber hinaus auf seine Keimfähigkeit und Triebkraft hin untersucht. Die besten Varianten werden jeweils an das IFP (AP4 und AP5) und die Landwirte abgegeben. Zur Optimierung der Behandlungen werden insgesamt vier Versuchsserien durchgeführt. Die Versuchsserie endet mit der Bereitstellung großer behandelter Saatgutmengen für den Crowd-Trial.</p> <p>AP3: Die Ergebnisse aus AP2 werden in AP3 geprüft, um die Auswirkungen der Behandlungen auf die Zwischenfrüchte und die nachfolgende Hauptfrucht Mais sowie auf den Boden abschätzen zu können. Dazu führt die DSV zwei große Parzellenversuche durch. In diesen Feldversuchen ergänzen sich die Varianten aus AP1, AP2, AP4 und AP5 zu zwei Exaktversuchen zur grünen Brücke.</p>	
<p>OG-Mitglied IFP</p>	<p>IFP wird die wissenschaftliche Konzeption des geplanten Crowd-Trials übernehmen sowie die Koordination mit der Firma ABITEP GmbH und der OSTFALLIA (eingebunden über Unterauftragnehmer BlaU Büro für Landschaftsökologie und Umweltstudien GbR, Eicklingen). ABITEP liefert in BioSeed die biostimulierenden Bakterien für alle Versuche und testet eine Reisolierung von Bacillus von den Pflanzenwurzeln aus dem Feld. BlaU, Büro für Landschaftsökologie und Umweltstudien GbR führt als Auftragnehmer Messungen und Analysen zu den Feldversuchen in AP1 durch. Es werden Messungen der Humuszusammensetzung, zur Wasserspeicherfähigkeit der Böden sowie quantitative Analysen der Glomalinfraktion unter den verschiedenen in den Parzellen herrschenden Bedingungen durchgeführt. Durch die Vernetzung mit der OST-</p>	<p>Keine Lysimeterversuche in 2020 bei BlaU/Ostfalia, Hochschule war geschlossen</p> <p>Keine Studierende/Hilfskräften bei Ostfalia wegen Corona-Maßnahmen</p>

	<p>FALIA – Hochschule für Angewandte Wissenschaften werden Studierende die Möglichkeit zur Durchführung von Messungen vor Ort im Freiland erhalten. Weiterhin sollen Simulationsversuche im Rahmen von Lehrveranstaltungen an Kleinlysimeter-Versuchen durchgeführt werden.</p> <p>AP4: Die Optimierung der Biostimulanzien erfordert eine Formulierung, die eine Ausbringung im Feldmaßstab ermöglicht, ohne dass ihre Wirksamkeit beeinträchtigt ist. Dazu werden in Topfversuchen in zwei Versuchsserien Varianten in verschiedenen Trägermaterialien und mit unterschiedlichen Pressverfahren (Granulierung – Kapseln) hinsichtlich der Überlebensfähigkeit der eingesetzten Organismen getestet und mit Coating-Varianten verglichen. Ermittelt werden die Mykorrhizierungswerte und es erfolgt eine Reisolierung der Bakterien. Gleichzeitig werden die Parameter zur Pflanzenentwicklung aufgenommen. Die Ergebnisse der Topfversuche fließen unmittelbar in die Parzellenversuche und die Feldversuche ein.</p> <p>AP5: Durchführung von Parzellenversuchen im Feld zur Vorprüfung geeigneter Bakterien- und Mykorrhizastämme auf ihre wachstumsfördernden Eigenschaften am Mais. Die Versuche dienen zur Auswahl der besten Kombinationen für die Feldversuche bei den landwirtschaftlichen Projektpartnern und der DSV. Versuchsumfang je 1 ha in zwei Versuchsserien. Gearbeitet wird mit Signalmolekülen, verschiedenen Formulierungen von Mykorrhiza- und Bakterienpräparaten und mit Coating-Varianten. Durchgeführt werden Exakt-Versuche in Kleinparzellen mit Bonitierungen der Pflanzenentwicklung und Versuchsernte im Feld sowie mit wissenschaftlicher Begleitung durch ABITEP Wurzeluntersuchungen zur Mykorrhizierung und Re-Isolierung der eingesetzten Bakterienstämme. Das Ziel ist die Optimierung der Mykorrhiza/Bakterienpräparate aufgrund der Versuchsergebnisse hinsichtlich ihrer Eignung im Feld.</p> <p>AP6: Im letzten Projektjahr wird über das Netzwerk der GKB interessierten Landwirten (Ziel 100 Betriebe) die Gelegenheit gegeben, ausgewählte, im Projekt optimierte Formulierungen und Coating-Varianten mit Bio-Stimulantien im eigenen Praxisversuch zu testen. Die Versuchsanlagen können sowohl im Zwischenfruchtanbau zur Hauptfrucht Mais als auch</p>	<p>ABITEP: sparsamere Verwendung der Bakterien</p> <p>Beprobung der Flächen macht IFP statt Ostfalia</p> <p>Ergänzender Versuch (Topf + Feld) zur Untersuchung des Effektes von Kreuzblütern in der Zwischenfrucht-mischung auf die Mykorrhizierung</p>
--	--	---

	<p>zur Maisausaat direkt erfolgen. Das Ziel ist zum einen, praxisrelevante Versuchsergebnisse von vielen unterschiedlichen Standorten und verschiedenen Anbausystemen zu bekommen, und gleichzeitig mit dem breit gestreuten Versuchsansatz (Crowd-Trial) biologisierte Verfahren zur Pflanzenernährung stärker in den Focus der landwirtschaftlichen Praktiker zu rücken. Während der Vegetationsentwicklung werden vom IFP einmalig je Betrieb die Pflanzenentwicklung bonitiert und Wurzeluntersuchungen zur Mykorrhizierung durchgeführt. Die Applikation der Stimulanzien und die Bonitierung der Ernte übernimmt der Betrieb. Die Versuchsdurchführung und –dokumentation und Ergebnisvorstellung erfolgt in enger Abstimmung mit der GKB.</p>
<p>OG-Mitglied GKB</p>	<p>AP7: Öffentlichkeitsarbeit. Die GKB informiert ihre Mitglieder über Versuche und Ergebnisse in ihrem Netzwerk. Zum Projektende wird eine Informationsveranstaltung für interessierte Landwirte und Öffentlichkeit organisiert. Zu den Versuchsergebnissen wird von der GKB zudem ein Fachartikel verfasst und veröffentlicht.</p> <p>AP8: Über den geplanten Crowd-Trial informiert die GKB ab Ende des zweiten Projektjahrs in ihrem Netzwerk (Twitter, Homepage) und auf Veranstaltungen (Jahrestagung). Die GKB ist erster Ansprechpartner für interessierte Landwirte und Öffentlichkeit und vermittelt den Kontakt zum IFP für die konkreten Versuchsplanungen. Nach Abschluss der Versuche werden die Versuchsergebnisse auf einer Informationsveranstaltung präsentiert und in der Fachpresse veröffentlicht. Regelmäßig wird auf Twitter vom Fortgang der Versuche berichtet.</p>
<p>Laufende Zusammen- arbeit</p>	<p>Koordination OG, Verwaltung, Abrechnung, Koordination Berichte, Expertise in Geschäftsführung</p> <p>Keine</p>

2.1.2 Darstellung der wichtigsten finanziellen Positionen

Ausgaben Institut für Pflanzenkultur GmbH & Co. KG	
Personalausgaben	119.468,00
Reisekosten	2.302,85
Material und Bedarfsmittel	114.039,91
Summe	235.810,76
Ausgaben Deutsche Saatveredelung DSV	
Personalausgaben	177.000,00
Reisekosten	
Material und Bedarfsmittel	
Summe	177.000,00
Ausgaben Biolandhof Cordts	
Aufwandentschädigungen und Nutzungskosten bei Unternehmen der Urproduktion	16.000,00
Summe	16.000,00
Ausgaben Wollbrandt GbR	
Aufwandentschädigungen und Nutzungskosten bei Unternehmen der Urproduktion	14.718,43
Summe	14.718,43
Ausgaben GKB	
	12.900,00
Summe	12.900,00
Ausgaben für die Zusammenarbeit	
	39.500,00
15 % Verwaltungspauschale	5.925,00
Summe	45.425,00
<u>Gesamtsumme</u>	<u>501.854,19</u>

2.2 Detaillierte Erläuterungen der Situation zu Projektbeginn

2.2.1 Ausgangssituation

Klimawandel, nicht-nachhaltig bewirtschaftete Böden, Ressourcenverknappung und neue gesetzliche Vorgaben (Stichwort: Düngeverordnung) bei gleichzeitig steigender Bevölkerungszahl weltweit erfordern ein zeitnahes und rasches Umdenken in der landwirtschaftlichen Praxis. Zudem stehen die Verbraucher in vielen Ländern den bisherigen Verfahren zunehmend kritisch gegenüber. Der Begriff der Regenerativen Landwirtschaft fasst analog zu dem Term Regenerative Energien wohl am besten die Notwendigkeit zu einer Systemänderung zusammen; mit isolierten Einzelmaßnahmen wird dies keinesfalls gelingen. Landwirtschaft ist regenerativ, wenn Böden, Wasserkreisläufe, Anbaufrucht und Produktivität kontinuierlich besser werden, statt nur gleich zu bleiben oder nach und nach schlechter zu werden. Den Kern des Regenerativen Ackerbaus bilden daher laut Definition Maßnahmen zur Aktivierung und Stärkung des Bodenlebens und der Humusanreicherung. Ein wichtiger Aspekt ist dabei eine möglichst ganzjährige Begrünung des Ackers, die vor allem über Untersaaten in Hauptfrüchten wie Getreide, Mais oder Raps sichergestellt wird. Auch intensiver Zwischenfruchtanbau gilt als wichtiges Werkzeug, um die Bodenbedeckung zu verlängern. Die notwendigen Wissensgebiete hierzu sind bei den Mitgliedern der OG BioSeed großenteils schon gut entwickelt (u.a. auch durch vorhergehende EIP-AGRI Projekte), jedoch ist die Vernetzung jetzt der Schlüssel zu einer erfolgreichen Innovation. Dementsprechend stellt sich die OG BioSeed einer multifaktoriellen Herangehensweise (Abbildung 1).

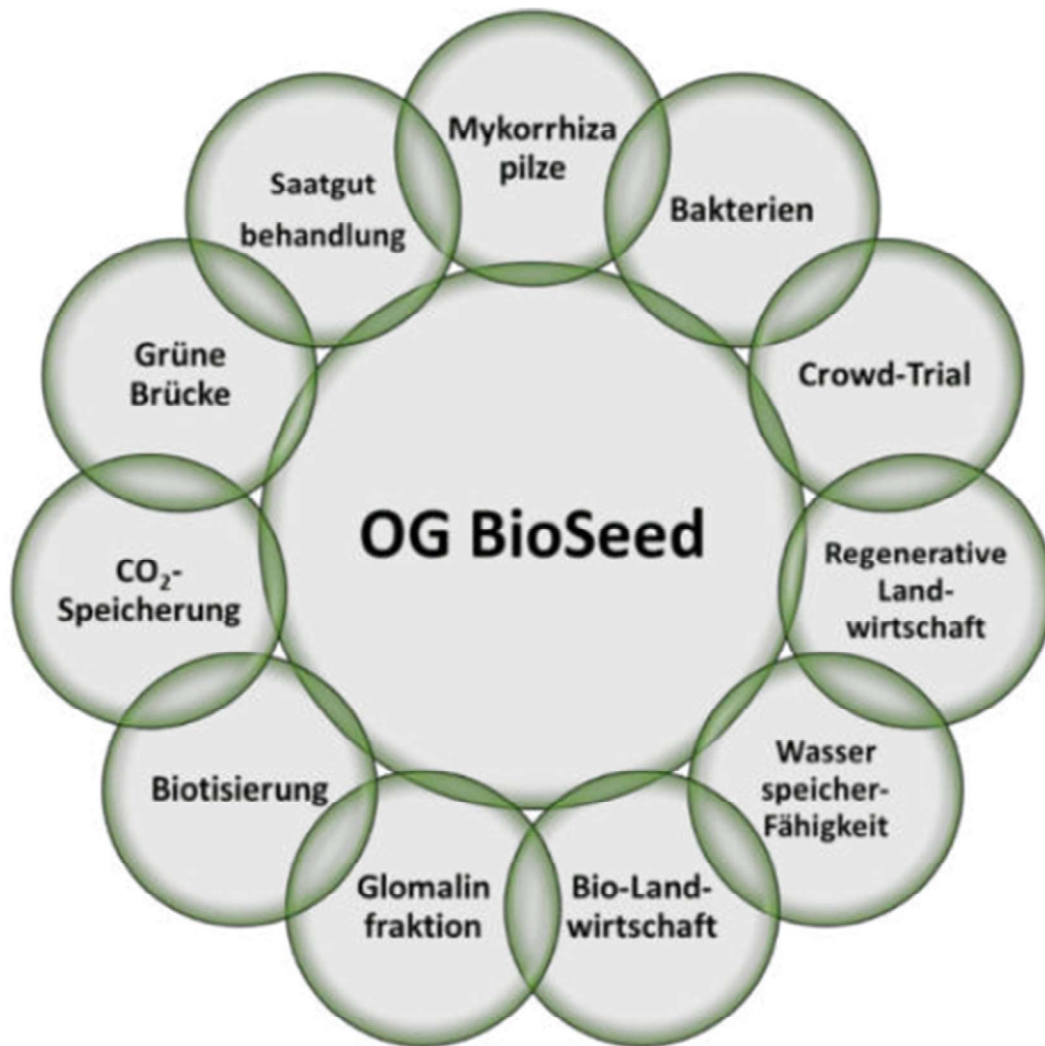


Abbildung 1: Multifaktorielle und interdisziplinäre Bereiche der OG BioSeed.

2.2.2 Projektaufgabenstellung

Im Rahmen des Projekts BioSeed geht es um einen interaktiven Innovationsansatz: Stärkung der Innovationskraft durch das Kombinieren von Wissen (Einbindung von Wissenschaft und Landwirtschaft) einhergehend mit einer realitätsnahen Erarbeitung von Lösungsvorschlägen für die betriebliche Optimierung von Pflanzengesundheit und -düngung. Durch die Einbindung weitere Akteure (OG-Mitglied Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V. sowie zwei Landwirte) werden auch weitergehende gesellschaftliche Trends und Fragestellungen wie Wissensmanagement, Informationsvermittlung und Digitalisierung berücksichtigt.

2.3 Ergebnisse der OG in Bezug auf

2.3.1 Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. Beispiele wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?

Die Kommunikation für die Zusammenarbeit der OG lief stets sachlich, offen und ohne Konflikte. Dazu mag auch die Erfahrung des IFP als Projektkoordinator beigetragen haben sowie die Tatsache, dass teilweise zwischen den OG-Mitgliedern bereits vor Projektbeginn gute Beziehungen bestanden (IFP-Wollbrandt, IFP-Cordts, Cordts-Wollbrandt).

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

Ein besonderer Mehrwert dieser Projektkonstellation ist sicherlich die enge Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Betrieben. Idealerweise erfolgt so eine direkte Kommunikation zwischen dem Koordinator, den Wissenschaftlern und den landwirtschaftlichen Betriebsleitern. Dies bringt für alle Beteiligten Vorteile, da Fehlentwicklungen vermieden werden, bzw. Lösungen passgenau auf die Bedürfnisse der Praxis zugeschnitten werden können. Dies erscheint auch im Rückblick ideal. Einzig ist manchmal die Möglichkeit der Landwirte, einen ganzen Tag z.B. für ein Projekttreffen einzusetzen, zu bestimmten Arbeitsspitzenzeiten begrenzt. Dem wurde durch gute und flexible Terminabsprachen entgegengewirkt, bzw. wann immer möglich die Treffen in die räumliche Nähe der beiden landwirtschaftlichen OG-Mitglieder gelegt.

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

Die Zusammenarbeit der Partner war zielführend und konstruktiv, projektbezogen ist eine weitere Zusammenarbeit in der Zukunft daher denkbar.

2.4 Ergebnisse des Innovationsprojektes

2.4.1 Zielerreichung

2.4.1.1 Versuche 2020/2021 des IFP

2.4.1.1.1 V921 Vergleich Mykorrhiza Coating und Bodenbehandlung

Mit diesem Versuch sollte die beste Applikationsmethode nachgewiesen werden. Das Mykorrhizainokulum wurde dazu mit mehreren wachstumsfördernden Bakterienstämmen versehen. Der Versuch fand im Gewächshaus in 1 l Töpfen statt, als Substrat wurde sterilisierter Sand und Felderde genutzt. Als Pflanzen kamen Mais, Erbsen und die Zwischenfruchtmischung MaisProTR zum Einsatz (IFP-Zwischenbericht 2: S. 16f.).

Die Untersuchungen ergaben, dass die Saatgutkörner mit einer ausreichenden Anzahl und vitalen Mykorrhizaeinheiten in der Umhüllung versehen wurden. Je größer die Saatkörner sind, umso mehr Umhüllung und somit auch Mykorrhizaeinheiten waren vorhanden. Das Saatgut war in der Lage, aktive Mykorrhiza zu bilden. Jedoch waren die coateden Varianten signifikant geringer mykorrhiziert als die Varianten mit der Bodenapplikation (IFP-Zwischenbericht 2: S. 17f.). Das Ergebnis war wie erwartet, da die Saatgutcoatierung die Mykorrhizaeinheiten zusätzlich beansprucht. Die wachstumsfördernden Bakterien verhinderten eine Mykorrhizaentwicklung nicht (IFP-Zwischenbericht 2: S. 18). Die geringe Mykorrhizierung der Zwischenfrucht in dem Topfversuch kann auf die Anwesenheit von Nichtwirtspflanzen aus der Pflanzengattung der Kreuzblütler zurückgeführt werden. Dagegen sprechen jedoch die Erfahrungen aus anderen Versuchen im Betrieb Cordts aus dem Projekt EIP Precision AMF (IFP-Zwischenbericht 2: S. 19) und die Ergebnisse vom Betrieb Blackert (IFP-Zwischenbericht 2: S. 12ff.).

2.4.1.1.2 V928 Blackert

In diesem Versuch wurde ein anderes Inokulum eingesetzt: Die Pellet-Formulierung wurde mit der Zwischenfruchtmischung gemischt und ausgedrillt. Die Pellets entmischten sich nicht vom Saatgut und es konnte keine Staubeentwicklung festgestellt werden. Es wurde in den Kontrollen autochthone Mykorrhiza festgestellt, durch eine Behandlung konnte die Häufigkeit leicht gesteigert werden. In den beiden behandelten Varianten ist die Mykorrhizierung etwas gleichmäßiger (IFP-Zwischenbericht 2: S. 12ff.).

Die Phosphorbodengehalte sind in der Versorgungsstufe (nach VD LUFA) in E und für Kalium in D. Andere Nährstoffe sind ebenfalls in sehr hohen Versorgungsstufen eingeordnet. Warum

im Betrieb Blackert die Mykorrhizierung erfolgreich war, aber bei Wollbrandt trotz deutlich geringerer Nährstoffgehalte nicht erfolgreich war, bedarf weiterer Untersuchungen.

2.4.1.1.3 V931 IFP

Der Versuch auf der Fläche in Loitze simulierte eine Umstellung von konventioneller Bewirtschaftung zur ökologischen. Die beiden Mykorrhizavarianten konnten die Häufigkeit der Mykorrhiza nicht signifikant erhöhen, jedoch erhöhte sich durch die Bodenapplikation der F%-Wert von 5% auf 17% (IFP-Zwischenbericht 2: S. 4).

Im nachfolgenden Körnermais, der im Frühjahr 2021 gedreht wurde, zeigte sich die stärkste Mykorrhizierung in der Brachevariante mit unbehandeltem Maissaatgut. Alle anderen Varianten weisen eine geringere Häufigkeit auf. Die geringste Mykorrhizierung erzielte die Bodenapplikation von AMF und Bakterien nach unbehandelter Zwischenfrucht (IFP-Zwischenbericht 4, S: 4).

Sehr erfolgsversprechend scheint die Variante Mais AMF Coating zu sein. Diese erreicht immer höhere Werte als die AMF-Bodenbehandlung oder die AMF+BAK Coating Variante. Die Unterschiede sind nicht immer signifikant, weisen aber einen Trend aus (IFP-Zwischenbericht 4, S: 4).



Abbildung 2: Körnermais Ertragskarte 2021, Standort Loitze.

Die Ertragsergebnisse zeigen einen klaren Ertragsvorteil der Zwischenfruchtvarianten gegenüber der Schwarzbrache. Die Schwarzbrache erzielte einen Durchschnittsertrag von 3,6 t/ha, die anderen Varianten lagen zwischen 5,7 t/ha und 6,2 t/ha als Mittelwert. Es stachen 2 Varianten besonders hervor, die anderen Varianten wiesen keine großen Variationen auf (IFP-Zwischenbericht 4, S: 5).

Die Abbildung 2 stellt die Ertragskarte aus dem Erntejahr 2021 dar. Je dunkler die Parzellen gefärbt sind, umso höher war der Ertrag in der Parzelle. Es ist ein leichtes Gefälle von Ost nach West zu erkennen. Im Westen, Richtung Bergkuppe, werden die Erträge etwas geringer. Die detaillierte Betrachtung im IFP-Zwischenbericht 4, S: 5 ergab keine signifikanten Unterschiede im Ertrag, außer zur Brachvariante. Die Brachvariante ist der nördlichste Streifen in Abbildung 2 und durchgängig heller als die anderen Parzellen

Die Analyse der Inhaltsstoffe ergab einige signifikante Unterschiede im Vergleich zur Kontrolle. Innerhalb des Brachstreifens konnten die mit Mykorrhiza behandelten Parzellen bis zu einem Prozent mehr Rohprotein erzielen (IFP-Zwischenbericht 4, S: 6). Durch die zusätzliche Mykorrhizierung konnten den Pflanzen mehr Stickstoff für die Rohproteinsynthese zur Verfügung gestellt werden. Abbildung 3 zeigt die Proteingehalte über den Standort Loitze verteilt. Der Brachestreifen im Norden ist heller als andere Parzellen. Hier sticht jedoch die Variante mit AMF und Bakterien Coating hervor. Ebenso sind die Parzellen mit dem AMF-Coating hervorstechend, wenn zuvor die unbehandelte bzw. die coatede ZF stand. Die Kontrolle im Osten der Fläche weisen geringere Rohproteingehalte auf.



Abbildung 3: Körnermais Proteingehaltskarte 2021, Standort Loitze.

Die Werte des nutzbaren Rohproteins waren in der Kontrolle zwischen 144 und 146 g/kg und damit deutlich unter dem Zielwert von 150 g/kg. Nur die Variante Zwischenfrucht mit AMF und Bakterienbodenbehandlung mit AMF coatingem Mais konnte den Zielwert erreichen. Die Werte des Brachstreifens sind geringer als die der Zwischenfruchtvarianten. Die Behandelten Zwischenfruchtstreifen erzielten höhere nXP-Werte als die unbehandelten Zwischenfruchtparzellen. Die bessere Nährstoffversorgung durch die Nährstoffkonservierung durch die Zwischenfrucht führte zu ca 3-4 g mehr nutzbarem Rohprotein (IFP-Zwischenbericht 4, S: 6). Die Zwischenfrucht stellt also eine geeignete Methode dar, um Nährstoffe, vor allem das hochmobile Nitrat, vor Auswaschung zu schützen.

Werden die Ertrags- und Proteinkarten übereinandergelegt, entsteht die Proteinertragskarte (Anhang 10). Die Parzellen mit der AMF-Bodenbehandlung sowie zwei Coating Varianten schneiden sehr gut ab. Die Kontrolle mit unbehandeltem Saatgut fällt als nicht am schlechtesten auf. Der Streifen mit Brache erzielte durchgehend die geringsten Proteinerträge. Auch hier zeigt sich der Effekt der Zwischenfrucht deutlich.

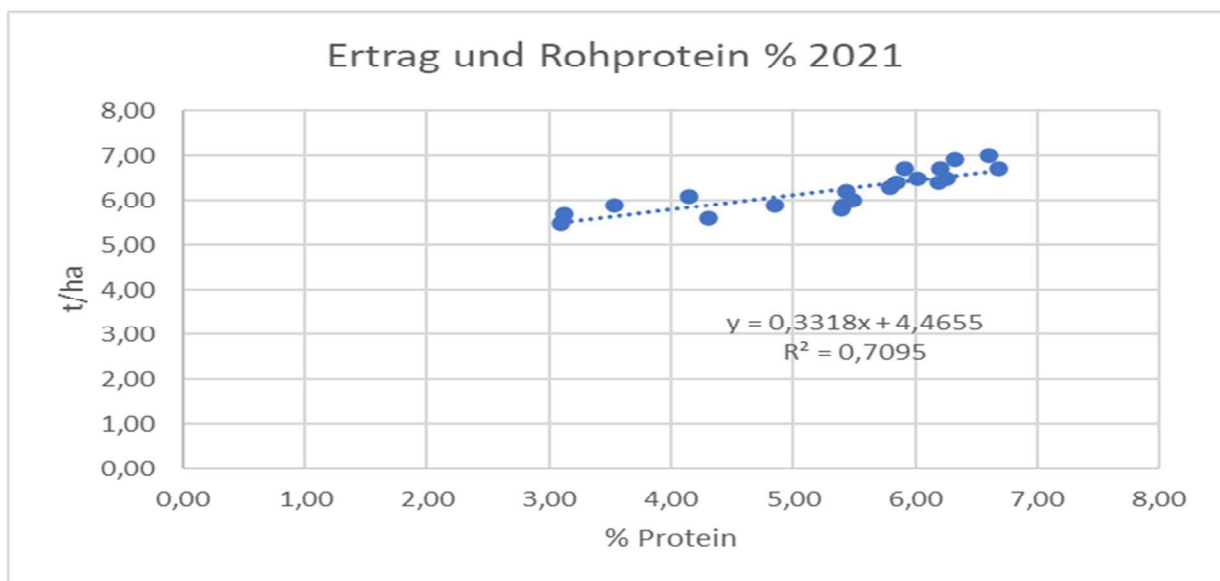


Abbildung 4: Ergebnis der Linearen Regression zwischen Proteingehalt und Ertrag in Loitze 2021.

Die Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt und dem Ertrag in t/ha. Erwartet wurde, dass je höher der Ertrag ist, der Proteingehalt eher abnimmt. Dieser Verdünnungseffekt tritt bei allen Kulturen auf, da Protein deutlich aufwendiger zu synthetisieren ist als z.B. Stärke oder Zucker. Auffällig und entgegen den Erwartungen ist, dass der Proteingehalt mit dem Ertrag ansteigt. Die Lineare Regression zeigt ein R^2 von 0,7 und besitzt somit eine hohe Erklärungseigenschaft. Wie genau der steigende Proteingehalt zustande

kommt, ist nicht abschließen zu klären. Die Wurzelbesiedelungsparameter F%, M% und A% haben keine oder eine negative Korrelation mit sehr geringen R²-Werten zu dem Rohprotein-gehalt.

2.4.1.1.4 V932 Cordts

Die Behandlungen mit Mykorrhiza führte in diesem Versuch zu keiner signifikanten Veränderung der Mykorrhizierung. Die Behandlungsvarianten führten eher zu einer Abnahme der Häufigkeit, jedoch nicht signifikant. Dies könnte ein Indiz sein, dass die autochthone Mykorrhiza nicht mit den eingebrachten Pilzstämmen kompatibel sind oder die eingebrachten nicht so gut an den Standort angepasst sind, wie die autochthone Mykorrhiza (IFP-Zwischenbericht 2: S. 6f.).

Im Mais wurde eine sehr unterschiedlich starke Mykorrhizierung festgestellt. Nach der unbehandelten Zwischenfrucht waren die Ergebnisse am höchsten (bis zu 37 M%). Nach der Schwarzbrache waren die Werte am geringsten (9 M%) und damit im Vergleich zum V931 (Kapitel 2.4.1.1.1.) geringer (IFP-Zwischenbericht 4, S: 10).

Die Erträge zeigten ähnliche Tendenzen wie in V931 (Kapitel 2.4.1.1.1.). Die Erträge nach der Schwarzbrache sind mit 5,7 t/ha am geringsten, während die Erträge nach einer Zwischenfrucht zwischen 6,9 t/ha und 8,0 t/ha liegen (IFP-Zwischenbericht 4, S: 10). Die Variante mit unbehandeltem Saatgut nach der Schwarzbrache erzielt erwartungsgemäß den geringsten Ertrag.

Die Analyseergebnisse der Inhaltsstoffe zeigen signifikante Unterschiede für Rohprotein und Stärke sowie beständige Stärke. Die Zwischenfrucht mit Bodenbehandlung weist signifikant höhere Rohproteingehalte auf als die Kontrolle oder die Zwischenfrucht Coating. Die Brache hat signifikant geringere Rohproteingehalte. Die nXP-Werte zeigen die geringsten Werte nach Brache und signifikant höchsten Werte nach Zwischenfrucht mit Bodenbehandlung (IFP-Zwischenbericht 4, S: 11).

Die Abbildung 5 zeigt die Ertragskarte aus dem Erntejahr 2021. Auch hier ist die Brachvariante im Norden von Ost nach West als hellerer Streifen erkennbar. Die Variante Brache und unbehandeltes Saatgut (Kontrolle) zeigt den geringsten Ertrag an.



Abbildung 5: Körnermais-Ertragskarte 2021, Cordts, Molden.

Die Abbildung 6 zeigt die Proteingehalte aus dem Jahr 2021 vom Standort Molden. Der Brachstreifen im Norden zeigt geringe Proteingehalte, auch eine Mykorrhiza- und Bakterienzugabe konnte keine Steigerung der Proteingehalte erreichen. Der Streifen Zwischenfrucht mit Bodenbehandlung erreichte die höchsten Proteingehalte.

Werden die Ertrags- und Proteinkarten übereinandergelegt (Anhang 12), fällt auf, dass die Parzelle ZF Bodenbehandlung mit Mais Boden- und AMF-Bodenbehandlung einen hohen Ertrag und ein hohen Rohproteingehalt erzielte. Viele Parzellen haben entweder einen hohen Ertrag oder einen hohen Proteingehalt. Ebenso haben die beiden Parzellen mit coatierem Mais nach unbehandelter Zwischenfrucht höhere Proteinerträge (748 und 765 kg Rohprotein/ha). Der geringste Rohproteingehalt lag bei 290 kg/ha.



Abbildung 6: Körnermais Proteinkarte 2021, Cordts, Molden.

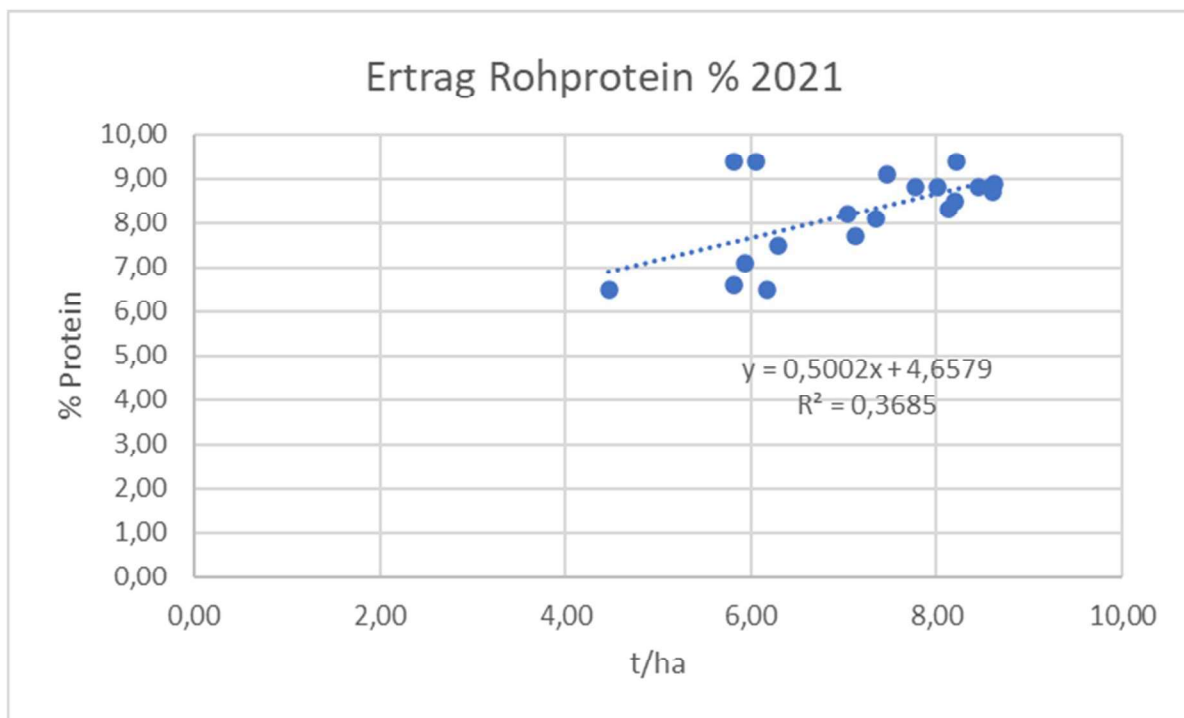


Abbildung 7: Ergebnis der Linearen Regression zwischen Proteingehalt und Ertrag in Molden 2021.

