

Stickstoff- und Wassermanagement auf Ackerböden

Zwischenfrüchte statt Winterbrache

Boden- und Düngungsmanagement ist Grundwassermanagement.

Am Institut für Bodenkunde wird im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zur nachhaltigen Landwirtschaft geforscht. Ziel ist, durch neue Herangehensweisen und Lösungswege, die Produktivität der Böden zu erhalten und dabei gleichzeitig die anderen Funktionen und Leistungen von Böden und ganzen Ökosystemen zu sichern.



Mehr als 60 Prozent unseres Trinkwassers stammt aus Grundwasser, in Niedersachsen beträgt der Anteil sogar 85 Prozent. Bevor das Regenwasser in die Grundwasserleiter kommt, muss dieses jedoch durch den Boden fließen. Wie viel Wasser am Ende im Grundwasser ankommt, hängt sehr stark von der Korngrößenverteilung des Bodens ab. Grobkörnige Sandböden zum Beispiel speichern selbst nur wenig Wasser und leiten es rasch in tiefere Schichten und das Grundwasser weiter. Feinkörnige Lössböden halten Wasser dagegen sehr gut in ihrem Porenraum zurück und stellen es den Pflanzen zur Verfügung, tragen jedoch aus diesem Grund weniger zur Grundwasserneubildung bei. Beim Durchfließen der Bodenhorizonte

wirken diese wie ein Filter und reinigen das Regenwasser durch biologische und chemische Prozesse. Gleichzeitig reichern sich mineralische Elemente, die im Zuge der Mineralverwitterung im Boden freigegeben werden, im Wasser an.

Der Mensch greift nun durch die Bodennutzung massiv in die Menge und die Qualität des gebildeten Grundwassers ein. Die Menge der Grundwasserneubildung wird wesentlich durch die Aufnahme und Verdunstung von Wasser durch die Pflanzen (Evaporation) beeinflusst. Je höher diese ist, desto weniger Wasser sickert in tiefere Bodenschichten. Das meiste Grundwasser wird hierbei nicht unter Wald gebildet, sondern unter Acker, da Wald im Laufe eines Jahres

wesentlich mehr Wasser verdunstet als landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Allerdings ist Ackerbau mit der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und mineralischen und organischen Düngemitteln verbunden, die auch ins Grundwasser gelangen können. Ein kritisches Element hierbei ist der Stickstoff, welcher in Form von Nitrat im Boden sehr mobil ist und somit leicht ins Grundwasser ausgewaschen werden kann. Nitrat selbst ist für den menschlichen Körper ungefährlich, wird aber zu Nitrit umgewandelt, welches Krebs auslösen kann und insbesondere bei Kleinkindern die Sauerstoffaufnahme des Blutes einschränkt. Daher legt die Trinkwasserverordnung für Nitrat einen Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter fest,

ein Wert, der häufig überschritten wird und aufwändige Trinkwasserreinigung beziehungsweise Verschneidung mit sauberem Wasser zur Folge hat.

Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass Boden- und Düngungsmanagement auch Grundwassermanagement ist. Wissenschaftler*innen vom Institut für Bodenkunde forschen hierzu im



Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zur nachhaltigen Landwirtschaft. Diese haben die Entwicklung innovativer Lösungen zum Ziel, um die Produktivität der Böden zu erhalten, dabei gleichzeitig aber auch die anderen Funktionen und Leistungen von Böden und ganzen Ökosystemen zu sichern. Hierzu zählt es auch zu gewährleisten, dass aus landwirtschaftlich genutzten Böden ausreichend viel und vor allem nicht kontaminiertes Wasser ins Grundwasser gelangt.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeiten befasst sich mit der Frage, inwiefern die Integration von Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge Bodenfunktionen sichert und möglichst verbessert, was im Rahmen des neunjährigen BMBF-Verbund-

projektes „CATCHY“ untersucht wird.

