

Was passiert jetzt mit dem Kraut? Der Umgang mit (abfrierenden) Zwischenfrüchten vor Einsaat der Sommerungen

Der Aufbau einer stabilen, porösen Bodenstruktur ist eine der wichtigsten ackerbaulichen Herausforderungen in Zeiten zunehmender Extremwetterlagen. Der Boden sollte auch ausgiebige Niederschlagsmengen in kurzer Zeit aufnehmen und speichern können. Das gesammelte Wasser steht den Kulturpflanzen in Trockenperioden zur Verfügung und kann sowohl Ertrag, als auch Qualität des Ernteguts entscheidend beeinflussen. Gleichzeitig wird die Gefahr von Hochwasserereignissen in Ortslagen reduziert. Der regelmäßige Anbau von Zwischenfrüchten ist eines der wichtigsten Werkzeuge, um dieses Ziel zu erreichen. Durch ihren Blattapparat schützen Zwischenfrüchte den Boden vor Starkregenereignissen und regulieren die Bodentemperatur. Gleichzeitig nehmen sie verfügbaren Stickstoff auf, halten durch ihr Wurzelwerk den Boden an Ort und Stelle und verbessern die Bodenstruktur. Über ein diverses Portfolio an Wurzelauausscheidungen füttern sie zudem das Bodenleben und spielen daher eine entscheidende Rolle beim Humusaufbau. Die Vorteile von Zwischenfrüchten sind wissenschaftlich belegt und auch durch positive Erfahrungen in der landwirtschaftlichen Praxis seit Jahrzehnten anerkannt. Allerdings kommt der Zwischenfrucht-Anbau auch nicht zum Null-Tarif und bringt jedes Jahr neue Herausforderungen mit sich.

Im Jahr 2022 gestaltete sich die Aussaat von Zwischenfrüchten aufgrund ausbleibender Niederschläge schwierig. Eine Bodenbearbeitung konnte oft nur sehr flach, mit hohem Verschleiß und unbefriedigendem Ergebnis durchgeführt werden. Direktsaattechnik wird zwar immer populärer, steht jedoch noch lange nicht allen landwirtschaftlichen Betrieben zur Verfügung. Ausfallgetreide konnte in der Regel kaum bekämpft werden und lief häufig erst gemeinsam mit den gesäten Zwischenfrüchten auf. Dank der sehr milden Herbst-Witterung entwickelten sich vielerorts aber trotz schwieriger Startbedingungen noch schöne Zwischenfrucht-Bestände.

Landwirt:innen stehen nun vor der Frage, wie sie mit den Zwischenfrüchten, bzw. mit deren abgefrorenen Resten, weiter verfahren sollen, um die positiven Effekte der Zwischenfrucht zu erhalten und bestmöglich auf die folgende Kultur zu übertragen. Das Ziel ist, die biologisch stabilisierte Bodenstruktur (Kontrolle mit Spatenprobe!) möglichst wenig durch mechanische Bearbeitung zu beeinträchtigen,

gleichzeitig aber Unkraut in Schach zu halten und damit optimale Bedingungen für eine erfolgreiche Saat der Hauptkultur zu bereiten. Eine regelmäßige Feldansprache ist unbedingt nötig, um sich ein Bild von Bodenstruktur, Unkrautdruck und dem Zustand des aufliegenden organischen Materials zu machen.

Generell lässt sich sagen, dass es kein Patentrezept zur Einarbeitung von Zwischenfrüchten gibt. Die Ausgangssituation ist immer abhängig von Standort, Witterungsverlauf, Fruchtfolge und Maschinenausstattung und variiert jedes Jahr. Im Folgenden werden daher nur einige Anregungen zu möglichen Handlungsoptionen gegeben.

Das Walzen der Zwischenfrucht bei Frost ist oft eine sinnvolle erste Maßnahme. So kann mit hoher Schlagkraft und geringem Dieserverbrauch der Aufwuchs dem Bodenleben nähergebracht und das Abfrieren der Zwischenfrucht unterstützt werden. Das Walzen ist zwar eine unterstützende Maßnahme, die Grundlage für ein sicheres Abfrieren der Zwischenfrucht wird aber bereits bei der Aussaat gesetzt. Nicht nur die Wahl der Komponenten und Sorten ist von Bedeutung, sondern auch der Saatzeitpunkt und die Wachstumsbedingungen spielen eine entscheidende Rolle. Je weiter die Zwischenfrucht in ihrer Entwicklung ist, desto leichter friert sie letztlich ab.



