

# WAS SIND DIE VORTEILE VON MEHR DIVERSITÄT IN ZWISCHENFRUCHTMISCHUNGEN?

Nehme ich als Zwischenfrucht eine Einzelkomponente oder eine Mischung? Reichen vier Komponenten in einer Mischung oder sollten es mehr sein? Dass es hier mehr als nur eine richtige Antwort gibt, lesen Sie in den zusammengefassten Ergebnissen des Projekts CATCHY.

Ökosystemstudien in den vergangenen Jahrzehnten konnten nachweisen, dass mit steigender Anzahl an Pflanzenarten in natürlichen Habitaten Stoffkreisläufe, Wasser- und Energieflüsse effizienter werden, Schädlingsdruck und Krankheitsbefall sinken sowie zeitgleich die Kohlenstoff-Sequestrierung und die Klimaregulation positiv verknüpft sind. Biodiversität ist also der Schlüssel zu multifunktionalen und damit resilienten Ökosystemen. Zwischenfrüchte sind eines der Werkzeuge, um Funktionen, die auf Biodiversität beruhen, auch in den Ackerbau integrieren zu können, um resilientere Anbausysteme zu schaffen. Vor diesem Hintergrund stand zu Beginn des CATCHY-Projektes die Hypothese, dass biodiverse Zwischenfruchtmischungen möglicherweise Reinsaaten überlegen sein könnten. Durch gezielte Kombination von Pflanzenarten mit genetischer Diversität und damit Unterschieden in morphologischen Merkmalen, Nährstoffanforderungen und Biomassequalitäten sollten Mischungen mit dem Ziel entstehen, die positiven Funktionen des Zwischenfruchtanbaus zu maximieren.

### Welche Kombination liefert was?

Die Auswahl der Zwischenfrüchte sollte möglichst alle wichtigen Pflanzenfamilien repräsentieren: Rauhafer die Gräser, Senf die Kreuzblütler und Klee die Leguminosen. Phacelia ist zwar als Wasserblatt-

### Autoren

- Dr. Norman Gentsch, Institut für Bodenkunde Leibniz Universität Hannover
- Dr. Diana Heuermann, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben
- Prof. Dr. Barbara Reinhold-Hurek, Mikrobiologie, Universität Bremen
- Robin Kümmerer, Hochschule Weihenstephan Triesdorf
- Jonas Schön, Hochschule Weihenstephan Triesdorf
- Dr. Matthias Westerschulte, Deutsche Saatveredelung AG, Lippstadt

gewächs mit keiner unserer Kulturpflanzen verwandt, aber in der Praxis eine wichtige Zwischenfrucht. Diese vier Pflanzenarten wurden als Reinsaaten und in einer Mischung (Mix4) gegen eine Brache als Kontrolle getestet. Zusätzlich wurde eine kommerzielle Mischung aus 12 Komponenten mit etwa 25 % Leguminosen im Samenanteil (Mix12; TerraLife®-MaisPro) untersucht. Die Zwischenfruchtvarianten (Reinsaaten sowie Mischungen) zeigten keine statistisch signifikan-

Das **Zwischenfruchtprojekt CATCHY** wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2015 ins Leben gerufen. Zu den Universitäten und Institutionen, die hier gemeinsam geforscht haben, gehören die Leibniz Universität Hannover, die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, das Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben oder die Universität Bremen. Das Hauptziel war es, Zwischenfrüchte als eine Maßnahme zur Entwicklung innovativer Anbausysteme zu prüfen, welche die Bodenfruchtbarkeit erhalten und verbessern. Dabei wurden folgende Schwerpunkte untersucht: Die Wirkung auf Bodenstruktur und -qualität, das Mikrobiom, den Nährstoff- und Wasserhaushalt sowie die Ertragswirkung und Rentabilität. Dieser Artikel stellt eine Zusammenfassung aller Teilprojekte dar. Eine nähere Betrachtung der Teilprojekte folgt in den nächsten Ausgaben der Innovation.



