

02
2024

BODEN.WASSER.SCHUTZ.BLATT

AUSGABE JUNI 2024



ZWISCHENFRÜCHTE ALS STICKSTOFFLIEFERANT FÜR DIE FOLGEFRUCHT

Gastkommentar von Prof. Dr. Florian Wichern (Fachbereich „Bodenkunde und Pflanzenernährung“; Hochschule Rhein-Waal, Campus Kleve, Nordrhein-Westfalen).

Zwischenfrüchte können in nährstoffintensiven Fruchtfolgen die Stickstoffverluste reduzieren. Wie viel des Reststickstoffs im Herbst allerdings durch die Zwischenfrüchte in die Folgefrucht transferiert wird und wie viel Stickstoff trotz des Anbaus von Zwischenfrüchten verloren geht, beleuchtet Prof. Dr. Florian Wichern anhand von Ergebnissen aus dem Projekt „EffiZwisch“.

In Ackerbauregionen mit nährstoffintensiven Kulturen in der Fruchtfolge hat sich

der Anbau von Zwischenfrüchten bewährt, um die Stickstoffauswaschung im Winter zu reduzieren. In engen Hackfruchtfolgen mit Kartoffeln oder Zuckerrüben haben Zwischenfrüchte wie Ölrettich, Senf oder Rauhafer sowie Mischungen aus verschiedenen Arten auch aus phytosanitären Gründen ihren festen Platz. Zusätzlich spielen Zwischenfrüchte eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Bodengare und fördern das Bodenleben. Die Pflanzenreste der



Zwischenfrüchte laden zum Diskutieren ein.

WICHERN

Zwischenfrüchte bleiben auf dem Feld und dienen als Energie-, Kohlenstoff- und Nährstoffquelle für zahlreiche Bodenorganismen, insbesondere Pilze und Bakterien. Der Anbau von Zwischenfrüchten trägt somit zur Förderung des Humusaufbaus bei, da die Bodenmikroorganismen durch ihr Wachstum und Absterben den Humusgehalt erhöhen. Das Forschungsprojekt „EffiZwisch – Förderung eines effizienten Zwischenfruchtanbaus zur Verbesserung des Klima-, Wasser- und Bodenschutzes in der Landwirtschaft“ untersuchte, inwieweit Zwischenfrüchte als Reinsaaten oder als Mischung die Bodengare, den Humusaufbau und die Stickstoffnutzung in intensiven Hackfruchtfolgen positiv beeinflussen. Die Ergebnisse und Erkenntnisse zum Stickstofftransfer des Reststickstoffs im Herbst durch Zwischenfrüchte in die Folgekultur werden im Folgenden dargestellt.

Untersuchung des Zwischenfruchtaufwuchses

Im Rahmen von Feldversuchen auf Praxisbetrieben am Niederrhein, einer Region mit einem durchschnittlichen Niederschlag von etwa 770 Millimeter und einer Durchschnittstemperatur von 10,7 °C, wurden zwischen 2016 und 2022 auf pseudovergleyten Parabraunerden aus Löss (schluffiger Lehm) verschiedene Zwischenfrüchte nach Wintergetreide (Winterweizen, Wintergerste) angebaut. Die Zwischenfrüchte wurden sowohl als Reinsaat als auch in Mischungen und ohne Düngung angebaut. In jedem Jahr wurde im Herbst, kurz vor dem Winter, die Stickstoffaufnahme der Zwischenfrüchte bei maximaler Biomasseentwicklung gemessen, um ihr

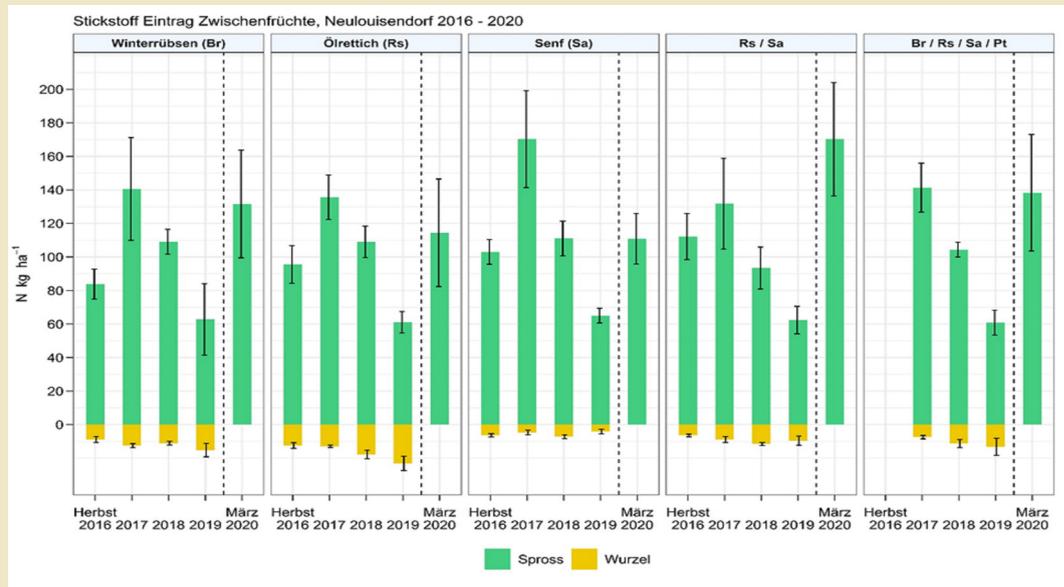


Abbildung 1: Stickstoffaufnahme (Spross und Wurzel) von drei ausgewählten Zwischenfruchtarten und zwei Zwischenfruchtgemengen zwischen 2016 und 2019 sowie im März 2020 (n=4). WICHERN

