

02  
2023

# BODEN.WASSER.SCHUTZ.BLATT

AUSGABE JUNI 2023



## Imker und Landwirte in einem Feld

Zwischenfrüchte stellen wichtige Nahrungsgrundlagen für Bienen im Sommer und Frühherbst dar. Gerade in intensiven Ackerbaugebieten können so in dieser Zeit vorhandene Trachtlücken geschlossen werden. Eine wertvolle Nahrungsquelle für die Winterbienenbrut, die das Überleben des Bienenstockes während des Winters sichert.

Insbesondere Kulturen wie Buchweizen, Phacelia, Senf und Ölrettich sind wertvolle Trachtpflanzen mit einer hohen Attraktivität an abwechslungsreichem Pollen und Nektar. Eine frühzeitige Blüte mit hochwertigen und abwechslungsreichen Pollen von Ende Juli bis Ende Oktober bietet eine wertvolle Nahrungsquelle für Bienen. Das Bienenvolk beginnt in dieser Zeit mit der Aufzucht der Winterbienen und diese sind maßgeblich für die Vitalität und Überlebensfähigkeit des Bienenvolkes bedeutend.

### Sommerbienen versus Winterbienen

Die europäischen Honigbienen-Unterarten haben sich über Jahrtausende an den Rhythmus im Nahrungsangebot der Natur angepasst. Sie können als Volk lange, kalte Winter überdauern. Diese Anpassung erfolgte mit der Aufzucht winterfester Bienen.

Bei den Arbeiterinnen eines Bienenvolkes unterscheidet man zwischen Sommerbienen und Winterbienen. Die im Frühjahr schlüpfenden

Sommerbienen leben durchschnittlich drei bis vier Wochen. In dieser Zeit wächst das Bienenvolk stark an. Die Bienen kümmern sich um die Brut und tragen Nektar sowie Pollen ein. Etwa mit der Sommersonnwende geht die Bruttätigkeit zurück und mit Juli schlüpfen die ersten Winterbienen. Sie leben sechs bis neun Monate und sind für das Überleben eines gesamten Bienenstaates über den Winter verantwortlich.



Die Honigbiene freut sich über Trachtpflanzen - hier die Phacelia.

BIENZENTRUM OÖ



Blühendes Zwischenfruchtfeld.

BWSB

**Nahrungsbedarf von Bienen**  
Bienen benötigen ausreichend Wasser, Kohlehydraten und Eiweiße. Nektar und Honigtau spenden Kohlehydraten, Pollen liefert Eiweiß, Fette, Mineralstoffe und Vitamine. Die Vorräte werden einerseits in den Waben eingelagert, andererseits speichert der Fettkörper der Biene bedeutende Mengen davon. Während von Frühjahr bis Sommer ein vielseitiges Nahrungsangebot besteht, wodurch ihr Fettkörper optimal versorgt ist, nimmt dies danach stark ab. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der Lebensdauer und ihrer Aufgabe dem Fettkörper der Winterbiene besondere Bedeutung zukommt. Sie versorgt damit unter anderem die ersten Jungbienen der nächsten Sommerbienen- generation.

#### Zwischenfrüchte sind wesentlicher Teil des nachhaltigen Ackerbaus

Für einen erfolgreichen Begrünungsanbau spielen viele Parameter eine Rolle. Aus Sicht der Landwirtschaft soll die Zwischenfrucht möglichst rasch anwachsen, um aufkommende Unkräuter sowie Ausfallgetreide zu unterdrücken. Im Herbst muss der Zwischenfruchtbestand in der Lage sein, den ausgebrachten Wirtschaftsdünger zu speichern beziehungsweise zu konservieren. Betriebe, die nur eine seichte Bodenbearbeitung durchführen, benötigen die Zwischenfrüchte als Bodenlockerer. Aus Sicht des Bo-

denschutzes sind Begrünungen unerlässlich, um Mulch- und Direktsaaten durchzuführen. Für den Grundwasserschutz sollen die Begrünungskulturen nicht genutzten Stickstoff aus der Vorfrucht binden und so die Auswaschung ins Grundwasser verhindern.

Wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der angebauten Begrünungsmischung hat die Witterung. Das beginnt bereits nach dem Anbau. Je nachdem, ob es nach der Aussaat feucht oder trocken ist, bevorzugt das manche der angebauten Kulturen und diese sind dementsprechend auch besser oder schneller im Auflaufverhalten. Dies bedeutet aber auch, dass der Standort einen wesentlichen Einfluss auf das Erscheinungsbild und die Entwicklung der Begrünungsmischung hat.

#### Regionale Zwischenfrüchte statt fremdländisches Eiweißfutter

Die Vitalität der Winterbienen setzt ein vielseitiges Pollenangebot und somit eine ausreichende Eiweißversorgung im Hochsommer voraus. Mittlerweile füttern Imkerinnen und Imker teilweise den Völkern Pollenersatzstoffe zu, um diese sommerliche Trachtlücke zu schließen. Die Qualität dieser künstlichen Ersatzstoffe ist fraglich und wissenschaftlich kaum geprüft. Ein früherer Blühzeitpunkt von Zwischenfrüchten stellt die einzige nachhaltige und ressourcenschonende Nahrungsversorgung unserer Winterbienen dar.