Die Abbildung 7 zeigt, wie sich die Proteingehalte unter ökologischen Bedingungen 2021 verhalten haben. Es ist erkennbar, dass die Proteingehalte steigen bei steigendem Ertrag. Dieser

Anstieg ist signifikant. Das R^2 ist mittelmäßig und das lineare Modell bietet eingeschränkte Erklärung für den Sachverhalt. Es ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Parametern F%, M% A% zum Ertrag im Jahr 2021 vorhanden, jedoch nicht zum Proteingehalt.

2.4.1.1.5 V933 Wollbrandt

Der Versuch auf dem Feld der Wollbrandt GbR findet auf konventionell bewirtschafteten Flächen statt. Die Mykorrhizierung konnte durch die Zugabe von Mykorrhiza nicht gesteigert werden. Die in sehr geringen Mengen vorhandene autochthone Mykorrhiza ist vital. Wie auch in der Zwischenfrucht ist die Mykorrhizierung in den Maiswurzeln sehr gering. In einigen Varianten konnte keinerlei Mykorrhiza nachgewiesen werden. Die höchsten Werte liegen bei 8 % (coatierter Mais nach ZF mit AMF-Bodenbehandlung). Auch in der coatierten und der unbehandelten Zwischenfrucht erreichte das AMF+BAK-coatierte Maissaatgut die höchsten Mykorrhizierungswerte von 7,5 % (IFP-Zwischenbericht 4, S: 14).

Die Ernteerträge sind in den Kontrollvarianten der drei Zwischenfrüchte am höchsten mit 10,0 t/ha bis 10,5 t/ha. Durch die Behandlung sinken die Erträge in den meisten Varianten bis auf 9,4 t/ha ab. Nur nach der Schwarzbrache steigert die AMF-Bodenbehandlung und die AMF+BAK-Bodenbehandlung den Ertrag über den der Kontrolle (IFP-Zwischenbericht 4, S: 15). Diese Ertragssteigerung kann aber nicht der Mykorrhiza zugeschrieben werden, da in den Wurzeln keine Mykorrhiza nachgewiesen werden konnte. Die Ursache könnte in unterschiedlich guten Bodenzonen liegen. Die Abbildung 8 bestätigt diesen Verdacht in Teilen. Es ist ein klares Gefälle Ost nach West in den Erträgen zu erkennen. Die Kontrollvarianten liegen scheinbar in einer besseren Bodenzone als die Coating-Varianten. Auf dem Luftbild ist im Bereich des Nordpfeiles auch ein Streifen mit Wassererosion zu erkennen. Dadurch können Bodendegradationen in dem Bereich nicht ausgeschlossen werden, was zu einem geringeren Ertrag geführt haben könnte.

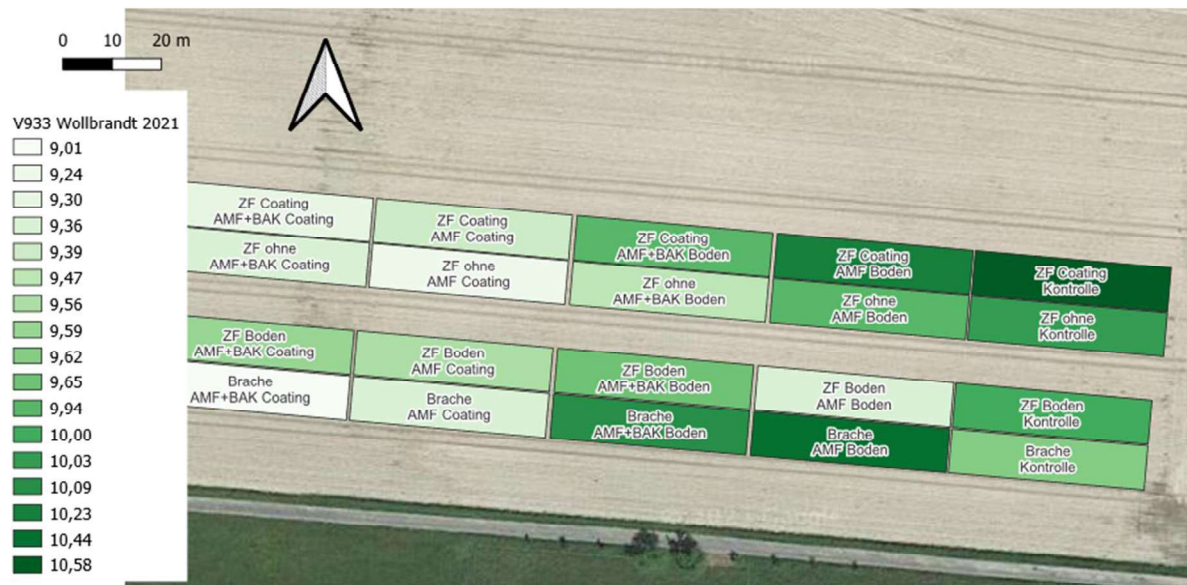


Abbildung 8: Körnermais-Ertragskarte 2021, Standort Waddeweitz, Wollbrandt.

Die Rohproteingehalte ergaben signifikante Unterschiede zwischen Zwischenfrucht Coating und der Brache. Bei den Stärkegehalten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, da die Werte homogen zwischen 74,4 % und 77,7 % lagen. Alle Varianten konnten den Zielwert von >150 g/kg nXP erreichen. Signifikant am höchsten waren die Werte der Kontrolle und die Variante der Zwischenfrucht-Coating (IFP-Zwischenbericht 4, S: 15).

Abbildung 9 zeigt die Proteingehalte im Erntejahr 2021. Die Brache zeigt wieder die geringsten Proteingehalte, mit einer Ausnahme: die Parzelle mit AMF- und Bak-Bodenbehandlung. Da diese Parzelle aber eine sehr geringe Mykorrhizierung aufwies, ist der Proteingehalt nicht auf die Mykorrhiza zurückzuführen, womöglich aber auf die Bakterien. Ebenfalls ist erkennbar, dass die Parzellen mit einem höheren Ertrag im Osten einen geringeren Proteingehalt haben. Der Proteingehalt ist tendenziell im Westen etwas höher. Die ProteinErtragskarte (Anhang 14) hat eine ähnliche Färbung, wie die Proteingehaltskarte. Dies liegt an den geringeren Ertragschwankungen (9,0 t/ha bis 10,6 t/ha) mit hohen, konstanten Rohproteingehalten (7,8 % bis 9,9 %).

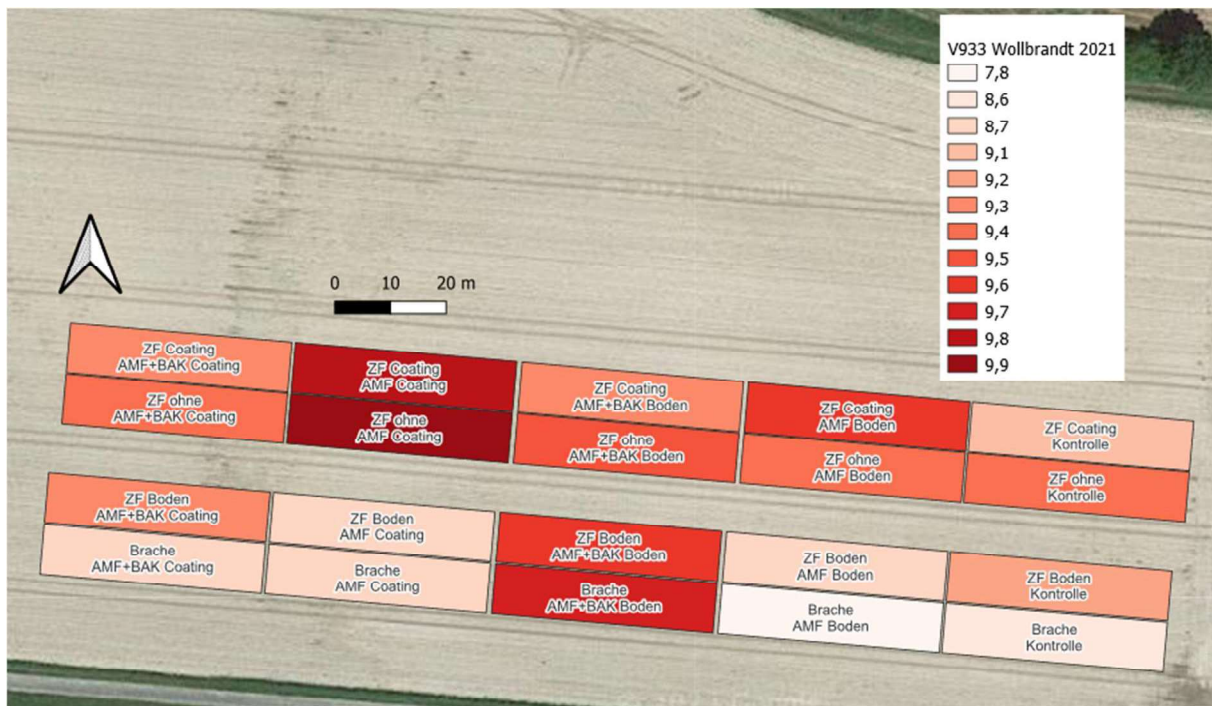


Abbildung 9: Körnermais Proteinkarte 2021, Standort Waddeweitz, Wollbrandt.

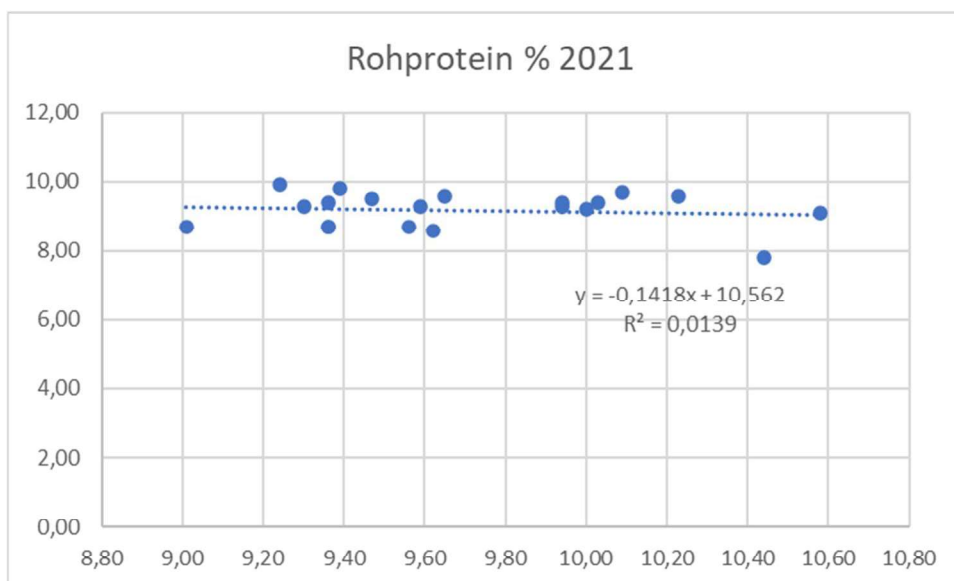


Abbildung 10: Ergebnis der Linearen Regression zwischen Proteingehalt und Ertrag in Waddeweitz 2021.

Die Lineare Regression von Ertrag und Proteingehalt (Abbildung 10) ergab für 2021 ein geringes R^2 und eine flache Regressionsgerade. Das bedeutet, dass trotz eines steigenden Ertrages bei gleicher Nährstoffversorgung die Proteingehalte konstant gehalten werden konnten. Die Parameter der Wurzelbesiedelung hatten keine Auswirkungen auf den Ertrag oder die Proteingehalte.

2.4.1.1.6 Diskussion für 2020/2021

Die im Jahr 2020 ausgesäte Zwischenfrucht konnte im Feld nur begrenzt mykorrhiziert werden. In der simulierten Umstellungssituation von konventioneller auf biologische Bewirtschaftung konnte zwar eine Steigerung durch das Mykorrhizapräparat erzielt werden, jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant (IFP-Zwischenbericht 2: S. 4). Im schon Jahre lang intensiv biologisch bewirtschafteten Betrieb konnte keine signifikante Steigerung durch die Zugabe von Mykorrhizaprodukten erzielt werden. Es zeigte sich eine hohe Besiedelung von autochthoner Mykorrhiza in der Kontrolle (IFP-Zwischenbericht 2: S. 6f.). Im Versuch auf der konventionell bewirtschafteten Fläche gab es keine Auswirkungen von den Mykorrhizapräparaten. Der Verdacht, dass die Entwicklung der Mykorrhiza durch Faktoren im Boden verhindert wurde, zielte zuerst auf die Versorgung der Böden mit den Nährstoffen N, P und K ab, konnte aber ausgeschlossen werden (IFP-Zwischenbericht 2: S. 10). In einem weiteren Feldversuch auf einem anderen Feld unter konventionellen Bedingungen waren alle Nährstoffe in Versorgungstufe E und es konnte eine Steigerung der Mykorrhizierung erzielt werden (IFP-Zwischenbericht 2: S. 12). Der Verdacht verschob sich daher auf evtl. Rückstände von Pflanzenschutzmitteln. Dies konnte jedoch nicht weiter untersucht werden.

In den Feldversuchen vom IFP (Kapitel 2.4.1.1.3) und von Cordts (Kapitel 2.4.1.1.4) zeigten sich die größten Ertragssteigerungen durch die Verwendung einer Zwischenfrucht. Einzelne Varianten zeigten durch Verwendung von Mykorrhiza und wachstumsfördernden Bakterien eine Steigerung der Mykorrhizierung in dem Wurzelsystem sowie einer Ertragssteigerung.

Im Feldversuch bei Wollbrandt (Kapitel 2.4.1.1.5) waren die Erträge am höchsten. Dies lässt sich vor allem durch den Standort und die Bewirtschaftungsweise erklären. Dieser ist ca. 15-20 Bodenpunkte besser als bei Cordts und wurde zudem konventionell bewirtschaftet, so dass Nährstoffe kein limitierender Faktor waren. Der höchste Ertrag wurde nach der coatingten Zwischenfrucht mit unbehandeltem Saatgut festgestellt. Dieser hohe Ertrag ist nur sehr bedingt auf die Mykorrhizierung zurückzuführen. Die Mykorrhizierung lag nur bei rund 1 %, der Ertrag war aber mit 10,5 t/ha am höchsten. Der Ertrag ist damit eher auf Bodenunterschiede oder sonstige Faktoren zurückzuführen.

In den Versuchen V931 IFP (Kapitel 2.4.1.1.3) und V932 Cordts (Kapitel 2.4.1.1.4) zeigte sich, dass die Richtwerte für die Rohproteingehalte nicht erreicht werden konnten. In beiden Versuchen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die Bodenbehandlung der Zwischenfrüchte erwies sich dabei als geeignetes Ausbringverfahren für Mykorrhiza zur Zwischenfrucht. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Coating-Varianten

und der Kontrolle in der Zwischenfrucht festgestellt werden. Im Versuch V933 bei Wollbrandt (Kapitel 2.4.1.1.5) lag der durchschnittliche Rohproteingehalt über dem Richtwert. Auch hier wiesen die Schwarzbrache Varianten den geringeren Gehalt an Rohprotein auf. In allen drei Versuchen konnten für die Stärkegehalte keine klaren Trends herausgearbeitet werden, jedoch waren einzelne Werte signifikant höher.

Die Möglichkeit der Saatgut-Coatierung ist sehr erfolgversprechend, da die Wirkungsgrade gut sind und praxisübliche Maschinen das Saatgut zuverlässig ausbringen können. Ebenfalls ist für Landwirte coatedes Saatgut einfach in der Handhabung, da die Mykorrhiza ausgebracht werden kann, ohne dass zusätzliche Maschinen benötigt werden oder optionale Ausstattung an den Maschinen nötig ist. Beachtet werden muss jedoch, dass das Coatierungsverfahren möglichst schonend abläuft, um die Vitalität der Mykorrhiza nicht über das nötige Maß hinaus zu schädigen.

2.4.1.2 Versuche 2021/2022 des IFP

Im Herbst 2021 wurden die Versuche V931, V932 und V933 wiederholt. Die Aussaat der Zwischenfrucht erfolgte im August 2021 auf den 3 bekannten Standorten als Versuche V953, V954 und V955.

2.4.1.2.1 V 953 IFP

Die Zwischenfrucht konnte besser als im Jahr zuvor mykorrhiziert werden. Die Kontrolle lag bei 33 %, die Bodenbehandlung und das Coating steigerten den F % und M % Wert. Jedoch war nur beim M-Wert der Unterschied zwischen Kontrolle und Coating und zwischen Kontrolle und Bodenbehandlung signifikant. Die beiden behandelten Varianten unterschieden sich statistisch nicht (IFP-Zwischenbericht 4, S: 16).

Im Mais, der im Frühjahr 2022 gesät wurde, wurden dieses Jahr drei Mal zu verschiedenen Zeitpunkten Wurzelproben entnommen und im Labor analysiert. Daraus ergab sich ein genaueres Bild über die gesamte Vegetationsperiode als im Jahr zuvor.

Beim IFP steigt in 17 von 20 Parzellen der F %-Wert über die Vegetation signifikant über alle drei Termine an. In den drei übrigen Parzellen ist vom ersten zum dritten Termin ein Anstieg erfasst worden, jedoch mit einer Abnahme vom ersten zum zweiten Termin. Ein ähnliches Bild zeigt auch die Analyse des M %-Wertes. Hier steigt der M %-Wert in 18 von 20 Parzellen, in

den beiden verbleibenden Parzellen steigt der Wert vom ersten zum dritten Termin, nach einem Abfall im zweiten Termin (Anhang 1 und Anhang 2).

Werden die F % und M %-Werte (Anhang 1 und Anhang 2) mit den A %-Werten (Anhang 3) verglichen, fällt auf, dass die Varianten mit Coatiertem Maissaatgut zwar hohe und ausreichende und größtenteils signifikante F% und M % Werte erreichen, jedoch die A %-Werte geringer ausfallen. Werden nur die A %-Werte betrachtet, funktionierte die reine Bodenbehandlung mit Mykorrhiza am besten, die Bodenbehandlung mit Mykorrhiza und Bakterien erzielte wie die Coating-Variante sehr geringe Werte.

Die Abbildung 11 zeigt die Körnermaiserträge im Jahr 2022. Besonders hervorstechend ist die Variante ZF Coating und Mais mit AMF-Coating. Diese erreichte einen Ertrag von 7,2 t/ha mit einer geringen Abweichung. Der Gesamtdurchschnitt in Loitze lag bei 3,8 t/ha. Dieser sehr geringe Ertrag ist der enormen Trockenheit von Mai bis Ende August geschuldet. Die beste Variante ist generell nach der coatierten Zwischenfrucht. Brache und unbehandelte Zwischenfrucht erreichen im nachfolgenden Körnermais einen Durchschnittsertrag von 3,3 und 2,5 t/ha. In fast jeder Zwischenfruchtvariante ist die Maisbehandlung AMF-coating hervorstechend.

Die Abbildung 12 zeigt die Parzellen in Ihrer Anordnung auf dem Feld. Die Grünfärbung der Parzellen drückt die Höhe des Ertrags aus. Je dunkelgrüner, umso höher ist der Ertrag. Im Westen der Fläche sind die Parzellen tendenziell etwas dunkler gefärbt als im Osten. Im Osten der Fläche hingegen war die Beregnungsanlage aufgrund einer Fehlfunktion in dem Kontrollstreifen stehen geblieben. Diese Parzellen erhielten in einer Beregnungsgabe deutlich mehr Zusatzwasser als vorgesehen. Diese Parzellen sind etwas grüner gefärbt.

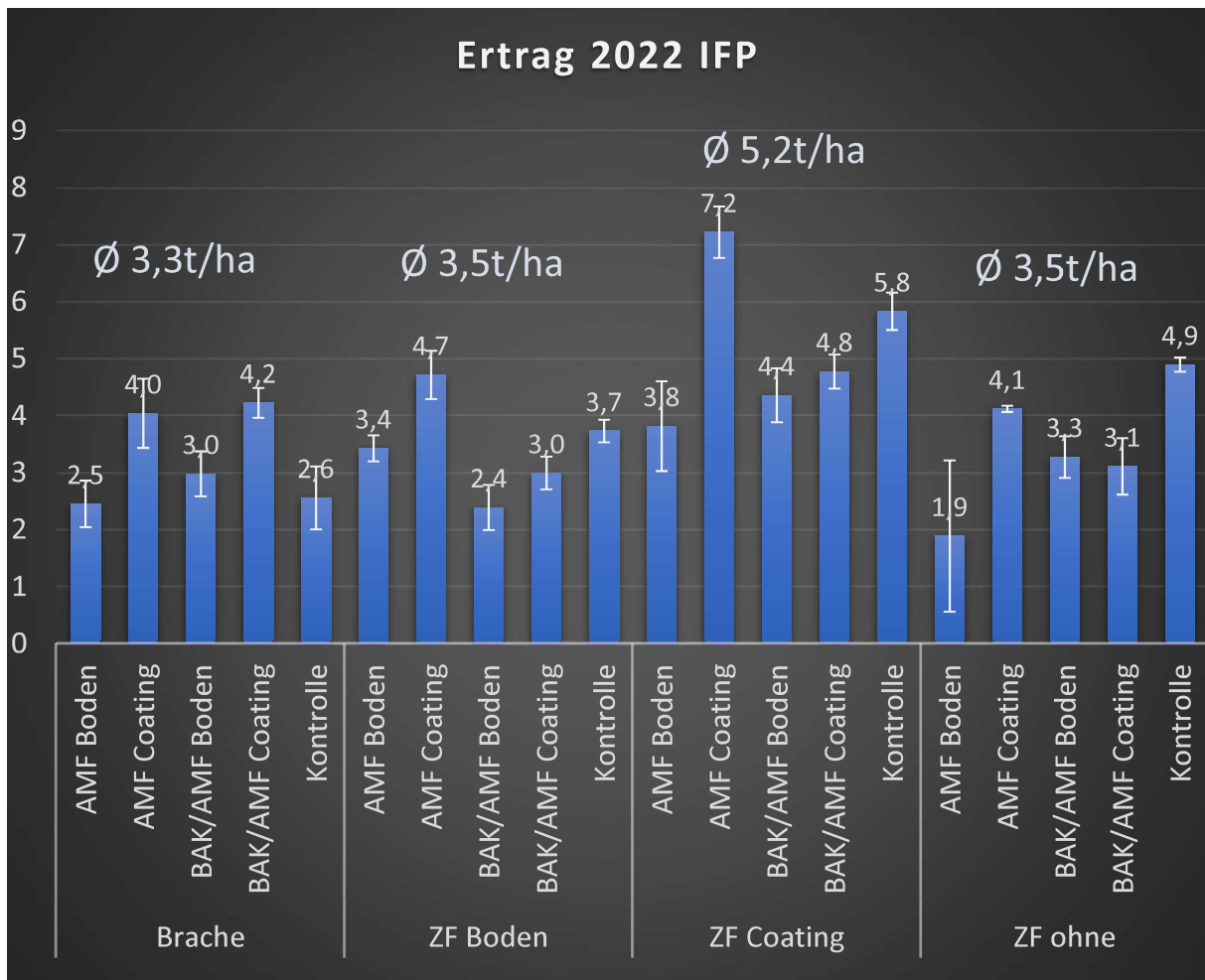


Abbildung 11: Körnermaisertrag 2022 in Loitze, IFP.

Die Abbildung 12 bestätigt die Angaben aus Abbildung 11 grafisch. Die Variante ZF Coating und Mais mit AMF Coating erzielte den höchsten Ertrag und ist auch die am dunkelsten gefärbte Parzelle. Das Ergebnis scheint auf die Mykorrhiza zurückzuführen zu sein, da die umliegenden Parzellen deutlich geringer (heller) im Ertrag sind. Im Westen der Fläche ist der Boden nach subjektiver Einschätzung etwas schlechter, talwärts Richtung Osten wird der Boden Wassererosionsbedingt etwas besser. Die Ertragsergebnisse zeigen dieses jedoch nicht.

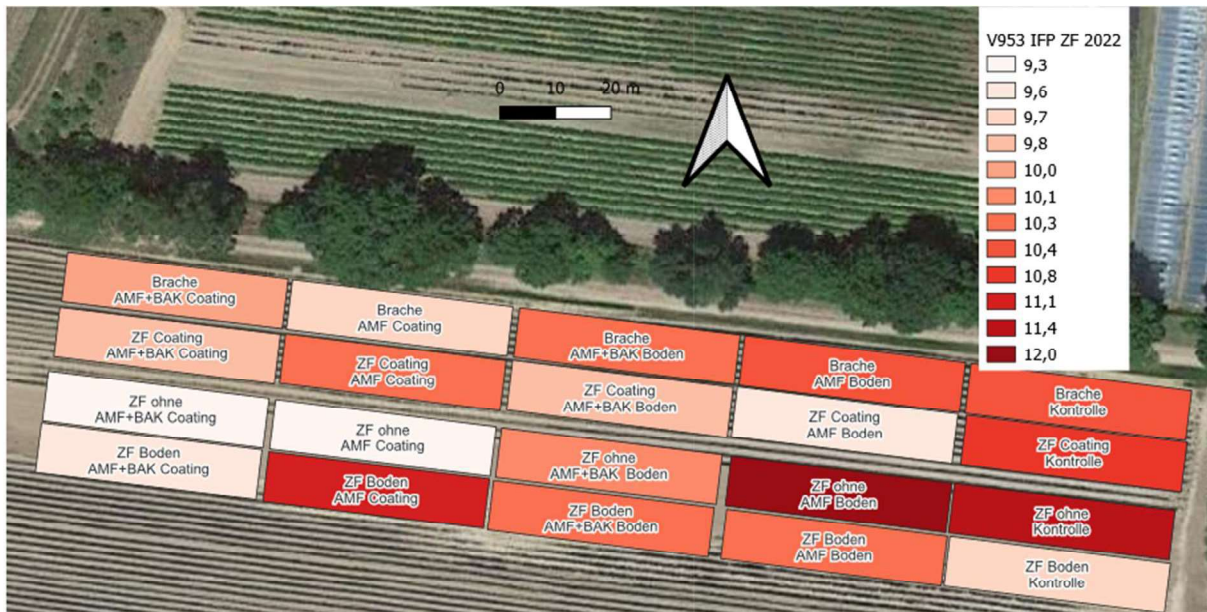


Abbildung 13: Proteingehaltskarte in Loitze aus 2022.

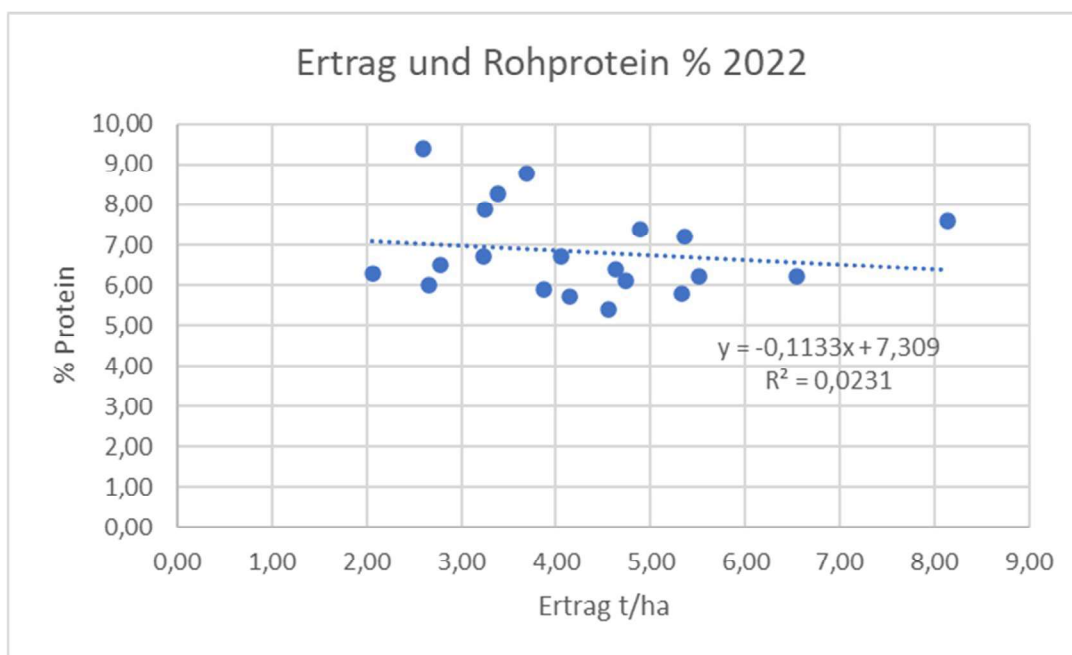


Abbildung 14: Ergebnis der Linearen Regression zwischen Proteingehalt und Ertrag in Loitze 2022.

Die Abbildung 14 zeigt für das Jahr 2022 die Proteingehalte in Abhängigkeit vom Ertrag. Mit leicht abnehmender Tendenz fallen die Proteingehalte bei steigendem Ertrag ab. Das R^2 der Regression ist sehr gering und der Zusammenhang ist nicht signifikant.

2.4.1.2.2 V954 Cordts

Die Analyse des Wurzelsystems ergab, dass die Bodenbehandlung die höchsten Werte erzielte, jedoch aufgrund der hohen Standardabweichung in diesem Versuch der Unterschied nur zwischen Kontrolle und Coating-Variante signifikant war (IFP-Zwischenbericht 4, S: 18).

Die F %-Werte steigen auch in dem Versuch unter intensiven biologischen Bedingungen über die drei Probenentnahmetermine. Auffällig sind die hohen F %-Werte in der Kontrolle von 40 %, steigend auf 80 % bei der letzten Ernte. Ebenso deutlich und konstant ist, dass die zweite Probenentnahme in fast jeder Parzelle eine geringere Mykorrhizierung aufweist als zum ersten Termin. Die meisten signifikanten Steigerungen gibt es in den beiden Coating-Varianten (Anhang 4).

Für M %-Werte ist ein ähnliches Bild erkennbar (Anhang 5). Die zweite Probenentnahme zeigt geringere Werte als die Erste, die dritte steigt dann auf das Niveau der ersten Beprobung an. Auch hier zeigen die Coatierten Varianten die meisten signifikanten Steigerungen.

Für die A %-Werte (Anhang 6) zeigt sich das gleiche Bild wie für die M %-Werte. Die dritte Probenentnahme zeigt die höchsten Werte, während die zweite die geringsten Werte zeigt. Auch hier konnten die Coating-Varianten mehr Signifikanzen aufzeigen.

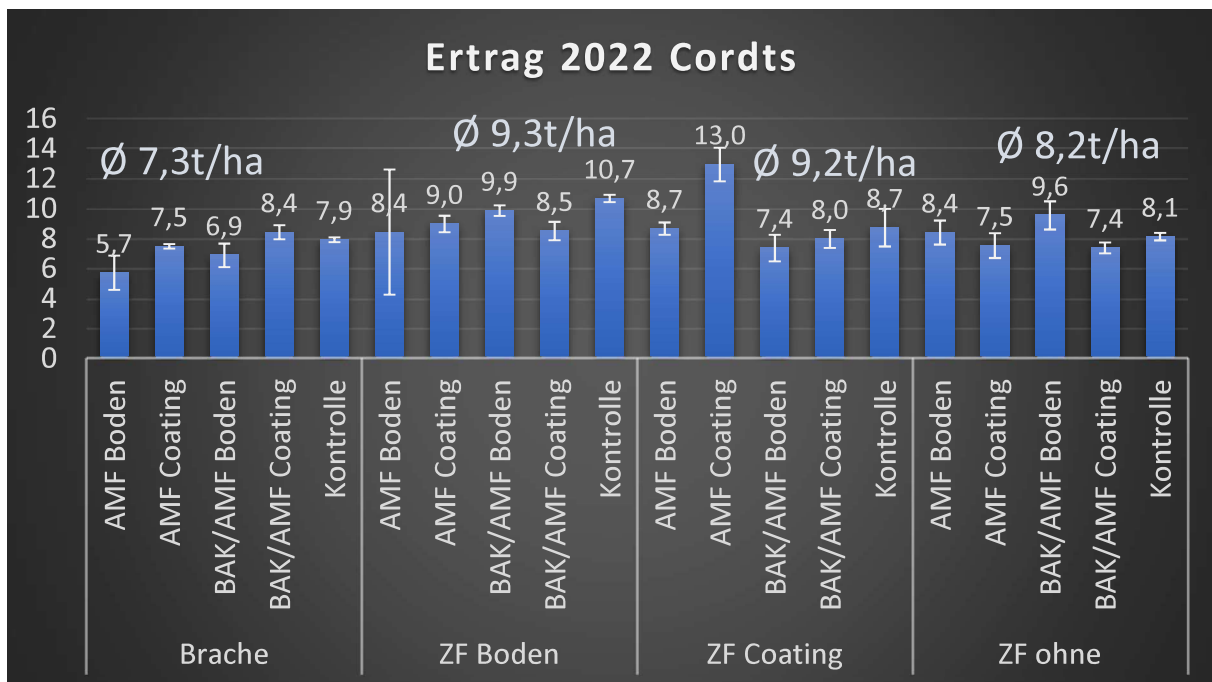


Abbildung 15: Körnermaiserertrag 2022 in Molden, Cordts.

