

## boden.ständig Projekt Kahlgrund: Verbesserung der Bodenstruktur durch Kalkung?

Im boden.ständig Projekt Kahlgrund wurde mangelnde Wasserinfiltration auf landwirtschaftlich genutzten Flächen als eines der Hauptprobleme des Wasserrückhalts ausgemacht. Die Wasserinfiltration wird grundsätzlich durch zwei Faktoren beeinflusst: Zustand der Bodenoberfläche und Bodenstruktur im Profil. Nur eine poröse Oberfläche ermöglicht es, dass Niederschlag direkt in den Boden eindringen kann. Eine stabile Bodenstruktur mit einem ausgewogenen Verhältnis von Grob-, Mittel- und Feinporen und ohne Verdichtungsschichten ist gefragt, um das Wasser auch bei größeren Niederschlagsereignissen kontinuierlich in die Tiefe abzuleiten. Bei „versiegelten“ Oberflächen und einer undurchlässigen, verdichteten Bodenstruktur kommt es schnell zu Oberflächenabfluss und Erosionsereignissen. Anstatt auf dem Acker zu versickern und den Kulturpflanzen während der Vegetationsperiode zur Verfügung zu stehen, kann das Niederschlagswasser zu Verlust von wertvollem, humosen Oberboden führen sowie in Ortsbereichen massive Schäden durch Überschwemmungen und Schlammlawinen anrichten. Bei Ortsbegehungen im boden.ständig Gebiet Kahlgrund wurden sowohl beim Zustand der Bodenoberfläche als auch in puncto Bodenstruktur Defizite festgestellt. Die Auswirkungen werden bei Starkregenereignissen immer wieder deutlich. Um diese Probleme in den Griff zu bekommen, sind im ersten Schritt Ursachenforschung zu betreiben und verschiedene Einflussfaktoren zu analysieren.

### Ausgangssituation und Bodenart

Die jeweils vorliegende Bodenart ist ein maßgeblicher Faktor, der Erosionsneigung und Bodenstruktur stark beeinflusst. Die vorherrschenden Bodenarten im Projektgebiet sind stark lehmiger Sand (SL) und sandiger Lehm (sL). Die Bodentypen im Projektgebiet werden im BayernAtlas überwiegend als „13a: Pseudogley-Braunerde und Braunerde (pseudovergleyt) aus

Schluff bis Schluffton (Lösslehm)“ und „744a: Braunerde aus skelettführendem (Kryo-) Lehm (Glimmerschiefer, Gneis, Lösslehm)“ eingestuft. Auf einigen Flächen im Gebiet ist eine zumeist entkalkte Lössauflage zu finden, auf vielen Äckern ist diese allerdings im Laufe der Jahrhunderte bereits erodiert. Zusammenfassend handelt es sich also zumeist um mittelschwere Böden, die einen hohen Schluffanteil von bis zu 50 Prozent aufweisen.

Schluffige Böden neigen von Natur aus verstärkt zu Erosion und Verschlammung. Schluffpartikel sind kleiner als Sandpartikel und lassen sich damit leichter durch Wasser und Wind in Bewegung setzen. Gleichzeitig besitzen Schluffpartikel im Gegensatz zu Tonpartikeln keine starke elektrische Ladung. Durch den Mangel an elektrischen Bindungskraften wird die Ausbildung von stabilen Aggregatkomplexen erschwert und die Verschlammungs- bzw. Erosionsneigung der Böden erhöht.



Abb. 1: Verladen eines Kalkbigpacks

Diese Grundsituation ist auch für einen Großteil der Flächen im Kahlgrund zutreffend und stellt Landwirt:innen vor Herausforderungen. Lösshaltige Böden mit hohem Schluffanteil besitzen zwar einige vorteilhafte ackerbauliche Eigenschaften, allerdings muss bei der Bewirtschaftung die erhöhte Anfälligkeit für Erosion und Verschlammung unbedingt berücksichtigt werden, um das Wasser in der Flur zu halten und den

### In dieser Ausgabe



fruchtbaren Oberboden langfristig zu konservieren. Die natürlichen Standortbedingungen sind nicht veränderbar, obgleich Landwirt:innen einige Maßnahmen ergreifen können, um auf schluffigen Böden Erosion zu minimieren. Das Ziel ist, dass die Faktoren Bodenchemie, Bodenbiologie und Bewirtschaftung optimal aufeinander abgestimmt sind. Im Rahmen des boden:ständig Projekts im Kahlgrund werden diese Aspekte durch Einzelberatungen, Versuchsanlagen und Feldtage gezielt thematisiert.