Ein Blick unter die Streudrohne.

BWSB

#### Gemeinschaftsversuch

In einem geplanten Gemeinschaftsversuch von Bienenzentrum OÖ, Österreichischem Erwerbsimkerbund, Maschinenring OÖ und der Boden.Wasser.Schutz.Beratung im Jahr 2023 wird diese Thematik praxistauglich aufgegriffen und versucht, diese Eiweißlücke mit natürlichen Verfahren zu schließen.

#### Versuchsinfos

Auf drei Standorten in Oberösterreich wird von Landwirtinnen und Landwirten eine Zwischenfruchtmischung - abgestimmt auf die Anforderungen der Bienen und gemäß den ÖPUL-Bestimmungen - in verschiedenen Anbauverfahren angelegt. Standardmäßig soll die Aussaat nach ein oder zwei Grubberdurchgängen nach der Ernte erfolgen. Zudem wird auch ein neues vielversprechendes Verfahren der Begrünungsaussaat getestet: die Drohnensaat. Dabei wird die Begrünung bereits einige Tage vor der Ernte mittels Streudrohne ausgebracht. Somit können die Begrünungspflanzen schon früher ins Wachstum gehen und es kann sich dadurch auch eine frühere Blütenbildung etablieren. Durch das Abtesten verschiedener Anbausysteme entstehen unterschiedliche Anbaustermine von ein und derselben Mischung und somit kann das Wachstum, aber auch das Blühverhalten der Kulturen festgestellt werden. Der Maschinenring OÖ un-

terstützt die Bewirtschafter hierbei bei der Gerätetechnik. Durch laufende Bonituren werden Blühverläufe festgehalten. Parallel dazu stellen Imkerinnen und Imker Bienenstöcke auf den Versuchsflächen zur Verfügung. Diese werden mit Pollenfallen ausgestattet und auf Stockwaagen platziert, um den Pollen- und Nektareintrag des Volkes zu ermitteln. Eine Pollenanalyse soll Aufschluss darüber geben, welche Pflanzen die Bienen in der Mischung anfliegen. Dadurch sollen Rückschlüsse auf passende Begrünungsmischungen gezogen werden können. Die Versuchsergebnisse werden im Herbst 2023 in den bekannten Medien veröffentlicht. Laufende Eindrücke erhalten Sie in den sozialen Medienkanälen der Versuchspartner.

Versuchspartner:

- ▶ Versuchslandwirtinnen und -landwirte
- ▶ Imkerinnen und Imker
- ▶ Österreichischer Erwerbsimkerbund
- ▶ Bienenzentrum Oberösterreich
- ▶ Maschinenring Oberösterreich
- ▶ Boden.Wasser.Schutz.Beratung, LK OÖ

**Mag. Elisabeth Lanzer,**  
Bienenzentrum OÖ

**Ing. Patrick Falkensteiner,**  
MSc, akad. BT  
BWSB

# Wie wirken sich Zwischenfrüchte auf den Erosionsschutz und Maisertrag aus?

Im Rahmen des EIP-AGRI-Projektes „Mulchsaaten und Hacktechniken“ wurden diverse Zwischenfruchtmischungen im Hinblick auf Mulchdeckungsgrade und Erosionsschutz bei der Hackfrucht Mais geprüft.

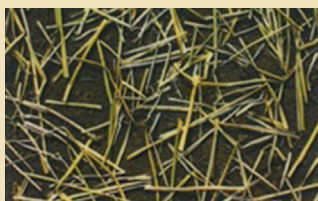
Der Fokus wurde darauf gelegt, dass möglichst viel Mulchmaterial bis zum Reihenschluss von Mais an der Bodenoberfläche verbleibt. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass bereits ein Mulchdeckungsgrad von 30 Prozent das Erosionsrisiko um 50 Prozent mindert. Kommt es zu Bodenabträgen, kommt es auch zu Nährstoffverlusten. Kalkulationen zeigen, dass diese Nährstoffverluste – gerade im Hinblick auf die hohen Mineraldüngerpreise – bei mehr als 1.000 Euro pro Hektar liegen können.

## Die Bodenneubildungsrate liegt bei 1 Millimeter pro Jahr!

Um überhaupt einen ausreichenden Mulchdeckungsgrad zu bekommen, muss aber schon vor dem Anbau der Zwischenfrucht einiges berücksichtigt werden:

### # Rechtzeitiger Anbau

Je früher eine Zwischenfruchtmischung gesät wird, desto höher ist die Bildung von Biomasse: 1 Tag im Juli = 1 Woche im August = 1 Monat im September. Je später die Begrünung gesät wird, desto wichtiger ist die richtige Auswahl der Kulturen.