Die Abbildung 15 zeigt die Erträge vom Körnermais 2022 auf dem Standort unter biologischer Bewirtschaftung. Auch hier ist die Variante Zwischenfrucht-Coating und nachfolgende Mais mit AMF-Coating besonders hervorragend. Der Durchschnittsertrag lag in Molden bei 8,5 t/ha. Die Brachvariante erreichte einen Durchschnittsertrag von 7,3 t/ha. Die Varianten mit der Zwischenfrucht erzielten einen Durchschnittsertrag von 8,2 t/ha (ZF ohne Behandlung) und 9,3 t/ha (ZF-Bodenbehandlung). Die Variante Zwischenfrucht-Coating und nachfolgend Mais AMF-Coating ist besonders hervorragend mit 13,0 t/ha und sehr geringer Standardabweichung. Die ZF-Coating-Variante hat einen sonst homogenen Ertrag, nur die eine Maisbehandlung sticht hervor.

Die Abbildung 16 verdeutlicht die räumliche Verteilung der Erträge. Die Brache zeigt wieder die hellsten Farben, also die geringsten Erträge. Richtung Norden steigt das Gelände an und der Boden wird fast zu Kies, dennoch sind die Erträge stabil bis steigend. Die Ertragskarte zeigt den hohen Ertrag in der Parzelle ZF Coating mit Mais mit AMF-Coating. Der Ertrag scheint auf die Behandlung zurückzuführen zu sein, denn die umliegenden Parzellen erzielten alle einen geringeren Ertrag.

Die Proteingehaltskarte (Abbildung 17) zeigt eine relativ gleichmäßige Verteilung der Proteingehalte, mit leichter Abnahme in Richtung Norden (Kiesberg) sowie geringeren Gehalten nach Schwarzbrache. Die Ausnahme bildet die Parzelle mit Schwarzbrache und Mais mit AMF- und BAK-Coating. Diese Parzelle erzielte einen durchschnittlichen Rohproteingehalt.

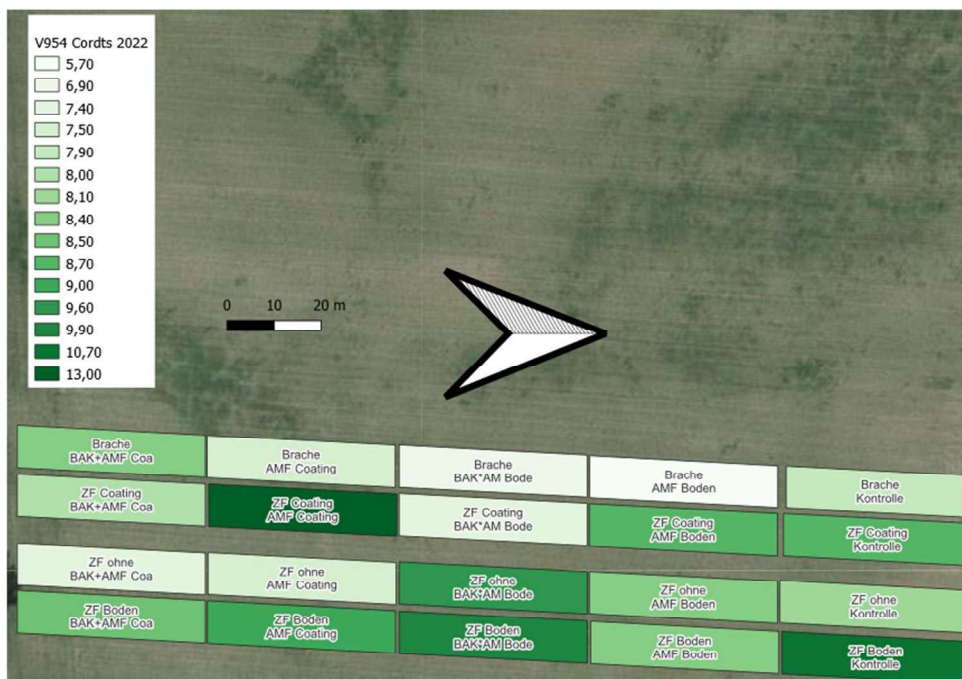


Abbildung 16: Körnermais-Ertragskarte 2022, Cordts, Molden.

Die Rohproteinertragskarte (Anhang 13) zeigt höhere Proteinerträge in den beiden Streifen mit behandelter Zwischenfrucht und geringe in dem Brachestreifen. Die Parzelle mit dem höchsten Ertrag (ZF Coating mit Mais AMF Coating) hat auch den höchsten Proteinertrag, wobei der Proteingehalt nur im durchschnittlichen Bereich lag.

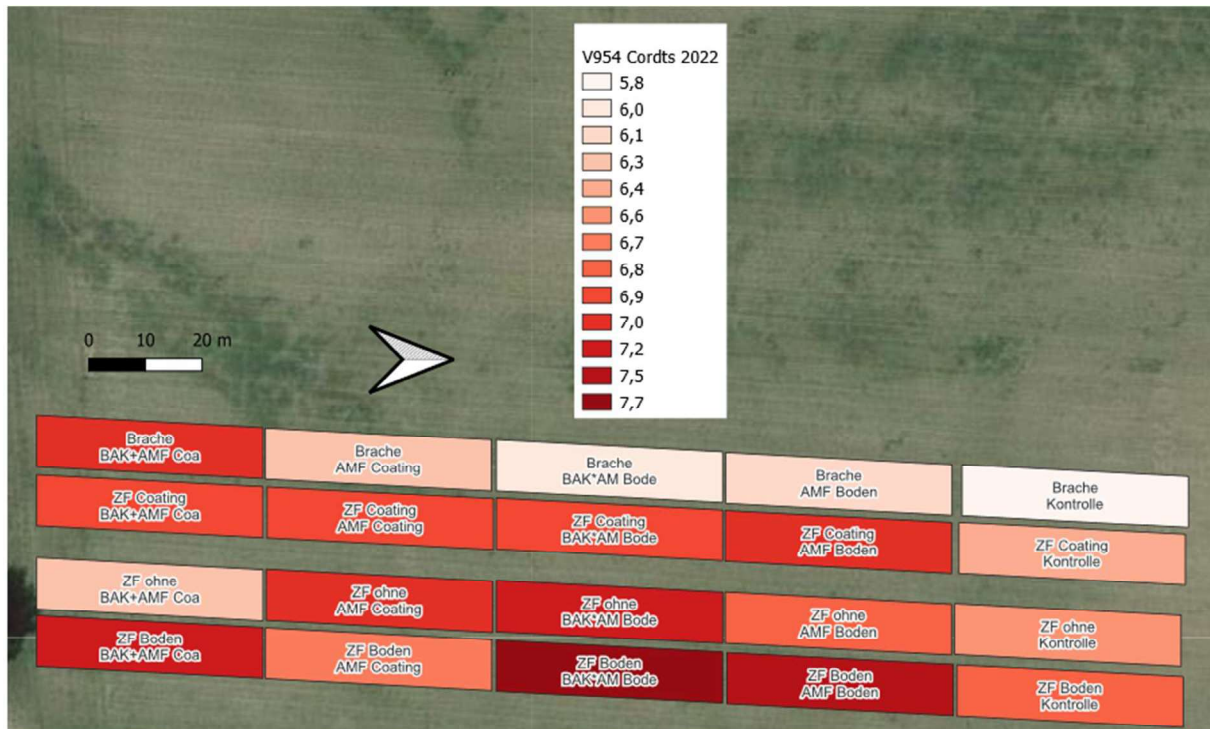


Abbildung 17: Körnermais-Proteingehaltskarte 2022, Cordts, Molden.

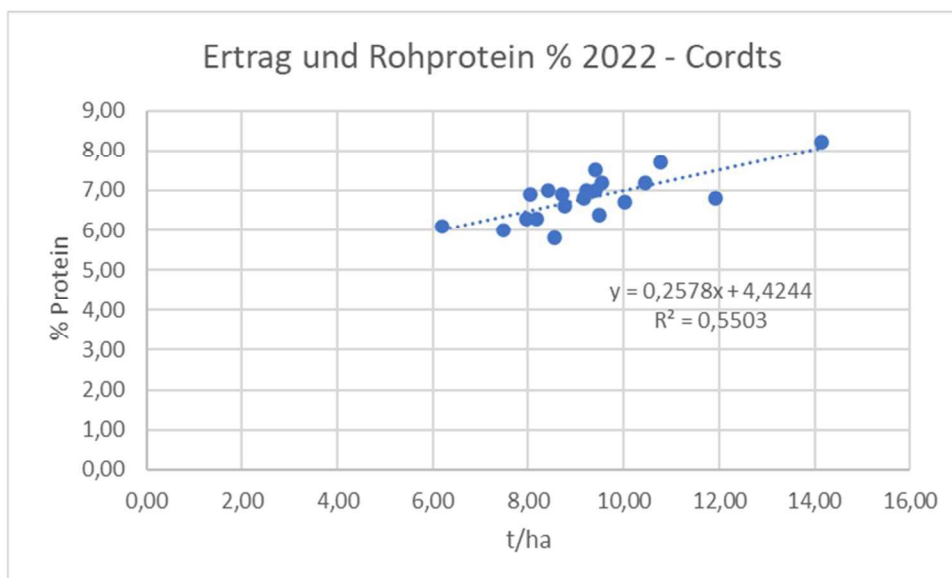


Abbildung 18: Ergebnis der Linearen Regression zwischen Proteingehalt und Ertrag in Molden 2022.

Die Abbildung 18 zeigt den positiven Zusammenhang zwischen dem steigenden Proteingehalten bei steigenden Erträgen. Die Situation ist wie in 2021 unter biologischen Bedingungen, jedoch gab es 2022 keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Parametern F%, M% und A%.

2.4.1.2.3 V955 Wollbrandt

In der Zwischenfrucht konnte die höchste Mykorrhizierung in der Kontrolle festgestellt werden, auch wenn auf einem geringen Niveau. Signifikante Unterschiede gab es weder bei F% noch bei M%.

In dem nachfolgenden Mais wurden bei den F %-Werten nicht konstante Ergebnisse festgestellt. In der Kontrolle sank die Mykorrhizahäufigkeit im Verlaufe der Vegetation, während in den beiden Coating-Varianten eine Steigerung vom ersten zum dritten Termin stattfand. Die Reduktion in der Kontrolle ist in zwei Fällen signifikant von Termin zu Termin (1 zu 2, 1 zu 3 und 2 zu 3) (Anhang 7). Die Bodenbehandlung mit Mykorrhiza konnte keine signifikante Steigerung der Häufigkeit erreichen. Die Intensität (Anhang 8) entwickelte sich jedoch anders als die Häufigkeit. In den beiden Coatierten Maisvarianten konnte die signifikante Steigerung der Intensität nachgewiesen werden. In der Kontrolle nahm die Intensität signifikant ab und zwei Varianten (Kontrolle und coatierte ZF), in der Zwischenfrucht Bodenbehandlung stieg die Intensität signifikant an (Anhang 8).

Die Häufigkeit der Arbuskeln stieg nur in wenigen Parzellen signifikant an, sank aber auch nur in einem Szenario signifikant ab. Die A% Werte bei Wollbrandt auf dem konventionellen Standort liegen auf einem ähnlichen Niveau wie beim IFP in Loitze. Nur bei Cordts in Molden sind die A%-Werte höher.

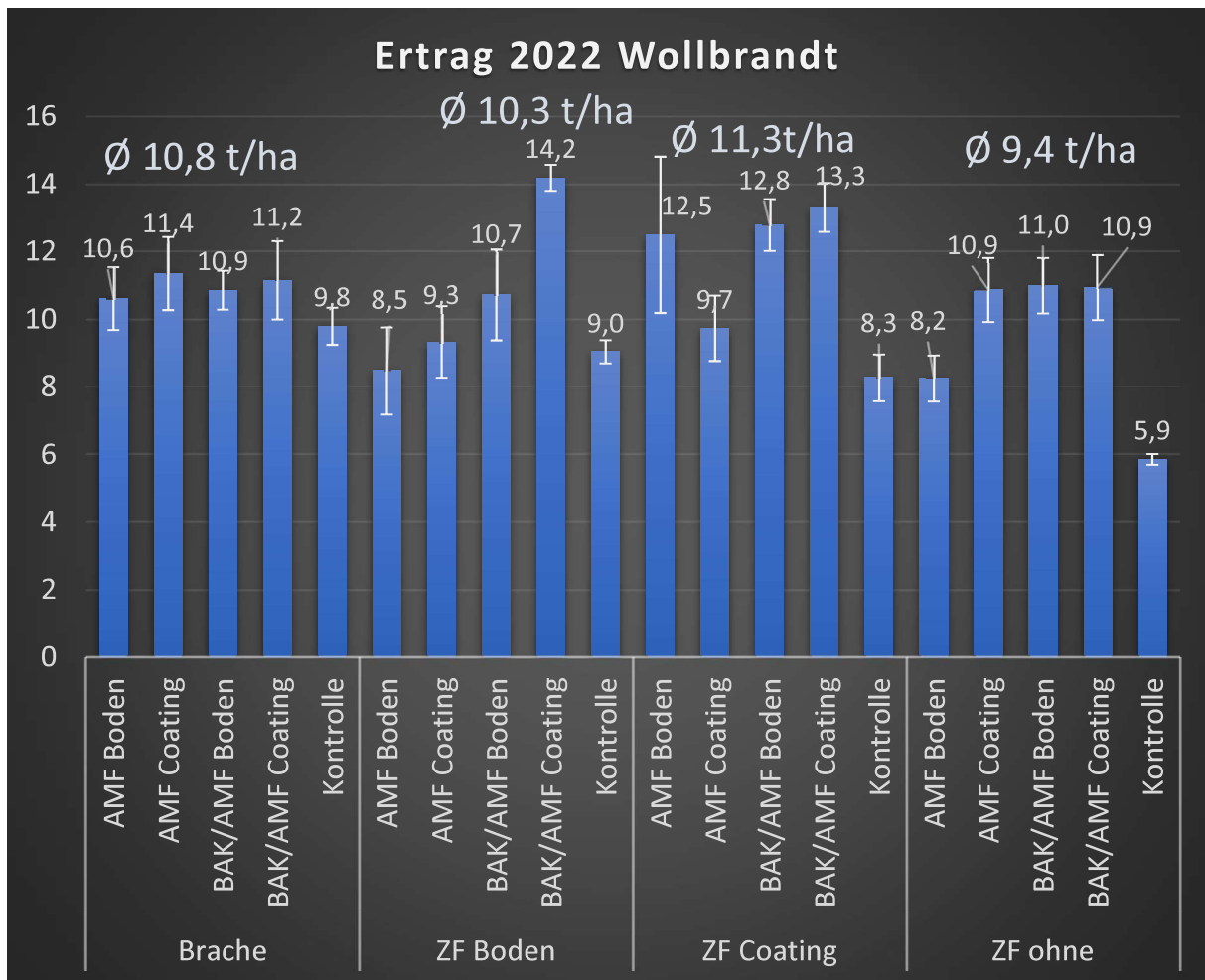


Abbildung 19: Körnermaisenertrag 2022 in Waddewitz, Wollbrandt.

Die Abbildung 19 zeigt die Erträge des Versuches. Die Erträge schwanken von 5,9 t/ha bis zu 14,2 t/ha. Der Gesamtdurchschnitt liegt bei 10,5 t/ha. Die Brache erreichte dabei den zweithöchsten Durchschnittsertrag nach der coateden Zwischenfrucht. Der geringste Ertrag wurde in der Variante nach unbehandelter Zwischenfrucht festgestellt. Der Streifen mit Zwischenfrucht Bodenbehandlung erzielte bis auf 2 Werte unterdurchschnittliche Erträge. Der Durchschnitt von 10,3 t/ha wird vor allem durch die 14,2 t/ha bei einer Parzelle nach oben getrieben. Da diese Parzelle aber eine sehr kleine Schwankungsbreite besitzt, scheint dieser Ertrag der Realität zu entsprechen.

Die Abbildung 20 zeigt die Ertragskarte. Es ist ein Ertragsgefälle von West nach Ost erkennbar. Die Mais-Coatingvarianten haben unabhängig von der Zwischenfrucht einen höheren Ertrag als die Kontrolle im Osten. Die Grünfärbung bestätigt, dass die Brache nicht den geringsten Ertrag erzielte.



Abbildung 20: Körnermais-Ertragskarte 2022, Wollbrandt, Waddeweitz.

Die Proteingehaltskarte (Abbildung 21) zeigt ein Proteingehaltsgefälle von Ost nach West. Die Parzellen, die zuvor ein höheres Ertragsniveau hatten, haben nun ein geringeres Proteingehaltsniveau. Die Rohproteinertragskarte (Anhang 15) zeigt wieder den höheren Proteintrag im Westen, d. H. die höheren Erträge haben trotz eines geringeren Rohproteingehaltes für insgesamt mehr Protein je Hektar gesorgt.

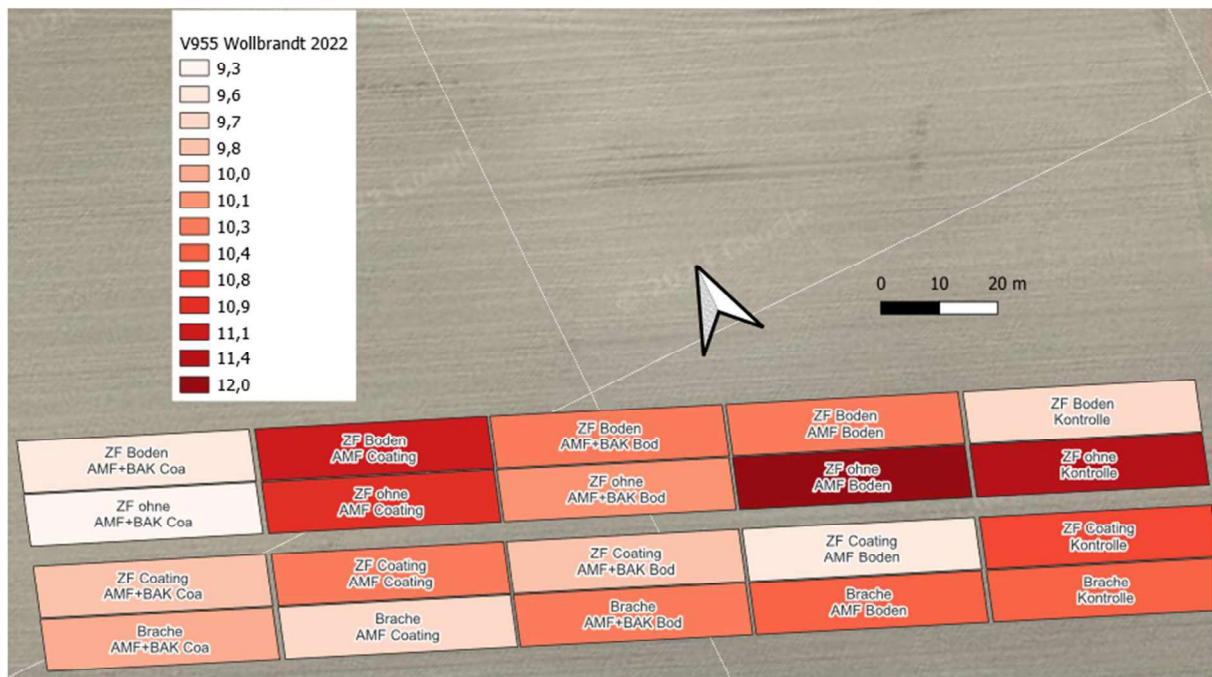


Abbildung 21: Körnermais-Gehaltskarte 2022, Wollbrandt, Waddewitz.

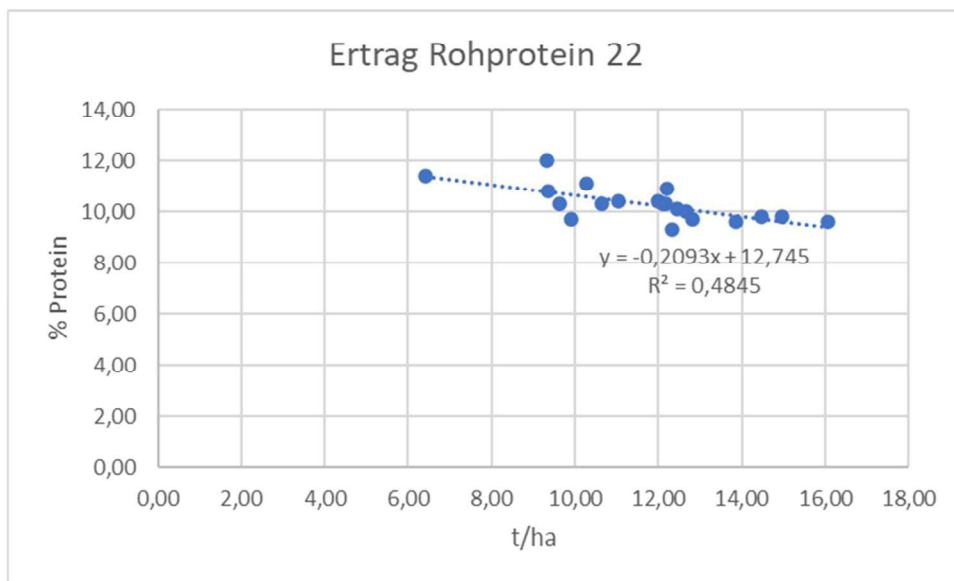


Abbildung 22: Ergebnis der Linearen Regression zwischen Proteingehalt und Ertrag in Waddewitz 2022.

Im Jahr 2022 war der negative Zusammenhang zwischen den sinkenden Proteingehalten bei steigenden Erträgen deutlich erkennbar und auch das R^2 bestätigt dies (Abbildung 22). Der Zusammenhang ist signifikant. Des Weiteren gab es keinen Zusammenhang zwischen den Parametern F%, M% und A% mit dem Ertrag oder dem Proteingehalt.

2.4.1.2.4 V982 Crowd trial

Im Crowdtrial, in dem 15 Landwirte teilnahmen, lagen aus der Zwischenfrucht nicht alle Proben vor oder waren nur zu einem Teil auswertbar. Insgesamt konnte bei zwei Betrieben eine sehr hohe Wurzelbesiedelung von 58 % und 79 % durch autochthone Mykorrhiza festgestellt werden. Im ersten Fall konnte durch die Saatgutcoatierung eine signifikante Steigerung auf 65 % erreicht werden. Im zweiten Fall sank die Mykorrhizierung signifikant auf 38 % ab. Bei zwei weiteren Betrieben war eine hohe Besiedelungsrate festgestellt worden, aber dort fehlten die unbehandelten Kontrollen (IFP-Zwischenbericht 4; S: 20f.).

Nur zwei Betriebe konnten Ertragsdaten erfassen. Ein Betrieb erzielte in der Mykorrhizaparzelle 4,5 t/ha (Sorte Movanna Öko, Mykorrhizacoatierung), in der Kontrolle 5,95 t/ha (Betriebs-eigene Sorte mit fungizider Beize). Da in beiden Parzellen nicht die gleiche Sorte ausgesät wurde, und die eine Sorte ohne fungizide Beize war, ist das Ertragsergebnis wenig aussagekräftig.

Der Projektpartner DSV hingegen konnte 8 Wiederholungen anlegen und auswerten. Es wurden im Mittel 8,9 t/ha mit einer Standartabweichung von 1,2 t/ha geerntet.

2.4.1.2.5 V1000 Anteil an Nichtwirtspflanzen

Aus den vorherigen Versuchen sowie Rückfragen von Landwirten kam die Frage auf, wie groß der Anteil an Nichtwirtspflanzen (NHP, Non-hostplants) in einer Zwischenfruchtmischung sein darf, um negative Auswirkungen auf die Wirtspflanzen zu vermeiden. Dazu wurde ein Versuch angelegt, in dem der Anteil an NHP schrittweise gesteigert wurde. Jede Variante wurde mit und ohne Mykorrhizainokulum ausgesät. Als Wirtspflanzen wurde Alexandrinerklee, Phacelia, Winterwicke, Inkarnatklee sowie Rauhafer ausgewählt. In den Parzellen mit NHP kam Weißer Senf zum Einsatz. Der Versuch wurde auf einem Feld nach Wintergerste angelegt und mit Erde von diesem Feld als Topfversuch wiederholt. Analysiert wurden die Parameter Wurzelmykorrhizierung, TS-Gehalt in der Blattmasse, N und P-Gehalt in der TS. Weiterhin erfolgten vor und nach dem Versuch N-Min-Proben. Außerdem wurde die Versuchsfläche zweimal mit einer Drohne und Multispektralkameras überflogen, um NDVI und NDRE-Karten zu erstellen (Anhang 16). Die NDVI-Karten geben die Menge an grüner Blattmasse über die Reflexion einer bestimmten Wellenlänge des sichtbaren Lichtes wieder. Je grüner die Färbung, umso mehr Biomasse ist vorhanden. Rot bedeutet Erde, Steine oder Teer (keine grüne Blattmasse vorhanden).

Als Inokulum wurde INOQ Advantage C-0162 mit 127.674.239 p/kg in Blähton gemischt verwendet. Die Ausbringmenge wurde auf 4.468.598 MU/ha eingestellt, das entspricht 21,84 g/ha.

Die NDVI-Karte zeigt in Norden am Rand eine deutliche dunkelrot Färbung auf. Dieser Streifen wurde mehrfach gegrubbert, um den Versuch vom Feldrand deutlich abzugrenzen. Auch Schatten von Bäumen sind als kreisrunde Formen erkennbar. In den Parzellen P1 und P2 (beide ohne NHP) ist die Grünfärbung gleichmäßiger als in den Parzellen P3 bis P8. In diesen Parzellen wurde mit steigenden Anteilen an NHP weniger Biomasse generiert.

Die Abbildung 23 zeigt die Nährstoffgehalte in der TS, unterteilt nach dem Anteil der NHP und der Mykorrhizabehandlung. Je höher der NHP-Anteil, umso geringer wird der N-Gehalt in der TS. Die mit Mykorrhiza behandelten Streifen haben tendenziell geringere N-Gehalte. Aufgrund der geringeren Stichproben zeigt der Versuch nur Trends, keine Signifikanzen. Die P-Gehalte im Feldversuch sind höher als im Topfversuch. Der Unterschied zwischen NM und M sind sehr gering, mit steigendem NHP-Anteil aber eher abnehmend.

Im Topfversuch konnte eine deutlichere Abnahme der N-Gehalte mit steigendem NHP-Anteil festgestellt werden. Die Ausnahme bildet die Variante mit 30 % NHP-Anteil. Für die P-Gehalte konnte keine Abnahme beobachtet werden. Bei den P-Gehalten sind die mykorrhizierten Varianten im Vorteil gegenüber den nicht-mykorrhizierten Streifen.

Die Abbildung 24 zeigt die Häufigkeit und die Intensität der Mykorrhiza im Feld- und Topfversuch. Es ist kaum autochthone Mykorrhiza vorhanden. Durch die Zugabe von NHP steigt der F % Wert stark an. Es besteht der Verdacht, dass der Senf die autochthone Mykorrhiza abgetötet hat, und sich dadurch die Mykorrhiza aus dem Inokulum etablieren konnte. Der M % Wert ist bei NM sehr gering, steigt aber durch die Mykorrhizabehandlung stark an. Bei 30 % NHP-Anteil sinkt der F %-Wert wieder und der M %-Wert unterschreitet die 40 %-Marke. Die M %-Werte sinken mit steigendem NHP-Anteil. Die Versuchsfrage, ob ein steigender NHP-Anteil sich auf die Mykorrhizierung der Wirtspflanzen auswirkt, kann anhand des Versuchsergebnisses bestätigt werden. Der Topfversuch zeigte die ähnlichen Tendenzen, nur auf etwas höherem Niveau als im Feld.

Für mykorrhizafreundliche Zwischenfrüchte sollte also auf möglichst geringe Anteile von Senf und anderen Nichtwirtspflanzenarten geachtet werden, bzw. wenn aus Gründen der Ackerhygiene möglich, ganz darauf verzichtet werden.

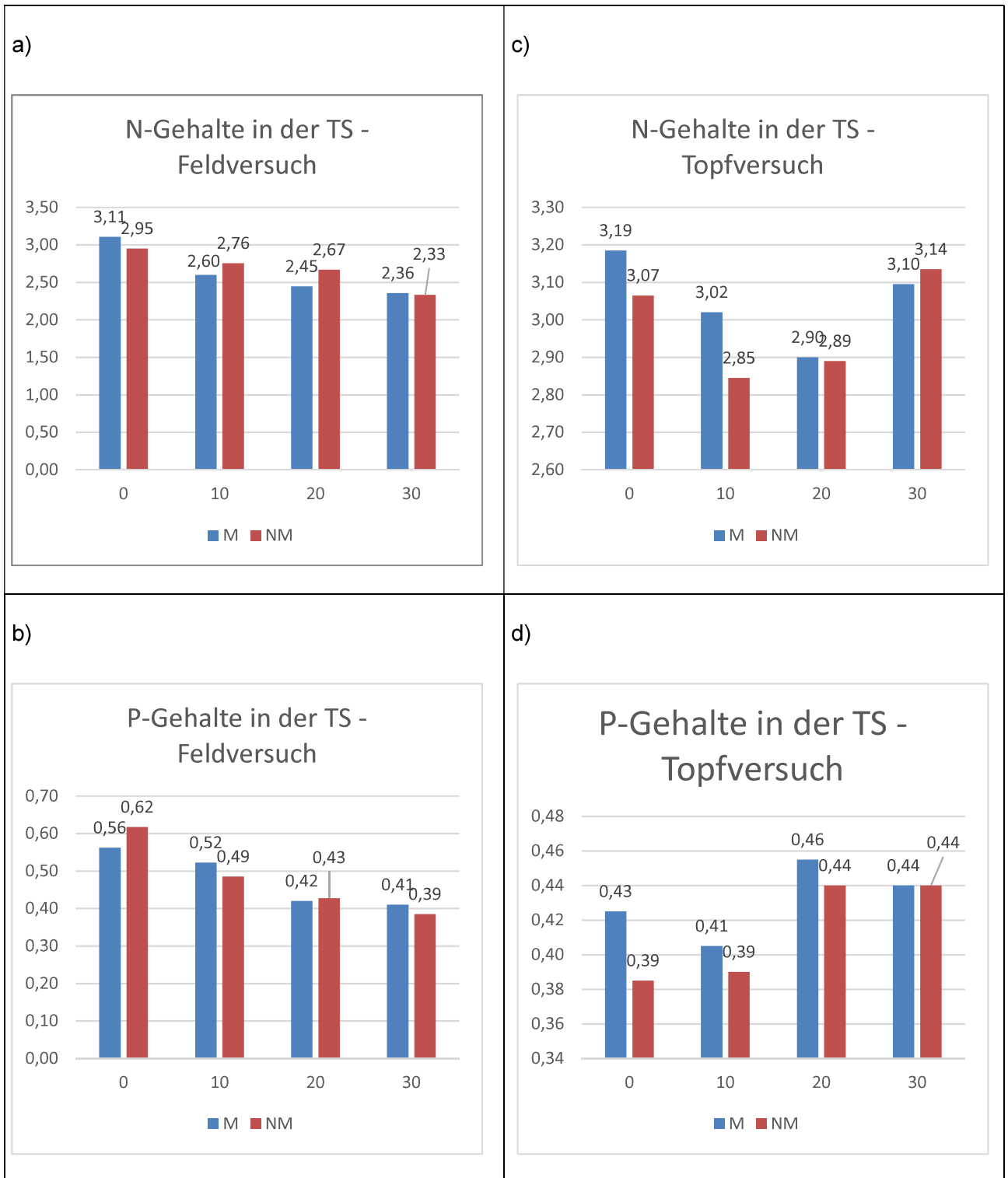


Abbildung 23: Nährstoffgehalte in der TS: a) Stickstoff im Feldversuch. b) Phosphor im Feldversuch. c) Stickstoff im Topfversuch. d) Phosphor im Topfversuch.

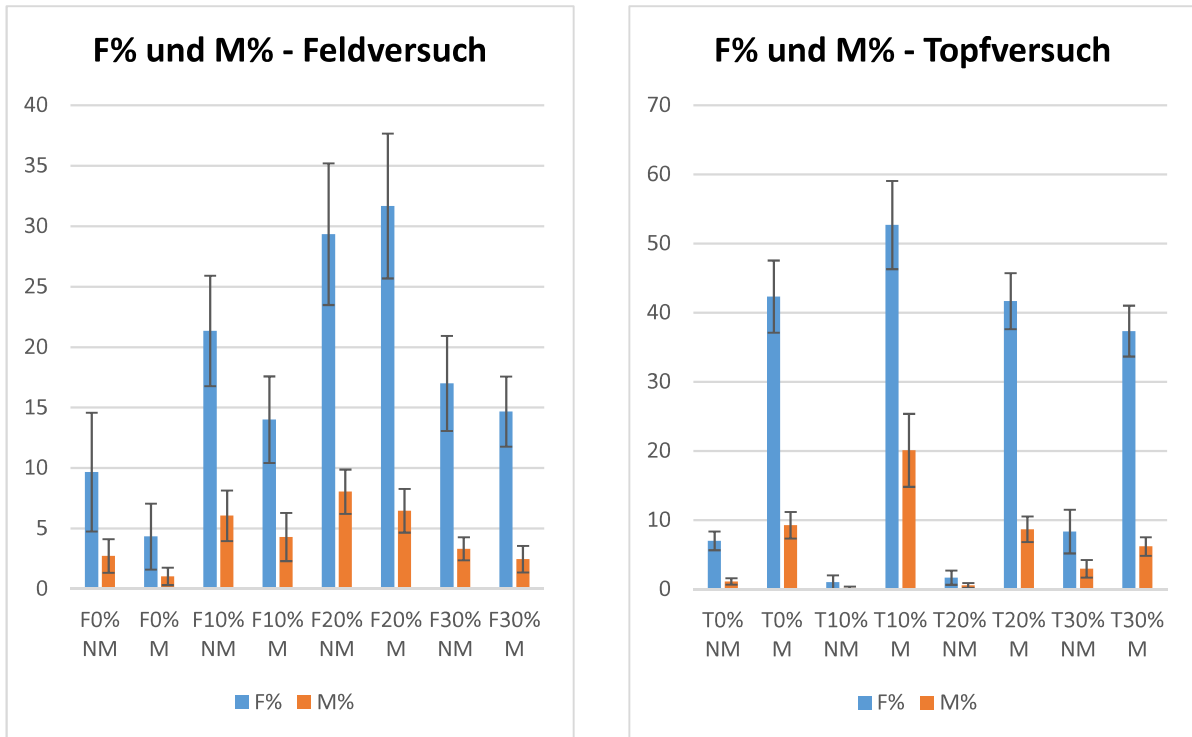


Abbildung 24: F% und M% im Feld- und Topfversuch.