Abb. 1: Abgefrorene Zwischenfrucht - wie geht es jetzt weiter?



Die Wunschvorstellung ist, ohne Bodenbearbeitung nach der Zwischenfrucht direkt die Sommerung zu säen. Jede Bodenbearbeitung erhöht die Gefahr von Stickstoffauswaschung durch vorzeitige Mineralisation. Auch die Stickstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten sollte unbedingt vermieden werden, da so die Hauptkultur zunächst eher wenig profitiert, aber stattdessen das Wachstum von Wurzelunkräutern gefördert wird. Außerdem wird die Mulchauflage durch jede Bodenbearbeitung reduziert. In der Praxis führt dies häufig zu Mulchsaaten, die ihrem Namen nicht gerecht werden. Positive Effekte hinsichtlich Erosions- und Verdunstungsschutz sind dann nur noch in geringem Maße gegeben. Stattdessen kann das intensive Einarbeiten von kohlenstofflastigen Zwischenfrucht-Resten (z.B. Senf) zu einer Stickstoffsperre führen, was wiederum häufig mit einer langsamen Jugendentwicklung der Hauptkultur einhergeht.

Der Verzicht auf Bodenbearbeitung ist allerdings nur mit entsprechender Saattechnik möglich und ohne vorgeschalteten Einsatz eines Totalherbizids oft nicht zu realisieren. Gerade in diesem Jahr findet sich aufgrund der schwierigen Bedingungen im Sommer in der Regel noch Ausfallgetreide in den Zwischenfrüchten. Ein weiteres Problem ist häufig der Besatz mit Ackerfuchsschwanz und anderen Problemunkräutern. Wenn eine einfache Regulierung durch Herbizide in der Folgekultur nicht möglich ist, muss eine sorgfältige, standortangepasste Bodenbearbeitung erfolgen. Dies trifft natürlich auch für Zwischenfrüchte mit winterharten Komponenten zu.

Eine Bodenbearbeitung sollte nur durchgeführt werden, wenn die Befahrbarkeit des Bodens dies zulässt. Der Boden muss also entweder ausreichend abgetrocknet oder gefroren sein. Vor frühen Sommerungen kann eine erste Frostbearbeitung im Spätwinter sinnvoll sein. Vor Mais und Sonnenblume kann gegebenenfalls gewartet werden, bis die Böden ausreichend abgetrocknet sind. Besonders auf schweren Böden kann aber auch vor späten Sommerungen eine erste Frostbearbeitung sinnvoll sein, um Ausfallgetreide, Ackerfuchsschwanz und winterharte Zwischenfruchtbestandteile zu bremsen. So fällt eine weitere Regulierung leichter und einem Aufzehren des Wasservorrats vor Aussaat der Sommerung wird vorgebeugt.

Die Bodenbearbeitung sollte möglichst flach erfolgen, um strukturschädliche Schmierschichten zu vermeiden, das aufliegende Mulchmaterial nicht zu vergraben und den kapillaren Wasseraufstieg bis zum Saathorizont nicht zu brechen. Angesichts der zunehmenden Frühsommertrockenheit ist eine möglichst geringe Bearbeitungstiefe in Kombination mit einer Mulchschicht für den Wasserhaushalt von großer Bedeutung. Auch die Einarbeitung von Gülle sollte flach erfolgen, um einen aeroben Abbau zu gewährleisten. Zudem ist hierbei unbedingt auf einen passenden Reifendruck zu achten, um zusätzliche Verdichtungen vor der Saat zu ver-