Mulchdeckungsgrad 30 Prozent BWSB

### # Auswahl der richtigen Kultur

Wärmeliebende Kulturen wie Alexandrinerklee, Perserklee, Ackerbohne, Erbse, Sonnenblume, Ramtillkraut, Sommerwicke, Sareptasenf, Sandhafer oder Sudangras müssen vor dem 20. August gesät werden. Später ist es ratsamer, auf robustere Kulturen wie Senf, Kresse, Buchweizen oder winterharte Kulturen zurückzugreifen. Diese eignen sich für Saatzeiten von Ende August bis Mitte September. Ab Mitte September ist nur noch der Anbau von winterharten Kulturen wie Winterwicken, Grünschnittroggen, Wintererbse, Winterackerbohnen, Wintererbsen oder winterharten Futterbaumischungen empfehlenswert. Im Hinblick auf die Auswahl der richtigen Kulturen darf



Umbruch von Wickroggen ist nur mit geeigneter Technik möglich BWSB

## DIE GOLDENE REGEL LAUTET: Zeitiger Anbau und vielfältige Mischungen!

Begrünungskultur	Empfohlener Anbauzeitraum
Kleearten, Ackerbohnen, Erbse, Sommerwicke, Ölrettich, Sareptasenf, Meliorationsrettich, Ramtillkraut, Phacelia, Sonnenblume, Sandhafer, Hafer, Körnerhirse	Juli – Mitte August
Senf, Ölrettich, Meliorationsrettich, Kresse, Sommerraps, Buchweizen, Phacelia, Hafer	20. August – Ende August
Senf, Kresse, Buchweizen, Hafer, winterharte Kulturen	Ende August – 10. September
Winterharte Kulturen wie Wintererbsen, Winterwicke, Grünschnittroggen, Wintererbse, Roggen, Winterfutterraps	ab 10. September

die Fruchtfolge nicht außer Acht gelassen werden. Beispielsweise sollte vor dem Anbau von Leguminosen als Hauptkultur auf Leguminosen in der Zwischenfrucht verzichtet werden. Fruchtfolgekrankheiten und eine Le-

guminosenmüdigkeit können so vermieden werden. Ebenso sollte man vor dem Anbau von Kreuzblütlern (zum Beispiel Raps) auf diese (zum Beispiel Ölrettich, Senf) in der Zwischenfrucht verzichten.



Wickroggen Saat 28. September 2021 (links) - Wickroggen Saat 18. August 2021 (rechts) BWSB



Die Vielfalt macht's aus!

BWSB

Gerade bei Betrieben ohne Wirtschaftsdüngereinsatz ist es notwendig, vor dem Anbau von Stickstoffzehrern wie Mais oder Sorghumhirse eine Mischung mit ausreichend nährstoffliefernden Kulturen anzubauen.

- ▶ keine Leguminosen vor Leguminosen
- ▶ keine Kreuzblütler vor Kreuzblütler
- ▶ kein Öllein in der Zwischenfrucht, wenn Öllein in der Fruchtfolge
- ▶ vor Stickstoffzehrern Mischungen mit Stickstofflieferanten

### # Mulchmaterial

Ausreichend Mulch hinterlassen Zwischenfrüchte wie Erbsen, Klee, Wicken, Senf, Ölrettich und Gräser nur beizeitigem Anbau. Ebenso wirkt sich eine Düngung positiv auf die Bildung von Biomasse aus, jedoch sollte eine Düngung nur dann erfolgen, sofern Wirtschaftsdünger am Betrieb

vorhanden ist – und dann auch nur unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes und Einhaltung der gesetzlichen Richtlinien.

Biomasseuntersuchungen zeigen, dass der Trockensubstanzgehalt der Mischungen bei 13 Prozent liegt, das heißt 87 Prozent des Aufwuchses sind Wasser! Abfrostende Begrünmischungen liefern höhere Trockenmasseerträge als die winterharten Kulturen. Das kann daran liegen, dass die abfrostenden Mischungen aus mehr Komponenten als die winterharten Mischungen zusammengesetzt waren. Für die Bestimmung der Trockenmasse wurde eine Frischmasseerhebung im Herbst (bei abfrostenden Kulturen) und eine Frischmasseerhebung im Frühjahr (bei winterharten Kulturen) durchgeführt. Die Bestimmung der Trockensubstanz erfolgte im Futtermittellabor in Rosenau.

### # Anbautechnik

Einerseits muss die Zwischenfrucht denselben Stellenwert wie die Hauptkultur haben – sorgfältiges Saatbett, Drillsaat mit ausreichender Rückverfestigung haben sich bewährt. Andererseits haben sich in letzter Zeit Drohneneinsaaten sehr positiv entwickelt. Der Vorteil liegt darin, dass auch bei nicht befahrbaren Bodenverhältnissen die Aussaat getätigt werden kann. Jedoch kann nur streufähiges Saatgut ausgebracht und die Aussaatmenge muss ebenfalls erhöht werden. Interessant ist die Möglichkeit, eine Zwei-Phasen-Begrü-

nung anzulegen. Hier werden nach der Getreideernte abfrostende Komponenten wie Alexandrinerklee, Sudangras, Sorghumhirse oder Sandhafer gesät, in der zweiten Phase erfolgt eine Direktsaat der winterharten Komponenten in den abfrostenden Begrü-