2.4.1.2.6 V1001 Cordts

Der Versuch wurde am 31.08.2022 ausgesät. Dazu wurden fünf Streifen auf dem Feld angelegt. Die Breite beträgt 12 m und die Länge 600 m. Als Inokulum wurde INOQ Advantage 2 aus der Charge C-0162 mit 127.674.239 p/kg verwendet. Bei Einsatz von 35 g/ha sind insgesamt 4.468.568 p/ha ausgebracht worden. Als Trägermaterial kam Blähton mit einer Körnung von 0-2,5 mm zum Einsatz mit einer Aufwandmenge von 40 kg/ha.

Die Streifen wurden wie folgt angelegt: Mais Pro TR AMF/BAK Coating, Mais Pro TR ohne Behandlung, Mais Pro TR AMF Bodenbehandlung, Schwarzbrache, Luzernegras. Die Entnahme der Wurzelproben erfolgte am 28.11.23. Die Abbildung 25 zeigt die Mykorrhizierung. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten.

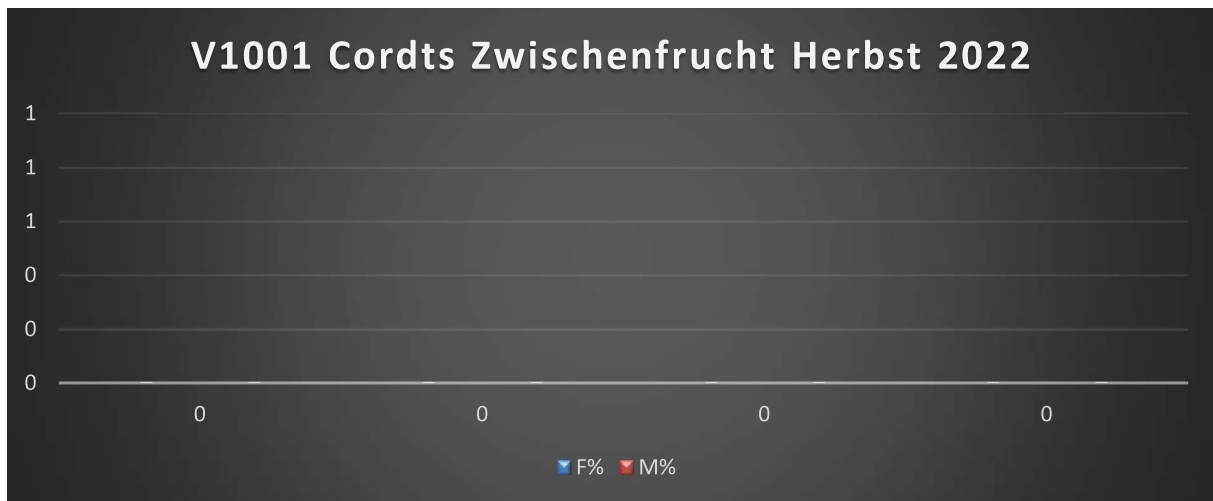


Abbildung 25: Ergebnisse der Wurzelmykorrhizierung im V1001 (Cordts).

2.4.1.2.7 V1002 Wollbrandt

Die Anlage von V1002 erfolgte wie in 2.4.1.2.6 beschrieben, nur auf einer konventionell bewirtschafteten Fläche. Die Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse der Wurzelanalysen: keine signifikanten Unterschiede und eine sehr geringe Mykorrhizierung.

Ob die geringe Mykorrhizierung aus den Kapiteln 2.4.1.2.6 und 2.4.1.2.7 an einem Standortfaktor scheiterte oder ob durch die verspätete Wurzelprobenentnahme die Mykorrhizierung sehr gering ist, kann hier nur vermutet werden.

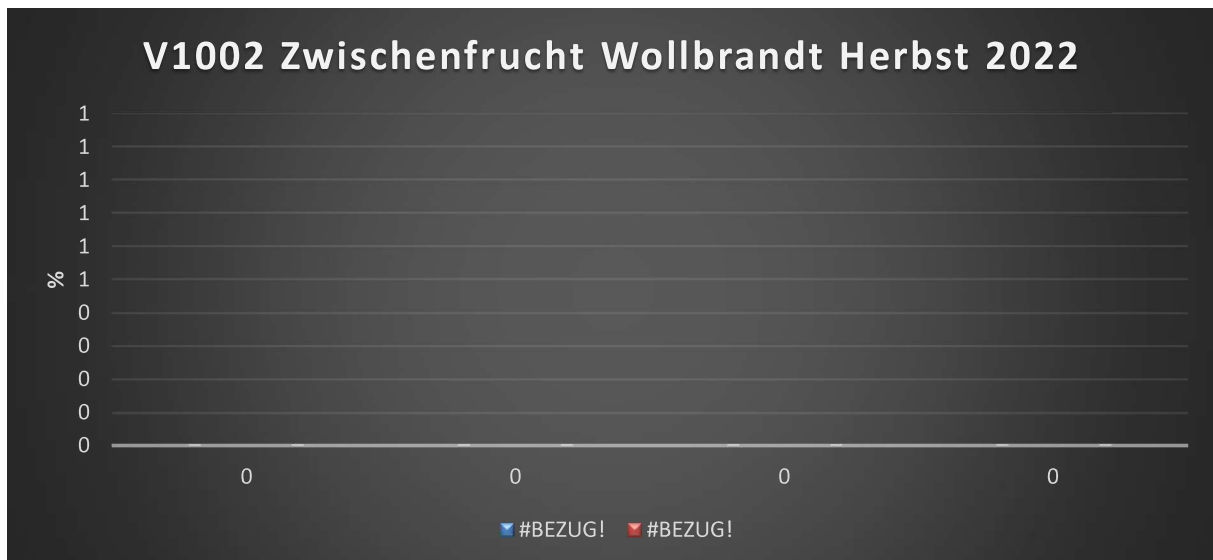


Abbildung 26: Ergebnisse der Wurzelmykorrhizierung im V1002 (Wollbrandt).

2.4.1.2.8 Diskussion für 21/22

Die A % Werte am Standort des IFP zeigten geringere Werte in den coatierten Maissaatgut Varianten. Es bestand die Vermutung, dass die Mykorrhiza durch den Prozess der Coatierung an Vitalität verliert. Die beiden nachfolgenden Versuche zeigten jedoch, dass die Varianten trotzdem sehr gute A-% Werte erreichten. Das Coating-Verfahren ist geeignet, um Mykorrhiza im Maisanbau auszubringen.

Der Anhang 17 zeigt die Mykorrhizaintensität über die drei Standorte. Die Standorte in Loitze und Waddewitz unterscheiden sich kaum. Signifikant höher ist der M %-Wert bei Cordts in Molden im Vergleich zum IFP und zu Wollbrandt.

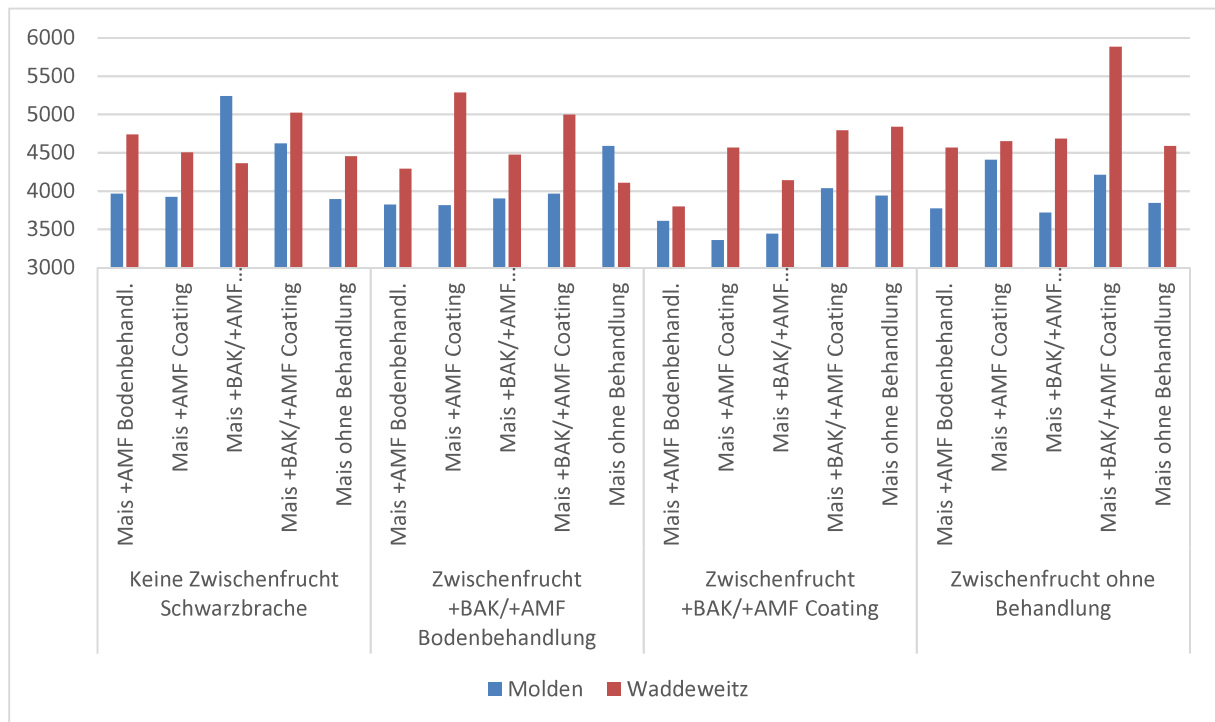
Die Anhang 18 zeigt den Verlauf der Besiedelungsintensität über die Vegetationsperiode. Beim IFP in Loitze und bei Cordts in Molden steigt die Intensität von Probenahme zu Probenahme an. Unter den konventionellen Bedingungen sinkt die Intensität ab.

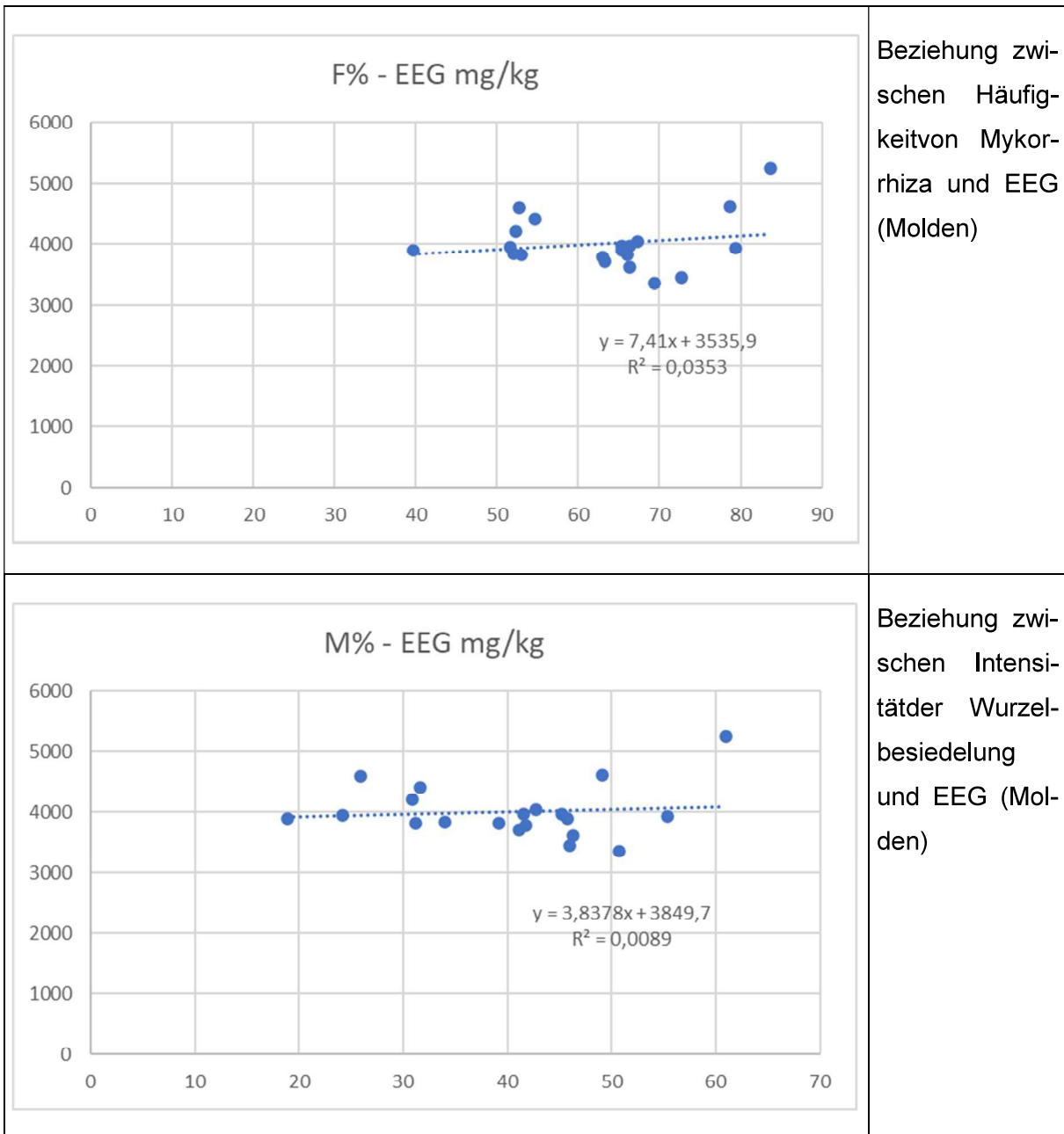
Die Interpretation dieses Verlaufes könnte mit der Begrenzung vom Nährstoffangebot bei den biologischen Bedingungen in Loitze und in Molden sein. Die Pflanzen haben über die Vegetation alle verfügbaren Nährstoffe aufgenommen. Draus entsteht eine Mangelsituation in der Pflanze bei gleichbleibender Nährstoffaufnahme. Diese Stresssituation der Pflanzen könnte die Mykorrhizaausbildung gefördert haben. Unter den konventionellen Bedingungen war die Mykorrhizierung zu Beginn am höchsten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das könnte daran liegen, dass die Jungpflanzen durch z.B. den frühen Herbizideinsatz gestresst waren und daher ein intensiveres Mykorrhizawachstum stattfand. Eben dieser Herbizideinsatz könnte über die Vegetation durch den Wirkstoff an sich oder durch Metaboliten zu einer Reduktion der Mykorrhiza geführt haben. Weiterhin ist das Nährstoffangebot größer und aufgrund des besseren Standortes ist die Nährstoffnachlieferung sowie Wasserverfügbarkeit höher als auf den beiden biologische bewirtschafteten Standorten. Daraus resultiert, dass keine nährstoffbedingte Mangelsituation über die Vegetation auftritt und daher die Pflanze die Symbiose nur zu geringen Maß zulassen bzw. benötigen.

2.4.1.3 Analyse der Glomalinfraction

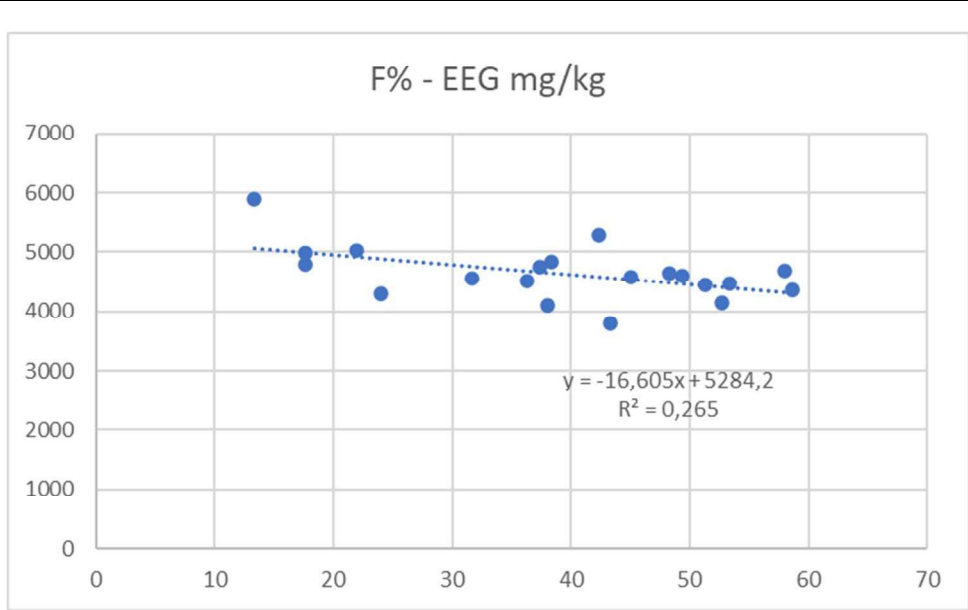
Die Analyse der Glomalinfraction der beiden Standorte Molden und Waddewitz zeigt wie in dem vorherigen Versuchsjahr höhere Werte EEG in mg/kg an (easily extractable Glomalin). Die Ergebnisse der Analyse ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Es fällt auf, dass in Waddewitz bis auf in 2 Fällen mehr EEG nachgewiesen werden konnte als in Molden. Um zu prüfen, wie sehr der Glomalingehalt mit der Mykorrhizierung zusammenhängt, wurden die Ergebnisse der Wurzelanalysen mit den Ergebnissen der Glomalinbeprobung verknüpft und eine Lineare Regression durchgeführt. Für den Standort in Molden (biologische Landwirtschaft) ergab sich, dass weder zwischen den Parametern F% (Häufigkeit der Mykorrhiza) noch M% (Intensität der Wurzelbesiedelung) eine Korrelation zur Menge an EEG mg/kg besteht.

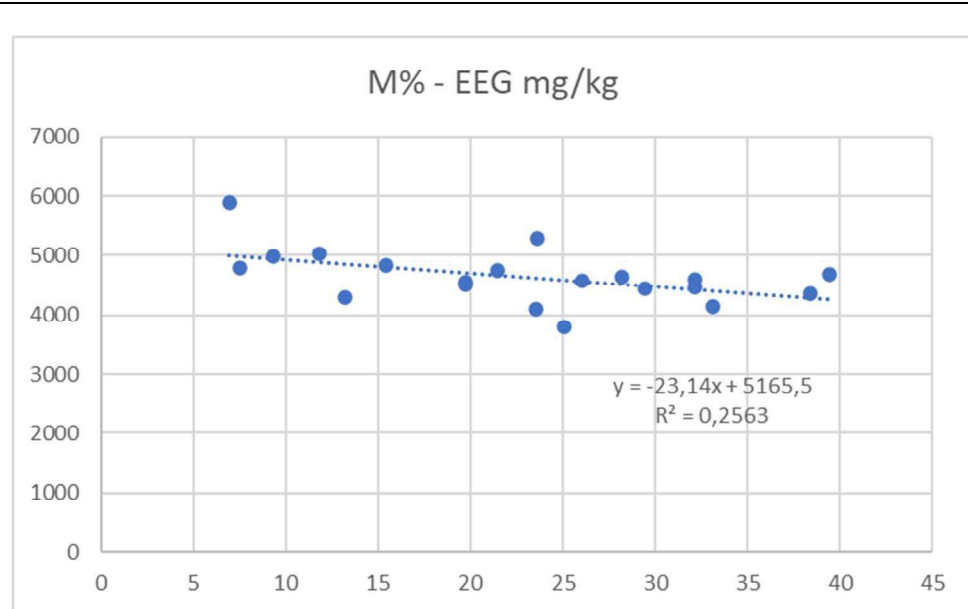




Für den Standort Waddeweitz konnten höhere Werte EEG festgestellt werden. Aber auch hier zeigt die Lineare Regression keinen starken Zusammenhang zwischen der Häufigkeit und der Intensität der Mykorrhiza. Die Tendenz ist sogar eher entgegen der Erwartung. Es zeigt sich, dass mit steigender Mykorrhiza Häufigkeit und -Intensität die EEG Gehalte abnehmen.



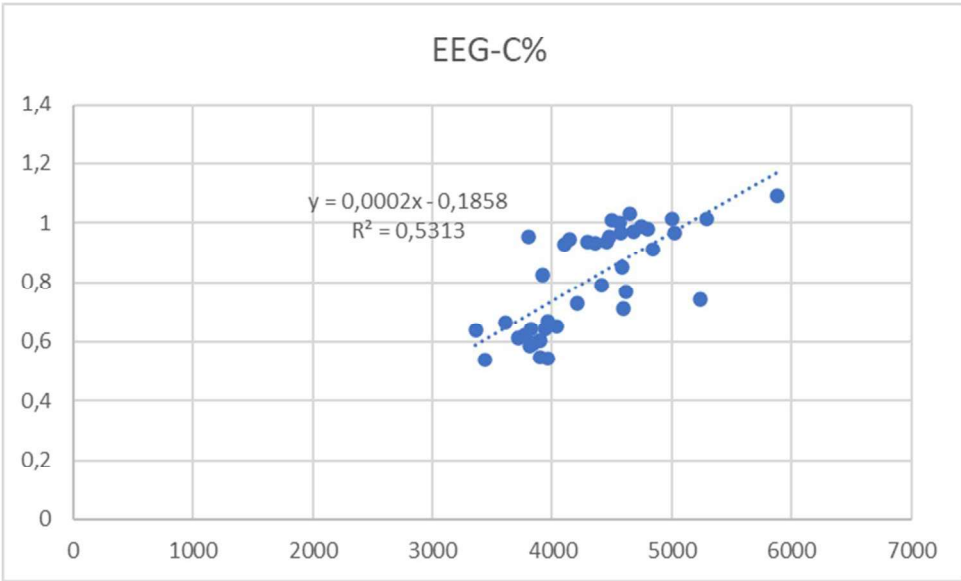
Beziehung zwischen Häufigkeit von Mykorrhiza und EEG (Waddeweit)



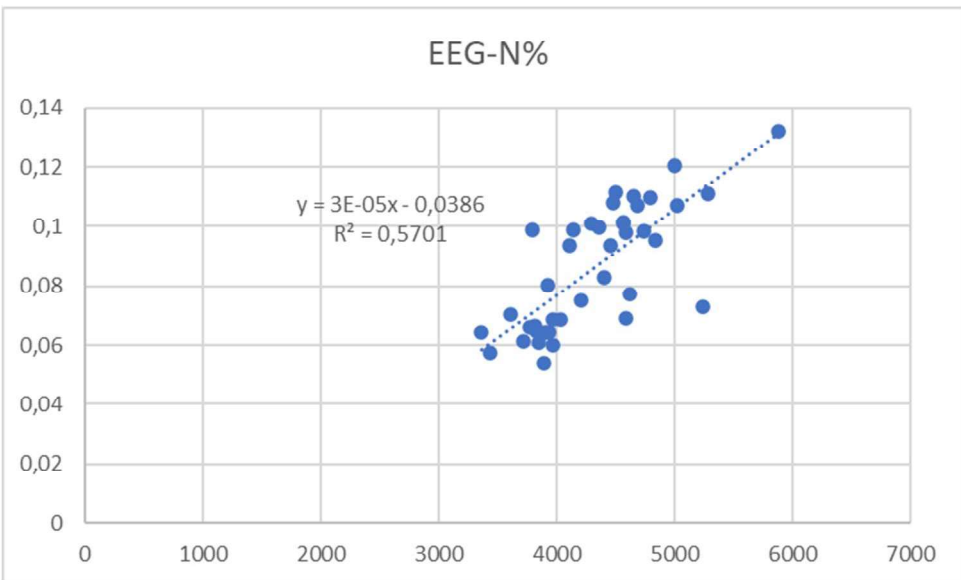
Beziehung zwischen Intensität der Wurzelbesiedelung und EEG (Waddeweit)

Werden aber die Glomalin Gehalte mit den C% und den N% Gehalten der Proben in Verbindung gebracht, zeigt sich ein starker Zusammenhang zwischen dem Glomalin- und den C- und N- Gehalten der Proben.

Dass C% und N% einen starken Zusammenhang zu den EEG-Ergebnissen besitzen, in Verbindung mit der Erkenntnis, dass die Häufigkeit und Intensität der Mykorrhiza keinen Einfluss auf die EEG Gehalte hat, legt die Vermutung nahe, dass die Methode der Glomalinbeprobung nicht nur Glomalin erfasst.



Zusammenhang EEG und C% (beide Standorte)



Zusammenhang EEG und N% (beide Standorte)

Diese Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen von Irving *et al.* (2021), auf die schon im Zwischenbericht hingewiesen worden ist. Entgegen den Darstellungen in den zu den Projektplanungen vorliegenden Veröffentlichungen zeigen diese Autoren, dass die Analysevorschriften methodische Schwächen aufweisen, sodass ein Vielzahl von höher und hochmolekularen Substanzen erfasst werden.

Irving, T.B., Burcu Alptekin, Bailey Kleven, Jean-Michel Ané (2021): A critical review of 25 years of glomalin research: a better mechanical understanding and robust quantification techniques are required. *New Phytologist* Volume 232, Issue 4 1572-1581

2.4.1.4 Versuche der DSV AG

2.4.1.4.1 Verschiedene Zwischenfrüchte

Der Verlust von Nährstoffen aus landwirtschaftlichen Böden kann zu Umweltproblemen und Verstößen gegen das Umweltrecht führen. Werden Zwischenfrüchte in der Fruchtfolge verwendet, dann kann die Auswaschung von Nährstoffen aus dem Boden in vielen Fällen gemindert oder sogar verhindert werden. Der Anbau von Zwischenfrüchten kann auch andere Eigenschaften des Bodens in Bezug auf Qualität und biologische Aktivität verbessern. Ziel dieses Versuchs war es, diese Vorteile zu erforschen, indem brachliegende Teilstücke mit denen einer einzelnen Zwischenfrucht (Senf) und den Teilflächen von zwei komplexen Zwischenfruchtmischungen, TerraLife-FutterGreen und TerraLife-MaisPro TR, auf einer landwirtschaftlichen Fläche in 27330 Asendorf, Niedersachsen verglichen wurden. Beide Zwischenfruchtmischungen sind kommerzielle Produkte und werden von der DSV bereitgestellt.

Senf ist eine häufig verwendete Zwischenfrucht, da er sehr preiswert ist, schnell wächst und Unkraut unterdrückt. Außerdem kann Senf als Biofumid dienen, das Verbindungen freisetzt, die zur Unterdrückung von Schädlingen und Krankheiten im Boden beitragen können. Senf kann wie andere Zwischenfrüchte die organische Substanz im Boden erhöhen und den Nährstoffkreislauf verbessern und so die Bodengesundheit und die Ernteerträge steigern. Senf gehört wie alle Brassicaceae nicht zu den Mykorrhiza-Wirten. Bedingt durch die Wurzelexudate wird beobachtet, dass Senf die Biodiversität der Mikroorganismen im Boden verringert.

TerraLife®-Mischungen durchwurzeln den Boden intensiv und erhöhen so nachweislich die mikrobielle Aktivität (Gentsch et al., 2018). Dadurch sind die Nährstoffe besser zugänglich und auch das Speichervolumen des Bodens erhöht sich. Durch die verbesserten Bodenverhältnisse kann die Hauptfrucht den Boden besser durchwurzeln und somit die Nährstoffe besser erreichen. Nährstoffe, die aus einer Vorfrucht stammen, wie TerraLife®, sind bereits dort, wo die Pflanze sie braucht: an den Wurzeln und sind somit leicht verfügbar. TerraLife®-Mischungen sind so zusammengestellt, dass ihr C:N-Verhältnis mit ca. 12:1 relativ eng ist und nahe an dem der Mikroorganismen (ca. 7:1) und dem des Bodens (ca. 10:1) liegt (Magdoff, Harold,

2009). Dadurch erfolgt die Mineralisierung und damit die Abgabe von Stickstoff aus TerraLife®-Mischungen nicht schlagartig, sondern kontinuierlich an die Folgekultur. Das macht die Nutzung des Nährstoffs äußerst effizient.

FutterGreen enthält 7 Pflanzenarten, von denen 5 aus der Familie der Hülsenfrüchte wie Klee und Erbse stammen (59,5 % des gesamten Trockengewichts). Der Rest der Mischung besteht aus einer Graminee (*Lolium multiflorum*).

MaisPro TR ist eine Mischung aus 19 verschiedenen Pflanzenarten, davon 10 Leguminosenarten, darunter Klee, Wicke und Erbse (41 % des Trockengewichts) sowie Roggen, Öllein, Sorghum und Sonnenblume. Die Ergebnisse des CATCHY-Forschungsprojekts zeigen, dass die Hauptkultur durch artenreiche Zwischenfruchtmischungen besser mit Nährstoffen versorgt wird. Dabei schafft es die artenreiche Mischung TerraLife®-MaisPro TR Greening, 60 kg N/ha zu speichern. Diesen Effekt können Landwirte gezielt nutzen, um Lücken in der Nährstoffversorgung zu schließen, vor allem in roten Gebieten. Im Vergleich zu Senf oder einfachen Vier-Komponenten-Mischungen lieferte die TerraLife®-Mischung 20 kg N/ha mehr (insgesamt 60 kg N/ha). Dies gilt auch für die wichtigen Nährstoffe Kalium (+ 27 kg/ha) und Phosphor (+ 2,5 kg P/ha) im Vergleich zu Reinsaaten und artenarmen Mischungen. Das Nährstoffpotenzial des Bodens gewinnt immer mehr an Bedeutung: Die im Boden vorhandenen Nährstoffe müssen effektiver genutzt und zur Versorgung der Pflanzen mobilisiert werden.

Optimierung der Saatgutbehandlung

Eine der Aufgaben der DSV war es, die Saatgutbeschichtung so zu optimieren, dass eine gute Anhaftung der Mykorrhiza und der Bakterien sowie die Kombination beider am Saatgut erreicht wird. Für die Zwischenfruchtmischung wurden verschiedene Beschichtungsmaterialien auf die Pannonische Wicke (*Vicia pannonica*), den Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*), die Phacelia (*Phacelia tannacetifolia*), das Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*) und den Weißen Senf (*Sinapis alba*) erprobt. Das behandelte Saatgut wurde einer visuellen Bewertung und einem Staubtest (Kontrolle der Beschichtung) unterzogen. Erfolgreich behandeltes Saatgut wird anschließend auch auf die Keimung und den Feldaufgang untersucht. Die besten Varianten wurden für Zwischenfruchtbehandlungen verwendet und in Asendorf (DSV), Loitze (IFP) und bei den Landwirten zur Aussaat gebracht.

Aufgrund der Bedeutung der Inokulation von Mais lag der Schwerpunkt der Optimierung der Saatgutbeschichtung auf der Suche nach der am besten geeigneten Beschichtungsrezeptur für Mais. Die besten Beschichtungsrezepturen aus mehreren Meilensteinen wurden bewertet und in ihrer Leistung verglichen (Tabelle 1). Diese Saatgutbeschichtungen wurden auf ihre

Keimrate (auf Filterpapier), ihre Feldaufaufrate (im Boden), Wuchshöhe, Biomasseproduktion und physikalische Eigenschaften wie Fließfähigkeit und Staubtest geprüft.

Im Allgemeinen verringerte die Beschichtung die Fließfähigkeit der Samen. Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Beschichtungsrezepten. Die Verringerung war bei Filmbeschichtungen gering (6-30 %) und bei der Saatgutinkrustierung, die PP oder PP + Calcit kombinieren, deutlich stärker (21-46 %). Beschichtetes Saatgut mit PP hatte eine bessere Fließfähigkeit als PP + Calcit. Calcit bildet Mikrokanäle auf der Oberfläche, die die Fließfähigkeit des Saatguts verringern. Aufgrund der Mikrokanäle hatte das Saatgut mit PP und Calcit eine höhere Keimungsrate als die anderen Beschichtungen, auch höher als die Kontrolle.

Behandlungen mit höherem Auflaufverhältnis erreichten bessere Werte bei der Wuchshöhe und der Biomasseproduktion. Bei den Behandlungen mit Filmbeschichtung lagen die Werte für Aufgang und Wachstum näher an denen der Kontrolle. Trotz der höheren Keimrate von PP + Calcit-Beschichtungen auf dem Filterpapier war der Aufgang geringer als bei Beschichtungen mit PP. Der Unterschied zwischen der Keimungsrate auf Filterpapier und Erde verdeutlicht den Einfluss des Mediums auf die Beschichtungsleistung. Aufgrund dieser Tatsache wurde beschlossen, ausgewählte Beschichtungen auch im Feldversuch unter natürlichen Wachstumsbedingungen zu prüfen.