Zwischenfrüchte im Pflanzenbau

Zwischenfrüchte werden zwischen zwei Hauptkulturen integriert, um so eine Brachezeit – im Mitteleuropa typischerweise im Herbst und im Winter – zu vermeiden. Typische Zwischenfrüchte wie Gelbsenf oder Phacelia nehmen überschüssige Nährstoffe nach der Ernte auf und frieren im Winter ab. Nach Absterben verbleiben die Pflanzenreste zunächst als Mulch auf dem Boden und dienen dann im Folgejahr als Gründüngung zur Hauptkultur. Winterharte Zwischenfrüchte wie Rotklee schützen den Boden und deren Bewohner mit einem aktiven Wurzelgeflecht und werden kurz vor der Neuaussaat eingearbeitet. Das Hauptziel dieser Praxis ist die Verbesserung der Bodenqualität, die Verringerung von Bodenerosion, und die Minimierung von Auswaschungsverlusten an Nährstoffen. Zwischenfrüchte sind daher wertvolle Instrumente für das Nährstoffmanagement in Fruchtfolgen und sind außerdem in der Lage, die Agrobiodiversität und Mikrohabitate zu verbessern sowie langfristig die Kohlenstoffspeicherung im Boden zu erhöhen.

Traditionelle Zwischenfruchtssysteme weisen oft eine geringe funktionale Vielfalt auf, da sie zumeist in Reinbeständen (Abb. 1 links) angebaut werden. Mit der Anwendung diversifizierter Zwischenfruchtmischungen (Abb. 1 rechts) wird eine breitere funktionale Zusammensetzung der Pflanzen gewährleistet und potenziell zusätzliche Ökosystemleistungen erreicht. In unseren bisherigen Studien konnten wir zum Beispiel zeigen, dass biodiverse Zwischenfruchtmischungen den Reinbeständen

bezüglich der Kohlenstofffixierung und der Synchronisation der Nährstofffreisetzung durch mikrobiellen Abbau der Zwischenfruchtreste mit dem Nährstoffbedarf der Folgefrucht überlegen sind.

Im Rahmen von „CATCHY“ interessieren uns aber auch die Fragen, inwiefern Zwischenfruchtanbau den Bodenwasserhaushalt beeinflusst, die Nitratverlagerung reduziert und ob sich diverse Zwischenfruchtmischungen hier anders als Monokulturen verhalten.

Hierfür wurde in Asendorf nördlich von Hannover ein Dauerversuch mit sieben Zwischenfruchtvarianten im Vergleich zur Schwarzbrache angelegt und zwar Senf (*Sinapis alba*), Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*), Rauhafer (*Avena strigosa*), Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum*), eine Mischung aus 4 Zwischenfrüchten (Mix 4) und eine Mischung aus 12 Zwischenfrüchten (Mix 12). Während eines knappen Jahres (15. August 2018 – 24. Juni 2019) wurden unter anderem der Bodenwassergehalt und die Konzentrationen an mineralischem Stickstoff (N_{\min} = Ammonium plus Nitrat) bis zu einer Bodentiefe von 80 Zentimetern beobachtet. Die im Folgenden dargestellten Befunde stammen aus Gentsch et al. (2022).

Bodenwasserhaushalt unter Zwischenfrüchten

Wie alle Pflanzen benötigen auch Zwischenfrüchte Wasser für ihr Wachstum. Aus Abb. 2 wird deutlich, dass daher alle Zwischenfruchtvarianten bis zu ihrem maximalen Wachstum den Bodenwasserspeicher deutlich erschöpften. Anfang November erreichten die relativen Feuchtegehalte unter den Zwischenfrüchten ihr Minimum. Diese lagen zwischen 17 und 33 Prozent unter den

Abbildung 1
Gelbsenf als Zwischenfruchtmonokultur (links) und biodiverse Zwischenfruchtmischung mit 12 Pflanzen (Mix 12) (rechts).
Fotos: Norman Gentsch