Potenzial für den Stickstofftransfer auf die nächste Kultur abzuschätzen. Außerdem wurden die N_{\min} -Werte im Sommer, Herbst, Winter und Frühjahr bestimmt. In den Feldversuchen von 2016 bis 2020 wurden die Versuchsflächen im Frühjahr mit Glyphosat abgewelkt. Auf dem Praxisversuch im Jahr 2021 wurden die Zwischenfrüchte vor der Bodenbearbeitung zur Hauptfrucht lediglich gemulcht.

Gleiche Wirksamkeit von Zwischenfruchtreinsaaten und -mischungen

Die Ergebnisse zeigten, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Wirksamkeit zur Reduktion der N_{\min} -Werte zwischen den Reinsaaten und den Mischungen gab. Im Vergleich zu unbepflanzten Flächen reduzierten alle getesteten Zwischenfrüchte, egal ob als Reinsaat oder in Mischungen, die N_{\min} -Werte effektiv. Dies bestätigt bisherige Erkenntnisse und unterstreicht die Wirksamkeit von Zwischenfrüchten bei der Reduzierung von Stickstoffverlusten. In einigen Jahren konnten Senf und die

Ökrettich/Senf-Mischung bis zu 175 Kilogramm Stickstoff pro Hektar aufnehmen (siehe Abb. 1). Ebenso erreichten Ökrettich und Winterrüben, sowohl als Reinsaat als auch in Mischungen mit vier oder mehr Zwischenfruchtarten, Werte von bis zu 150 Kilogramm Stickstoff pro Hektar. Der größte Teil des aufgenommenen Stickstoffs befand sich in den oberirdischen Teilen der Zwischenfrüchte. Damit der Stickstoff effizient genutzt und an die Folgekultur weitergegeben werden kann, ist dieser Punkt unbedingt zu beachten.

Trockene Sommer und milde Winter verändern Zwischenfruchtaufwuchs

Bekannt ist, dass winterharte Zwischenfrüchte den Stickstoff in der oberirdischen Biomasse besser erhalten und so Verluste als N_{\min} reduzieren. Das sorgt dafür, dass mehr Stickstoff für die nachfolgenden Pflanzen verfügbar ist. In diesem Zusammenhang ergab sich im Projekt eine wichtige Beobachtung für das zukünftige Zwischenfruchtmanagement. Aufgrund von zuneh-

mender Trockenheit im Boden in den Jahren 2018 und 2019 war die Etablierung und Entwicklung der Zwischenfrüchte im Herbst schlecht. Das führte zu einem deutlichen Rückgang der Zwischenfruchtbiomasse und damit auch zu einer geringeren Stickstoffaufnahme. Daher lag 2019 der durchschnittliche Stickstoffgehalt in der Zwischenfruchtbiomasse im Herbst nur bei 70 Kilogramm Stickstoff pro Hektar. Wegen der milden Winter am Niederrhein mit wenigen oder keinen Frostperioden konnten die Zwischenfrüchte jedoch nach den Winterniederschlägen weiterwachsen und mehr Stickstoff aufnehmen. Im Frühjahr wurden dann Stickstoffwerte in den Zwischenfrüchten gemessen, die denen in normalen, feuchteren Jahren im Herbst entsprachen. Diese Erkenntnisse sind wichtig für die zukünftige Nutzung von Zwischenfrüchten zur Stickstoffkonservierung. Nach trockenen Jahren sollte die zusätzliche Stickstoffaufnahme der Zwischenfrüchte in milden Wintern berücksichtigt werden. Da man jedoch nicht vorhersagen kann, wie sich