Zwischenfruchtmischungen tragen zu einer ausgewogenen Pflanzenernährung bei.



Mehr zu CATCHY:



Die Mischung Mix12 (TerraLife®-MaisPro) zeigte das höchste Potenzial zur Nährstoffanreicherung.

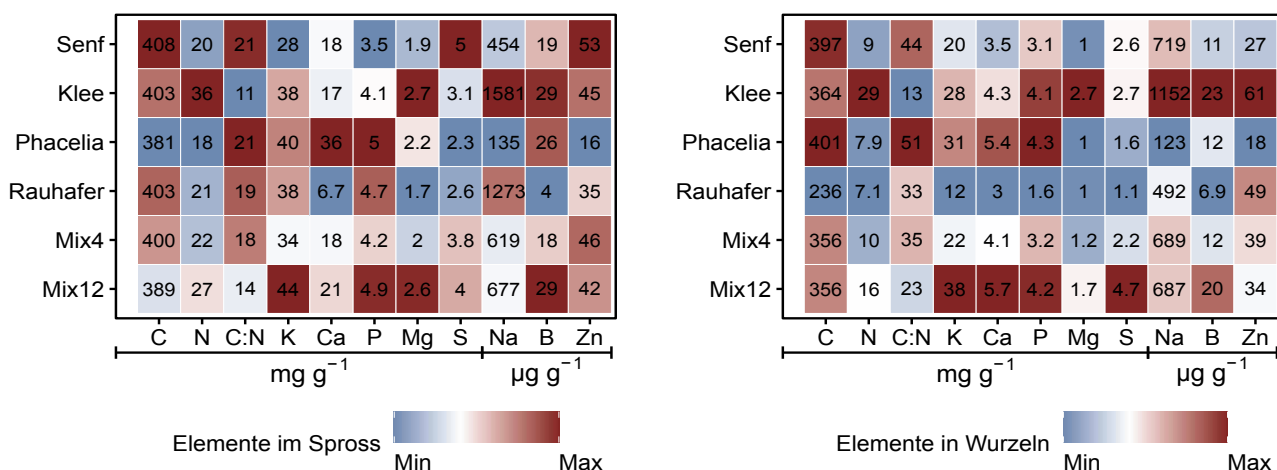
ten Unterschiede im Ertrag ihrer Sprossbiomasse. Lediglich der Klee entwickelte nur etwa die Hälfte der Biomasse. Die Biomasseerträge der Mischungen waren jedoch über die Jahre stabiler als die der Reinsaaten und unterlagen weniger witterungsbedingten Schwankungen. Überlegenheit zeigten Mischungen besonders bei der Entwicklung der Wurzeln. Zwischen 1,3 und 3,9 t/ha mehr Wurzelbiomasse wurde in Mix4 im Vergleich zu den Reinsaaten gemessen. Einen weiteren Vorteil zeigten Mischungen bei ihrer Nährstoffanreicherung in Spross und Wurzel (Abb. 1). Typischerweise zeigen Pflanzenarten spezifische Nährstoffprofile, indem sie sich bestimmte Nährstoffe in höherem Maße aneignen, andere wiederum in geringerer Menge. Unter den im CATCHY-Projekt betrachteten Arten enthielt Senf beispielsweise viel S aber wenig Ca oder Phacelia viel P aber wenig S (Abb. 1). Im Mix4 wurden beide Pflanzenarten mit Rauhafer und Klee kombiniert. Entsprechend fanden sich im Mix4 ausreichend P und S aber auch N und K. Besonders Mix12 zeigte das höchste Potenzial zur Anreicherung der meisten Makro- und Mikronährstoffe. Mischungen führten also zu ausgewogeneren Nährstoffverhältnissen in Spross und Wurzel und zur Maximierung der Menge und des Spektrums der aufgenommenen Nährstoffe. Insgesamt reicherten sich im Vergleich zu Reinsaaten mehr Nährstoffe in der Biomasse von Mischungen an.