Tabelle 1: Liste der Mais-Saatgutbehandlungen im Feldversuch und die entsprechenden Meilensteine.

Nummer	Name	Meilenstein
1	No coating/Inoculum/additives	Control
2	BAK film coating	MS2.5
3	AMF film coating	MS2.7
4	AMF film coating + Nutrient 1	MS2.7
5	AMF film coating + BAK	MS2.7
6	AMF film coating + BAK + Nutrient 1	MS2.7
7	PP no inoculum no additive	MS2.7
8	PP + AMF	MS2.5
9	PP + AMF + Nutrient 1	MS2.6
10	PP + AMF + BAK	MS2.5
11	PP + AMF + BAK + Nutrient 1	MS2.6
12	PP + Calcite no Inoculum	MS2.7
13	PP + Calcite + AMF	MS2.7
14	PP + Calcite + AMF + Nutrient 1	MS2.7
15	PP + Calcite + AMF + BAK	MS2.7
16	PP + Calcite + AMF + BAK + Nutrient 1	MS2.7

Der Mais wurde am 3. Juni 2022 ausgesät, und die Sämlinge gingen am 10. Juni 2022 auf. Während im (kühlen) Jahr 2021 die Parzellen mit beschichtetem Saatgut langsamer keimten, gab es im Versuch 2022 keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Auflaufen von behandeltem Saatgut und Kontrollparzellen. Wahrscheinlich förderten die wärmeren Temperaturen im Juni die Keimung aller Behandlungen einschließlich der beschichteten Samen. Dies zeigt, dass die bisher entwickelten Saatgutbeschichtungen im Vergleich zu unbeschichtetem Saatgut empfindlicher auf suboptimale Temperaturen reagieren.

Von jeder Parzelle wurden drei Mais-Pflanzen beerntet und die Wurzeln zur Bewertung der Mycorrhiza-Besiedlung an das IFP-Labor geschickt. Alle inokulierten Saatgutbeschichtungen erhöhen die Häufigkeit und Intensität der Mykorrhizierung in den Maiswurzeln nach 10 Wochen

des Anbaus (Abbildung 27 und Abbildung 28). Beschichtungen mit einer Kombination aus PP und Calcit hatten im Allgemeinen eine höhere Mykorrhizierung als Beschichtungen mit PP und Filmbeschichtung. Die Kombination von AMF und Bakterien (BAK) oder AMF und Nährstoff verbesserte ebenfalls die Mykorrhiza-Besiedlung. Das bedeutet, dass die Zusammenarbeit von AMF und BAK zu einer besseren Symbiose für AMF führen könnte, und dieser Effekt kann offensichtlich teilweise durch die Zugabe von Nährstoffen zur Beschichtungsrezeptur kompensiert werden. Interessanterweise wiesen Beschichtungen mit Masseaufbau ohne Inokulation (mit PP oder PP + Calcite) eine höhere Besiedlungsrate auf als die Kontrolle ohne Behandlung.

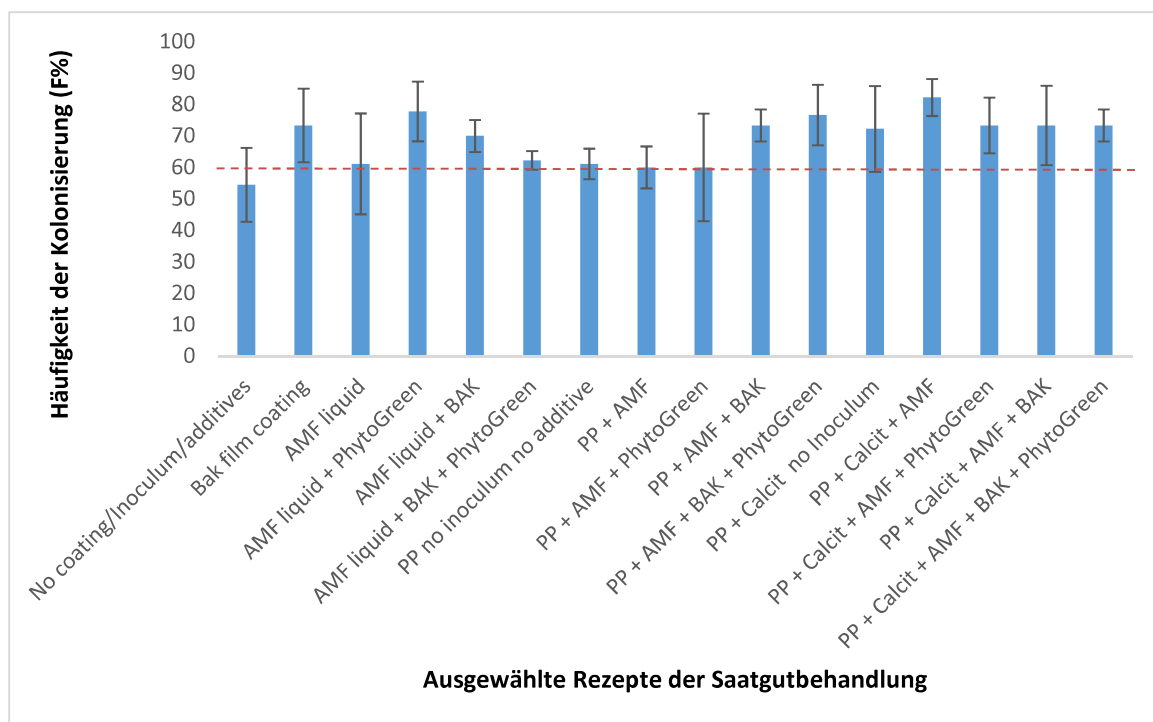


Abbildung 27: Häufigkeit der Mykorrhizabesiedlung des Maiswurzelsystems bei unterschiedlichen Saatgutbehandlungen.

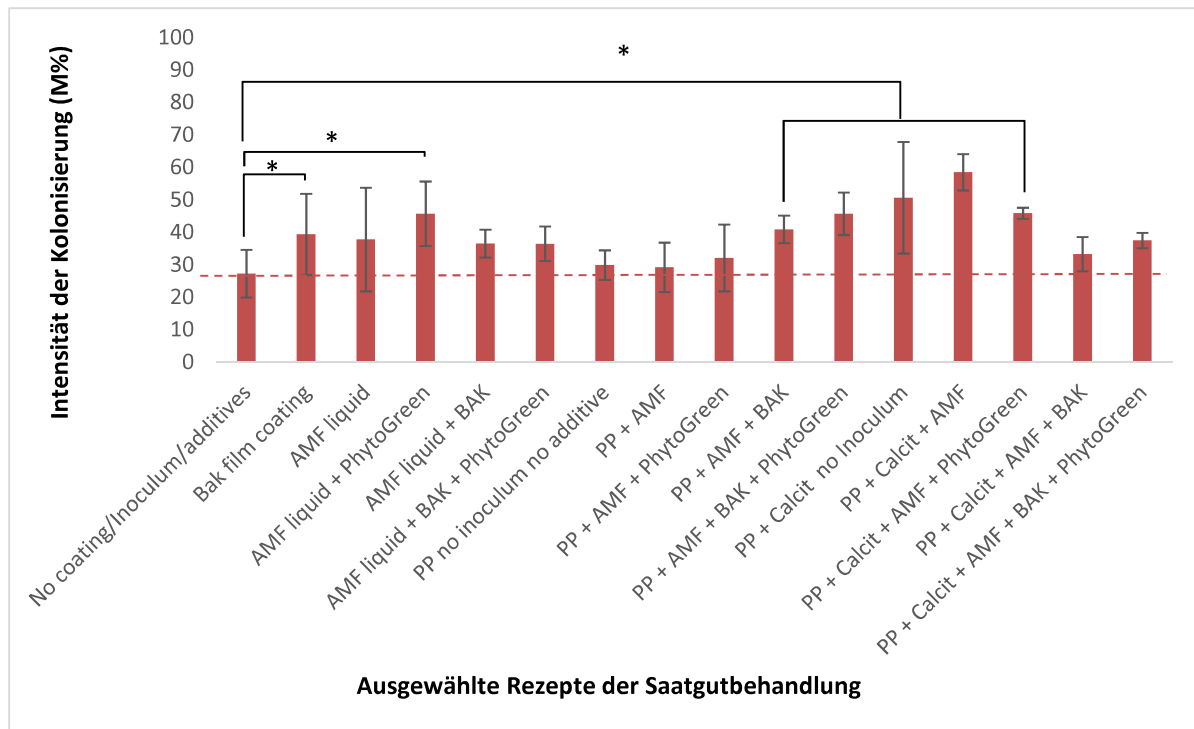


Abbildung 28: Intensität der Mykorrhizabesiedlung des Maiswurzelsystems bei unterschiedlichen Saatgutbehandlungen.

2.4.1.4.2 Versuch 2020/2021

Das Ziel des ersten Versuchsjahres in DSV war der Vergleich der Wirksamkeit zweier Faktoren: 1. verschiedene Zwischenfrüchte und 2. verschiedene mikrobielle Inokulationen auf das Wachstum und die Ertragsbildung von Mais. Zu diesem Zweck wurde im August 2020 ein Split-Plot-Versuch mit 10 verschiedenen Zwischenfrucht-Behandlungen durchgeführt, darunter 3 Zwischenfrüchte wie MaisPro TR, FutterGreen und Senf sowie 3 Methoden der Inokulation: ohne Inokulation, Bodenbehandlung und Saatgutbehandlung. Eine Parzelle wurde als Brache ohne Einsaat belassen (Abbildung 29).

a



b

MaisPro TR	FutterGreen	Senf	FutterGreen Saatgutbehandlung	Brache
MaisPro TR Bodenbehandlung	FutterGreen Bodenbehandlung	Senf Bodenbehandlung	MaisPro TR Saatgutbehandlung	Senf Saatgutbehandlung

Abbildung 29: a) Übersicht Feldplanung Zwischenfruchtaussaat in Asendorf auf der Fläche B2 im Jahr 2020/2021. b) Zwischenfruchtbehandlungen und ihre Position im Verhältnis zueinander auf dem Feld.

2.4.1.4.3 Mykorrhiza-Besiedlung verschiedener Zwischenfrüchte

Der F%-Wert ist die Häufigkeit der Mykorrhiza-Entwicklung. Er entspricht dem prozentualen Anteil der Wurzelfragmente, die Mykorrhiza enthalten, und gibt mehr oder weniger den prozentualen Anteil der Einwirkung (Kontakt) der AMF auf die Wurzel an. F% kann nicht mit der Funktion des AMF in Verbindung gebracht werden, da er sich nur auf den Wurzelkontakt, nicht aber auf den Austausch zwischen den Partnern bezieht. Der M% ist die Intensität der Besiedlung durch AMF im Inneren der Wurzel. In solchen Fällen mit hohem F% (also zahlreichen Pilzkontakten) und niedrigem M% bedeutet dies, dass man sich in einer frühen Phase des Pilzlebens befindet oder dass die Pflanze aus bestimmten Gründen - wie z. B. Pflanzengentyp, Umweltbedingungen, Reaktion auf den Nährstoffgehalt des Bodens oder Dünger usw. – abwehrend gegen eine Mykorrhiza-Besiedlung ist. Dies ist der wichtigste Parameter, da er den intraradikalen Teilen entspricht, die alle Pilzstrukturen (Bläschen/Sporen, Arbuskeln und intraradikales Myzel) berücksichtigen, und daher auch mehr mit der Mykorrhizafunktion als Ganzes

zu tun hat. Der A%-Wert, der der Häufigkeit von Arbuskeln innerhalb des gesamten Wurzelsystems entspricht (er wird unter Berücksichtigung aller Wurzelfragmente, ob besiedelt oder nicht, berechnet).

Die statistische Analyse der Besiedlungsergebnisse von MaisPro TR und FutterGreen zeigte, dass eine Zwischenfrucht einen signifikant positiven Einfluss auf die Besiedlung haben kann. Die höchsten Pilzparameter wurden bei der unbehandelten Futtergreen-Pflanze festgestellt, die niedrigsten Werte bei der Futtergreen-Bodenbehandlung. Diese beiden Bedingungen sind die einzigen, die bei allen Parametern signifikante Unterschiede aufweisen. Die unter den anderen Bedingungen erzielten Werte liegen dazwischen und unterscheiden sich nicht signifikant (Abbildung 30). Daher gibt es keinen Einfluss der geprüften Bedingungen auf den Faktor MaisPro TR. Die Anwendung einer Bodenbehandlung im Rahmen des Faktors FutterGreen hemmt die Mykorrhizabesiedlung signifikant. Die Anwendung der Saatgutbehandlung innerhalb des Faktors FutterGreen unterscheidet sich nicht signifikant von den anderen FutterGreen-Bedingungen (Kontrolle oder Bodenbehandlung). Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den jeweiligen Testbedingungen, zwischen dem Faktor MaisPro TR und Futtergreen festgestellt. Die Mykorrhiza-Entwicklung ist sehr gering (bezogen auf M% den wichtigsten Parameter für die Pilzbesiedlung).

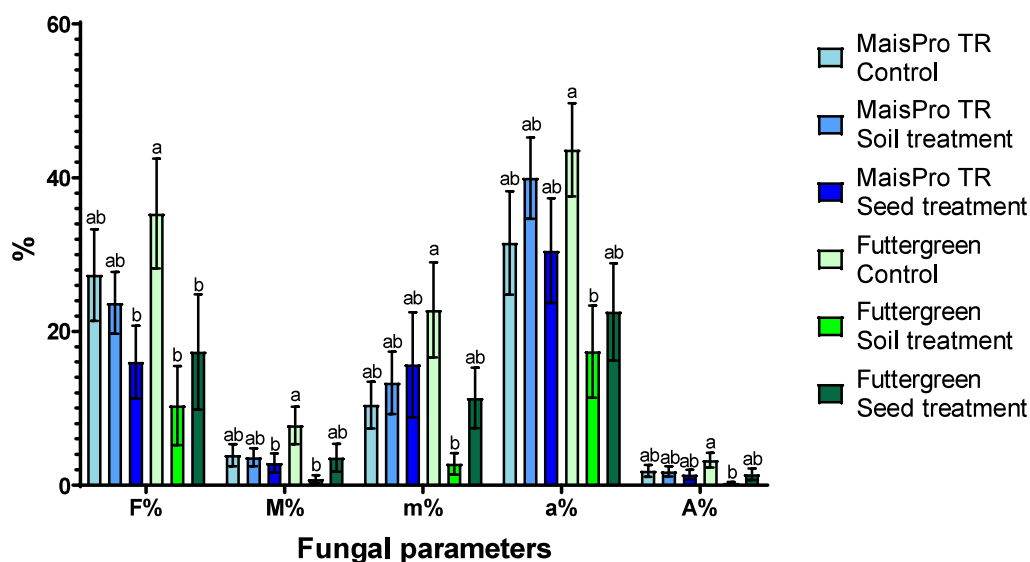


Abbildung 30: Zwischenfruchtmykorrhiza, Asendorf, 2020; Alle Pilzparameter wurden unabhängig voneinander statisch untersucht (ANOVA one way, Duncan post hoc, alpha 0,05). Mittelwerte (n=10), die einen oder mehrere Buchstaben gemeinsam haben, sind nicht signifikant

Die Signifikanz des Effekts der Zwischenfrucht auf die Besiedlung bedeutet, dass die verschiedenen Zwischenfruchtbehandlungen den arbuskulären Mykorrhizapilzen verschiedene Möglichkeiten zur Besiedlung der Pflanzenwurzeln boten.

Im April 2021 wurden 9 verschiedene Maisbehandlungen auf jeder Zwischenfruchtparzelle mit 3 Wiederholungen gesät. Die Tabelle 2 zeigt die verschiedenen Maisbehandlungen. Von BBCH 12-16 wurden regelmäßige Feldbeurteilungen durchgeführt, um die möglichen Unterschiede zwischen den Parzellen in den frühen Wachstumsstadien zu beobachten.

Tabelle 2: Übersicht über die Maisbehandlungen und die Art der Anwendung der einzelnen Behandlungen.

No.	Saatgut	Inokulum	Behandlung	Behandlungsmethode
1	Mais	-	-	Ohne Behandlung
2	Mais	AMF	Saatgutbehandlung	Seed coating (Inkrustation)
3	Mais	BAK	Saatgutbehandlung	Seed coating (Film coating)
4	Mais	BAK rif	Saatgutbehandlung	Seed coating (Film coating)
5	Mais	AMF + BAK	Saatgutbehandlung	Seed coating (Inkrustation)
6	Mais	AMF + BAK rif	Saatgutbehandlung	Seed coating (Inkrustation)
7	Mais	AMF	Bodenbehandlung	Bei der Maisaussaat in den Boden einbringen
8	Mais	BAK	Bodenbehandlung	Sprühen auf den Keimling
9	Mais	AMF+ BAK	Bodenbehandlung	Mykorrhiza-Inokulum wurde in den Boden gesät und Bakterien auf die Keimling aufgebracht

Die Parzellen wurden hinsichtlich der Biomasseproduktion, der Wuchshöhe und des Pflanzenaufganges in verschiedenen phänologischen Entwicklungsstadien der Pflanzen bewertet. Außerdem wurde 12 Wochen nach der Keimung die Mykorrhiza-Wurzelbesiedlung gemessen.

Am Ende der Wachstumssaison wurden Ganzpflanzen beerntet und der Frischmasseertrag sowie der Trockenmasseertrag wurden berechnet.

Wachstumsparameter von Mais

Maispflanzen mit Saatgutbeschichtung mit Masseaufbau hatten im Vergleich zu den anderen Behandlungen in diesem sehr nassen und kalten Frühjahr die langsamste Keimung und Entwicklung sowie die niedrigste Auflauftrate. Diese Auswirkung war zu Beginn des Wachstums deutlicher zu erkennen, erst allmählich konnten diese Varianten zu den anderen Behandlungen aufschließen (DSV-Zwischenbericht 4). Die Ergebnisse zeigten, dass die Wuchshöhe die engste Korrelation mit der Pflanzenbiomasseproduktion aufweist, verglichen mit anderen Wachstumsparametern, wie die frühe Entwicklung oder die Auflauftrate.

Die Wuchshöhe von Maispflanzen nach inokulierten Zwischenfrüchten war höher als bei nicht inokulierten Zwischenfrüchten, aber nicht höher als bei der Brache. Die Wuchshöhe wies für jede Zwischenfrucht eine konstant ansteigende Trendlinie auf; nicht geimpft < Zwischenfrucht-Saatgutbehandlung < Zwischenfrucht-Bodenbehandlung. Die Auflauftrate folgt nicht demselben Trend wie die Wuchshöhe. MaisPro TR-Saatgutbehandlung, FutterGreen-Saatgutbehandlung und Senf-Saatgutbehandlung wiesen die niedrigste Auflauftrate auf. Innerhalb der Inokulationsbehandlungen verringerten AMF, AMF+BAK und AMF+BAKrif die Auflauftrate drastisch (Abbildung 31).

Produktion von Mais-Biomasse (Ertrag)

In Asendorf wurden die gesamten oberirdischen Pflanzenteile beerntet und es wurde der Trockensubstanzgehalt (DC%), der Frischmasseertrag (FH%) und der Trockenmasseertrag (DH%) berechnet. Die Ergebnisse zeigten, dass der Trockensubstanzgehalt (DC %) nach allen Zwischenfrüchten mehr oder weniger gleich war. Mais Pro wirkte sich deutlich positiv auf den Trockenmasseertrag (103,5 % im Vergleich zur Brache) und den Frischmasseertrag (104 % im Vergleich zur Brache) aus. Die höchsten Werte wiesen jedoch die Maiserträge nach Forage Green mit 106,1 % beim Trockenmasseertrag und 106,3 % beim Frischmasseertrag auf. Senf wies die gleichen Erträge wie die Brache auf (Tabelle 3).

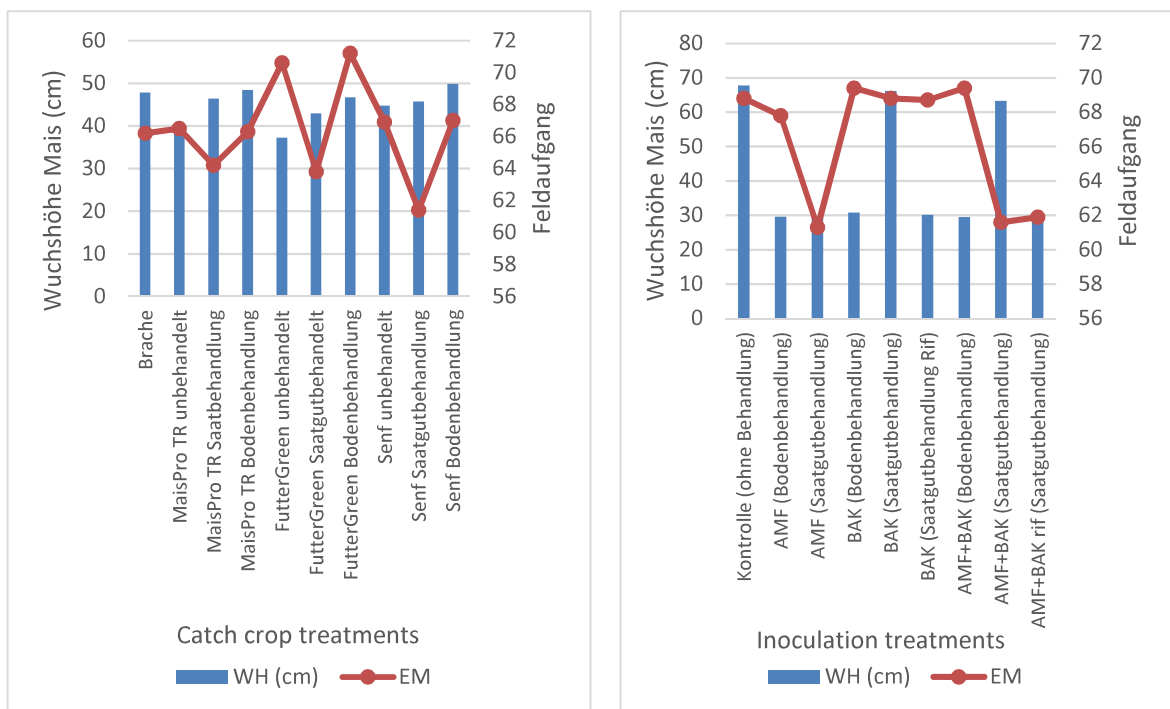


Abbildung 31: Wuchshöhe (WH) und Feldaufgang (EM) von Maispflanzen nach verschiedenen Zwischenfrucht- und Inokulationsbehandlungen.

Tabelle 3: Der Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf den Mais-Trockenmasseertrag (DH), Frischmasseertrag (FH) und Trockenmassegehalt im BioSeed-Versuch in A-sendorf 2021.

Behandlung	DH (%)	FH (%)	DC (%)
Brache (Check)	100,0	100,0	39,4
MaisPro TR	103,5	104,0	39,2
FutterGreen	106,1	106,3	39,3
Senf	99,6	100,1	39,2
GRAND MEAN	18,6 t/ha	47,4 t/ha	39,2 %

Die Zweiwege-ANOVA der Erntedaten zeigte eine signifikante Auswirkung des Zwischenfruchtanbaus und der Maisbehandlungen auf die Frisch- und Trockenmasse (t/ha) von Mais. Beim Trockensubstanzgehalt hatten jedoch nur die Zwischenfruchtbehandlungen einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse. Der Frischmasseertrag (t/ha) und der Trockenmasseertrag (t/ha) nahmen bei allen Zwischenfrüchten zu, außer bei der Behandlung mit Senfsaat.

Der Maisertrag nach Brache betrug 18,1 t/ha mit einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 39,4 %. Mais nach MaisPro TR wies bei allen Behandlungen höhere Trockenmasseerträge auf, wobei Mais nach MaisPro TR ohne jegliche Behandlung (18,9 t/ha) zusammen mit der Saatgutbehandlung (19,0 t/ha) höhere Erträge als die Bodenbehandlung (18,3 t/ha) aufwies.

Nach der FutterGreen-Zwischenfruchtmischung wies der Mais bei allen Behandlungen deutlich höhere Erträge auf. Die niedrigsten Erträge wurden bei Mais nach FutterGreen ohne Behandlung erzielt (18,8 t/ha). Höhere Erträge wurden bei Mais nach FutterGreen mit Saatgutbehandlung (19,2 t/ha) und die höchsten Erträge bei Mais nach FutterGreen mit Bodenbehandlung (19,6 t/ha) erzielt.

Nach Senf waren die Maiserträge bei allen Behandlungen niedriger als nach FutterGreen. Senf ohne Behandlung zeigte mit 18,0 t/ha das gleiche Ergebnis wie die Brache. Nach Saatgutbehandlung waren die Ergebnisse niedriger (17,6 t/ha), nach Bodenbehandlung etwas höher (18,5 t/ha).

Die Abbildung 32 zeigt das Verhältnis von frühem Wachstum und Ertrag der verschiedenen Zwischenfruchtparzellen. FutterGreen-Saatgutbehandlung hatte einen höheren Ertrag als Brache, während die Auflaufrate am niedrigsten war. Der Grund dafür könnte mit der Besiedlungsrate zusammenhängen.

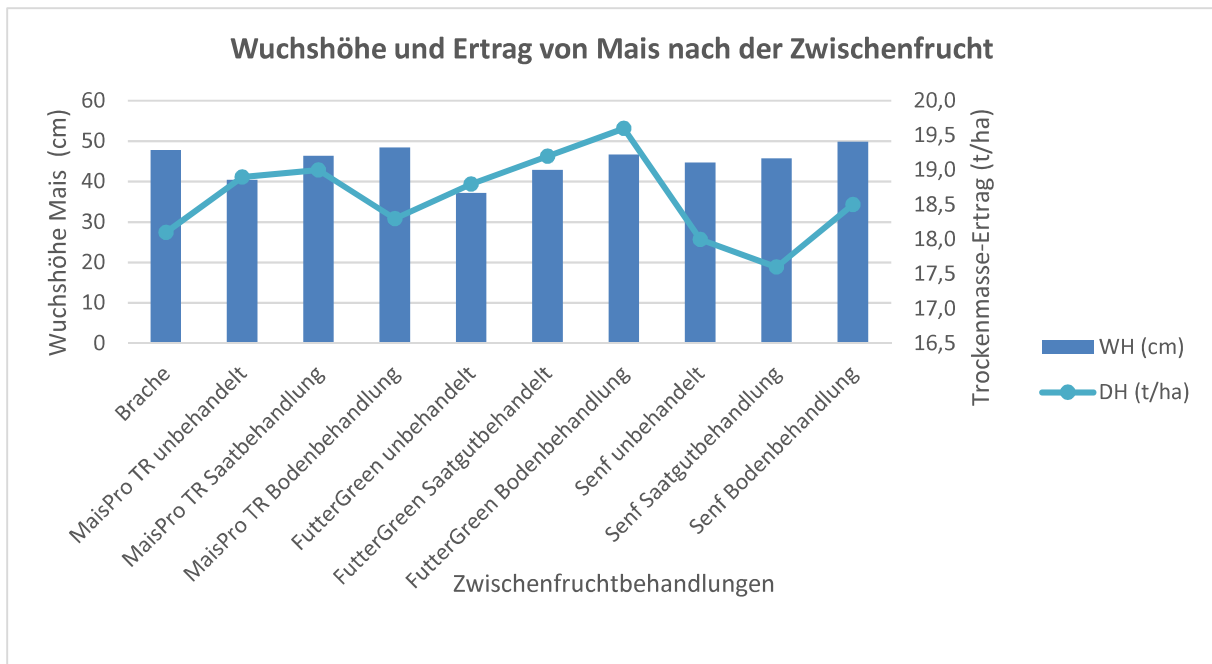


Abbildung 32: Die Beziehung zwischen der Wachstumshöhe und dem Ertrag von Mais und den Maisbehandlungen.

Mykorrhiza-Besiedlung der Maiswurzel

Die höchste Mykorrhizabesiedlung wurde hauptsächlich nach unbehandeltem Senf erzielt (Abbildung 33). Eine Erklärung könnte sein, dass der Senf die AMF-Diversität reduziert hat (=weniger Konkurrenz zwischen den einheimischen Arten) und den AMF-Arten, die noch vorhanden waren, mehr "Platz" gelassen hat. FutterGreen wird mit der geringsten Mykorrhiza-Entwicklung in Verbindung gebracht (vor allem bei behandeltem Boden oder Saatgut). MaisPro TR Bodenbehandlung und unbehandelt hatten eine höhere Kolonisierung als die Saatgutbehandlung. Nur FutterGreen-Bodenbehandlung/Saatgutbehandlung sowie Senf unbehandelt wiesen einen signifikanten Unterschied zur Brache auf. Das Verhältnis der anderen Behandlungen zueinander ist im Anhang zu finden.

Allerdings konnte die Inokulation mit Bakterien den Frischmasseertrag von Mais stärker verbessern als andere Inokulationsbehandlungen, aber es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bakterienbehandlungen und der Kontrolle ohne Inokulation.

Die Ergebnisse lassen sich in 4 Gruppen einteilen (Abbildung 34). Der Mais ohne jegliche Behandlung wies die höchsten Erträge (19,2 t/ha) und die niedrigsten Erträge in den mit Mykorrhiza geimpften Gruppen (18,2 t/ha und 17,8 t/ha) auf. Der mit Bakterien behandelte Mais

hatte bei allen Behandlungen höhere Erträge als die Mykorrhiza-Behandlungen. Und die drei Behandlungen, bei denen Mykorrhiza mit Bakterien kombiniert wurde, lagen zwischen der reinen Mykorrhiza-Behandlung und der Bakterienbehandlung.

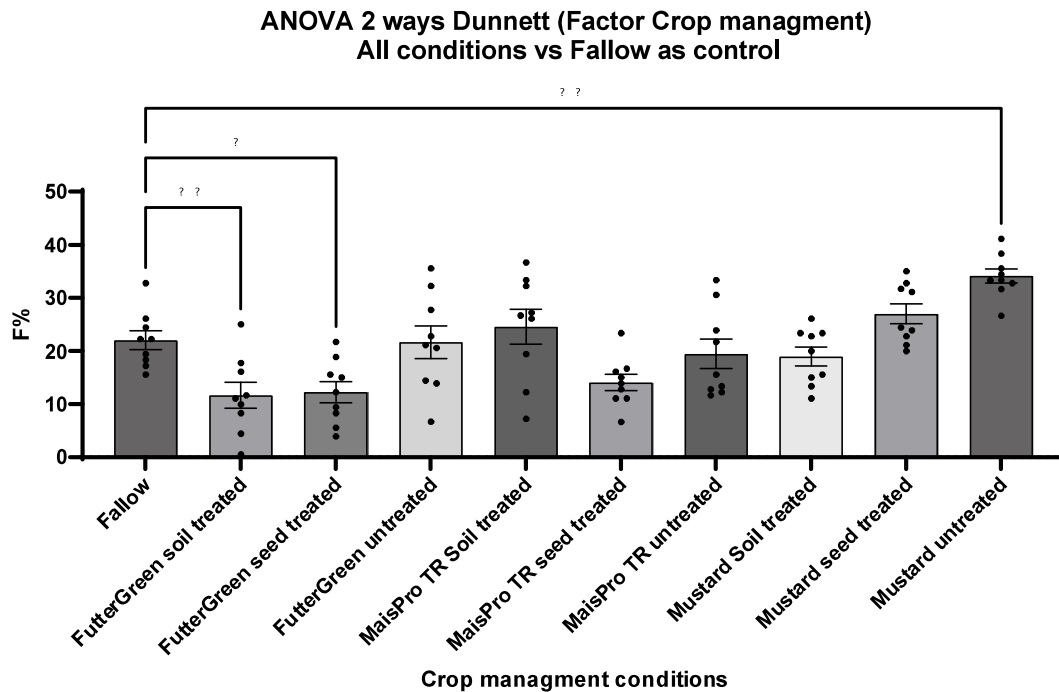


Abbildung 33: Mykorrhizierung aller Zwischenfruchtbehandlungen im Vergleich zu Bra- che als Kontrolle.

Die Inokulationsbehandlung von Maissaatgut hatte jedoch signifikante Auswirkungen auf die Mykorrhizabesiedelung von Maiswurzeln, wobei keine der Behandlungen die Besiedelungsra- ten stärker erhöhen konnte als die Kontrolle (nicht inokuliert).