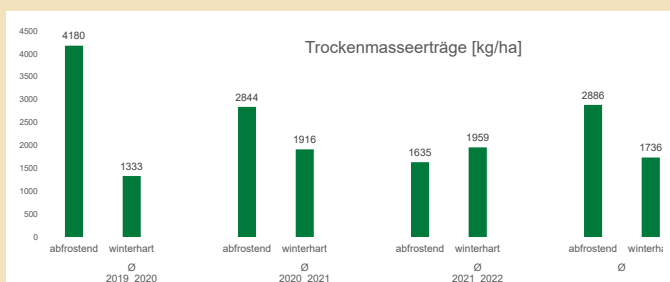
**Vorteile** dieses Systems sind:

- ▶ Ein längeres Angebot an Wurzelauausscheidungen, welche die Nährstoffversorgung des Bodenlebens verbessern,
- ▶ bessere Bindung von Nährstoffen, was wiederum die Einträge zum Beispiel von Nitrat in das Grund- und Oberflächen-gewässer reduziert,
- ▶ Verbesserung der Bodenstruktur und Aggregatstabilität,
- ▶ bessere Unkrautunterdrückung bei spät gesäten Kulturen wie Mais, Sorghumhirse oder Sojabohne,
- ▶ bessere Mulchdeckungsgrade bis zum Reihenschluss der Hackkultur als abfrostende Mischungen.



Drohneneinsaat – Sätechnik der Zukunft

BWSB



Trockenmasseerträge der Zwischenfruchtmischungen

BWSB



Klassischer Zwischenfruchtanbau

BWSB/WALLNER

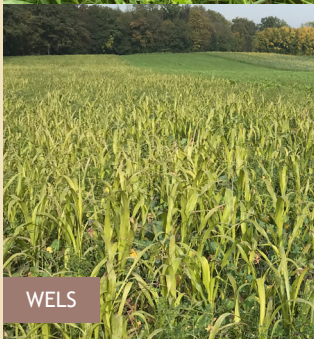
**Nachteile** dieses Systems sind:

- ▶ zusätzlicher Zeit- und Kostenaufwand,
- ▶ Einsatz von Wickroggen ist oft aufgrund der Boden- und Wetterverhältnisse nicht mehr möglich,
- ▶ geeignete Technik für den Umbruch muss vorhanden sein,
- ▶ Praxisversuche über mehrere Jahre zeigen eine Ertragsreduktion bei Mais.

Sonstige positive Aspekte des Zwischenfruchtanbaus sind: Insektenweide, Lebensraum für Wildtiere, Augenweide für die Bevölkerung, Speicherung von Kohlenstoff, Humusaufbau etc.



BRAUNAU



WELS

Zwei-Phasen Begrünung am 18. November 2020 in Braunau und Wels BWSB



Ein flächiger Umbruch von Wickroggen ist nur mit der geeigneten Technik möglich. BWSB

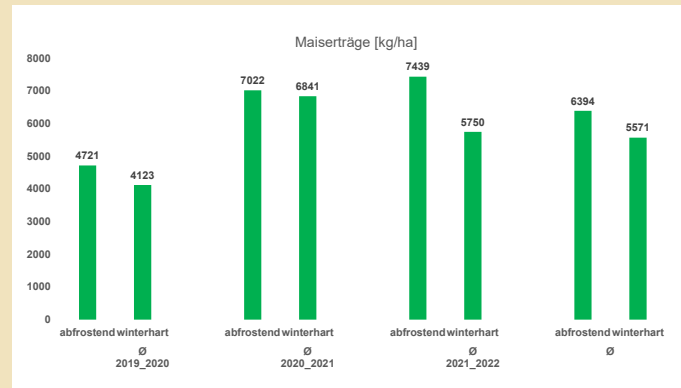
**EIP-PROJEKT MULCHSAATEN UND HACKTECHNIKEN**

Im Projekt „Mulchsaaten und Hacktechniken“ wurden für das Feuchtgebiet folgende Mischungen ausgewählt:

- ▶ **V1** Abfrostend - Humus Pluss: Sandhafer, Phacelia, Ramtillkraut, Saatwicke, Perserklee, Alexandrinerklee, Ölettich, Kresse, Leindotter, Sonnenblume und Öllein
- ▶ **V2** Zwei-Phasen-Begrünung:  
Phase 1: abfrostende Kulturen, 10 Kilogramm Alexandrinerklee + 10 Kilogramm Sudangras;  
Phase 2: 100 Kilogramm Wickroggen (25 Kilogramm Winterwicke + 75 Kilogramm Grünschnittroggen)

Ausgesucht wurden diese Mischungen beziehungsweise Kulturen, weil sie auf den Zwischenfruchtversuchsflächen der Boden.Wasser.Schutz.Beratung, LK OÖ die besten Mulchdeckungsgrade zeigten. Projektziel war, Zwischenfrucht-mischungen auszuwählen, welche nach mehreren Durchgängen von Bodenbearbeitungen (Begrünungsumbruch, Hacken und Striegeln von Mais) noch ausreichend Mulchmaterial zurücklassen, um einen Erosionsschutz in Hackkulturen zu gewähren. Diese Versuche wurden über drei Jahre, in Summe auf 11 Standorten im Feuchtgebiet (Oberösterreich) und im Trockengebiet (Niederösterreich) angelegt.