### Ausgeglichenheit auf Elementarebene

Wichtig sind ausbalancierte Nährstoffverhältnisse besonders für die mikrobielle Zersetzergemeinschaft und damit für die Geschwindigkeit der Zersetzung und Nährstofffreisetzung. Das C/N Verhältnis ist hierbei eines der wichtigsten Parameter. Je enger, desto schneller werden Streustoffe umgesetzt und Nährstoffe mineralisiert. In Zersetzungsexperimenten zeigten die Ergebnisse, dass P, K, Ca, Fe und Al gleichfalls wichtig für mikrobielle Stoffumsätze sind. Ausgeglichene Elementverhältnisse in der Zwischenfruchtbiomasse führten bei deren Zersetzung zu einer größeren und vielfältigeren mikrobiellen Biomasse, die in einem Gradienten von Reinsaaten über Mix4 bis Mix12 anstieg. Die effizientere Zersetzung spiegelt sich im Nährstoffpool des Bodens und im Nährstoffübertrag an die Folgekultur wider. Insgesamt wurden von Mix12 im Vergleich zu den anderen Varianten mehr Nährstoffe und ein breiteres Nährstoffspektrum an die Folgekultur Mais übertragen. Das bedeutet, Zwischenfruchtmischungen tragen zu einer ausgewogeneren Pflanzenernährung bei.

Auch die direkte Abgabe von Substanzen in den Wurzelraum, die so genannte Rhizosphäre, wird von Zwischenfrüchten entscheidend beeinflusst. Pflanzen geben als Wurzelexsudate eine komplexe Mischung an unterschiedlichen Substanzen in die Rhizosphäre ab. Darin können zum Beispiel Kohlenhydrate, Proteine, organische Säuren, Aminosäuren, Hormone, Vitamine, Enzyme, u. v. m. enthalten sein. Diese dienen unter anderem zur direkten Nährstoffmobilisierung, zur Kommunikation mit Mikroorganismen als deren Nahrungsquelle, können aber auch antimikrobielle Substanzen enthalten. Jede Pflanzenart weist ein ganz spezifisches Metabolitprofil (Metaboliten = Substanzen, die als Zwischenstufen oder als Abbauprodukte von Stoffwechselfvorgängen des Organismus entstehen) auf, über das sie mit dem Boden und den Bodenlebewesen spezifisch in Kontakt tritt. Das bedeutet, bei einer

ABB. 1: NÄHRSTOFFANREICHERUNG IN SPROSS- UND WURZELBIOMASSE VERSCHIEDENER ZWISCHENFRÜCHTE IN REINSAATEN UND IN MISCHUNGEN.





In Zwischenfrucht-  
mischungen sowie auch  
in Reinsaaten, wie  
der Phacelia, wurden  
Mikroorganismen-  
gemeinschaften im Boden  
mit Funktionen zur  
Nährstoffmobilisierung  
festgestellt.

Kombination von unterschiedlichen Pflanzenarten erhält man nicht nur eine Mischung an Nährstoffen in Spross und Wurzelmasse, sondern auch eine Mischung der Wurzelexsudate und deren Funktionen.

### Mikrobielle Fingerabdrücke von Zwischenfrüchten

Pflanzen beeinflussen die mikrobielle Gemeinschaft im Boden direkt über die Qualität ihrer Streu und durch ihre Wurzelexsudate. Indirekte Einflüsse üben Pflanzen über Veränderung von Bodenparametern wie z.B. pH-Werte, Wasserhaushalt oder Sauerstoffverfügbarkeit aus. Die mikrobiellen Fingerabdrücke von Zwischenfrüchten wurden in Proben des wurzelfreien Bodens, im Rhizosphärenboden und in den Wurzeln von Zwischenfrüchten und den Folgekulturen untersucht. Es zeigte sich deutlich, dass Pflanzenarten sich darin unterscheiden, von welchen Mikroorganismen ihre Wurzeln besiedelt sind. Ein Großteil der Mikroorgani-