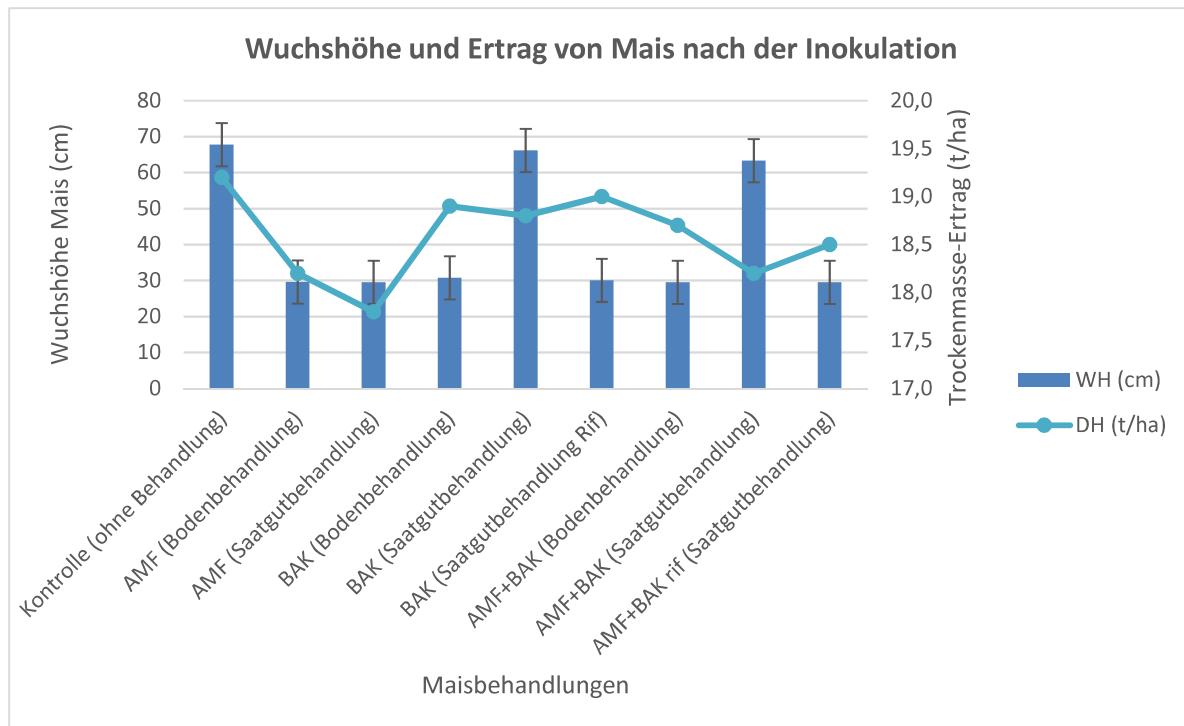


Abbildung 34: Die Beziehung zwischen der Wachstumshöhe von Mais und den Maisbehandlungen.

Kombinationen aus AMF- und Bakterienimpfung verringerten die Besiedlung im Vergleich zu AMF oder BAK als Einzelimpfstoff, außer bei der Bodenbehandlung AMF+BAK (Abbildung 35). Der Unterschied könnte auf die Effizienz der Bakterienapplikation auf die Pflanze zurückzuführen sein. Bei der Bodenbehandlung mit Bakterien wurde das bakterielle Inokulum auf den Maiskeimling aufgebracht, während bei der Saatgutbehandlung AMF und BAK gemischt und durch Saatgutbeschichtung auf das Saatgut aufgebracht wurden.

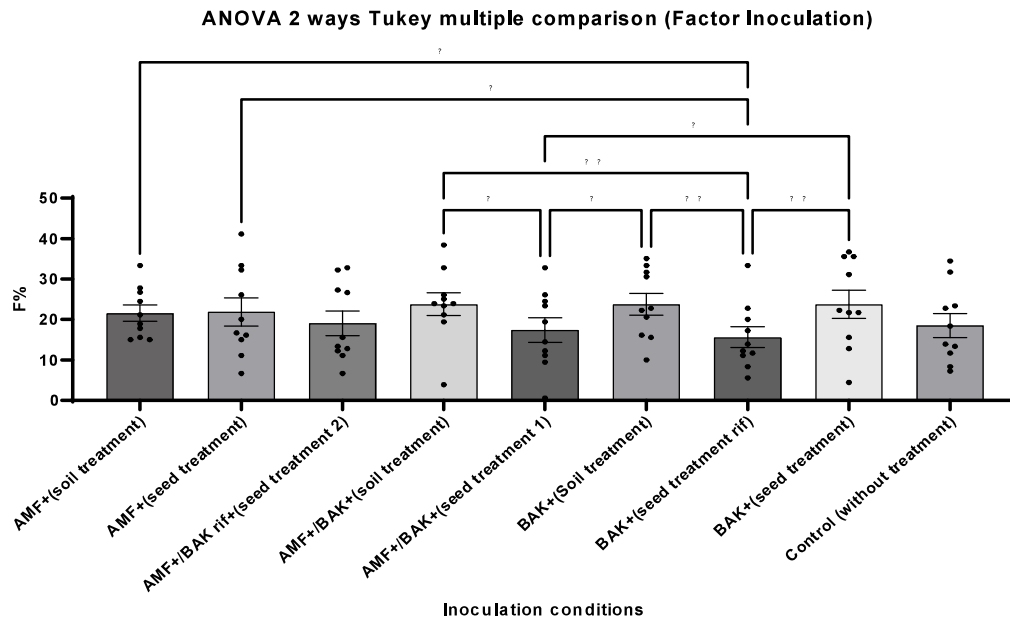
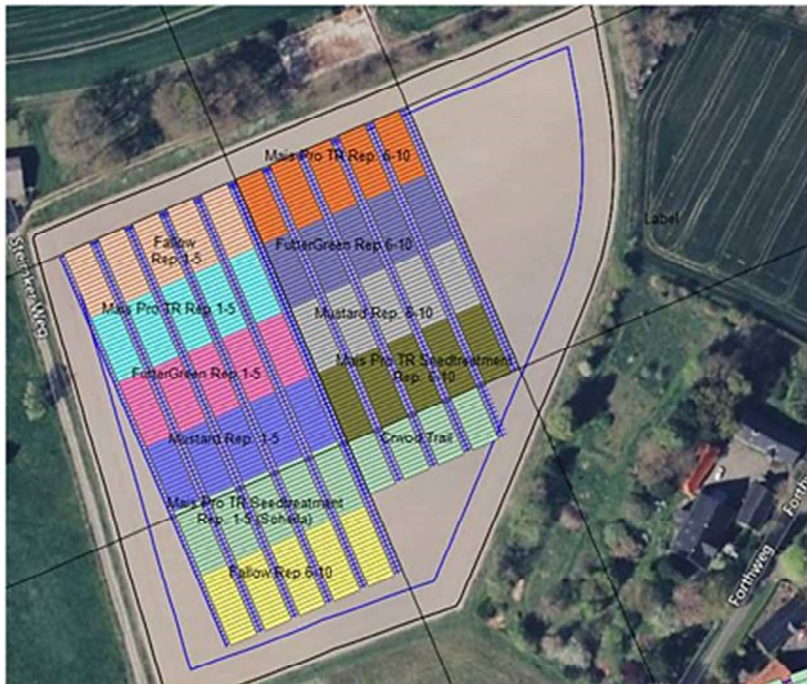


Abbildung 35: Mykorrhizierung aller Inokulationsbehandlungen.

2.4.1.4.4 Versuche 2021/2022

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Versuchs 2020/2021 wurde die Anzahl der Zwischenfrucht- und Maisbehandlungen für die Versuchsanlage 2021/22 reduziert. Gleichzeitig wurde die Anzahl der Wiederholungen von 3 auf 10 erhöht, so dass die Gesamtanzahl der geplanten Parzellen konstant blieb, um genauere Ergebnisse zu erhalten. Außerdem fügten wir einen weiteren Faktor für die Position auf dem Feld hinzu, der als Replikation für den Zwischenfruchtfaktor dient.

Es wurde ein Split-Split-Plot-Versuch mit drei Faktoren durchgeführt: Hauptplot: die Lage der Blöcke (Süden und Norden), Subplot: die Zwischenfruchtbehandlungen (Brache, FutterGreen, Senf, MaisPro TR, MaisPro TR Saatgutbehandlung) und Sub-Subplot: Maisbehandlungen (Kontrolle, AMF-Boden/Saatgutbehandlung, BAK-Saatgutbehandlung und AMF+BAK-Saatgutbehandlung). Insgesamt ergaben sich aus 25 Behandlungskombinationen (5 Zwischenfrüchte x 5 Maisbehandlungen), zwei Feldpositionen und fünf Wiederholungen in jedem Block 250 Maisparzellen (Abbildung 36).



Catchcrop:

2 blocs of:

1. Fallow
2. Mais-Pro
3. Futter Green
4. Mustard
5. Mais Pro (ST)

Each for 5 reps (10 reps total)

Main crop – Maize

1. Untreated
2. AMF Soil treatment
3. AMF Seed treatment
4. Bak Seed treatment
5. AMF+BAK Seed treatment

Abbildung 36: Überblick über die Anordnung des Zwischenfruchtversuches BioSeed Feld-schlag M1a, August 2021.

Mykorrhiza-Besiedlung verschiedener Zwischenfrüchte

Das Welsche Weidelgras (*Lolium*) und die Felderbse wurden als ein Faktor betrachtet, um eine 2-fache ANOVA durchzuführen, da Felderbse mit MaisPro TR (+-ST) und Welsches Weidelgras mit FutterGreen verwendet wird. Mehrere Zwischenfrüchte (MaisPro TR / MaisPro TR / FutterGreen) und Behandlungen (Umgebungspflanzen A/B und Welsches Weidelgras- Felderbse A/B) sind signifikant unterschiedlich. Die Ergebnisse zeigten, dass die Mykorrhizabesiedlung bei MaisPro TR > MaisPro TR (ST) > FutterGreen höher war.

A und B stehen für die Position der Zwischenfruchtblöcke an der Nord- und Südseite des Feldes. A hat einen höheren Feuchtigkeitsgehalt als Position B. Interessanterweise war die Besiedlung in Position B höher als in Position A, sowohl für FutterGreen als auch für MaisPro TR, sowohl für die Haupt- als auch für die Nebenpflanzen. Die maximale Mykorrhizierung wurde mit MaisPro TR in Kombination mit Ackererbse unter der Bedingung B erreicht, und die minimale Rate wurde mit FutterGreen in Kombination mit Welschem Weidelgras unter der Bedingung A erreicht (Abbildung 37).

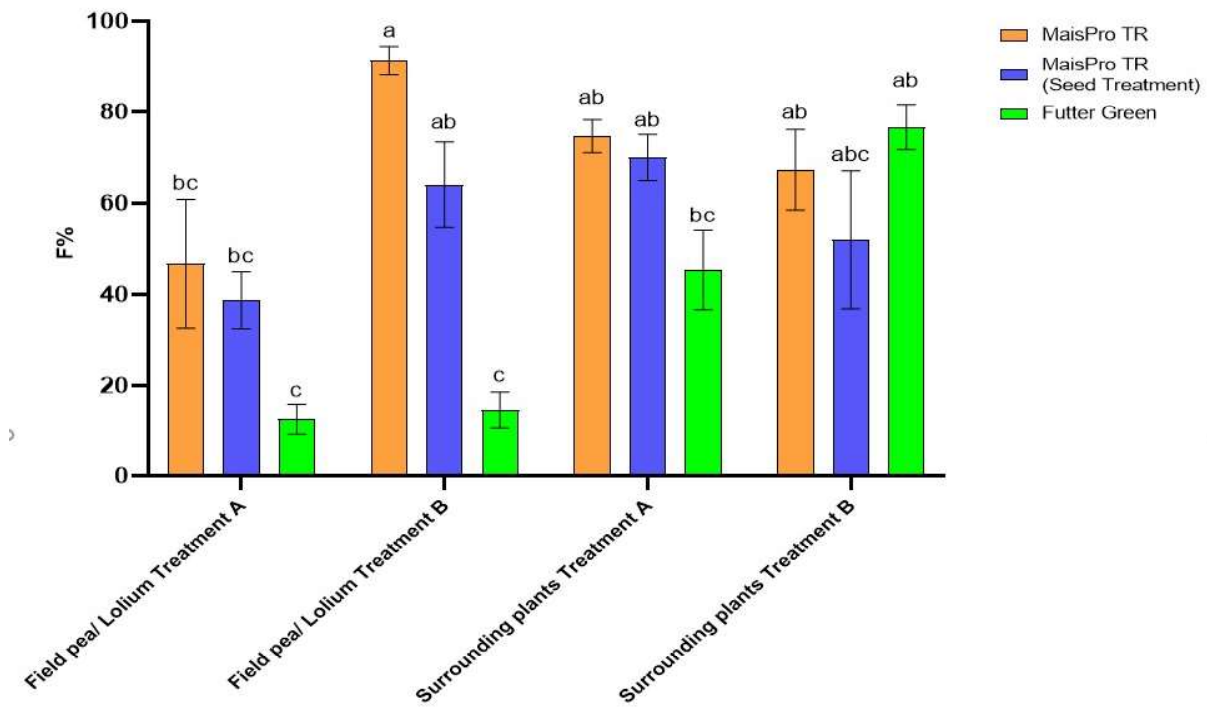


Abbildung 37: Zwischenfruchtbesiedlung von Haupt- und Umgebungspflanzen (F%) in zwei Positionen von Feld A und B auf Fläche M1a, Asendorf.

Wachstumsparameter von Mais

Die statistische Analyse der Biomasse-Daten zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Zwischenfruchtbehandlungen. MaisPro TR und FutterGreen hatten die höchsten Biomassewerte im Vergleich zu den anderen Behandlungen, während die MaisPro TR-Saatgutbehandlung den niedrigsten Wert in der frühen Biomassebonitur (ED1, ED2) aufwies.

Die Bewertung der frühen Biomassebonitur (ED) von Maispflanzen in BBCH13/15 und 16/18 zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Maisparzellen nach den Zwischenfruchtbehandlungen. MaisPro TR und FutterGreen hatten die höchsten Biomassewerte im Vergleich zu den anderen Behandlungen, während die MaisPro TR-Saatgutbehandlung den niedrigsten Wert in ED1 und ED2 hatte (Tabelle 4).

Trotz der zweimaligen Anwendung von organischen Herbiziden gab es auf einigen Parzellen noch nicht erwünschten Bewuchs. Daher haben wir den Beikraut-Besatz als weiteren Parameter erfasst. Es sieht so aus, als ob das Vorhandensein von Beikraut vor allem mit dem Standort der Parzellen und der vorherigen Zwischenfrucht zusammenhängt. Auf den mit MaisPro TR

behandelten Parzellen war der Beikrautbesatz am geringsten, auf den FutterGreen-Parzellen war er am höchsten.

Tabelle 4: Mittelwert der zeitigen Biomasseentwicklung (ED), Feldaufgang und der Wuchshöhe von Maisparzellen nach verschiedenen Zwischenfruchtbehandlungen.

Name	ED1	ED2	Feldaufgang	WH
Unit	Best=9	Best=9	Anzahl der Pflanzen	m
Brache	6.3	6.6	62	1.6
Senf	6	6.4	64	1.6
FutterGreen	5.8	6.7	63	1.6
MaisPro TR	6.5	6.7	63	1.7
MaisPro TR Saatgutbehandlung	5.7	5.8	60	1.6
GRAND MEAN	6.1	6.5	62.3	1.6
CHECK MEAN	6.3	6.6	62	1.6
CV	11.5	11.4	5	11.7
LSD	0.2	0.2	1	0.1
Total Reps	100	100	100	100

Die verschiedenen Maisbehandlungen hatten einen signifikanten Einfluss auf die frühe Biomassebildung und die Auflaufrate der Pflanzen. Obwohl die Kontrolle eine höhere Wuchshöhe als die anderen Behandlungen aufweist, war der Unterschied nicht signifikant. Die Kontrolle, die AMF-Bodenbehandlung und die Bakterien-Saatgutbehandlung hatten die höchste Auflaufrate im Vergleich zu den anderen Behandlungen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Mittelwert der Frühentwicklung, Emergenz und der Wuchshöhe von Maisparzellen nach verschiedenen Maisbehandlungen.

Name	ED1	ED2	Emergenz	WH
Unit	Best=9	Best=9	Anzahl der Pflanzen	cm
Ohne Behandlung (Check)	6.3	6.6	65	1.7
AMF Saatgutbehandlung	5.8	6.1	57	1.6
AMF Bodenbehandlung	6.2	6.6	66	1.6
Bac Saatgutbehandlung	6.2	6.8	65	1.6
AMF + BAK Saatgutbehandlung	5.8	6.3	58	1.6
GRAND MEAN	6.1	6.5	62.3	1.6
CHECK MEAN	6.3	6.6	65	1.7
CV	11.5	11.4	5	11.7
LSD	0.2	0.2	1	0.2
Total Reps	100	100	100	100

Produktion von Mais-Biomasse (Ertrag)

Aufgrund der großen Hitze und Trockenheit im August 2022 waren die Maispflanzen früher erntereif als in feuchteren Jahren insgesamt zeigte sich die Vegetationsperiode als deutlich verkürzt.

Die statistische Analyse der Frisch/Trocken-Ertragsdaten zeigte, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Zwischenfruchtbehandlungen gab. Brache- und Senfparzellen wiesen die höchsten Frisch- und Trockenertragswerte auf, während MaisPro TR mit/ohne Behandlung sowie FutterGreen so dicht beieinander lagen, dass sie niedriger waren als die Bracheparzellen. Im Gegensatz dazu wiesen FutterGreen und MaisPro TR einen höheren Trockensubstanzgehalt auf als die anderen Zwischenfruchtbehandlungen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Mittelwert des Frisch/Trocken-Ertrags und des Trockenmassegehalts der Maisparzellen nach verschiedenen Zwischenfruchtbehandlungen.

Name	Trockenmassegehalt	Frischmasseertrag	Trockenmasseertrag
Unit	(%)	t/ha	t/ha
Brache	56.0	24.0	13.3
Senf	56.8	23.5	13.2
FutterGreen	58.3	22.0	12.6
MaisPro TR	58.8	20.6	12.1
MaisPro TR Saatgutbehandlung	57.2	22.2	12.6
GRAND MEAN	57.4	22.5	12.8
CHECK MEAN	56.0	24.0	13.3
LSD	0,8	0	0.8
No. of Reps	5	5	5

Die Datenanalyse (2-seitige ANOVA, $\alpha=0,15$) der verschiedenen Parzellen nach den Maisbehandlungen ergab keine signifikanten Unterschiede im Frisch/Trocken-Ertrag sowie im Trockensubstanzgehalt. Dennoch hatten die Bak-Saatgutbeschichtung (23,1, 13,3 t/ha) und die AMF-Bodenbehandlung (23,0, 13,0 t/ha) einen höheren Frisch- und Trockenertrag als die Kontrolle (22,5, 12,8 t/ha). Der Trockensubstanzgehalt war bei allen Beschichtungsbehandlungen fast gleich und es wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die Bac-Saatgutbehandlung wies mit 58,5 % den höchsten und AMF+Bak mit 56,6 % den niedrigsten prozentualen Gehalt an Trockensubstanz unter den Maisbehandlungen auf (Tabelle 7).

Tabelle 7: Mittelwert des Frisch/Trocken-Ertrags und des Trockenmasse-gehalts der Maisparzellen nach verschiedenen Maisbehandlungen.

	Gehalt an Trockenmasse	Frischmasseertrag	Trockenmasseertrag
Unit	(%)	t/ha	t/ha
Ohne Behandlung (Check)	57.7	22.5	12.8
AMF Saatgutbehandlung	57.0	21.4	12.1
AMF Bodenbehandlung	57.3	23.0	13.0
Bac Saatgutbehandlung	58.5	23,1	13,3
AMF + BAK Saatgutbehandlung	56.6	22,4	12.5
GRAND MEAN	57.4	22.5	12.7
CHECK MEAN	57.7	22.5	12.8
LSD	0.8	0	0,8
No. of Reps	5	5	5

Mykorrhiza-Besiedlung der Maiswurzel

Der F% ist bei T1 hoch und nimmt bei den meisten Bedingungen mit der Zeit deutlich ab, stabilisiert sich aber zwischen T2 und T3. Zu beachten ist das Vorhandensein von lokalen Mykorrhizapilzen in der nicht geimpften Gruppe. Daher ist die Interpretation der Inokulum-Anwendung vielschichtig. Für eine bessere Interpretation wäre eine molekulare Analyse erforderlich, die in der Lage ist, die Pilzvielfalt in den Wurzeln zwischen den Varianten zu differenzieren. Wenn möglich mit Sonden, die speziell auf die mit dem Inokulum ausgebrachten Mykorrhiza-Arten abzielen. Die Varianten haben keinen signifikanten Einfluss, aber es gibt zu viele Faktoren, als dass sie spezifische signifikante Unterschiede verbergen könnten. Die Tatsache, dass keine Zunahme der Mykorrhizabesiedlung zu beobachten ist, während der F% zum Zeitpunkt T1 relativ hoch ist, deutet darauf hin, dass die Probenahme für T1 bereits zu spät erfolgte; der Rückgang der Mykorrhizabesiedlung entspricht einer späten Phase des Pilzlebenszyklus. Andernfalls kann dieser Rückgang auch durch einen starken Stress erklärt werden, der zwischen T1 und T3 aufgetreten ist (schwere Trockenheit, Düngung).

Die Werte für M% und A% folgen dem gleichen Muster wie F%. Es ist davon auszugehen, dass hier die gleichen Erklärungsansätze anwendbar sind.

Zusammenarbeit mit ABiTEP (Bakterieninokulant)

Neben Mykorrhizapilzen werden in diesem Projekt auch Bakterien zur Saatgutbehandlung eingesetzt. Diese Bakterien werden von der Firma ABiTEP zur Verfügung gestellt. Der in diesem Projekt verwendete Bakterienstamm gehört zur Art *Bacillus velezensis*. Neben der reinen Anwendung als Saatgut- und Bodenbehandlung wird das Bakterienpräparat auch in Mischung mit den Mykorrhizapilzen beimpft. Darüber hinaus gibt es eine Variante im Jahr 2021, bei der eine riF-Mutation (Rifampicin-Resistenz) des verwendeten Bakterienstamms eingesetzt wird. Diese Mutation ermöglicht es, das Bakterium im Boden nachzuweisen und zu bestimmen, wie lange es im Boden verbleibt. Die ABiTEP GmbH hat in dem BioSeed-Projekt beratend und als Materiallieferant eng mitgewirkt, indem sie *Bacillus velezensis* und *Bacillus velezensis* rif zur Verfügung gestellt und einige Boden- und Wurzelproben analysiert hat.

2.4.1.4.5 Zusammenfassung der DSV

Im Projekt BioSeed haben wir eine neue, zuverlässige Saatgutbehandlungsmethode entwickelt, die effizient an den Samen von Zwischenfrüchten und Mais haftet und AM- und bakterielle Inokulum vital erhält. Saatgutbeschichtungen in Form von Materialaufbau verringern im Allgemeinen die Keimungsrate. Die Zugabe von Calcit und einer Nährlösung zur Saatgutbeschichtung können dieses Problem wesentlich verringern und die Keimrate deutlich verbessern.

Zwischenfrüchte haben das Potenzial, einen Zwischenwirt für AM-Pilze zu bieten, um den Winter zu überleben und die Aktivität der Pilze im Boden während der nächsten Wachstumsperiode zu verbessern. Die Wirkung ist nicht konstant und hängt von der Vielfalt der Mischung und der Fähigkeit der Arten ab, als Wirtspflanzen für AM-Pilze zu fungieren. Unsere Studie zeigt, dass je höher der Prozentsatz der Mykorrhiza-Wirtspflanzen in der FutterGreen-Mischung ist, desto höher ist die Mykorrhizierung der Wurzeln der Zwischenfrüchte und der umliegenden Arten. Die Beimpfung von Zwischenfrüchten hat in unseren Versuchen keinen zusätzlichen Nutzen gegenüber Zwischenfrüchten ohne Beimpfung geboten.

Die Inokulationsbehandlung von Mais hatte keine signifikant steigernde Wirkung auf das Maiswachstum, die AM-Besiedlung und den Trockenmasseertrag. In einigen Fällen führt eine höhere Besiedlung zu einem geringeren Ertrag. Im Jahr 2022 nahm die Besiedlung unter Trockenstress von der ersten zur dritten Probe ab, außer bei der AMF-Bodenbehandlung, die bei der dritten Probe eine höhere Mykorrhizierung aufwies als bei der zweiten. Der Maisertrag bei AM-Bodenanwendung ist höher als bei der Kontrolle. Insgesamt zeigen unterschiedliche Jahre und unterschiedliche Flächen sehr verschiedene Ergebnisse.

Die Umweltbedingungen, Temperatur und Feuchtigkeit, haben einen dramatischen Einfluss auf die Effizienz (Auswirkungen auf die Hauptfrucht) von Zwischenfrüchten und Impfbehandlungen. Das ordnungsgemäße Wachstum der Zwischenfrüchte im Sommer und die Zersetzung der Zwischenfrüchte während des Maisanbaus hängen weitgehend von den Witterungsbedingungen ab. Darüber hinaus zeigten unsere Ergebnisse die Auswirkungen der kühlen Auflauftemperaturen auf das Wachstum von Maissaatgut, insbesondere auf beschichtetem Saatgut. Die kalten Temperaturen im Frühjahr können die Behandlung von beschichtetem Saatgut einschränken und verzögern und die Besiedlung der Pflanzenwurzeln durch AM in frühen Wachstumsstadien verringern. Hitze und Trockenheit können bis zu einem gewissen Grad eine stärkere Besiedlung bewirken. Schwerer Stress wie im August 2022 verringerte nicht nur das Wachstum und den Ertrag aller Maisbehandlungen, sondern reduzierte auch die Mykorrhizierung erheblich.

2.4.1.5 Fazit aus dem Projekt BioSeed

Die Ergebnisse aus den Versuchen über 2 Jahre zeigen, dass die Mykorrhizapräparate generell funktionieren und in vielen Fällen die Besiedelung der Wurzel erfolgreich war. Die Mykorrhizacoatierung von Saatgut war in vielen Fällen erfolgreich (Anhang 1, Anhang 4, Anhang 8).

In einigen Fällen konnte das Wurzelsystem nicht besiedelt werden. Die Faktoren sind vermutlich mit der Bewirtschaftungsweise verknüpft. Langjährige intensive Bewirtschaftung nach Biondrichtlinien führte in diesen Versuchen zu mehr autochthoner Mykorrhiza. Aufgrund des Versuchsdesigns als Streifenanlage und keiner Wiederholung pro Standort und Jahr ist keine statistische Auswertung der Ertragsdaten möglich.

Ertragsschwankungen, die nicht durch die Mykorrhizierung erklärt werden können, resultieren aus Bodenunterschieden innerhalb eines Versuches. Für das bessere Verständnis der Versuchsergebnisse wären hochauflösende Bodengütekarten aus einer EM-38-Kartierung wünschenswert. Diese Karten können eine sehr hohe räumliche Auflösung aufweisen.

Als Anwendungsformen für die landwirtschaftliche Praxis lassen sich beide Varianten empfehlen, die in den Versuchen getestet wurden. Die Ausbringung als Granulat in das Saatband mittels Mikrogranulatstreuer kommt für alle Betriebe in Frage, die mit dieser Technik ausgestattet sind. Da das Granulat mit Zwischenfruchtmischungen mischbar ist, ist ebenfalls möglich, das Granulat schon zur Zwischenfrucht auszubringen. Bei einer kurzen Zeitspanne zwischen Zwischenfruchtumbruch im Frühjahr und der nachfolgenden Hauptfruchtaussaat kann die im Boden vorhandene Mykorrhiza die Hauptfrucht erfolgreich mykorrhizieren. Für die Zwischenfruchtaussaat können Standardsämaschinen ohne optionale Ausstattungsdetails eingesetzt werden.

Die Saatgutcoatierung zeigte in den Versuchsjahren, dass die Methode funktioniert und auch praxistauglich ist. Vor allem für ältere Maislegemaschinen ohne Mikrogranulatstreuer und Saatgut für Ökobetriebe eignet sich die Saatgutcoatierung. Für den Projektpartner DSV stellt der Verkauf von mykorrhizacoatiertem Saatgut möglicherweise ein Alleinstellungsmerkmal dar. Die Zugabe von stickstofffixierenden Bakterien kann möglicherweise den Stickstoffmangel im Ökolandbau mindern. Die Versuche zeigten teilweise positive Effekte auf Proteingehalte, aber keine negativen Wirkungen auf z.B. die Mykorrhizierung.

2.4.2 Abweichungen zwischen Planung und Ergebnis

Siehe Abschnitt 2.1.1

2.4.3 Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Themen

Thematischer Schwerpunkt b	Thematischer Schwerpunkt c	Thematischer Schwerpunkt d	Fokusthema	Fokusthema	Querschnittsthema	Querschnittsthema
Nachhaltiges Nährstoff- und Pflanzenschutzmanagement	Verbesserung der Treibhausgas (THG)-Bilanz	Biologisierung der Wirtschaft	Wissens-transfer	Unternehmerische Innovationskapazität	Chancengleichheit	Ländliche Räume
Optimierte Zwischenfrucht-mischung zur Grünen Brücke	Verbesserte Maßnahmen zur Erosionsvermeidung im Maisanbau	Beste Kombination behandeltes Saatgut/BAK+	Wissens-transfer Hochschule=> projektbeteiligte Unternehmen/ Landwirte	Stärkung der landwirtschaftlichen Betriebsleiter durch Wissenstransfer	Stärkung von Unternehmerinnen	Stärkung der Innovationskraft in der NUTS2-Übergangsregion Lüneburg
Erfolgreiche Aktivierung und Stärkung des Bodenlebens vor allem im konventionellen Anbau	Verbesserte Maßnahmen zur Verringerung von Bodendegradation im Maisanbau	Beste Kombination behandeltes Saatgut/trainierte AMF+, Signalmoleküle+	Wissens-transfer Projektbeteiligte Unternehmen => andere Landwirte	Risikobehaftetes Forschungsthema kann mit Hilfe der Förderung für die Praxis verfügbar gemacht werden	Strategie zur Chancengleichheit und Gleichstellung m/w/d	Zunahme des Ertragspotentials auf Grenzertragsböden

Erfolgreicher Humusaufbau, Verhinderung der Auswaschung von Feinboden	Anteil der Glomalinfraktion im Boden bei verschiedenen Anbausystemen	Beste Kombination behandeltes Saatgut/BAK+/A MF+	Wissens-transfer OG-Mitglieder=> interessierte Öffentlichkeit	Nachhaltige Verbesserung der Bodenstruktur wirkt sich wirtschaftlich positiv aus	Beschäftigung im Projekt gemäß TotalEquality	Stärkung innovativer Netzwerke in der Landwirtschaft
Verringerung des endlichen und schädlichen Eintrags von Düngemitteln, besonders P	Kenntnisse über den Anteil der Mykorrhiza am SOC	Ökonomischer Einsatz von biotisiertem Saatgut durch optimierte Produktformulierung	Wissens-transfer Praxisprojekt => Studierende	Verringerung des Einsatzes von Düngemitteln wirkt sich wirtschaftlich positiv aus	Audit Beruf und Familie	Begegnung der Verbraucherkritik an der modernen Landwirtschaft durch Innovationskompetenz
Nachhaltige Verbesserung des Wasserhaushalts	Minimierung des Boden-C-Verlustes	Zunahme des Ertragspotentials	Wissens-transfer Praxispartner => Wissenschaft	Verringerung von Beregnungsgängen wirkt sich wirtschaftlich positiv aus	Öffentlichkeitsarbeit für Mädchen und Frauen in MINT-Fächern	Verbesserung der klimatischen Verhältnisse vor Ort, Erhalt von Trinkwasser, Erosionsvermeidung

2.4.4 Nebenergebnisse

keine

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

keine

2.4.6 Mögliche weitere Verwendung von Investitionsgütern

Keine Investitionsgüter

2.5 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis: Sind verwertbare/nutzbare Empfehlungen, Produkte, Verfahren oder Technologien entstanden?

Aus Sicht des IFP können die erzielten Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis übertragen werden. Bei wissenschaftlicher Begleitung dieser Transferleistung können weitere Fragen geklärt werden.

Aus DSV-Sicht können die folgenden Ergebnisse direkt von der landwirtschaftlichen oder wissenschaftlichen Praxis oder weiteren Interessengruppen weiterverwendet werden.

1. **Optimierung der Saatgutbeschichtung als Träger für die präzise Beimpfung des Bodens:** Es wurden verschiedenen Beschichtungsrezepte mit Beschichtungsträgern, Bindemitteln, Wachstumsförderern und Endfarben in unterschiedlichen Anteilen entwickelt. Ihre Wirkung auf die Keimung, das Wachstum und die Besiedlung der Samen wurde bewertet. Dieses gesammelte Wissen kann nun für die Mykorrhiza-behandlung von Mais und Zwischenfrüchten genutzt werden.
2. **Entnahme von Wurzelproben:** Die Entnahme von Wurzelproben für die Analyse der Wurzelbesiedlung wurde dreimal im vegetativen, reifen und seneszenten Stadium wiederholt, um den besten Zeitpunkt für die Beobachtung der Mykorrhiza-Entwicklung in der Wurzel zu bestimmen.
3. **Unterschiedliche landwirtschaftliche Praktiken:** Ökologische, konventionelle und Low-Input-Felder, räumliche Vielfalt. In der Praxis verwendeten wir eine begrenzte Bodenbearbeitung und eine reduzierte Düngung, um die Störung des Bodens zu verringern und die mikrobielle Entwicklung des Bodens zu fördern. Außerdem haben wir die Aussaatzeit in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen variiert, um das frühe Wachstum der Maiswurzeln zu verbessern und eine bessere Besiedlung zu erreichen. Die Ergebnisse können direkt in die Beratung einfließen.
4. **Inokulation von Zwischenfrüchten und der Hauptfrucht:** Eines der Untersuchungsziele war es gewesen die Vorteile der dauerhaften Begrünung gegenüber einer unterbrochenen Begrünung herauszuarbeiten. Diese Untersuchungen zeigen, dass eine dauerhafte Be-

grünung für den Mais von Vorteil ist, dass aber eine Mykorrhizainokulation der Zwischenfrüchte in den meisten Fällen keinen Vorteil für die Hauptfrucht mit sich bringt. Auch dieses Ergebnis kann von der Beratung genutzt werden.