Eine Beobachtung in den Projektjahren war, dass die Ertragsergebnisse von Mais nach der winterharten Zwischenfrucht immer niedriger waren als nach der abfrostenden Zwischenfrucht. Diese betragen bis zu 25 Prozent. Mögliche Ursachen können



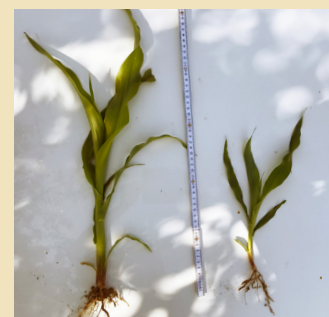
Durchschnittliche Ertragsergebnisse bei Mais mit 14 Prozent auf den Standorten in Oberösterreich BWSB



Braunau 2022 – Mais nach abfrostender (links) und winterharter (rechts) Begrünung. BWSB



Mais am Standort Wels am 20. Juli 2020 nach abfrostender (links) und winterharter (rechts) Zwischenfrucht. BWSB



Mais am Standort Perg am 17. Juli 2021 nach abfrostender (links) und winterharter (rechts) Zwischenfrucht BWSB

sein, dass der Wickroggen im Frühjahr Nährstoffe aus dem Boden aufnimmt, welche dann dem Mais fehlen. Weiters wurden Proben zur Bestimmung des Bodenwasser-gehaltes entnommen. Hier gab es keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Zwischenfrucht.

Ein weiteres Ergebnis war, dass aufgrund der relativ hohen Arbeitsintensität beim

Begrünungsumbruch und der mechanischen Beikrautregulierung die angestrebten Mulchdeckungsgrade von 30 Prozent selten erreicht wurden.

Detaillierte Informationen zu den Ergebnissen können im Abschlussbericht des EIP-AGRI-Projektes „Mulchsaaten und Hacktechniken“ nachgelesen werden.

DI Marion Gerstl

## Umwelteinflüsse auf das Mikrobiom in landwirtschaftlich genutzten Flächen

Im Pilotprojekt „Bodenmikrobiome und wichtige Ökosystemleistungen“ wurden über ein Jahr Maisanbauflächen in Ober- und Niederösterreich auf Pilze, Bakterien und Archaeen (= kleine einzellige Mikroorganismen) untersucht.



Für das Pilotprojekt wurden vier Maisflächen in Ober- und Niederösterreich ausgewählt.

ABTEILUNG PFLANZENBAU

Das Pilotprojekt Nr. 101549 „Bodenmikrobiome und wichtige Ökosystemleistungen“ wurde im Rahmen des Ressortforschungsprogrammes über [dafne.at](http://dafne.at) (Datenbank für Forschung zur Nachhaltigen Entwicklung) mit Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft finanziert. Erste Ergebnisse aus diesem Projekt wurden bereits in der vorigen Ausgabe der *Boden.Wasser.Schutz.Blätter* vorgestellt (Gorfer et al. 2023). In der aktuellen Ausgabe möchten wir nun den Fokus auf die Mikrobiom-Untersuchungen richten. Bodenbürtige Mikroorganismen stehen in einer engen Wechselwirkung mit ihrer Umwelt. Vegetation, Klima, Jahreszeit, Boden sowie Bodenbearbeitung beeinflussen die Biomasse, die Zusammen-

setzung und die Aktivität der Mikroorganismen, während umgekehrt Mikroorganismen Bodeneigenschaften und die Vegetation beeinflussen können. Im Pilotprojekt „Bodenmikrobiome und wichtige Ökosystemleistungen“ konnten einige dieser Interaktionen näher unter die Lupe genommen werden.

Über lange Zeit war die Untersuchung von Mikroorganismen im Boden eine äußerst arbeitsintensive und zeitaufwändige Tätigkeit. Pilze und Bakterien mussten auf mikrobiologischen Nährmedien in Kultur gebracht werden, um dann mit mikroskopischen und biochemischen Methoden weiter charakterisiert zu werden. Auch wenn dadurch über viele Jahrzehnte ein beachtliches Wissen über das Leben im Boden aufgebaut werden konnte,

und die wichtigsten Nährstoffkreisläufe aufgeklärt werden konnten, zeigte sich schon bald, dass durch den Zwischenschritt der Kultivierung im Labor der weitaus größte Teil der Mikroorganismen unerkannt bleibt. Technologische Weiterentwicklungen der jüngeren Zeit erlauben es nunmehr, Zellen über ihre DNA-Sequenz zu erfassen. Mit modernen Hochdurchsatz-Technologien können Abertausende von DNA-Abschnitten parallel sequenziert werden. Über Abgleiche mit großen Datenbanken werden die Sequenzabschnitte dann verschiedenen Organismengruppen zugeordnet. Man erhält somit Informationen darüber, welche Pilze, Bakterien und Archaeen in einer Probe vorhanden sind – unabhängig von deren Kultivierung im Labor. Damit haben sich neue Di-

mensionen in der Mikrobiomforschung eröffnet, um die komplexen Zusammenhänge besser verstehen zu können.