men ließ sich an allen Zwischenfruchtarten wiederfinden. Doch es gab auch spezifische Organismen, die nur zusammen mit bestimmten Pflanzenarten auftraten. Zum Beispiel trat Nitrobacter (Bakterien, die am Stickstoffumsatz im Boden beteiligt sind) speziell bei Klee auf. So hinterließ jede Zwischenfrucht eine bestimmte mikrobielle Gemeinschaft im Boden für die Folgekultur.

### Der Boden vergisst nicht

Die jungen Keimlinge der Folgekultur rekrutieren ihr Mikrobiom vor allem aus dem Boden. Das heißt, die Vegetationshistorie ist wichtig für das Mikrobiom in und auf einer Kulturpflanze. Je höher die mikrobielle Diversität im Boden ist, umso vielfältiger sind die Gruppen von Mikroorganismen, aus denen die Pflanzen wählen können. Das Wurzelmikrobiom ist wichtig für Stoffwechselprozesse und die Nährstoffaneignung der Pflanze. Tatsächlich ließen sich bestimmte Mikroorganismen nur nach ganz bestimmten

Zwischenfrüchten in den Maiswurzeln feststellen oder traten dort häufiger auf. Dazu wurden taxonomische Untersuchungen zur Zusammensetzung der Pilz- und Bakteriengattungen in Maiswurzeln durchgeführt. Es zeigte sich die Tendenz, dass nicht nur im Boden sondern auch in den Wurzeln der Maispflanzen nach Zwischenfrucht-mischungen eine höhere Pilzdiversität im Vergleich zu Reinsaaten und zur Brache zu finden ist. Besonders nach Mix12 wurden in Maiswurzeln Bakteriengemeinschaften mit positivem Einfluss auf den Stickstoffkreislauf gemessen. Insgesamt wurden jedoch nicht nur in den Zwischenfrucht-mischungen, sondern auch in Reinsaaten (besonders Phacelia) Mikroorganismengemeinschaften mit Funktionen zur Nährstoffmobilisierung, als Bio-kontrollmittel gegen Schaderreger, Schadinsekten oder Nematoden festgestellt, die nach der Brache nicht gefunden wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass Zwischenfrüchte ein Mittel in der Praxis sein können, um mikrobielle Gemeinschaften im Boden und der Fruchtfolge aktiv zu beeinflussen. Allerdings reichen die Ergebnisse noch nicht aus, um hieraus allgemeingültige Empfehlungen für die Zusammensetzung und den Einsatz von Zwischenfrucht-mischungen ableiten zu können. Im Projekt konnten wir nur wenige von tausenden denkbaren Pflanzenkombinationen detailliert untersuchen. Es fehlen noch umfangreiche Studien über den Einfluss von einzelnen Pflanzenarten, deren Verhalten in



## TerraLife® macht den Unterschied!



Artenreiche TerraLife® Zwischenfrucht-mischungen, Unter- und Beisaaten bieten für jede Fruchtfolge eine praxisorientierte Lösung.



Ergebnisse im Vergleich zur Brache, CATCHY-Projekt



Innovation für Ihr Wachstum



**Aufgepasst – Die Bodenrundreise startet wieder. Seien Sie dabei!**

Folgen Sie uns auf Facebook und Instagram und verpassen Sie keinen Termin!



Mischungen und den Einfluss auf die mikrobielle Gemeinschaft an unterschiedlichen Standorten.