5. Verschiedene Mykorrhiza- und Bakterienkombinationen und Methoden der Inokulationen; AMF in zwei Formen von Pulver (trockene Wurzelsegmente, beimpft mit AM-Arten) für Saatgutbehandlungen und AM auf Blähton wurden mit zwei Bakterienstämmen kombiniert. Unser Versuch konnte die effizienteste Art der Anwendung und Kombination für Mais aufzeigen. Sowohl die Bodenausbringung als auch die Saatgutbeschichtung können wirksame Methoden für die Anwendung von Mykorrhiza-Impfstoffen im Maisanbau sein, und die Wahl der Ausbringungsmethode kann von mehreren Faktoren abhängen, einschließlich der spezifischen Mykorrhiza-Spezies, die verwendet werden, und den Bodenbedingungen. Bei der Ausbringung im Boden werden die Mykorrhiza-Impfstoffe direkt in den Boden eingebracht, entweder durch Ausstreuen oder durch örtliche Platzierung um die Wurzeln herum oder unter den Samen (entsprechend einer Unterfußdüngung). Diese Methode kann die Mykorrhiza-Besiedlung des gesamten Wurzelsystems und die allgemeine Bodengesundheit wirksam verbessern. Für kleinere Betriebe, die keinen Zugang zu speziellen Ausbringungsgeräten haben, kann die Bodenausbringung jedoch eine größere Herausforderung darstellen. Bei der Saatgutbeschichtung wird das Saatgut vor der Aussaat mit Mykorrhiza-Impfstoffen beschichtet. Diese Methode kann effizienter und bequemer sein, da sie eine gezielte und gleichmäßige Aufbringung des Inokulats auf das Saatgut ermöglicht. Außerdem kann die Saatgutbeschichtung dazu beitragen, die Mykorrhizasporien vor Umweltbelastungen zu schützen und ihre Überlebensrate zu verbessern. Die Wirksamkeit der Saatgutbeschichtung kann jedoch durch die Fähigkeit des Impfstoffs, das gesamte Wurzelsystem zu besiedeln, eingeschränkt sein, insbesondere in Böden mit geringer Mykorrhizapopulation. So konnte der Wissenspool rund um die Mykorrhiza deutlich erweitert werden, was direkt für die Beratung der Landwirtschaft genutzt werden kann.

2.6 (geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Wie unter 2.5 schon angesprochen wird die DSV die Ergebnisse in ihrer Beratungstätigkeit mit Landwirten nutzen (ca. 25 Anbauberater sind in Deutschland in der Fläche tätig und kommen jährlich mit hunderten von Landwirten in Beratungsgesprächen in Kontakt).

Wie auch schon beschrieben werden die entwickelten Beschichtungsrezepte bei Bedarf in die laufende Saatgutbehandlung der DSV einfließen. Es wurden wesentliche Grundlagen für das Inverkehrbringen von Mykorrhizasporien an Saatgut geschaffen.

2.7 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit: Gibt es weitergehende (wissenschaftliche) Fragestellungen aus den Projektergebnissen, die zukünftig zu bearbeiten sind?

Das Projekt hat für die DSV eine intensive Beschäftigung mit Mykorrhiza mit sich gebracht. Im Schlussbericht wurden schon einige Fragen aufgeführt, die sich aus der Beschäftigung mit der Thematik ergeben haben.

Vordringlich ist für uns die Frage zu beantworten welche Faktoren für eine gleichmäßige Besiedlung von Mykorrhizapilzen von Bedeutung sind und wie diese u.U. positiv zu beeinflussen sind. Als weitere Fragen sind die Auswirkungen von Zwischenfrüchten und Inokulation auf die Pflanzenproduktion und die Funktion der Mykorrhiza in Stresssituationen zu beantworten?

Von großem Interesse dürfte in diesem Zusammenhang der Einfluss auf nicht mykorrhizierende Arten wie den Brassicacea sein. Wichtig erscheint auch noch die Klärung der Bedeutung nach den Nährstoffgehalten im Boden zu sein. Ist es auch im intensiven Ackerbau möglich Mykorrhiza positiv zu nutzen.

Herausforderungen und Wissenslücken

Die Forschung hat zwar gezeigt, dass die Mykorrhiza-Impfung und der Zwischenfruchtanbau die Ernteerträge steigern und die Bodengesundheit verbessern können, doch gibt es noch einige Wissenslücken und Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt. Hier sind einige der potenziellen Lücken und Herausforderungen:

1. Mangelndes Wissen über die optimale Kombination von Mykorrhizapilzen und Zwischenfruchtanbau: Es gibt viele verschiedene Arten von Mykorrhizapilzen und Zwischenfrüchten, und ihre Wirksamkeit kann je nach den spezifischen Boden- und Umweltbedingungen variieren. Weitere Forschung ist erforderlich, um die wirksamsten Kombinationen von Mykorrhizapilzen und Zwischenfrüchten für verschiedene Kulturen und Bodentypen zu ermitteln.

2. Praktische Herausforderungen bei der Umsetzung von Mykorrhiza-Impfung und Zwischenfruchtanbau: Die Umsetzung der Mykorrhiza-Impfung und des Zwischenfruchtanbaus kann eine Herausforderung sein, insbesondere für kleinere Betriebe, die möglicherweise keinen Zugang zu den erforderlichen Geräten oder Ressourcen haben. Darüber hinaus können derzeit die Kosten für Mykorrhiza-Impfmittel und Zwischenfrucht-Saatgut ein Hindernis für die Einführung darstellen.

3. Begrenzte Forschung über langfristige Auswirkungen: Während viele Studien die kurzfristigen Vorteile der Mykorrhiza-Impfung und des Zwischenfruchtanbaus gezeigt haben, sind die langfristigen Auswirkungen auf die Bodengesundheit und die Ernteerträge noch wenig erforscht. Auch gibt es wenig Untersuchungen zur Persistenz der eingebrachten Mykorrhiza in den Boden.

4. Mangelndes Verständnis der Mechanismen, die den Vorteilen zugrunde liegen: Es ist zwar bekannt, dass die Mykorrhiza-Impfung und der Zwischenfruchtanbau die Bodengesundheit und die Ernteerträge verbessern können, aber die spezifischen Mechanismen, die diesen Vorteilen zugrunde liegen, sind bisher nur ansatzweise geklärt.

5. Begrenzte Verfügbarkeit wirksamer Mykorrhizainokulaten: Es mangelt an Kontrollmechanismen, die eine gleichbleibende Qualität der verkauften Mykorrhiza garantieren. Derzeit steht vor allem der hohe Preis einer breiten Anwendung in der Landwirtschaft entgegen.

Um diese Lücken und Herausforderungen zu bewältigen, sind kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen erforderlich, um den Einsatz der Mykorrhiza-Impfung und des Zwischenfruchtanbaus für eine nachhaltige Pflanzenproduktion zu optimieren und weiter zu verbreiten.

2.8 Kommunikations- und Disseminationskonzept: Darstellung in welcher Weise die Ergebnisse kommuniziert oder verbreitet wurden, ggf. mit Verweis auf Veröffentlichungen und Angabe der Quellen. Grundsätzliche Schlussfolgerungen (ggf. Fazit zur Eignung von EIP-Förderungen zur Generierung von Innovation und Schließung von Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft) und eventuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP AGRI

Keine Projektmeeting in Person durch Covid – erschwerte den Austausch und die Veröffentlichung von Ergebnissen

Oktober 21 Hinweis im DSV Newsletter auf BioSeed Webseite



EIP Agri Projekt:

Grüne Brücke zum regenerativen klimaangepassten Ackerbau: Biotisierung von Saatgut für Nährstoffmanagement, Humusaufbau und CO₂-Bindung im Mais (BioSeed)

Tätigkeitsbericht OG BioSeed Arbeitspaket 7 und 8:

Aufgabe der GKB innerhalb der OG BioSeed ist die Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung der Versuchsergebnisse und Inhalte in verschiedenen Veröffentlichungsformaten. Alle Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse laufen schwerpunktmäßig im Netzwerk der GKB (1.200 Mitglieder), aber darüber hinaus auch für die interessierte Öffentlichkeit.

Über den geplanten Crowd-Trial informiert die GKB ab Ende des zweiten Projektjahrs in ihrem Netzwerk (Homepage) und auf Veranstaltungen (Jahrestagung). Die GKB ist erster Ansprechpartner für interessierte Landwirte und Öffentlichkeit und vermittelt den Kontakt zum IFP für die konkreten Versuchsplanungen.

Crowd-Trial (Mais):

- Abstimmung mit der Projektkoordination zu den Crowded Trials
- Aktualisierungen zur Dokumentation der Versuchsbetriebe (Standortkenndaten, Betriebs- und Bewirtschaftungsdaten)
- Kommunikation Landwirte mit DSV, IFP; Rundschreiben an Landwirte Projektergebnisse

Social-Media-Kanäle

- Posts im Facebook Kanal der GKB in Verknüpfung mit Instagram

Messen:

- Soil Evolution 2022 (31.05.-2.06.2022) Hofgut Dettemberg/Baden-Württemberg
Vorstellung der Projektergebnisse und Versuche von BioSeed auf einem Stand

Homepage der GKB

- Aktualisierungen der Homepage mit Verknüpfungen zu den Projektpartnern
- Veröffentlichung von Terminen und Artikeln über die Projektseite
- Veröffentlichung des Abschlussberichtes auf der Projektseite
-

Mailings GKB Netzwerk

- Informationen zu Projektterminen, Webinaren über das GKB Netzwerk und Werbung
- Vermittlung von Interessenten, Beantwortung und Netzwerk von interessierten Landwirten zu den Projektergebnissen

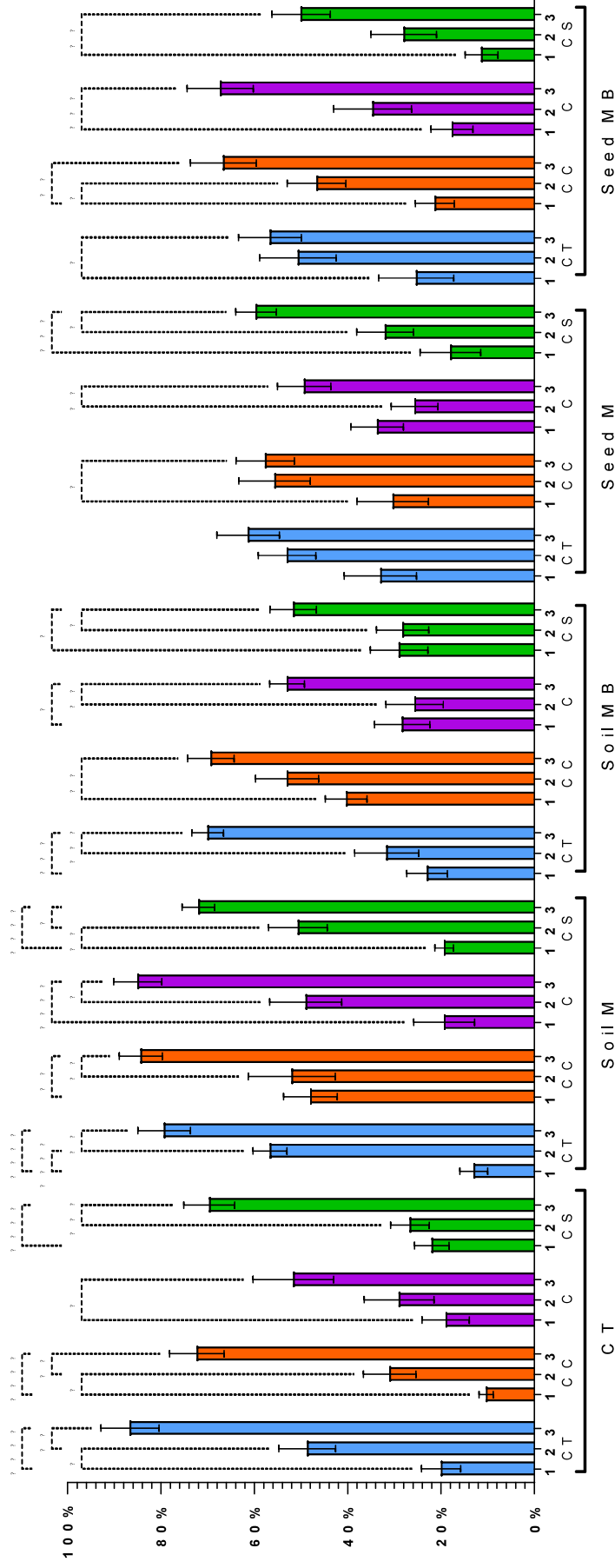
Print Medien

- Planung Veröffentlichung Abschlussergebnisse zum Projekt in Print Medien, LOP DLG Mitteilungen

3 Anhang

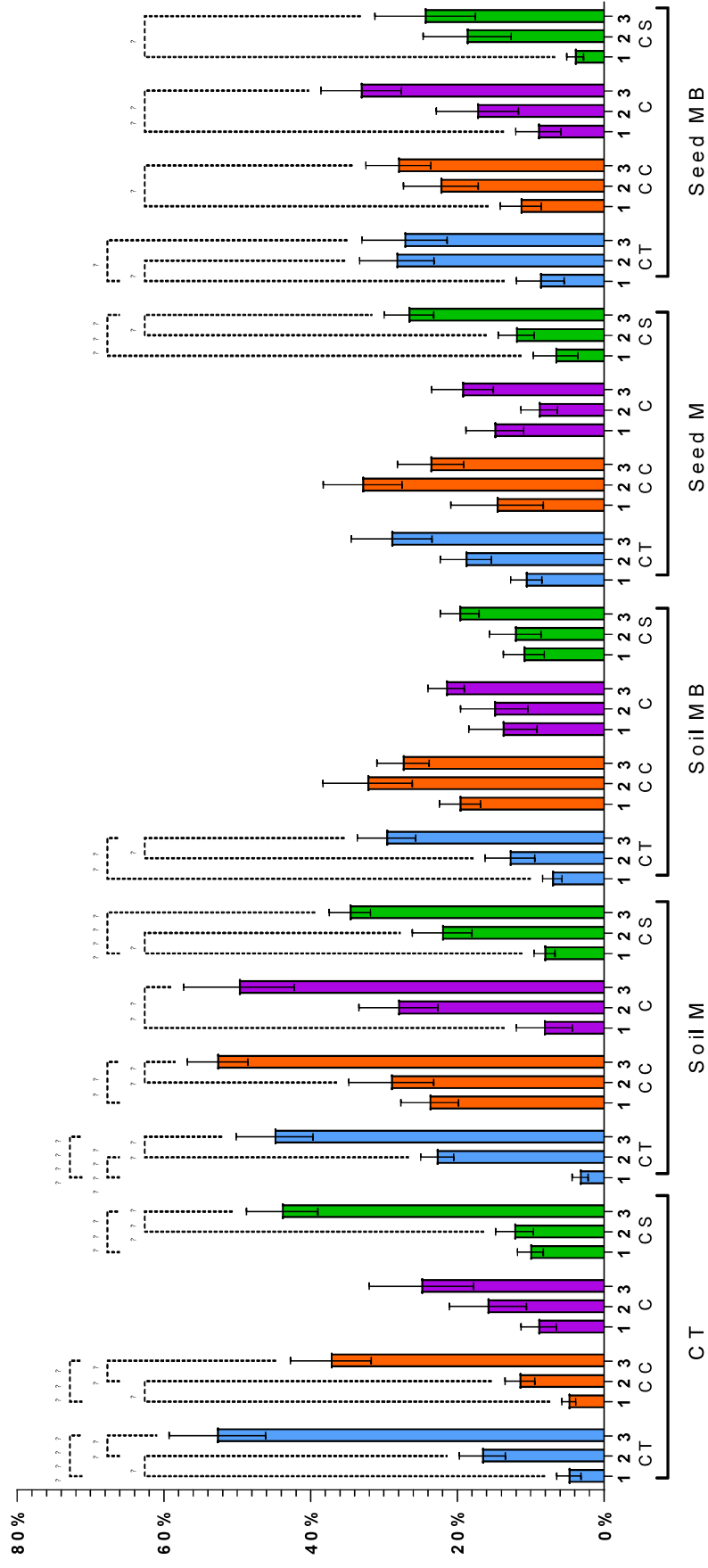
CT: no cover crop
 C: cover crop
 CC: Cover crop coated seeds
 CS: Cover crop soil application

F % e v o l u t i o n p e r c o n d i t i o n (I F P)



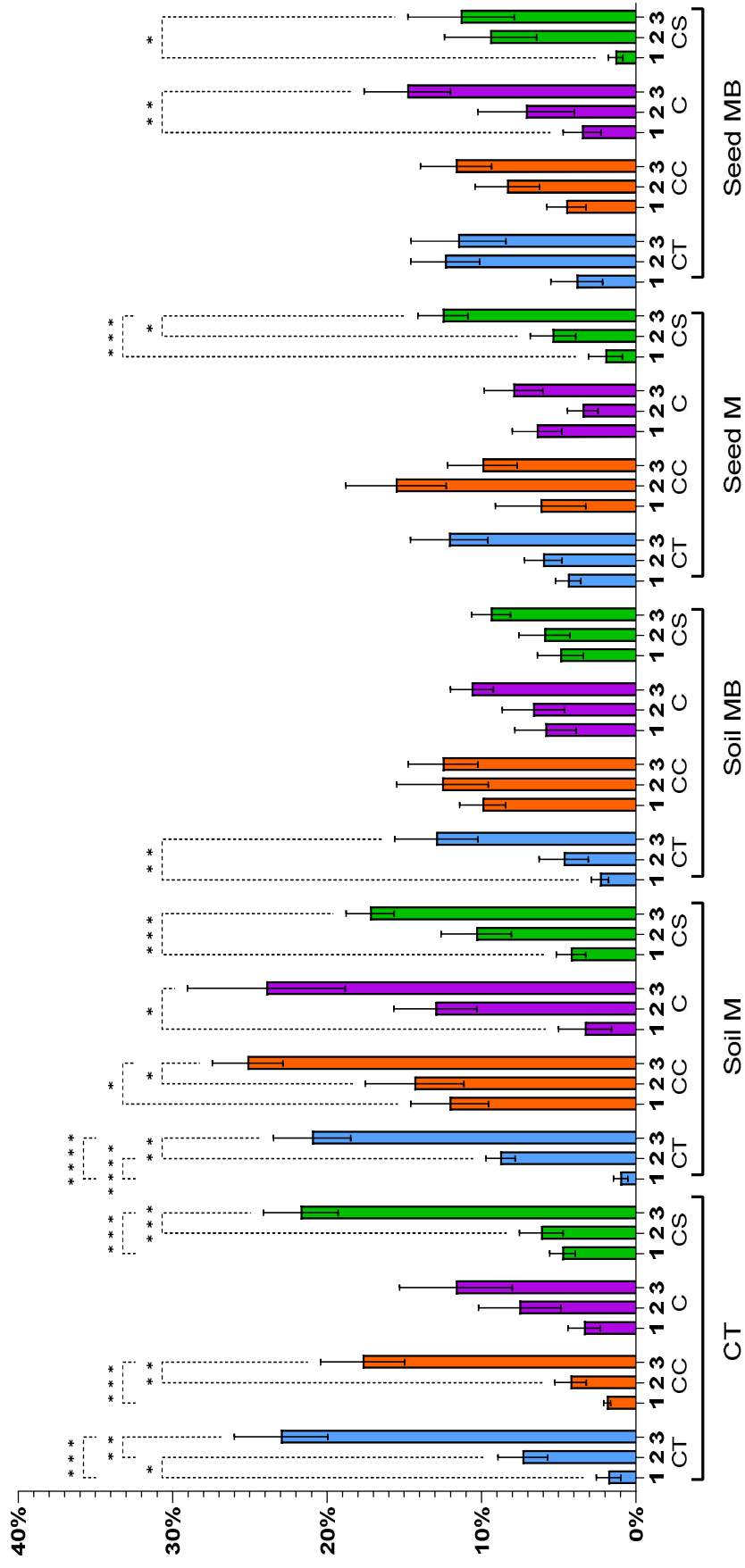
Anhang 1: Entwicklung der Wurzelbesiedelungshäufigkeit am Standort Loitze (IFP) (CT=unbehandeltes Maissaatgut, Soil M: Bodenbehandlung Mykorrhiza, Soil MB= Bodenbehandlung Mykorrhiza+Bakterien, Seed M=Saatgutcoatingung Mais+Mykorrhiza, SeedMB= Saatgutcoatingung Mais+Mykorrhiza+Bakterien).

M % evolution per condition (IFP)

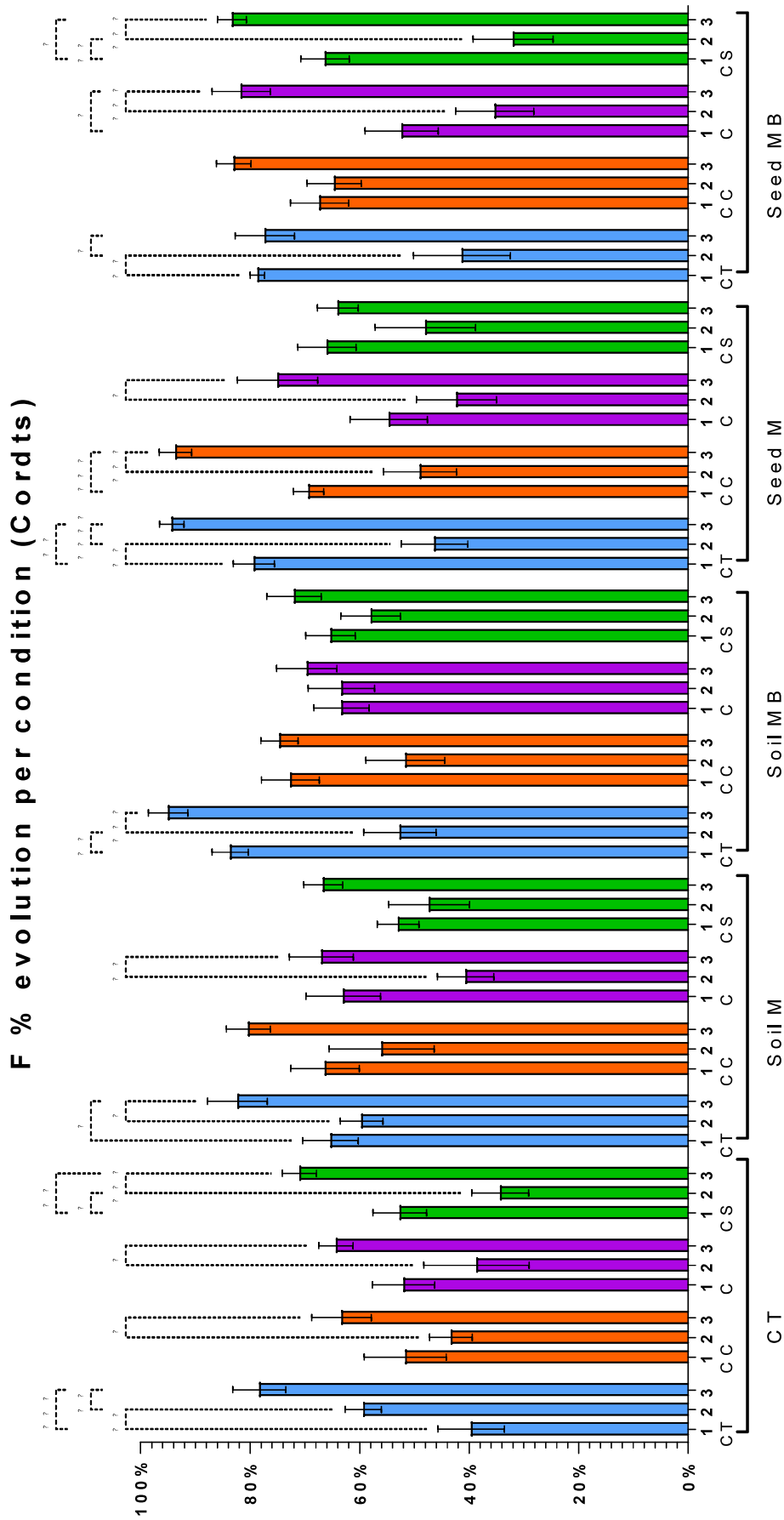


Anhang 2: Entwicklung der Wurzelbesiedelungsintensität am Standort Loitze (IFP).

A% evolution per condition (IFP)

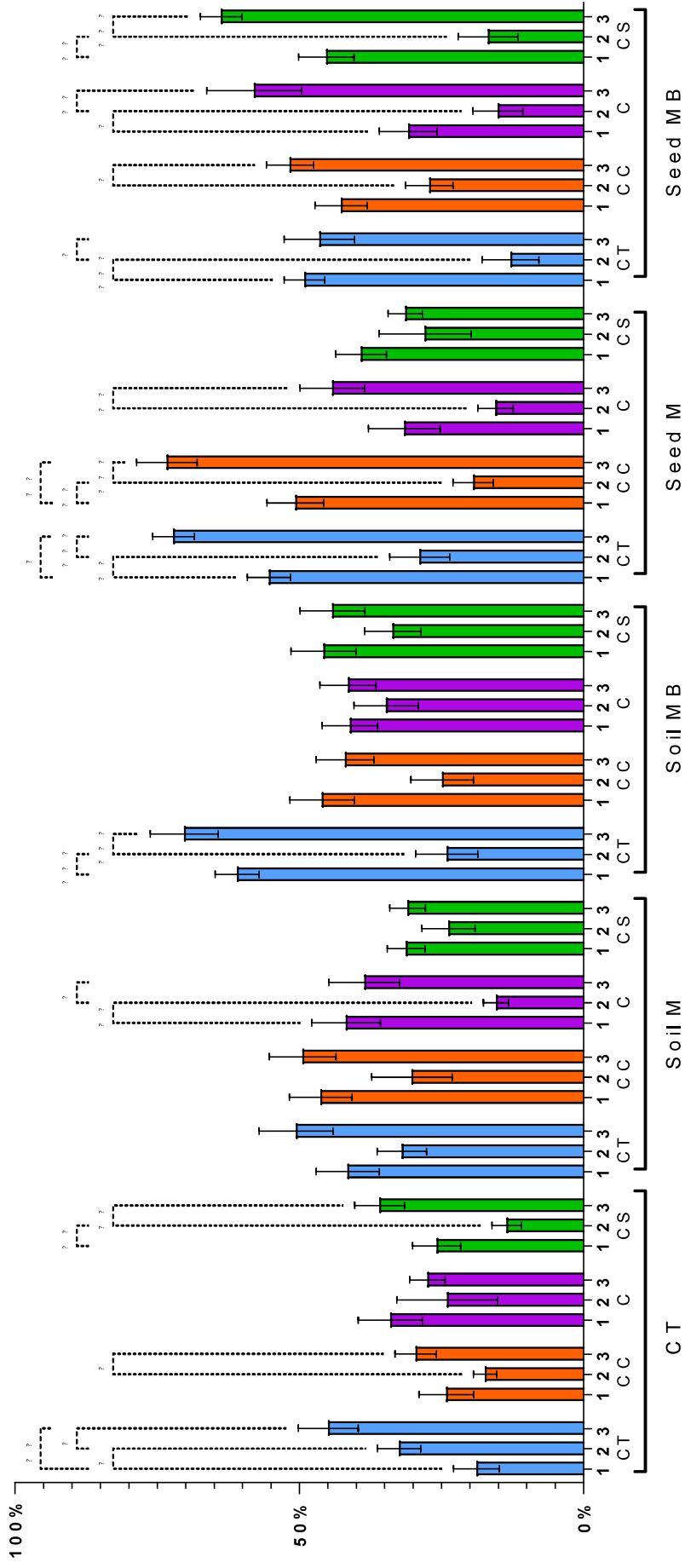


Anhang 3: Entwicklung der Arbuskelhäufigkeit A% am Standort Loitze (IFP).



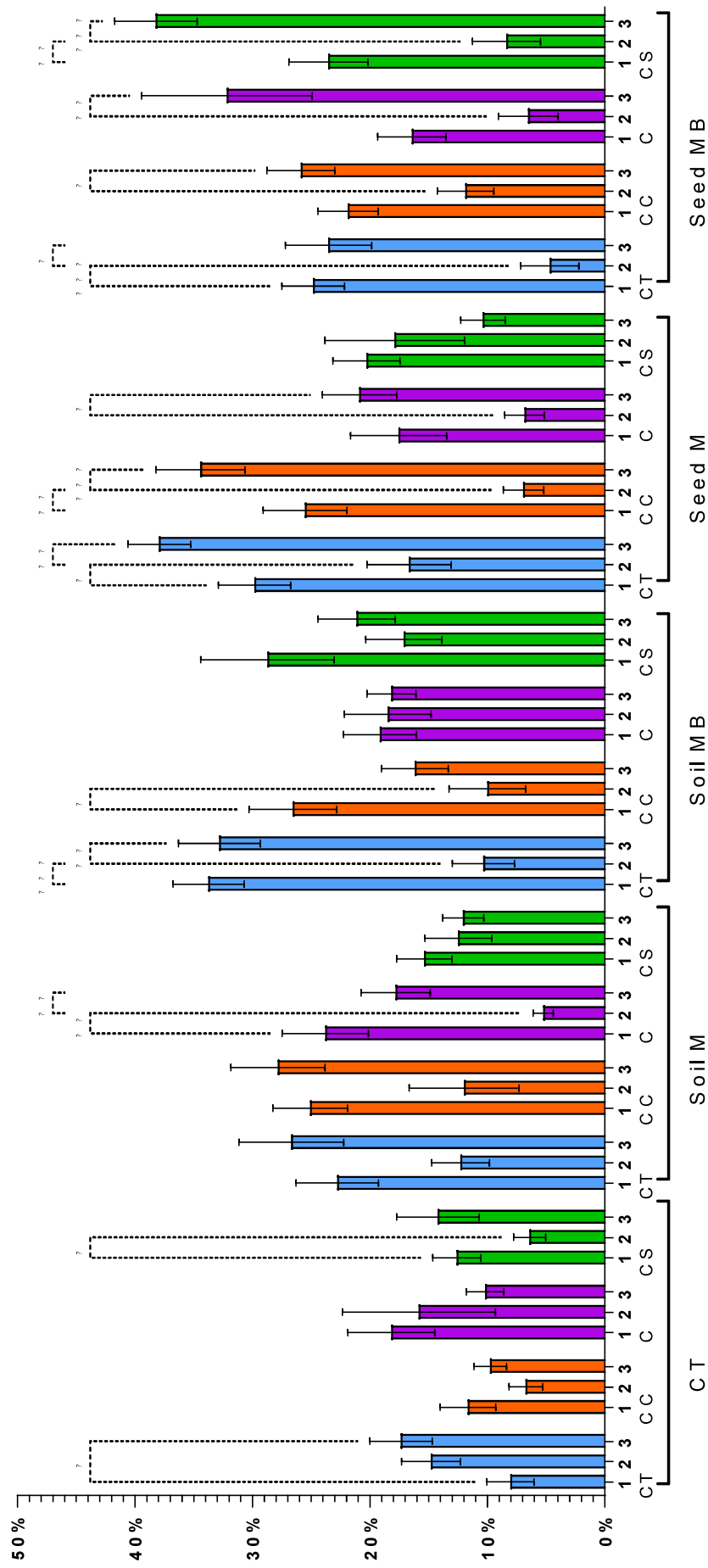
Anhang 4: Entwicklung der Wurzelbesiedlungshäufigkeit am Standort Molden (Cordts).