Abb. 2: Kalkausbringung auf einer der Versuchsfelder im Kahlgrund

### Einstellen der Bodenchemie - Kalkung

Eine regelmäßige Kalkung ist essenziell, um den standortspezifisch passenden pH-Wert einzustellen. Dies ist für eine ausgewogene Nährstoffverfügbarkeit und damit optimales Pflanzenwachstum entscheidend. Weiterhin ist der pH-Wert von großer Bedeutung, um gute Lebensbedingungen für Bakterien, Pilze, Regenwürmer & Co. zu schaffen. Ein reges Bodenleben wiederum ist ausschlaggebend für Humusaufbau und eine ausdauernde, biologische Stabilisierung der Bodenaggregate.

Neben dem direkten Effekt auf den pH-Wert ist die Kalkversorgung eine besonders wichtige Stellschraube hinsichtlich Bodenstruktur und Aggregatstabilität. Durch Kalkung (z. B. in Form von Carbokalk, Dolomit, Branntkalk oder Gips) werden dem Boden zweifach positiv geladene Kationen ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) zugeführt. Diese können durch ihre positiv geladenen „Arme“ als Kalkbrücken zwischen negativ geladenen Ton- und Humuspartikeln fungieren und damit die Bodenstruktur verbessern. Die Bildung von Ton-Humus-Komplexen ist für ein gutes Nährstoffhaltevermögen und für die langfristige Speicherung organischer Substanz im Boden von großer Be-

deutung. Die Zufuhr von Kalk verschiebt zudem die Porenverteilung im Boden zugunsten der größeren Meso- und Grobporen und begünstigt damit einen besseren Luft-Wasser-Haushalt im Boden. Dieser positive Effekt der Kalkung kann allerdings durch die jährliche Bodenbearbeitung stark beeinträchtigt werden. Ein zu intensiver mechanischer Eingriff kann Bodenaggregate und das gewachsene Porensystem wieder zerstören.

Aufgrund der wichtigen Rolle der Kalkversorgung für Bodenstruktur und Aggregatstabilität wurde im Kahlgrund ein fünfjähriger Feldversuch etabliert, der den Effekt von fünf verschiedenen Kalkvarianten auf die Bodenstruktur ermitteln soll. Es wurden Parzellen mit verschiedenen Kalk-Mischungen sowie Branntkalk angelegt. Anhand der Ergebnisse sollen letztlich Empfehlungen für die standortangepasste Kalkdüngung erarbeitet werden.

Damit aus dem Kalkungs-Versuch im Kahlgrund die richtigen Rückschlüsse gezogen werden können, soll der Versuch durch ein Monitoring begleitet werden. Es sind verschiedene Methoden angedacht, um die Auswirkungen der verschiedenen Kalkvarianten auf Bodenstruktur und Aggregatstabilität zu überprüfen. Die Bodenstruktur soll durch Spatenproben und den Einsatz von Geräten zur Messung von Eindring- und Abscherwiderstand bewertet werden. Im Labor sollen Daten zu pH-Wert, Aggregatstabilität und Porenverteilung erhoben und ausgewertet werden. Durch die verschiedenen Parameter soll ein aussagekräftiges Bild der Entwicklung von Bodenstruktur und Aggregatstabilität gezeichnet werden, damit die Kalkvarianten untereinander und gegenüber der Nullparzelle verglichen werden können. So werden hoffentlich neue Erkenntnisse zur Optimierung der Bodenchemie gewonnen, um Aggregatstabilität und Bodenstruktur zu verbessern und somit Bodenverschlammung und letztlich Bodenerosion zu reduzieren.