### Der Boden

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden vier Standorte in Ober- und Niederösterreich näher untersucht: Nußbach und Bachloh in Oberösterreich sowie Rafing und Bullendorf in Niederösterreich. Auf den vier ausgewählten Äckern wurde jeweils ein Teil der Flächen nach der Ernte im Jahr 2021 unbebaut (brach) belassen, während auf dem Rest der Flächen standortübliche Zwischenfruchtmischungen angebaut wurden. Im Frühling 2022 wurde dann auf allen Flächen Mais angebaut. Im März, Juli und September 2022 wurden Proben für die Mikrobiomanalysen entnommen.

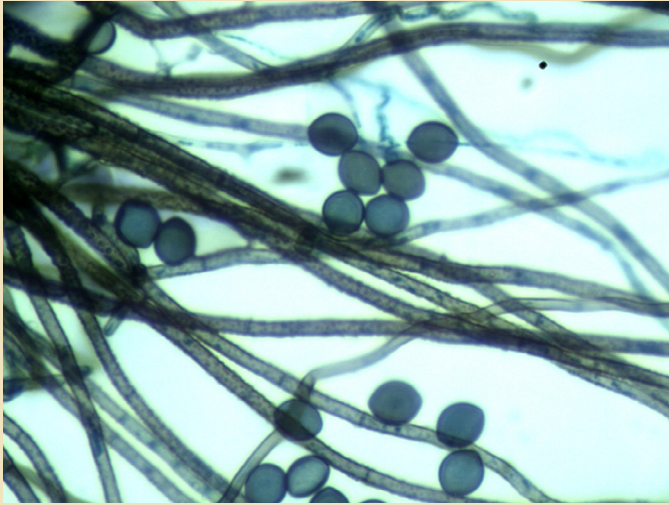


Abbildung 1: Hyphen und Sporen von *Chaetomium globosum*, einem weit verbreiteten Bodenpilz, der sehr gut pflanzliche Zellwandbestandteile wie Zellulose und Hemizellulosen abbauen kann.

DRAGANA BANDIAN, AIT



Abbildung 2: Teilweise freigelegtes Wurzelsystem einer ausgewachsenen Maispflanze.

GERNOT BODNER, BOKU

Die dominanten Pilze in den meisten Bodenproben gehören zum Phylum der Ascomycota (Stamm der Schlauchpilze) mit vielen bekannten Gattungen wie *Cladosporium*, *Fusarium*, *Trichoderma* oder *Chaetomium* (siehe Abbildung 1). Des Weiteren wurden auch immer wieder sogenannte koprofile Pilze gefunden. Dabei handelt es sich um Pilze, die im Dung von Pflanzenfressern gedeihen. Die Dominanz der Ascomycota in Ackerböden ist schon lange bekannt. Lange bevor DNA-Sequenzierungen zur Methode der Wahl wurden, konnten Klaus H. Domsch und Walter Gams 1970 einen bis heute gültigen Überblick zu häufigen Pilzen in Ackerböden geben. Derlei Ergebnisse konnten in zahlreichen späteren Untersuchungen mit DNA-basierten Methoden bestätigt werden (zum Beispiel Klaubauf et al. 2010). Neben Pilzen aus bekannten Gruppen wie Ascomycota und Basidiomycota (Brand- und Ständerpilze), konnten in den Proben aus Ober- und Niederösterreich auch viele Sequenzen erhalten werden, die keinem bekannten Phylum zugeordnet werden konnten.

Bei Bakterien ist der Anteil an nur schlecht beschriebenen Gattungen üblicherweise viel höher als bei den Pilzen. Neben bekannten Vertretern wie den Proteobacteria (zum Beispiel *Pseudomonas*), Actinobacteriota (zum Beispiel *Streptomyces*) oder Firmicutes (zum Beispiel *Bacillus*) sind vor allem weniger bekannte Gruppen wie die Acidobacteriota oder Planctomycetota häufig zu finden. Die Entdeckung und Beschreibung dieser Phyla wurden erst mithilfe der DNA-basierten Methoden möglich.

Die Gemeinschaften der Pilze und Bakterien in den Böden der vier Standorte unterscheiden sich voneinander, wobei die Gemeinschaften in den beiden niederösterreichischen Böden einander sehr ähnlich sind. Bodenfaktoren, die einen starken Einfluss auf die mikrobiellen Gemeinschaften haben, sind der pH-Wert und der Humusgehalt. Die beiden oberösterreichischen Standorte haben einen etwas niedrigeren pH-Wert (OÖ: pH = 6,7 bis 7,3; NÖ: pH = 7,6) und einen etwas höheren Humusgehalt (OÖ: 2,9 bis 4,1 Prozent Humus; NÖ: 2,4 bis 2,9 Prozent Humus) als die niederösterreichischen Standorte.