meiden. Tief lockernde Bearbeitungsgänge, die auf einigen Standorten durchaus sinnvoll sein können, sollten im Optimalfall bereits vor der Etablierung der Zwischenfrucht stattfinden. So kann das gelockerte Bodengefüge im Herbst und Winter durch die Symbiose von Pflanzen und Bodenorganismen lebend verbaut und damit nachhaltig stabilisiert werden. Dieses Vorgehen war aufgrund der schwierigen Bedingungen im Sommer 2022 allerdings nicht überall möglich. Falls die Zwischenfrucht und Frosteinwirkung verdichtete Bodenschichten nicht ausreichend lockern konnten ist gegebenenfalls noch ein tief lockernder Bearbeitungsgang sinnvoll – wenn die Bodenbedingungen dies zulassen (Spatenprobe!). Nach der Saat sollte dann allerdings gewalzt werden, um den kapillaren Wasseraufstieg an das Saatkorn wiederherzustellen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Zwischenfruchtanbau von der Aussaat bis zur Einarbeitung jedes Jahr aufs Neue eine Herausforderung darstellt. Eine regelmäßige Bodenansprache ist essentiell und stellt die Grundlage für jede ackerbauliche Entscheidung dar. Bodenbearbeitung sollte nur durchgeführt werden, wenn der Boden ausreichend abgetrocknet oder gefroren ist. Eine tiefe Lockerung sollte möglichst mit einer folgenden Begrünung zur biologischen Stabilisierung kombiniert werden. Ein wassersparendes Anbausystem ist für den erfolgreichen Anbau von Sommerungen von grundlegender Bedeutung und fängt bereits nach der Ernte der Vorfrucht an.



Abb.2: Eine gute Bodenstruktur während des Wachstums der Zwischenfrucht ist gut, muss allerdings am Ende des Winters neu bewertet werden

Kaye, J. P. and Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review, *Agron. Sustain. Dev.*, 37, 4.

Gentsch N. et al (2020). Catch crop diversity increases rhizosphere carbon input and soil microbial biomass, *Biol. Fertil Soils*, 56, 943–957.



Humus – Systemeigenschaft statt Supermolekül

Humus – organische Substanz im Boden (OS) - stellt einen der wichtigsten Pools von langfristig gebundenem Kohlenstoff dar. Humusaufbau gilt daher als ein wichtiger Ansatz, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Abgesehen davon führt ein hoher Humusgehalt im Boden zu vielen ackerbaulichen Vorteilen hinsichtlich Nährstoff- und Wasserhaltevermögen, Bodenstruktur sowie Pflanzengesundheit und ist daher im ureigenen Interesse der Landwirtschaft. Doch was genau ist eigentlich dieser Humus und wie entsteht er? In den letzten Jahrzehnten konnten viele Erkenntnisse zur Kohlenstoff-Dynamik im Boden gewonnen werden, was dazu führte, dass die klassische Theorie der „Humusbildung“ neu gedacht werden musste.

Nach ursprünglichem Konzept entsteht stabiler Humus durch den sukzessiven mikrobiellen Ab- und Umbau von Pflanzenresten. Am Ende dieses Prozesses, der als Humifizierung der OS bezeichnet wurde, entstehen mikrobiell oder durch abiotische Faktoren sogenannte Huminstoffe. Huminstoffe gelten als besonders große und beständige organische Moleküle. Aufgrund ihrer komplexen chemischen Struktur können sie nicht von Bodenorganismen abgebaut und veratmet werden, was wiederum zu Kohlenstoffspeicherung führt. Anhand spezieller chemischer Extraktionsverfahren im Labor kategorisierte man in Huminsäuren, Fulvosäuren und Humin.

Dieses Konzept zum Aufbau von Dauerhumus durch Humifizierung gilt heute als überholt. Klassische Huminstoffe lassen sich auch mit modernsten analytischen Methoden nicht im Boden nachweisen. Sie entstehen also nur durch ein chemisches Extraktionsverfahren und liegen in dieser Form nicht natürlicherweise im Boden vor. Des Weiteren legen wissenschaftliche Untersuchungen nahe, dass auch chemisch komplexere Moleküle (z. B. Lignin) ohne Probleme und mit hoher Geschwindigkeit mikrobiell verstoffwechselt werden können, vorausgesetzt die Moleküle sind für Mikroorganismen erreichbar und die Rahmenbedingungen hinsichtlich Temperatur-, Wasser- und Lufthaushalt im Boden stimmen. Aus diesen Gründen haben sich neue Ansätze zur Betrachtung der Humus – Dynamik im Boden entwickelt.