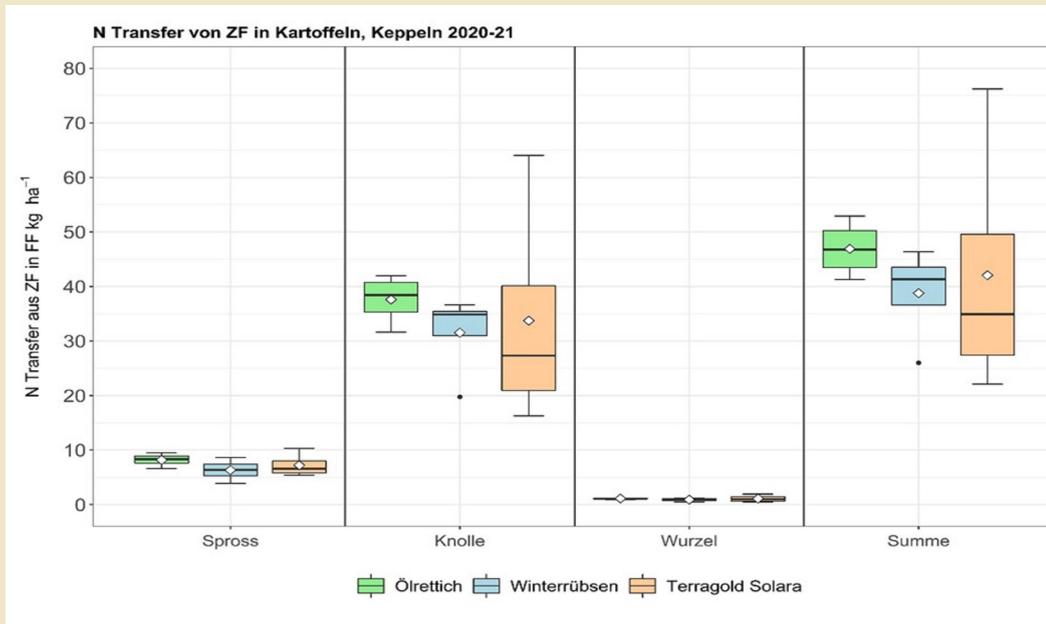


Abbildung 2: Stickstofftransfer aus dem Zwischenfruchtsystem in die Folgekultur Kartoffeln (n=4).

WICHERN

die Temperaturen im Winter entwickeln, ist es ratsam, eine Kombination aus winterharten Zwischenfrüchten und solchen, die bei Frost absterben, zu verwenden. Das hilft, den Stickstoff unter wechselnden Wetterbedingungen sicher zu konservieren, vor Auswaschung zu schützen und gleichzeitig die Einarbeitung der Zwischenfrüchte im Frühjahr zu ermöglichen.

Transfer des Stickstoffs in die Folgekultur

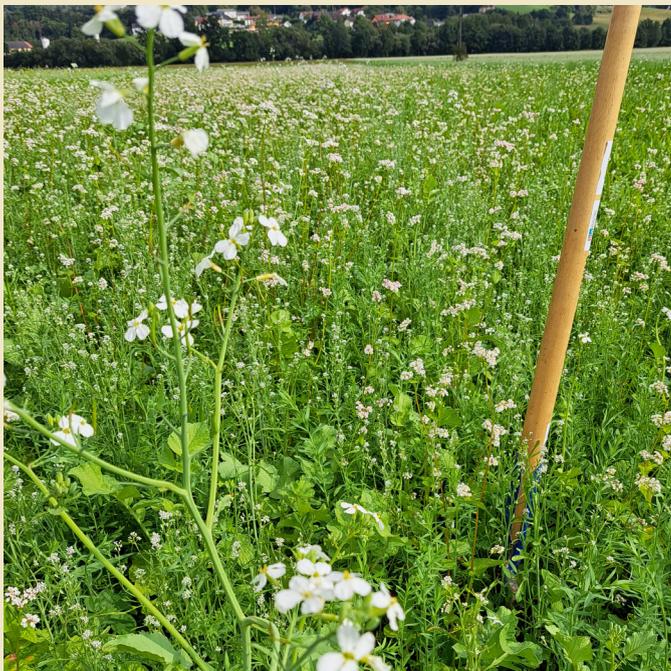
Um den Stickstofftransfer des Reststickstoffs im Herbst in die Folgekultur abzuschätzen, wurde nach Aussaat der Zwischenfrüchte in zwei Versuchsjahren (2018, 2020) der Stickstoff im Boden mit einem Tracer markiert und später in der Folgekultur untersucht. Als etablierte Methode dafür wurde das stabile Stickstoff-

isotop ^{15}N verwendet. Dieses ermöglicht es, den gesamten Stickstoff zu verfolgen, ohne Düngeeffekte zu verursachen, da nur winzige Mengen des ^{15}N hinzugefügt werden. Nachdem ^{15}N während des Wachstums der Zwischenfrüchte hinzugefügt wurde, konnte man im Herbst feststellen, wie der Reststickstoff nach der Aufnahme durch die Zwischenfrucht verteilt war. So fanden sich 70 bis 80 Prozent des Reststickstoffs der Vorfrucht in der oberirdischen Biomasse der Zwischenfrucht und 20 bis 30 Prozent im Boden. Der im Boden verbliebene Reststickstoff bestand aus Wurzelabscheidungen der Zwischenfrüchte, mikrobiell gebundenem Stickstoff und N_{min} . Diese Ergebnisse bestätigten, dass Reinsaaten und Mischungen von Zwischenfrüchten in gleicher Weise Stickstoff effektiv in ihrer Biomasse speichern. Im darauf folgenden Jahr wurde der Tracer in der Hauptkultur gemessen, um den Stickstoffverlust zu bestimmen. In einem Versuchsjahr wurde Kartoffel als Zielkultur gewählt, da sie in der Praxis in der Region sehr