Dies hängt einerseits mit einer unterschiedlichen Stickstoffaufnahme während der Wachstumsperiode der einzelnen Pflanzenarten zusammen. Andererseits wird die Zwischenfruchtstreu unterschiedlich schnell mikrobiell abgebaut und N_{\min} in den Böden freigesetzt. So zeigt zum Beispiel Senf bereits im Januar recht hohe N_{\min} -Konzentrationen, was auf die frühe N-Mineralisierung der Streu zurückzuführen ist. Durch die Freisetzung von Nährstoffen aus der Zwischenfrucht kann die N-Düngung der Folgekultur zwischen 15 und 30 Prozent reduziert werden. Hier schneidet Mix 12 mit einer 92 Prozent höheren Stickstoffmineralisation aus der organischen Substanz im Vergleich zur Brache am besten ab. Wie für andere Parameter wichtiger Bodenfunktionen zeigt sich, dass biodiverse Zwischenfrüchte in der Lage sind, Schwächen einzelner Zwi-

schenfruchtspezies zu kompensieren und eine funktionale Redundanz ausbilden.

Schlussfolgerungen

Unsere Studien zeigen, wie mit Zwischenfrüchten Bodenwassermanagement sowohl hinsichtlich der Höhe als auch der Qualität der Grundwassernachlieferung betrieben werden kann. Ein wichtiges Ergebnis ist, dass Zwischenfrüchte der Hauptfrucht keine Wasser ‚stehlen‘, sondern aufgrund verschiedener Effekte der Hauptfrucht sogar mehr Wasser zur Verfügung stellen. Der Zeitpunkt des Absterbens ist hier jedoch entscheidend, um die Bodenwasservorräte wieder aufzufüllen. Ebenso reduzieren Zwischenfrüchte die N_{\min} -Konzentrationen im Herbst und Winter, wenn die Auswaschungsgefahr hoch ist, und erhöhen diese im Frühjahr, wenn die Hauptfrucht

Stickstoff benötigt. Für die Grundwasserneubildung bedeuten die Befunde, dass Zwischenfrüchte den Wasserausstrom aus dem Boden zu Zeiten hohen Nitratgehaltes reduzieren und diesen bei geringer Nitratbelastung erhöhen. Insgesamt haben daher Zwischenfrüchte zumindest keinen negativen Einfluss auf die Grundwasserneubildung, sorgen jedoch für eine deutlich bessere Wasserqualität. Dies ist insbesondere in Trinkwasserschutzgebieten von großer Bedeutung.

Literatur

- [1] Gentsch, N., Heuermann, D., Boy, J., Schierding, S., von Wirén, N., Schwencker, D., Feuerstein, U., Kümmerer, R., Bauer, B., Guggenberger, G. (2022) Soil nitrogen and water management by winter-killed catch crops. *Soil* 8, 269-281. <https://doi.org/10.5194/soil-8-269-2022>



Prof. Dr. Georg Guggenberger

ist Geoökologe und leitet seit 2008 die Arbeitsgruppe Bodenchemie am Institut für Bodenkunde. Seine Forschungsinteressen fokussieren sich unter anderem auf Prozesse der Kohlenstoffspeicherung in Böden, der nachhaltigen Landwirtschaft und der Sicherung der Bereitstellung von Bodenfunktionen und Bodenleistungen. Kontakt: guggenberger@ifbk.uni-hannover.de



Dr. Norman Gentsch

beschäftigt sich in der Arbeitsgruppe Bodenchemie am Institut für Bodenkunde mit der Interaktion zwischen Pflanzen und Mikroorganismen und deren Einfluss auf Bodenparameter und Stoffkreisläufe. Schwerpunkt stellen land- und forstwirtschaftlich genutzte Böden dar, in denen er untersucht, wie über modernes Bodenmanagement die Gesundheit unserer Böden gefördert und eine nachhaltige Sicherung der Erträge erreicht werden kann. Kontakt: gentsch@ifbk.uni-hannover.de