### Rhizosphäre und Wurzel

Bei den Probenahmen im Juli und September 2022 wurden nicht nur Bodenproben entnommen, es wurden zusätzlich auch Rhizosphäre und Maiswurzeln beprobt. Die Rhizosphäre ist der Boden in der direkten Umgebung der Pflanzenwurzel (vergleiche Abbildung 2). Durch Wurzelexsudate (Wurzelausscheidungen) und abgestorbenes Wurzelmaterial ist dieser Bereich besonders gut mit Nährstoffen versorgt, weswegen es auch zu einer Anreicherung von Mikroorganismen in diesem Bereich kommt. Selbst das Innere der Wurzel ist von Mikroorganismen besiedelt.

In den vier Ackerbauflächen in Ober- und Niederösterreich konnte beobachtet werden, dass Archaeen besonders häufig in der Rhizosphäre zu finden sind, während die Wurzel kaum von Archaeen besiedelt wird (vergleiche Abbildung 3). Archaeen werden wie die Bakterien den Prokaryoten zugeordnet. Im Gesamtboden der untersuchten Flächen machen Archaeen meist unter 2 Prozent der Prokaryoten (einzellige Mikroorganismen ohne Zellkern)

aus, in der Rhizosphäre dahingegen deutlich über 5 Prozent. In der Maiswurzel steigt der relative Anteil selten über 1 Prozent. Der überwiegende Anteil der Archaeen konnte der Familie Nitrososphaeraceae zugeordnet werden. Hierbei handelt es sich um sogenannte Ammonia-oxidierende Archaeen (AOA), die ähnlich den Ammonia-oxidierenden Bakterien (AOB) den ersten Schritt der Nitrifizierung – also die Umwandlung von Ammonium in Nitrit – vollziehen können. Im zweiten Schritt wird das Nitrit in Nitrat umgewandelt, das aufgrund seiner höheren Mobilität im Boden bevorzugt von den Pflanzenwurzeln aufgenommen wird. AOA sind im Gegensatz zu den AOB besonders gut an niedrige Ammonium-Konzentrationen angepasst.

Bei den Bakterien kam es in den oberösterreichischen Flächen zu einer starken Anreicherung von Bakterien aus der Gattung *Xiphinematobacter* in der Rhizosphäre. Diese Bakterien konnten bislang nicht in Reinkultur gebracht werden, es handelt sich um obligate Symbionten von pflanzenparasitischen Nematoden aus der Gattung *Xiphinema*. Die symbiontischen Bakterien besiedeln den Verdauungstrakt und unterstützen die Nematoden vermutlich bei der Versorgung mit essenziellen Aminosäuren (Brown et al., 2018). Nematoden der Gattung *Xiphinema* können zwar eine Vielzahl unterschiedlicher Pflanzen befallen, doch sind keine Schädigungen von Maiskulturen bekannt. In den Maiswurzeln von einigen Proben der oberösterreichischen Flächen wurden besonders häufig Pilze aus der Gattung *Olpidiaster* gefunden. Bei manchen Kulturen können diese Pilze Wurzelschäden hervorrufen, oftmals verlaufen die Infektionen jedoch ohne Symptome.

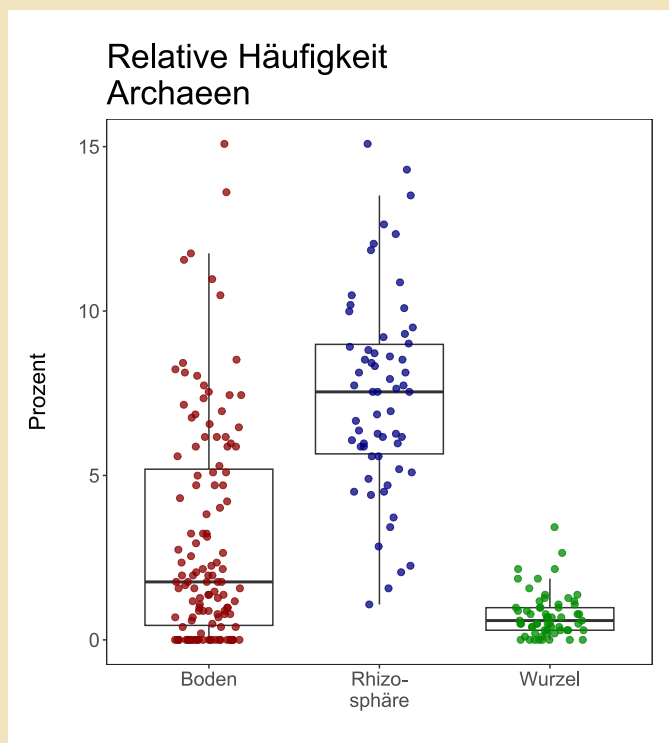


Abbildung 3: Relative Häufigkeit von Archaeen in Ackerböden aus Ober- und Niederösterreich. Der prozentuelle Anteil der Archaeen an der Gesamtheit der Prokaryoten (Bakterien und Archaeen) wurde in Form eines Kastenschaubildes dargestellt, wobei zwischen Boden (rot), Rhizosphäre (blau) und Wurzel (grün) unterschieden wurde. In der Rhizosphäre ist der relative Anteil höher als im Boden. In der Maiswurzel sind besonders wenige Archaeen zu finden.