#### Quellen:

- FRANK T. (2021) Optimization of the soil structure in arable crop production by means of lime ( $\text{CaCO}_3$ ) application. Dissertation am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K., WILKE, B.-M., (2016) Scheffer/Schachtschabel, Lehrbuch der Bodenkunde, 16. Auflage, (Nachdruck) ed. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- DONTSOVA K., DARRELL NORTON, L. (2001) Effects of Exchangeable Ca:Mg Ratio on Soil Clay Flocculation, Infiltration and Erosion. Sustaining the Global Farm. 580-585.
- KEIBLINGER K. M., BAUER L.M., DELTEDESCO E., HOLAWA F., UNTERFRÄUNER H., ZEHETNER F., PETICZKA R. (2016) Quicklime application instantly increases soil aggregate stability. Int. Agrophys., 2016, 30, 123 – 128.



## Leguminosen in Zwischenfrüchten

Die Anbauflächen von Zwischenfrüchten haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Neben der Erfüllung von Greening-Auflagen sprechen viele weitere ackerbauliche Argumente für den Zwischenfruchtanbau. Die wichtigsten Potenziale liegen in Erosionsschutz, Humusaufbau, Förderung des Bodenlebens und der Bodengare, Schutz vor Verdunstung, positiven phytosanitären Effekten, Konservierung und Fixierung von Stickstoff sowie Mobilisierung weiterer Nährstoffe.

Die Vorteile von Zwischenfruchtgemengen gegenüber Reinsaatensorten stehen mittlerweile außer Frage. Die Auswahl einer Mischung mit geeigneten Komponenten kann Landwirt:innen allerdings vor große Herausforderungen stellen. Es gilt, betriebsindividuell die richtige Zusammensetzung hinsichtlich Hauptintention des Zwischenfruchtanbaus (z. B. N-Konservierung, N-Fixierung, Mulchmaterial), Fruchtfolgeverträglichkeit, Saattechnik, Saattermin, Saatgutkosten und vieler weiterer Faktoren zu finden.

Eine Pflanzenfamilie, die Bestandteil vieler Zwischenfruchtmischungen ist, in der Praxis jedoch oft kontrovers diskutiert wird, sind die Leguminosen. Beim Anbau von leguminosenhaltigen Gemengen müssen Landwirt:innen zwar einige Punkte berücksichtigen, bei gutem Management und passendem Wetter können sie aber entscheidend zum Erfolg der Zwischenfrucht beitragen und einen erheblichen Mehrwert generieren.

**N-Fixierung** Charakteristisch für Leguminosen ist ihre Fähigkeit, durch Symbiose mit Knöllchenbakterien (Rhizobien), freien Stickstoff aus der Luft zu fixieren und damit zusätzlichen Stickstoff in den Nährstoffkreislauf zu bringen. Damit die Rhizobien gute Arbeit leisten können, sollte der pH-Wert nicht unter 6 liegen. Neben der N-Fixierung verfügen Leguminosen auch über ein gutes Aneignungsvermögen weiterer wichtiger Nährstoffe (z. B. Phosphor). Dadurch sind sie weitgehend unabhängig von mineralischen/organischen Düngergaben. Durch stickstoffhaltige Wurzelexsudate, Abbau von Wurzelrückständen und Austausch über Mykorrhiza-Verbindungen können auch Gemeinpartner von der Stickstoff-Fixierung der Leguminosen profitieren. Somit können Leguminosen einen wichtigen Beitrag leisten, um bei niedrigen  $N_{\min}$ -Gehalten nach der Ernte auch ohne zusätzliche Düngung zufriedenstellende Zwischenfruchtbestände zu erreichen. Außerdem erhöht die N-Anreicherung und der Aufschluss weiterer wichtiger Nährstoffe zusätzlich den Vorfruchtwert der Zwischenfrucht.