relevant ist. In einem weiteren Jahr wurde Weidelgras angebaut, was durch fünf Schnitte während der Vegetationsperiode eine detaillierte zeitliche Analyse des Stickstofftransfers ermöglichte. Mit dem Tracer konnte festgestellt werden, dass 55 bis 70 Prozent des Stickstoffs, der im Herbst in den Zwischenfrüchten gebunden war (in Spross, Wurzel und Boden), erhalten blieb. Das bedeutet, dass 30 bis 45 Prozent des Reststickstoffs trotz des Zwischenfruchtanbaus verloren ging. Diese Verluste könnten entweder als N_{min} ins Grundwasser oder als Lachgas (N_2O) in die Atmosphäre gelangt sein. Letzteres stellt aller Voraussicht nach nur einen geringen Teil der Verluste dar, sodass festzustellen ist, dass trotz des Anbaus von Zwischenfrüchten Stickstoff als N_{min} ausgewaschen wird. Dieses wird mit zunehmenden Starkregenereignissen aller Voraussicht nach zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Düngewirkung der Zwischenfrüchte

Die Folgekultur nahm durchschnittlich 35 bis 45 Kilogramm Stickstoff pro Hektar aus dem Reststickstoff auf, was etwa 15 Prozent des Stickstoffbedarfs der Kartoffel entspricht (siehe Abb. 2). Dabei erfolgte die hauptsächliche Nachlieferung im Frühjahr und Frühsommer. Der in die Folgekultur übertragene Stickstoff entsprach etwa 20 Prozent des konservierten Stickstoffs. Darüber hinaus befanden sich am Ende der Kartoffel-Vegetationsperiode noch 50 bis 60 Prozent des ursprünglichen Stickstoffs im Oberboden, der für zukünftige Kulturen nutzbar ist. Am Ende der Vegetationsperiode der Hauptkultur fanden sich 20 bis 30 Prozent des



Zwischenfrüchte speichern Nährstoffe!

BWSB



Zwischenfruchtversuche zeigen, welches Potenzial Zwischenfrüchte haben. BWSB

Reststickstoffs unterhalb von 30 Zentimeter im Unterboden. Dieser Stickstoff ist stärker von Auswaschung gefährdet, wenn ihn keine Folgefrucht zügig aufnimmt. Um den Stickstoff nach der Kartoffelernte und damit den durch Zwischenfrüchte konservier-

ten Stickstoff effektiv zu bewahren, ist es daher wichtig, den Boden schnell nach der Ernte mit einer neuen, schnell wachsenden Kultur zu bestellen.

Fazit

Zwischenfrüchte, ob als

Reinsaat oder als Mischung, besitzen eine gute Fähigkeit zur Stickstoffkonservierung und können in intensiven Fruchtfolgen erhebliche Mengen Stickstoff speichern, von denen 30 bis 45 Kilogramm Stickstoff pro Hektar von der Folgekultur aufgenommen werden. Trotzdem gibt es auch während der Wachstumsphase der Zwischenfrüchte Verluste an Stickstoff. Daher müssen weitere Maßnahmen (zum Beispiel Untersaaten, frühere Etablierung von Zwischenfrüchten, Kombination von Zwischenfrüchten mit organischen Reststoffen) entwickelt werden, um diese Verluste zu verringern und den Reststickstoff aus Zwischenfrüchten effizienter zu nutzen. Dieses wird besonders wichtig

bei zunehmend variierender Wasserverfügbarkeit und schwankenden Temperaturen, die das Management der Zwischenfrüchte beeinflussen. Lösungen dafür sollten die agronomischen Rahmenbedingungen berücksichtigen und in enger Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Forschung entstehen. Das Projekt „EffiZwisch“ wurde vom Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW gefördert und war ein Kooperationsprojekt der Hochschule Rhein-Waal, der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, der Fachhochschule Südwestfalen und der Universität Bonn.

Prof. Dr. Florian Wichern

PROBIER'S AUS!

Seit jeher ist der Zwischenfruchtanbau ein Schwerpunktthema der Boden.Wasser.Schutz.Beratung – es gibt jahrzehntelange Erfahrungswerte. Die positiven Folgeerscheinungen von Begrünungen haben mittlerweile die meisten Skeptiker überzeugt.

Doch Begrünung ist nicht gleich Begrünung: jede Kultur und jede Mischung hat ihre besonderen Eigenschaften, die es zu nützen gilt, und erfüllt spezielle Anforderungen. Dies soll in diesem Bericht aufgegriffen werden.

Mischungen, die sich in den letzten Jahren in den Versuchen der Boden.Wasser.Schutz.Beratung bewährt haben:

Ter Mischung	kg/ha	Eigenschaften
Alexandrinerklee	8	Umfangreiche Mischung:
Kresse	2	
Meliorationsrettich	1	• Kresse keimt sofort
Ramtillkraut ("Mungo")	2	• Ramtillkraut und Phacelia für warme Bedingungen
Phacelia	2	• Alexandrinerklee und Sommerwicke für feuchte Verhältnisse
Gelbsenf	Joghurtbecher	• Meliorationsrettich bricht auf • Senf als Allrounder
Sommerwicke	10	
	25	