M % evolution per condition (Cordts)

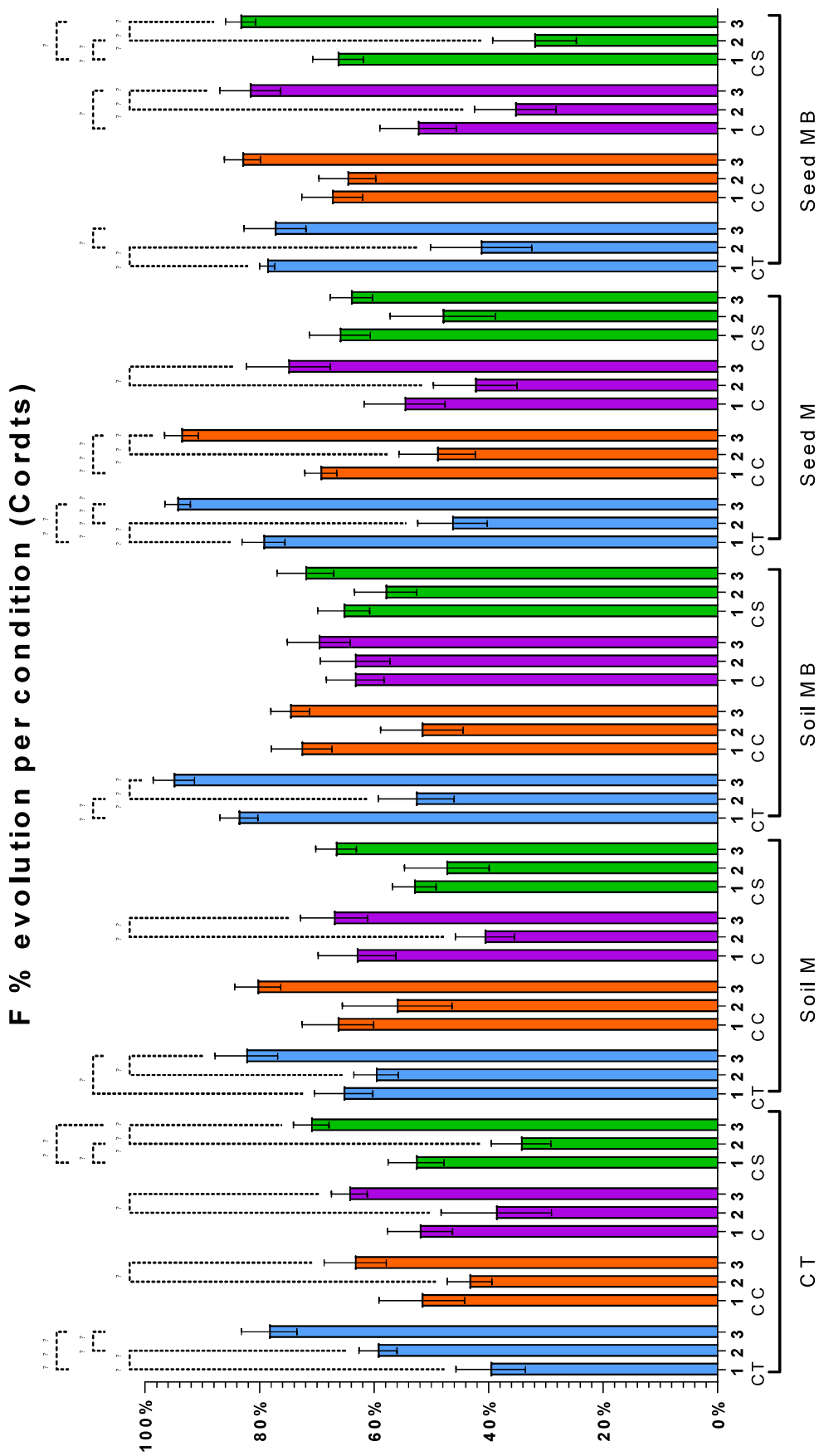


Anhang 5: Entwicklung der Wurzelbesiedelungsintensität am Standort Molden (Cordts).

A% evolution per condition (Cordts)

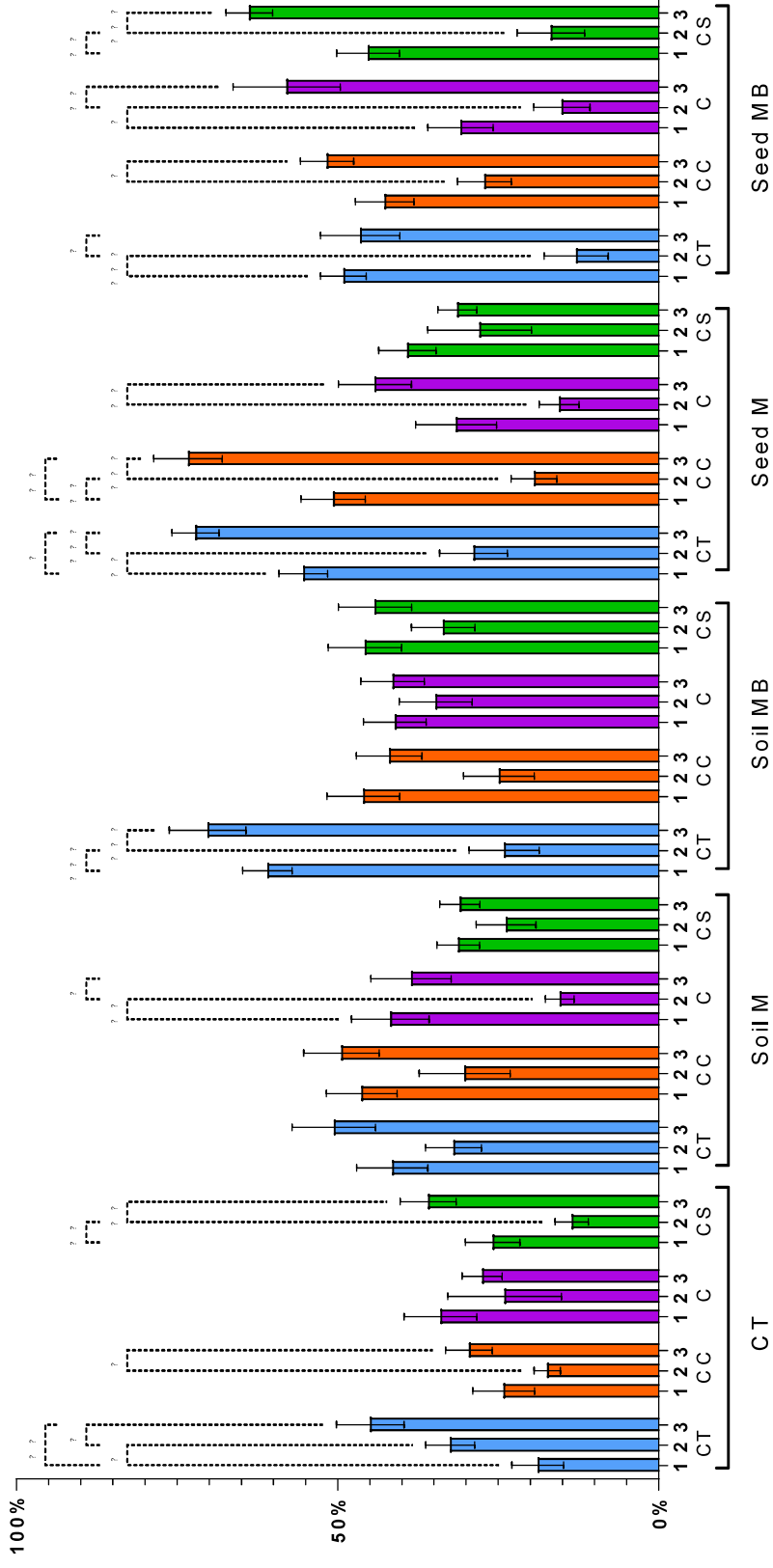


Anhang 6: Entwicklung der Arbuskelhäufigkeit A% am Standort Molden (Cordts).



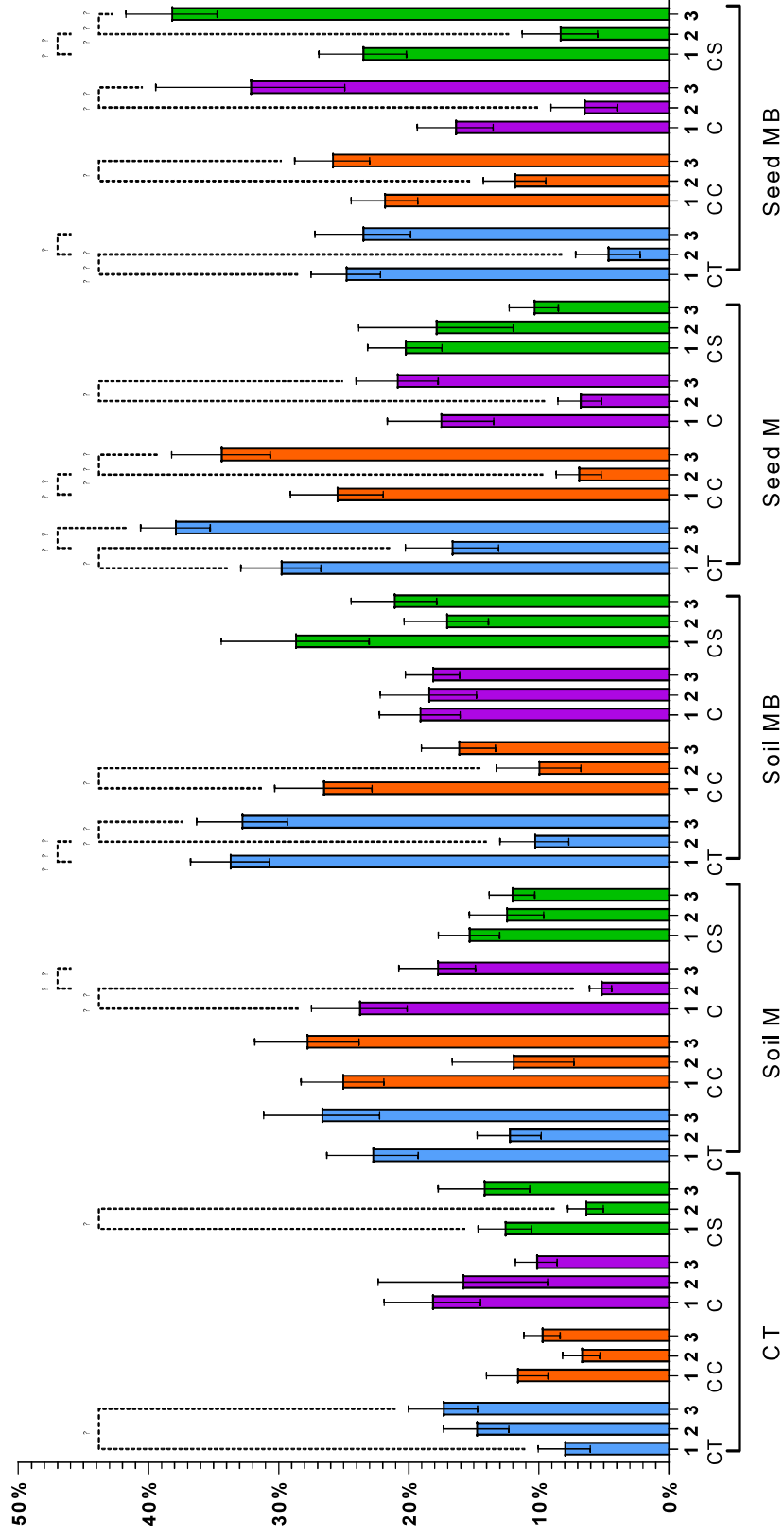
Anhang 7: Entwicklung der Wurzelbesiedlungshäufigkeit am Standort Waddeweitz (Wollbrandt).

M% evolution per condition (Cordts)



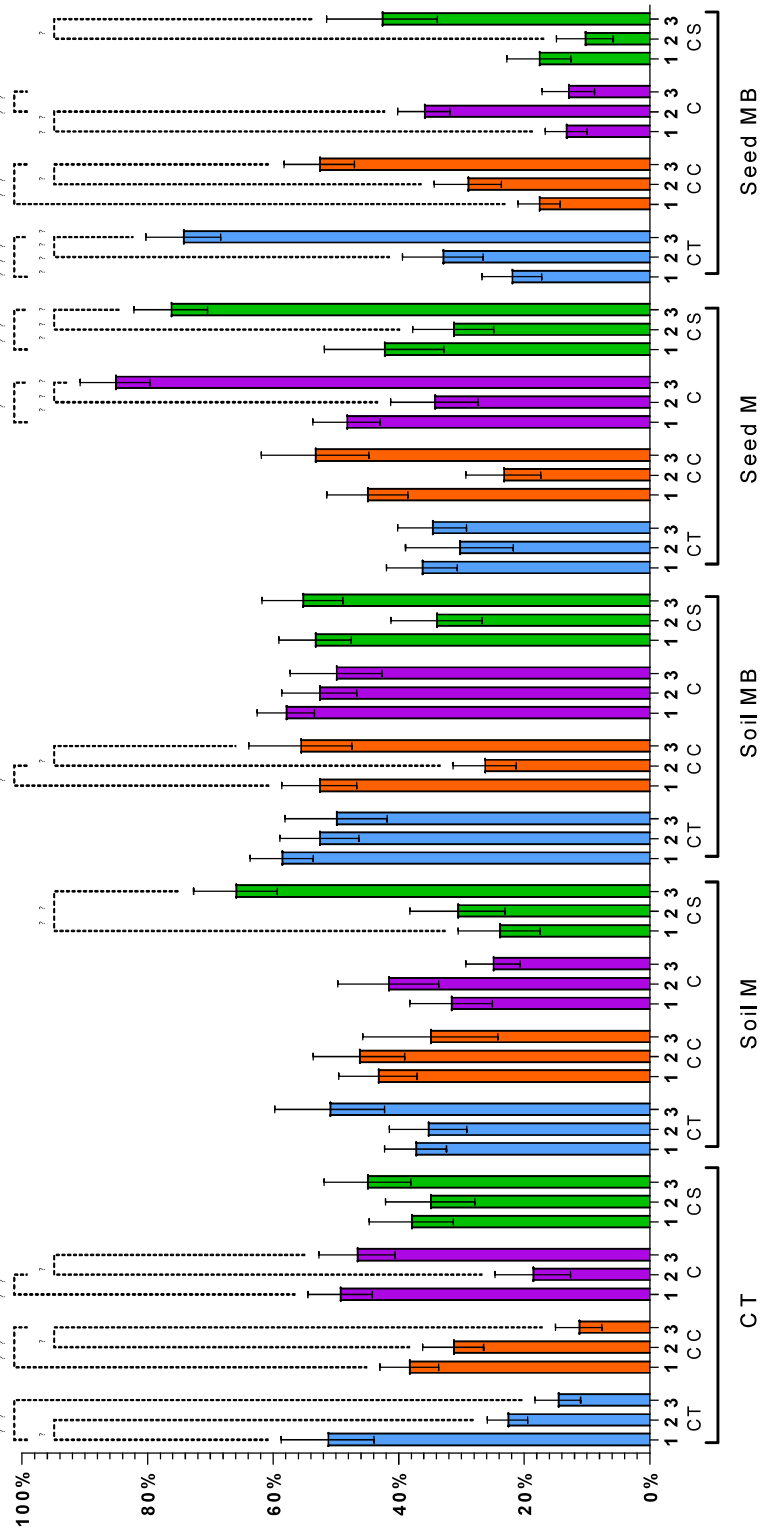
Anhang 8: Entwicklung der Wurzelbesiedelungsintensität am Standort Waddeweitz (Wollbrandt).

A% evolution per condition (Cordts)

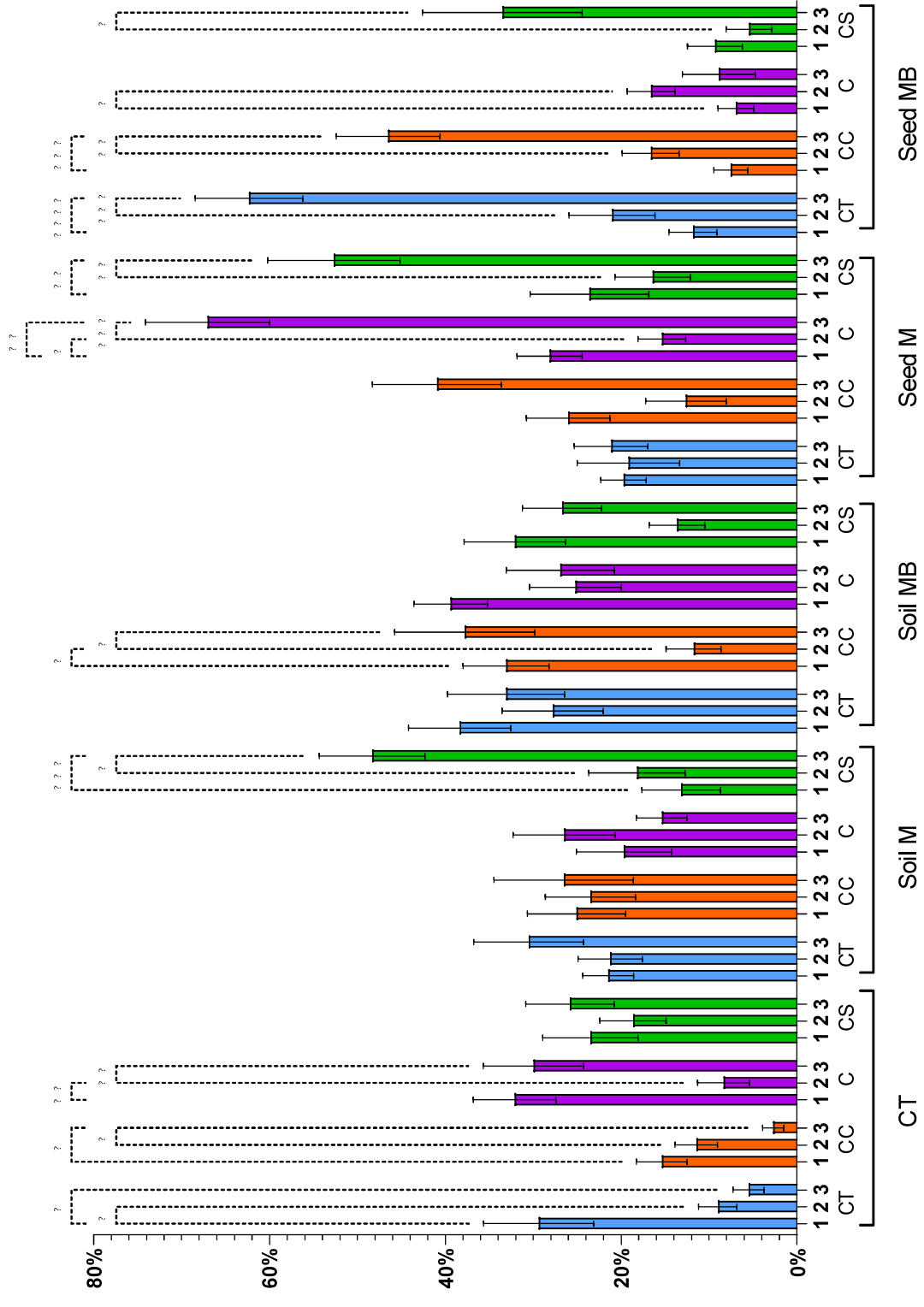


Anhang 9: Entwicklung der Arbuskelhäufigkeit A% am Standort Waddeweitz (Wollbrandt).

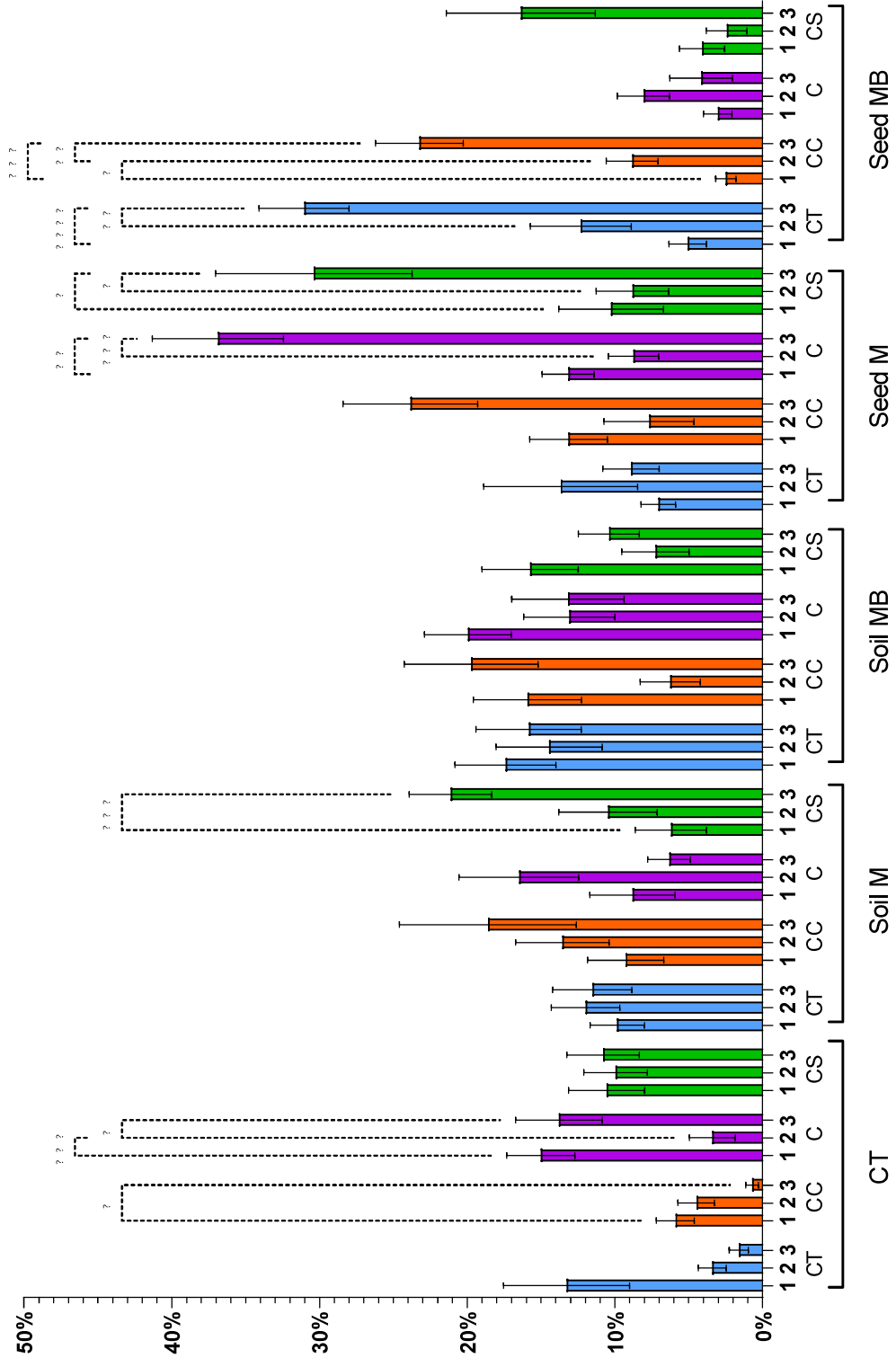
F% evolution per condition (Wollbrandt)

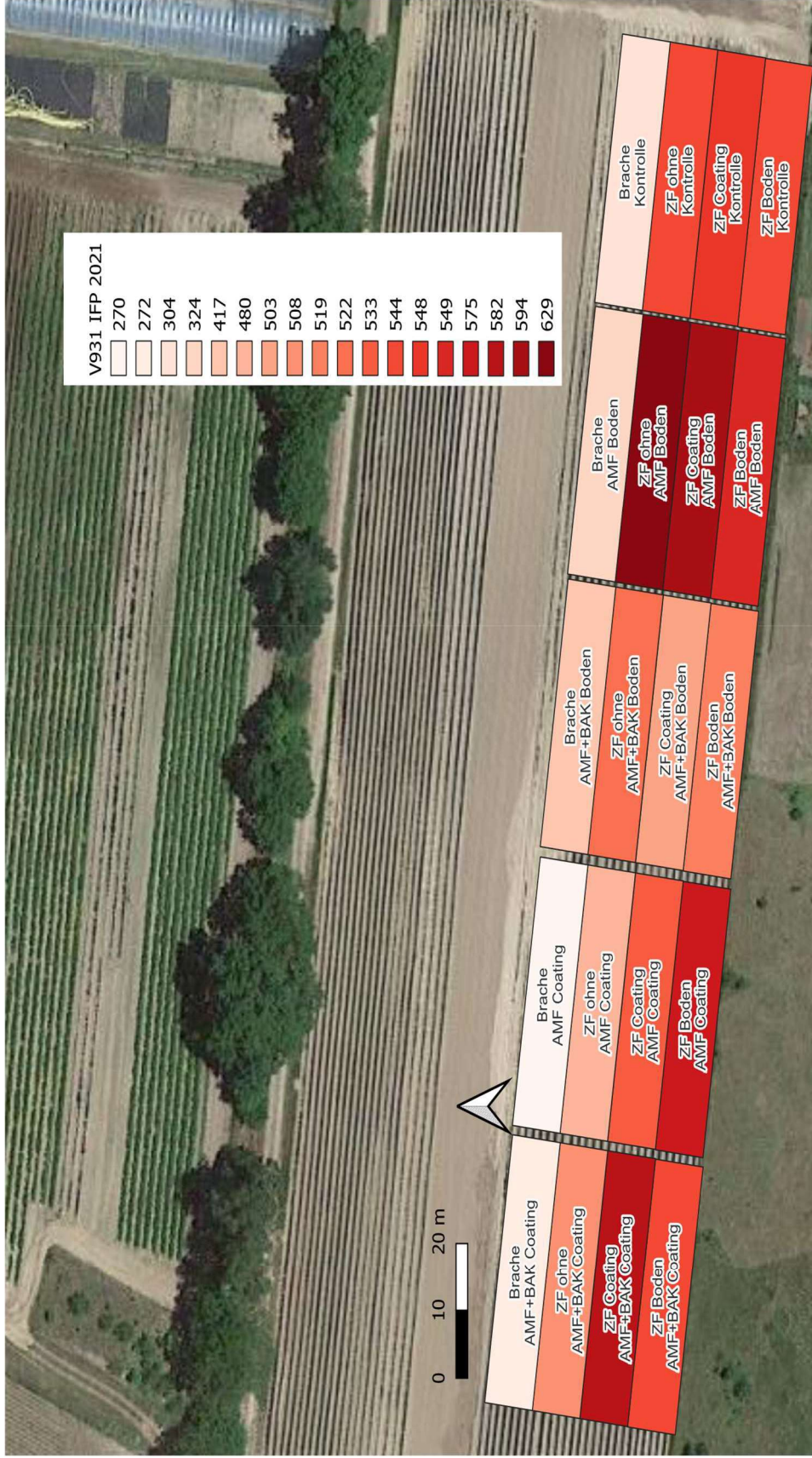


M% evolution per condition (Wollbrandt)



A% evolution per condition (Wollbrandt)





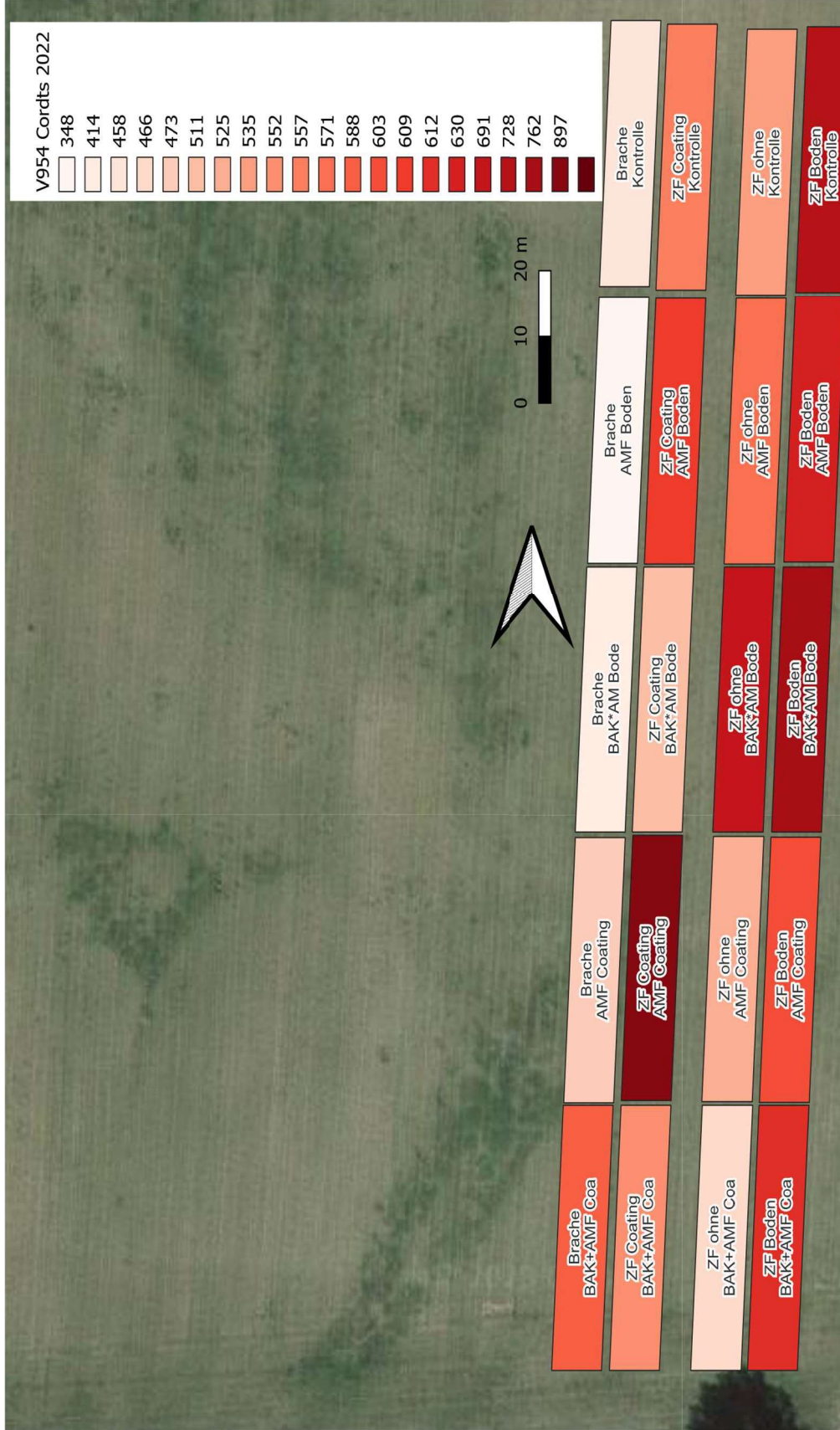
Anhang 10: Proteinertragskarte 2021, IFP.



Anhang 11: Proteinertragskarte 2022, IFP.



Anhang 12: Proteinertragskarte 2021, Cordts.



Anhang 13: Proteinertragskarte 2022, Cordts.



Anhang 14: Proteinertragskarte 2021, Wollbrandt.

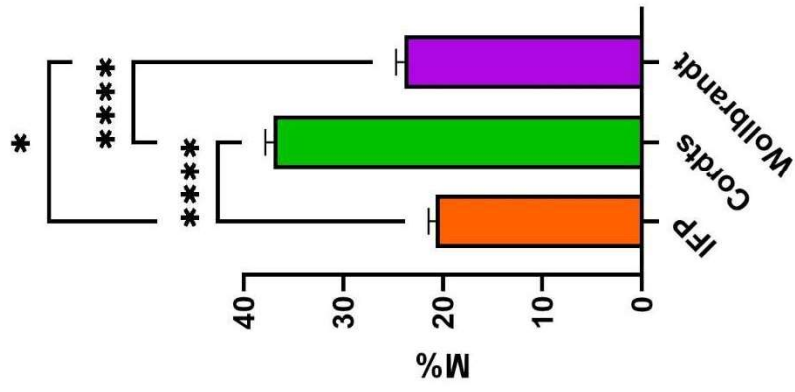


Anhang 15: Proteinertragskarte 2022, Wollbrandt.



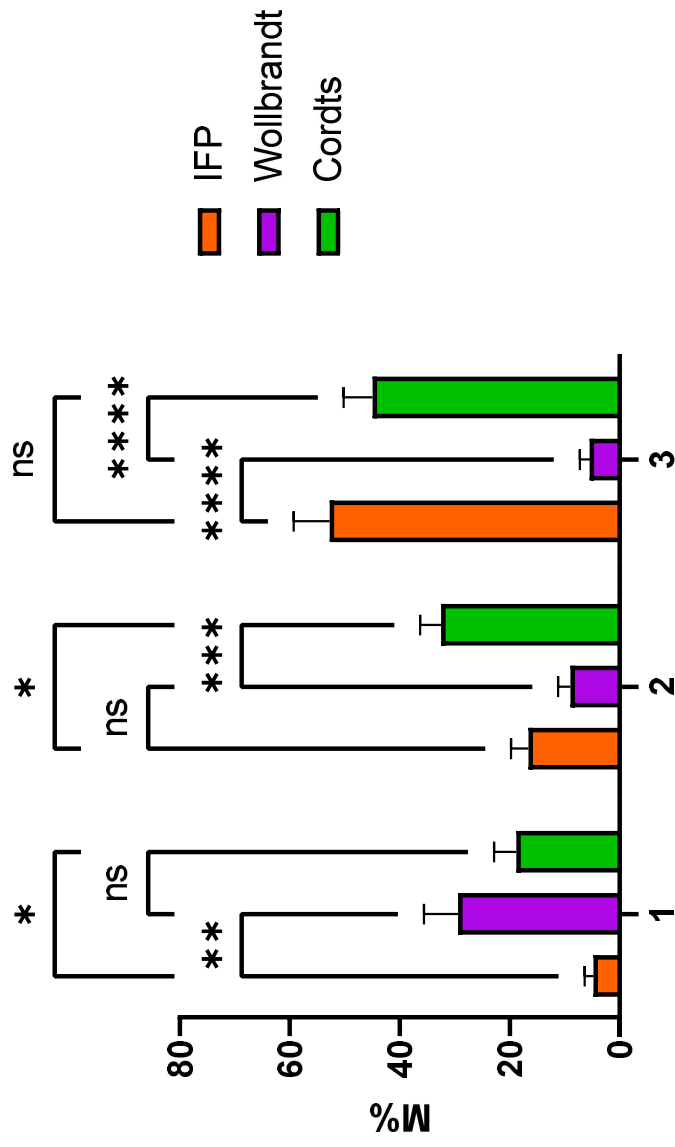
Anhang 16: NDVI-Karte der ersten Befliegung V1000.

Comparison between field (all data from all harvest time)



Anhang 17: M%-Vergleich zwischen den drei Versuchsstandorten aus dem Versuchsjahr 2022.

Comparison of colonization between field in control group by time of harvest



Anhang 18: Vergleich der Wurzelbesiedelung zwischen den Standorten in der Kontrolle über die Vegetationsperiode.