Die Fähigkeit zur N-Fixierung und das enge C:N-Verhältnis der Pflanzenrückstände fordern allerdings auch Fingerspitzengefühl beim Umgang mit Zwischenfruchtbeständen, die einen hohen Leguminosenanteil aufweisen. Zwar können

### Grundwasserschutz

auch mit legumen Zwischenfrüchten relativ niedrige  $N_{\min}$ -Werte von 30-40kg N erreicht werden, bei Einarbeitung im Herbst und darauffolgender feucht-milder Witterung kann es jedoch zu erheblicher N-Mineralisierung kommen. Das entstandene Nitrat wird dann je nach Wetterlage in tiefere Bodenschichten verlagert oder komplett ausgewaschen. Ein zentrales Anliegen des Zwischenfruchtanbaus – Konservierung von Stickstoff und Grundwasserschutz – kann also durch falsches Management gefährdet werden. Um diesem Problem entgegenzuwirken, ist es wichtig, Leguminosen stets mit N-aufnehmenden Pflanzen, z. B. Gräsern, zu kombinieren. Besonders die Beimischung von winterharten Komponenten kann die Verlagerung von mineralisiertem Stickstoff in tieferliegende Bodenschichten verhindern. Außerdem muss bei der Auswahl der Zwischenfruchtmischung stets die Bodenart berücksichtigt werden. Auf leichten, wenig bindigen Standorten sollte auf den Anbau von leguminosenbetonten Zwischenfrüchten, die bereits im Herbst eingearbeitet werden, verzichtet werden.

Ein weiteres Ausschlusskriterium für stark legume Zwischenfrüchte kann die betriebseigene Fruchtfolge sein. Falls beispielsweise Erbsen oder Ackerbohnen bereits als Hauptfrucht kultiviert werden, sollte von einem hohen Leguminosenanteil in der Zwischenfrucht abgesehen werden. Erbsen und Ackerbohnen sollten sich dort auf keinen Fall wiederfinden. So wird der Entstehung von Leguminosenmüdigkeit durch die Verschärfung von Fruchtfolgekrankheiten vorgebeugt.

### Bodenstruktur/Bodenbiologie

Neben den Effekten auf Nährstoffversorgung und Nährstoffkreisläufe ist die positive Wirkung auf Bodenstruktur und Bodenbiologie hervorzuheben. Während viele Kleearten mit ihrem dichten Netz aus Feinwurzeln vornehmlich die obersten Zentimeter des Bodens erschließen, bilden beispielsweise Erbse, Wicke, Lupine und Ackerbohne eine tiefgehende Pfahlwurzel aus. Bei einer lockeren Bodenstruktur entwickeln sich zusätzlich intensiv verzweigte Seitenwurzeln. Das ausgeprägte Wurzelsystem der Leguminosen führt dem Boden viel Wurzelbiomasse zur Humusbildung zu und stabilisiert das Bodengefüge. Durch die gleichzeitig hohe Bodenbedeckung tragen beispielsweise besonders Wicken zu einer guten Schattengare bei. Bei einer guten Gare kann die Intensität der nachfolgenden Bodenbearbeitung reduziert werden. Des Weiteren fördert die Integration von Leguminosen in Zwischenfruchtgemenge die mikrobielle Diversität im Boden. Durch ihre Wurzelexsudate kultivieren Leguminosen eine mikrobielle Gemeinschaft aus Bakterien und Pilzen. Je diverser und aktiver das Bodenleben, desto besser ist die Unterdrückung von bodenbürtigen Krankheiten (z. B. Rhizoctonia, Fusarium, Schwarzbeinigkeit). Leg-



uminosen können also einen wichtigen Beitrag zum Erreichen zweier Hauptziele des Zwischenfruchtanbaus - eine biologisch stabilisierte Schattengare und Stimulierung des Bodenlebens – leisten.



Abb. 3: Aktive Rhizobien im Querschnitt: Die rote Färbung entsteht durch das Protein Leghämoglobin. Es dient zur Sauerstoffregulierung, ähnlich wie Hämoglobin im menschlichen Blut (Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie, 2015)