Anstatt hochkomplexer Huminstoffe findet man bei einem mikroskopischen Blick in den Boden eine Vielzahl von (toten) Mikroorganismen, relativ einfache organische Ver-

bindungen (Proteine, Lipide, Kohlenhydrate etc.) und zerkleinerte Überreste von Pflanzenresten. Diese organischen Substanzen liegen entweder frei in der Bodenmatrix vor, sind in Bodenaggregate verbaut, oder an die Oberfläche von (Ton)mineralen gebunden. Während frei verfügbare OS aus Pflanzenresten sehr schnell abgebaut werden kann und als Nahrung, bzw. Treibstoff für das Bodennahrungsnetz dient, ist die Verweildauer von OS, die in Bodenaggregate verbaut, bzw. an Mineraloberflächen adsorbiert ist, wesentlich höher (mehrere hundert - tausend Jahre). Studien zeigen, dass ein Großteil der langfristig stabilisierten OS mikrobiellen Ursprungs ist. Die Überreste von Bakterienzellen heften an

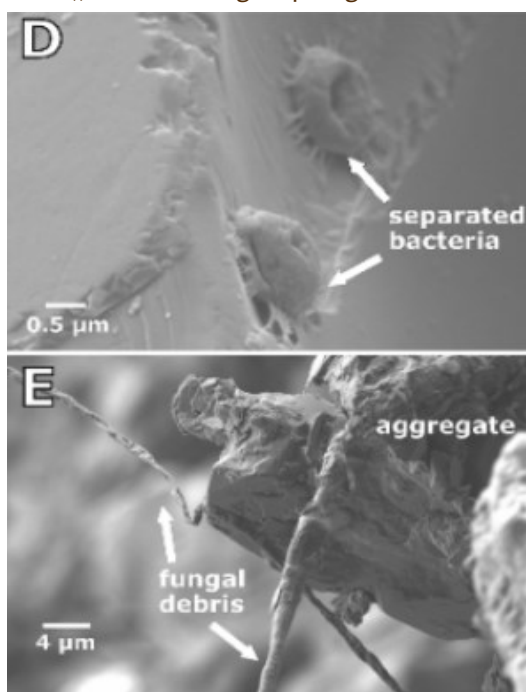


Abb.3 Biolog. Bodenaggregatbildung (Guhra et. al 2022)

Tonmineralen und sind so nur schwer abbaubar. Des Weiteren sind viele mikrobielle Stoffwechselprodukte in Bodenaggregate integriert und so vor weiterem Abbau geschützt. Organische Substanz aus Pflanzenrückständen wird also zunächst von Mikroorganismen verstoffwechselt und häufig erst in Form von mikrobieller organischer Substanz durch Interaktion mit den mineralischen Bestandteilen des Bodens langfristig gespeichert.

Neben Bakterien spielen Pflanzen und Pilze eine zentrale Rolle beim Aufbau langfristig beständiger OS. Durch ihre Netzwerke aus Feinwurzeln und Pilzhyphen wird OS in der Bodenmatrix verteilt, gelangt in feinste Bodenporen und -aggregate und wird so der mikrobiellen Veratmung vorerst entzogen. Je tiefer und weitläufiger sich die Systeme aus

Wurzeln und Pilzhyphen ausdehnen können, desto besser. Das Erschließen des Unterbodens ist daher nicht nur für eine gute Wasserversorgung und stabile Erträge von großer Bedeutung. Durch die Durchwurzelung des Unterbodens gelangt automatisch auch organische Substanz in tiefere Bodenschichten. Durch den relativ niedrigen Sauerstoffgehalt und eine geringere mikrobielle Aktivität findet der Abbau der OS dort wesentlich langsamer statt. Entsprechend geht man davon aus, dass sich ein großer Teil der langfristig gespeicherten OS im Unterboden befindet.