### Aktivierung der mikrobiellen „C-Pumpe“

Humusaufbau und die Erhöhung der  $C_{org}$ -Gehalte im Boden sind stark davon abhängig wie effizient die mikrobielle Gemeinschaft Einträge über Spross und Wurzel der Zwischenfrüchte nutzt. Das bedeutet, die Qualität der Nahrungsgrundlage der Bodenorganismen entscheidet darüber, wieviel C mineralisiert wird und als  $CO_2$  den Boden verlässt oder als  $C_{org}$  im Boden verbleibt. Erst durch den mikrobiellen Stoffwechsel entstehen stabile Humusverbindungen, die den größten Teil (> 80%) des Humuskörpers ausmachen. Je eher nun die Streu den Nahrungsbedürfnissen der mikrobiellen Gemeinschaft entspricht, um so effizienter arbeiten diese. Für den Humusaufbau ist nun nicht ein maximaler C-Gehalt in der Zwischenfrucht entscheidend, sondern das richtige Verhältnis von C zu N, P oder K. Hier zeigte sich, dass besonders Mix12 und Klee sehr effizient die „mikrobielle C-Pumpe“ aktivierten und den  $C_{org}$ -Transfer in den Humuskörper erhöhten. Doch auch alle anderen Varianten führten im Vergleich zur Brache zu leichtem Humusaufbau. Die abschließende  $C_{org}$ -Inventur ist noch in Arbeit.

### Fazit

Zwischenfruchtmischungen sind nicht zwangsläufig in jeder Funktion den entsprechend besten Einzelkomponenten in Reinsaaten überlegen. Oftmals messen wir nur geringe Unterschiede, die statistisch nicht immer absicherbar sind. In der Summe jedoch ergeben viele kleine Effekte einen großen und lassen sich als Multifunktionalität beschreiben. Eine gezielte Kombination von Zwischenfruchtarten kann sich – beruhend auf den Prinzipien der Ökosystemtheorie – als ein nachhaltiges und ökonomisch sinnvolles Werkzeug zur Optimierung der Stoffkreisläufe im System Pflanze-Boden-Mikrobiom etablieren. Doch vor einer gezielten Beeinflussung des Bodenmikrobioms durch Zwischenfrüchte („Bioengineering“) und der damit angestrebten Verbesserung von Ertrag und Qualität liegt noch ein weiter Weg der Forschung.

Neun Jahre Zwischenfruchtforschung im Projekt CATCHY brachten spannende und teils unerwartete Ergebnisse hervor, warfen jedoch auch viele neue Fragen auf. Wir stehen am Anfang einer neuen Sichtweise auf den Zwischenfruchtanbau. Zwischenfrüchte sind mehr als nur eine Maßnahme zur Reduzierung von Bodenerosion und Nährstoffausträgen, sie sind ein multifunktionales Werkzeug, um Prozesse im Boden zielgerichtet zu beeinflussen.

# Innovation

DAS MAGAZIN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT



Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

Sie erhalten von uns die **Innovation**.

Bei Adressänderungen oder falls Sie die **Innovation** nicht mehr von uns erhalten möchten schicken Sie bitte eine E-Mail an **innovation@dsv-saaten.de**. Postalische Abbestellungen senden Sie bitte an Verlag Th. Mann, Maxstr. 64, 45127 Essen.

Oder faxen Sie uns das Formular zurück an: **02941 296 8460**

- Abbestellungen 6 Wochen zum Ablauf (Berechnungs-/Lieferende) schriftlich an o.g. Adresse
- Ich habe folgende Adressänderung:

Name/ Vorname	
Straße/Nr.	
PLZ/Wohnort	
Telefon	
E-Mail	
Kundennummer	
<input type="checkbox"/> Ich möchte den DSV Newsletter per E-Mail beziehen.	
Datum/ Unterschrift	

Sie erklären sich einverstanden, dass Ihre bei DSV erhobenen persönlichen Daten zu Marktforschungs-, schriftlichen Beratungs- und Informationszwecken gespeichert und genutzt werden.

Unsere aktuelle Datenschutzerklärung finden Sie unter **www.dsv-saaten.de**



Online-Bestellung der Innovation unter **www.magazin-innovation.de/bestellung**