#### Ansprüche

Die positiven Effekte von Leguminosen sind zwar vielversprechend, allerdings kommen diese nur angemessen zum Tragen, wenn eine entsprechende Etablierung gelingt. Leguminosen haben hohe Ansprüche an Saatbett und korrekte Saatgutablage. Daher sollte die Aussaat der Zwischenfrucht wie bei einer Hauptfrucht erfolgen, auf die Drillmaschine sollte nicht verzichtet werden. Eine extensive Aussaat mit Pneumatikstreuer ist nicht zu empfehlen. Des Weiteren benötigen Leguminosen relativ viel Keimwasser, was in trockenen Jahren zu Problemen beim Auflaufen von legumen Zwischenfruchtbestandteilen führen kann. Aufgrund der eher langsamen Jugendentwicklung benötigen Leguminosen zusätzlich genügend Vegetationszeit, um ihre positiven Effekte ausreichend zu entfalten. Leguminosenlastige Zwischenfrüchte sollten daher möglichst früh gesät werden, Termine nach dem 15. August sind unter Umständen kritisch. Außerdem sollte in Betracht gezogen werden, dass Leguminosen bei hohen Düngergaben im Zwischenfruchtbestand möglicherweise durch schnellwachsende, stickstoffliebende Komponenten unterdrückt werden und dadurch weitaus weniger zur Geltung kommen.

#### Abwägen

Die ackerbaulichen Risiken sind besonders vor dem Hintergrund der hohen Saatgutkosten von Leguminosen genau abzuwägen. Eine pauschale Antwort auf die Frage, ob Leguminosen in Zwischenfruchtmischungen Sinn ergeben, ist nicht möglich. Viele Eigenschaften können sowohl positiv als auch negativ sein (z. B. schnell verrottender Mulch, C:N-Verhältnis) es kommt letztlich auf die richtige Integration in die jeweils betriebsspezifischen Abläufe an. Landwirt:innen müssen jedes Jahr erneut abwägen, ob die Beimischung von Leguminosen in die Zwi-

schenfrucht die betriebswirtschaftlich und ackerbaulich richtige Entscheidung ist.

#### Quellen

- BEISECKER R., SEITH T., (2021) Zwischenfruchtanbau zur Verringerung der Herbst-N<sub>min</sub>-Gehalte und Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2021 (14) Nr1.
- BÖLDT M., LOGES R., KLUSS C. UND TAUBE F. (2018) Zuwachsleistung und N-Aufnahme von Zwischenfrüchten unter norddeutschen Bedingungen: Potentiale zur Vermeidung negativer Umwelteffekte. 62. Jahrestagung der AGGF.
- NURUZZAMAN M., LAMBERS, H., BOLLAND M.D.A, VENEKLAAS E.J. (2005) Phosphorus uptake by grain legumes and subsequently grown wheat at different levels of residual phosphorus fertiliser. Australian Journal of Agricultural Research, 2005, 56, 1041–1047.
- REENTS H-J., UND MÖLLER K. (2001) Stickstoffmanagement im ökologischen Anbau unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Zwischenfrüchten. veröffentlicht in: Reents, Hans-Jürgen, (Hrsg.) Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, Seite(n) 179-192. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- THILAKARATHNA M.S., MCELROY M.S., CHAPAGAIN T., PAPADOPOULOS Y.A., RAIZADA M.N. (2020) Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2016, 36 (4), pp.58. ff.
- TITZE A. (2015) Einfluss des Zwischenfruchtanbaus auf den Nmin-Gehalt im Boden und den Ertrag der Nachfrucht Kartoffeln. Beiträge zum ökologischen Landbau. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 56, S. 25-31.
- <https://vaam.de/infoportal-mikrobiologie/mikrobe-des-jahres/archiv/2015-rhizobium/mikrobe-des-jahres-2015/> (aufgerufen am 29.11.2021)
- VUKICEVICH E., LOWERY T., BOWEN P., ÚRBEZ-TORRES J.R., HART M. (2016) Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 36:48.

#### HERAUSGEBER

**GeoTeam**   
Dienstleistung für Mensch und Umwelt

GeoTeam -  
Gesellschaft für umweltgerechte Land- und Wasserwirtschaft mbH

Wilhelmsplatz 7  
95444 Bayreuth

Tel.: 0921 990926-50  
Fax: 0921 990926-79

Unsere Telefon- und Faxnummern  
haben sich geändert!

E-Mail: [bayreuth@geoteam-umwelt.de](mailto:bayreuth@geoteam-umwelt.de)

#### REDAKTION

Reinhard Wesinger  
Johannes Herold  
Michael Cormann  
Dr. Heidi Lehmal

© Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers gestattet.

Der nächste info:brief erscheint im Juli 2022