PILOTPROJEKT BODENMIKROBIOME UND ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Glomeromycota-Pilze, die mit den Wurzeln vieler Pflanzen eine sogenannte Arbuskuläre Mykorrhiza ausbilden können – wurden auf allen Flächen nur sehr selten gefunden. Geringe relative Häufigkeiten der Glomeromycota wurden bereits vielfach beobachtet, auch wenn die Vegetation aus potenziellen Wirtspflanzen besteht. Zur besseren Charakterisierung wird daher meist auf alternative Methoden zurückgegriffen.

### Die Vegetation

In zahlreichen Untersuchungen konnte bereits festgestellt werden, dass der Pflanzenbewuchs von großer Bedeutung für das Mikrobiom im Boden ist. Der Einfluss der Vegetation auf die mikrobiellen Gemeinschaften konnte jedoch im Rahmen des Pilotprojektes nur in sehr geringem Maße

studiert werden. Der Vergleich zwischen den beiden Varianten der Zwischenbegrünung zeigte im Bodenmikrobiom kaum eindeutige Unterschiede. Die Hauptkultur war auf allen Flächen Mais. Während die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden und auch in der Rhizosphäre deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Standorten zeigen, sind diese Unterschiede bei den Wurzeln schon sehr viel geringer. Das Mikrobiom in den Wurzeln wird also zu einem überwiegenden Teil von der Pflanze beeinflusst, und nur in geringerem Maße vom umgebenden Boden.

### Klima und Jahreszeiten

Die Untersuchung von Klimafaktoren war nicht vorrangiges Ziel des Pilotprojektes. Die Gruppierung der mikrobiellen Gemeinschaften in den

vier Ackerböden nach Bundesländern könnte jedoch einen Hinweis auf Klimafaktoren liefern. In wichtigen Bodenparametern (pH, Humusgehalt, Textur) waren sich alle vier Standorte ähnlich, die Niederschlagsmengen im Weinviertel sind jedoch weit geringer als an den beiden oberösterreichischen Standorten.

Jahreszeitliche Änderungen im Mikrobiom konnten dahingegen sehr gut beobachtet werden. So waren die Archaeen vor der Aussaat (März 2022) nur in sehr geringem Maße zu finden, während sie zu späteren Zeitpunkten in den relativen Häufigkeiten deutlich zunahm. Wie an voriger Stelle bereits hervorgehoben, handelt es sich bei den hier gefundenen Archaeen zum überwiegenden Teil um Nitrifizierer. Umgekehrt nehmen die Acidobacteriota in ihrer relativen Häufigkeit vom März bis zum September auf allen vier Flächen ab. Bakterien aus diesem Phylum lassen sich nur schwer kultivieren, kommen in vielen Böden jedoch sehr häufig vor. Wie der Name vermuten lässt, bevorzugten viele Vertreter dieses Phylums saure Böden, Acidobacteriota werden jedoch in allen Böden gefunden – auch bei neutralen oder leicht alkalischen pH-Werten. Soweit bekannt, sind alle Vertreter aerob und oligotroph, was bedeutet, dass sie besonders gut mit niedrigen Nährstoffangeboten umgehen können.

### Schlussfolgerungen

Die detaillierten Untersuchungen zum Mikrobiom in vier Maisanbauflächen auf Ober- und Niederösterreich konnten einige interessante Ergebnisse erbringen. So ist zum Beispiel die spezielle Förderung Ammonia-oxidierender Archaea in der Rhizosphäre in anderen Studien bislang sel-

ten beobachtet worden. Eine einmalige Änderung der Zwischenbegrünung wirkt sich offensichtlich kaum auf die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden aus. Aus anderen Untersuchungen ist jedoch bekannt, dass langfristige Änderungen in der Bewirtschaftung sehr wohl einen Einfluss auf das Mikrobiom im Boden haben. Viele hier beschriebene Effekte gelten auch auf anderen Böden sowie bei anderen Kulturen. Zusätzlich gibt es jedoch eine Vielzahl an Mikroorganismen, die speziell an gewisse Böden sowie gewisse Pflanzen angepasst sind.



### AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Markus Gorfer, Francisco Cerqueira, Theresa Ringwald, Dragana Bandian, Angela Sessitsch



### Umweltbundesamt GmbH

Elisabeth Schwaiger, Barbara Birli, Barbara Färber, Sigbert Huber, Peter Tramberend



### Landwirtschaftskammer Oberösterreich

Franz Hölzl



### Landwirtschaftskammer Niederösterreich

Josef Springer



Mit Unterstützung von Bund und dafne.at