Alle Zwischenfruchtvarianten durchlaufen eine ständige Bonitierung (zum Beispiel Aufwuchs, Unkrautdruck, Zusammenspiel; Aufnahme am 26. April 2023). BWSB

winterhart + abfrostand	kg/ha	Eigenschaften
Perko/Rübsen	5	• Kresse keimt sofort, Alexandrinerklee zieht später nach • Rübsen und Inkarnattee als winterharte Komponenten – Bearbeitung im Frühjahr meist kein Problem
Alexandrinerklee	5	
Kresse	5	
Inkarnattee	5	
	20	

Kreuzblütlerfrei	kg/ha	Eigenschaften
Phacelia	2,5	<ul style="list-style-type: none"> • Buchweizen bringt sofort Bodenbedeckung • Ramtillkraut und Phacelia für warme Bedingungen • Alexandrinerklee und Sommerwicke für feuchte Verhältnisse
Alexandrinerklee	7	
Ramtillkraut	1,5	
Buchweizen	4	
Sommerwicke	12	
	27	

Bienenmischung – früher Anbau	kg/ha	Eigenschaften
Alexandrinerklee	4,5	Umfangreiche Mischung: <ul style="list-style-type: none"> • Ziel: früher Blühbeginn und üppige Tracht • nach Vorfrucht Gerste ideal – früher Anbau! • Buchweizen und Kresse als sofortige Bodenbedecker • Leguminosen als Stickstoffsammler • Zahlreiche Trachtpflanzen für Insekten
Kresse	1,5	
Meliorationsrettich	1	
Ölrettich	2	
Perserklee	3	
Phacelia	2,5	
Sommerwicke	8	
Gelbsenf	0,5	
Buchweizen	7	
	30	

Bienenmischung – später Anbau	kg/ha	Eigenschaften
Alexandrinerklee	4	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel: keine oder geringe Blüte und somit keine Trachtpflanzen im Spätherbst • Für späteren Anbau – Mitte bis Ende August • Abessinischer Senf blüht nicht
Abessinischer Senf	2,5	
Meliorationsrettich	1	
Perserklee	3,5	
	11	



Mischung „Winterhart + Abfrostend“ – am 16. März 2023 war der Boden gut geschützt und Wachstum sichtbar. BWSB



Die unterschiedlichen Wurzelbeschaffenheiten werden beim Zusammenstellen einer Mischung berücksichtigt. BWSB

Boden-Booster	kg/ha	Eigenschaften
Winterwicke	15	<ul style="list-style-type: none"> • Phacelia, Ramtillkraut und Ölrettich als abfrostende Komponenten – machen im Herbst noch eine gute Bodenbedeckung • Winterharte Partner beginnen ihr Wachstum sofort im Frühjahr und schaffen hier gute Bedingungen und Bodengare • Spitzwegerich als Stickstoffsammler • Auch für Bio gut geeignet
Rübsen	4	
Ölrettich	2,5	
Ramtillkraut	2	
Inkarnatklee	3	
Phacelia	2	
Spitzwegerich	2	
	30,5	

Standardmischung	kg/ha	Eigenschaften
Gelbsenf	2	<ul style="list-style-type: none"> • „08/15“ Variante • für ÖPUL-Zwischenfrucht-Varianten 3 und 4 geeignet
Alexandrinerklee	12	
Ramtillkraut	3	
	17	

September	kg/ha	Eigenschaften
Kresse	3	<ul style="list-style-type: none"> • später Anbau möglich • Kresse und Buchweizen für den schnellen Aufgang • Sommerfutterraps zeigt Herbstwachstum
Buchweizen	10	
Sommerfutterraps	5	
	18	

Wurzelstark	kg/ha	Eigenschaften
Meliorationsrettich	1	Starkzehrende Mischung <ul style="list-style-type: none"> • Meliorationsrettich, Ölrettich und Sonnenblume als Starkzehrer im Herbst; unterschiedliches Wurzelwachstum kann Verdichtungen lösen • Sonnenblume und Phacelia für warme Bedingungen • Leguminosen für feuchte Verhältnisse und für die bodennahe Bedeckung
Ölrettich	3	
Sommerwicke	15	
Phacelia	2	
Sonnenblume	1,5	
Inkarnatklee	5	
	27,5	



Bienenmischung – früher Anbau besticht durch verschiedene Blühphasen bis zum Herbst. BWSB

Fazit

Der Zwischenfruchtanbau bietet zahlreiche Vorteile für die Landwirtschaft und Umwelt. Er verbessert die Bodenstruktur und erhöht die Bodenfruchtbarkeit durch die Anreicherung von organischer Substanz. Zwischenfrüchte fördern die Wasserspeicherung und reduzieren die Bodenerosion durch Wind und Wasser.

Sie unterdrücken Unkräuter, binden Nährstoffe und verhindern deren Auswaschung. Zudem unterstützen sie die Biodiversität, dienen als Futterquelle für das Bodenleben

und fördern die Bodenmikrobiologie. Langfristig tragen sie zu stabileren Erträgen und zu einer nachhaltigen Landwirtschaft bei.

DI Elisabeth Murauer
Ing. Patrick Falkensteiner,
MSc, akad. BT



BODENVERDICHTUNG, KALKUNG UND BODEN-UNTERSUCHUNG

Ein gesunder Boden ist wichtig, um Wasser und Nährstoffe aufnehmen, speichern und nutzen zu können und dadurch stabile Erträge zu erreichen sowie zur Vermeidung von Nährstoffauswaschung und Erosion. Wesentlich für die Funktionsfähigkeit von Böden ist die Bodenstruktur und das Wissen über den Zustand des Bodens, um daran angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen durchführen zu können.



Solche Verdichtungen sind unbedingt zu vermeiden.

BWSB/WALLNER

Strukturschäden durch Bodenverdichtungen: Ursachen, Folgen und Präventionsstrategien

Für Bodenverdichtungen gilt: Kleine Fehler auszubügeln ist sehr aufwendig. Gleichzeitig führen sie zu ungewollt

hohen Ertragsverlusten. Jegliche Form der Bodenverdichtung gilt es unbedingt zu vermeiden. Für Pflanzen und Bodenlebewesen ist eine gute Bodenstruktur Grundvoraussetzung, um den Bodenraum optimal nutzen zu können.

Entstehung von Bodenverdichtungen

Sobald ein Fahrzeug über den Boden rollt und der Druck unter den Reifen die Tragfähigkeit des Bodens übersteigt, werden die Bodenbestandteile dichter zusammengedrückt und die Hohlräume werden weniger. Besonders kritisch ist dies bei feuchten Bodenbedingungen, da das Wasser als Schmiermittel fungiert, wodurch die Partikel leichter verrutschen und sich verdichten.

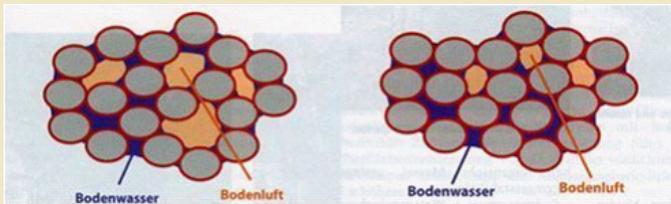
Kurz gesagt, Bodenverdichtungen entstehen:

- ▶ wenn zu feuchte Böden befahren werden und
- ▶ wenn die vom Fahrzeug verursachten Bodendrücke zu hoch sind.

Folgen von Verdichtungen

Die direkten Auswirkungen von Bodenverdichtungen sind vielfältig und schädlich.

- ▶ Verdichtete Böden sind dichter gelagert, haben ein geringeres Porenvolumen und Infiltrationsvermögen von Niederschlägen, was zu Erosion und verstärktem Oberflächenabfluss führt.
- ▶ Tiefere Bodenschichten sind schlechter durchlüftet und der Boden kann weniger Wasser speichern. (Trockenstress).
- ▶ Das Wurzelwachstum wird erschwert, reduzierte Nährstoff- und Wasserabsorption sind die Folge.
- ▶ Die Aktivität der Bodenlebewesen sinkt, eine Verschlechterung der Bodenqualität und Ertragsverluste können folgen.



Menge und Form der Bodenpartikel und Hohlräume (links ohne Verdichtung, rechts verdichteter Boden). wpa-Beratende Ingenieure

► Lachgas tritt in die Atmosphäre aus, da den Bodenmikroben der notwendige Sauerstoff aus der Bodenluft nicht mehr zur Verfügung steht.

Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtung

Dazu gehören die Anpassung der Technik, die Optimierung der Arbeitsabläufe, die bodenschonende Bodenbearbeitung und die Schaffung eines Bewusstseins für die Bedeutung einer intakten Bodenstruktur. Eine ganzheitliche Herangehensweise ist erforderlich, die technische, betriebliche und organisatorische Maßnahmen umfasst.

► **Anpassung des Reifendrucks:** Eine niedrigere Reifendruckeinstellung kann die Bodenauftragfläche vergrößern und den Druck verteilen, wodurch das Risiko von Verdichtungen verringert wird. Ein zu niedriger Wert ist aber bei Zugarbeiten nachteilig. Zu beachten ist, dass eine ver-

größerte Bodenaufstandsfläche hohe Gewichte nur bedingt kompensieren kann.

► **Die Reifendruckregelanlage** ist besonders nützlich, wenn zum Beispiel beim Güllefahren häufig zwischen Acker und Straße gewechselt wird. Ist keine Regelanlage vorhanden: Reifenluftdruck runter!

► **Auf problematischen Flächen** kann es besser sein, auf Kulturen zu verzichten, die regelmäßig für Schäden sorgen. (Beispiel Rübenroder auf nassen Flächen).

► Feuchte/nasse Böden unter keinen Umständen befahren (auf garen Boden warten)!

► Arbeitsgänge reduzieren!

► Gewichte runter – Trend zu kleineren Maschinen.

► Spatenprobe vor jeder Befahrung bzw. Bearbeitung!

► Technische Lösungen und Entwicklungen nutzen.

► Verdichtungen erkennen, verstehen und handeln!

► **Mit Humus und Bodenlebens Verdichtungen vorbeugen.**

Langfristig vorbeugen lassen sich Verdichtungen durch pflanzenbauliche Arbeiten. Ausreichende Humusgehalte und ein aktives Bodenleben spielen eine wichtige Rolle für ein besonders tragfähiges Bodengefüge. Deshalb ist es wichtig, den Boden gut mit organischer Substanz zu versorgen und in der Fruchtfolge auf eine ausgeglichene Humusbilanz zu setzen. Das geht über Zwischenfrüchte und Untersaaten, organische Düngung und das Belassen von Ernterückständen auf dem Acker. So lässt sich mittelfristig ein zur Bodenart passender Humusgehalt auf der Fläche aufbauen. Ist das Bodenleben in der Fläche besonders aktiv, werden die Bodenteilchen durch die Schleimstoffe von Bakterien und Pilze lebendverbaut. Dazu benötigen die Mikroben und Pilze aber ausreichend Futter aus organischer Substanz.

Strukturförderung durch Kalkung

Bodenversauerung

Der Boden unterliegt, durch die Nährstoffaufnahme der Pflanzen, Regen, Ausscheidung von Säuren über Pflanzenwurzeln und Düngung mit sauerwirkenden Düngemitteln

einer Versauerung. Dargestellt wird die Bodenreaktion durch den pH-Wert, der das Verhältnis von Säuren (H⁺) und Basen (OH⁻) zeigt. Wichtig ist dieser Wert, weil davon die Nährstoffverfügbarkeit (Abbildung 1), die Bodenstruktur und die Aktivität der Bodenlebewesen beeinflusst werden. Abhängig von der Bodenschwere liegt der angestrebte pH-Wert auf leichten Ackerstandorten über 5,5, auf schweren Ackerstandorten über 6,5, auf leichten Grünlandstandorten über 5 und auf schweren Grünlandstandorten über 6.

Funktionen von Kalk im Boden

Als Kalkstein wird das in der Natur vorkommende Calciumcarbonat (CaCO₃) bezeichnet. Calcium bildet zusammen mit Wasser ein Puffersystem, das Säuren neutralisiert und so zu einer Anhebung des pH-Wertes führt. Neben der Pufferung von Säuren ist Calcium wichtig für den Aufbau einer stabilen Bodenstruktur, da Calciumionen die Bildung von stabilen Ton-Humus-Komplexen fördern. Die Düngung mit Kalk dient allerdings nicht nur dem Boden, sondern stellt auch das von den Pflanzen benötigte Calcium zur Verfügung.

Anwendung von Kalk

Die Kalkung des Bodens dient dazu, den Calciumentzug durch

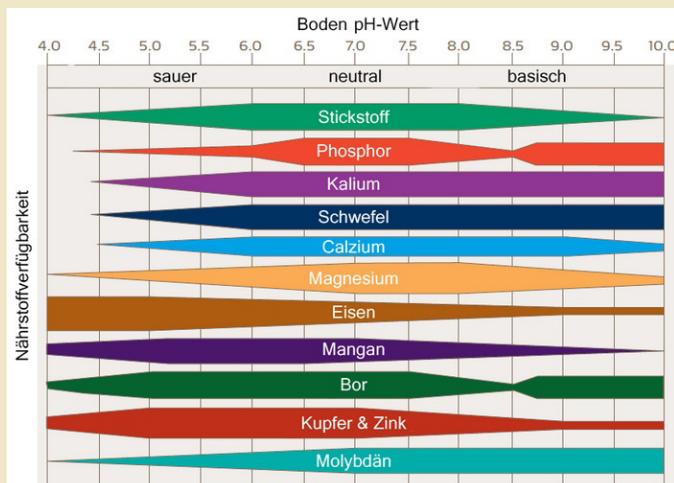


Abbildung 1: pH-Ansprüche ausgewählter Nährstoffe.

Bodenkalk 2024



Abbildung 2: stabile Krümelstruktur.

BWSB

Tabelle 1: Umrechnung des Kalkbedarfs in Tonnen CaO pro Hektar auf die erforderliche Kalkdüngermenge.

Kalkdüngemittel	Umrechnungsfaktor von CaO auf Kalkdüngermenge
Branntkalk	1,0
Mischkalk	1,5
Kohlensaurer Kalk	2,0
Carbokalk	3,0

SGD 8

Pflanzen, die Pufferung und die Auswaschung auszugleichen und den pH-Wert im Boden zu stabilisieren. Die Naturform des Kalkes stellt der kohlen-saure Kalk dar. Das Calcium liegt hier als Calciumcarbonat (CaCO₃) vor. Eine weitere Form ist Branntkalk, welcher durch das Brennen von kohlen-saurem Kalk entsteht. Dabei wird das Calciumcarbonat in die Calciumoxidform (CaO) umgewandelt. Bei Mischkalk wird kohlen-saurer Kalk und Branntkalk gemischt. Calcium liegt hier also sowohl in Carbonat- als auch in Oxidform vor. Die Unterscheidung der Kalkformen ist wichtig für die Anwendung und die Mengenermittlung, da für die Mengenermittlung meist der Bedarf in Calciumoxidform herangezogen wird. Ebenso können Kalke Magnesium enthalten. Es sollte daher bei der Wahl auch darauf geachtet werden, ob ausreichend Magnesium im Boden vorhanden ist und bei ausreichender Versorgung ein Kalk mit geringem Magnesiumanteil gewählt werden. Je nach Jahr und Witterung werden 250 bis 500 Kilogramm CaO pro Hektar und Jahr verbraucht bzw. ausgewaschen. Durch die Auswahl der unterschiedlichen Kalkformen ergeben sich durch die Umrechnung in die schnellwirksame Oxidform unterschiedliche Aufwandmengen für die Ausbringung (Tabelle 1). Liegt der pH-Wert im gewünschten Bereich, sollte aufgrund des genannten Entzugs auf leichteren Ackerstandorten eine Erhaltungs-

kalkung mit 1.000 bis 1.500 Kilogramm CaO pro Hektar und auf schwereren mit 2.000 Kilogramm CaO pro Hektar alle vier bis sechs Jahre durchgeführt werden.

Ausbringung, Zeitpunkt, Einarbeitung

Eine Kalkung ist grundsätzlich das ganze Jahr möglich, es ist allerdings auf die unterschiedlichen pH-Wert-Ansprüche der Kulturen zu achten. Wichtig ist die Befahrbarkeit des Bodens, daher bietet die Stoppelkalkung im Sommer meist eine ideale Ausbringmöglichkeit.

Für eine Erhaltungskalkung sind alle Kalkformen geeignet, wobei bei guter Bodenstruktur und auf leichten Böden die Anwendung von Branntkalk nicht notwendig ist. Vor allem auf leichten Standorten ist eine Kalkung mit Kohlen-saurem Kalk ausreichend, da sie aufgrund ihres geringen Tongehaltes nur geringe Mengen Calcium einbauen können und somit die rasche Wirkung von Branntkalk nicht vorhanden ist. Auf schweren Standorten, wo die rasche Verbesserung einer Bodenstruktur erreicht werden soll, ist eine Kalkung mit Brannt- oder Mischkalke sinnvoll. Brannt- und Mischkalke sollten unbedingt oberflächlich durch eggen oder grubbern eingearbeitet werden. Auf keinen Fall sollte Kalk eingepflügt werden.

Auf Grünland ist nur der Einsatz von Kohlen-saurem Kalk sinnvoll, da keine Einarbeitung möglich ist und durch den höheren Humusgehalt meist eine gute

Bodenstruktur vorhanden ist. Bei carbonatischen Kalkformen (Kohlensaurer Kalk, Mischkalk) ist die Ausbringung in Mehlforn zu bevorzugen, da durch die vergrößerte Oberfläche die Auflösung durch Säuren und in Folge die Wirkung beschleunigt wird. Branntkalk wird nach dem Brennen gebrochen und körnig ausgebracht. Hier tritt keine verlangsamte Wirkung auf, da Branntkalk im Boden mit Wasser reagiert und sich dadurch schneller auflöst. Granulierte Kalke dienen der Staubvermeidung, vermahlene wirken aber besser. Eine Einarbeitung in den frühen Morgenstunden bei Tau kann das Staube verringern.

Kenntnis über den Zustand des Bodens durch Bodenuntersuchungen

Die chemische Bodenuntersuchung gibt Auskunft über eine Vielzahl an Parametern und ergänzt dadurch die eigene Beurteilung des Bodens mit dem Spaten. Eine Untersuchung kann für jeden Betrieb Sinn machen, um Bewirtschaftungsmaßnahmen entsprechend an den Boden anzupassen. Bei der Analyse werden neben dem pH-Wert die Nährstoffgehalte in pflanzenverfügbarer Form festgestellt und auf Basis dieser eine Einstufung in die Gehaltsklassen laut den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland“ durchgeführt. Es kann somit die Düngung an die Nährstoffvorräte

im Boden angepasst werden. Neben der Untersuchung der Nährstoffgehalte liefert die Erhebung des Humusgehaltes Informationen darüber, wie hoch der Anteil der abgestorbenen organischen Substanz im Boden ist. Ein möglichst hoher Gehalt an Humus wirkt sich positiv aus, weil dadurch die Bodenstruktur, das Speicherungsvermögen für Wasser und Nährstoffe sowie die biologische Aktivität verbessert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine Untersuchung der Kationenaustauschkapazität durchführen zu lassen, bei der die Nährstoffverhältnisse im Boden festgestellt werden.

WICHTIG: Teilnehmer an der **ÖPUL-Maßnahme „Vorbegrender Grundwasserschutz – Acker“** müssen auf Flächen in der Gebietskulisse pro angefangene 5 Hektar eine Probe auf die Parameter Stickstoff (mineralisch oder nachlieferbar), Phosphor, Kalium, Humusgehalt und den pH-Wert bis Ende 2026 untersuchen lassen. Teilnehmer an der **Maßnahme „Humuserhalt und Bodenschutz auf umbruchsfähigem Grünland“** müssen pro angefangene 5 Hektar förderfähige Grünlandfläche eine Probe auf die Parameter Phosphor, Kalium, Humusgehalt und den pH-Wert bis Ende 2025 untersuchen lassen.

**Benedikt Ecker BSc,
Alexander Schmid**



Kalk – wichtig für den Boden!.

BWSB/Wallner