Neben dem Wurzelsystem der Pflanzen und dem Hyphen-system der Bodenpilze sind auch Regenwürmer dazu in der Lage organische Substanz im Boden zu verteilen und in Bodenaggregaten zu stabilisieren. Von Regenwürmern aufgenommene OS wird während der Verdauung zerkleinert, mit Bodenmineralen und Bakterien vermischt und letztlich als

Regenwurmlosung wieder an die Bodenmatrix abgegeben. Durch das Graben von Regenwurmgehängen, die von beständigen Schleimstoffen ausgekleidet sind, wird OS von der Bodenoberfläche bis in den Unterboden transportiert.

Zusammenfassend ist die Stabilität der OS im Boden nicht auf die chemische Struktur spezieller Huminstoffe zurückzuführen, sondern das Resultat verschiedener sich wechselseitig beeinflussender bodenbiologischer, bodenchemischer und bodenphysikalischer Prozesse im Ökosystem Boden. Erst die komplexe Interaktion von Pflanzenrückständen, Bodenorganismen und den mineralischen Bestandteilen des Bodens führt zur langfristigen Stabilisierung der OS. Zwar kann die Verweildauer der OS, z.B. durch den „Schutz“ der Bodenmatrix und der Deposition in sauerstoffarme Milieus mit geringerer mikrobieller Aktivität, stark erhöht werden, allerdings unterliegen auch diese Moleküle früher oder später dem mikrobiellen Abbau. Das Bild des Bodens als eine Kohlenstoffsenke, in der man nicht abbaubare Humus-Moleküle ansammeln kann ist daher sehr vereinfachend und entspricht nicht der Realität. Es geht vielmehr darum, die ständige Dynamik durch Kohlenstoffeintrag und Kohlenstoffabbau im Boden hinsichtlich eines hohen Grund-Niveaus und einer möglichst langen Verweildauer der einzelnen Substanzen zu beeinflussen.

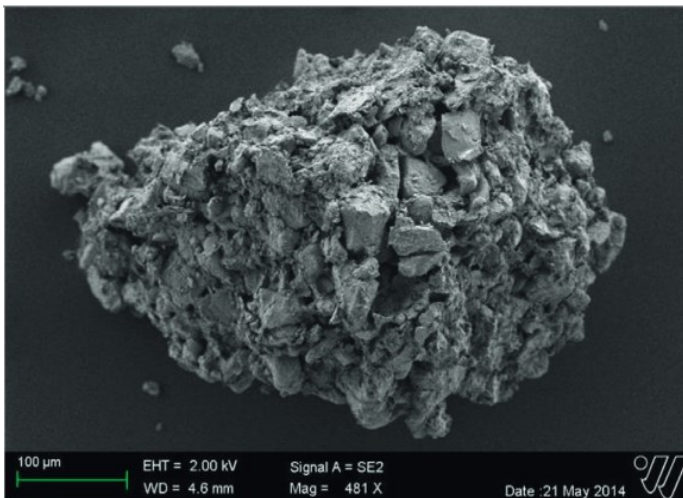


Abb. 4: Bodenmikroaggregat im Elektronenmikroskop (Totsche et. al2018)

Entsprechend dieser Erkenntnisse lassen sich folgende Ansatzpunkte für die landwirtschaftliche Praxis ableiten, um eine nachhaltige Humuswirtschaft zu betreiben:

Möglichst ganzjährige Begrünung um Pflanzenwachstum, Wurzelwachstum und Wurzelexsudate zu maximieren => maximaler Kohlenstoffeintrag

Organische Düngung => maximaler Kohlenstoffeintrag

Fokus auf Bodenstruktur, um gute Durchwurzelbarkeit und Wasser- bzw. Lufthaushalt im Boden zu schaffen => Milieusteuering

Angepasste Bodenbearbeitung => so viel wie nötig, um gute Durchwurzelbarkeit und Pflanzenwachstum sicherzustellen, so wenig wie möglich, um Bodenleben (v.a. Pilze) zu schonen

Boden pH einstellen, um optimale Bedingungen für mikrobielle Aktivität zu schaffen => effektive Verstoffwechslung der pflanzlichen OS in mikrobielle OS

Kalkversorgung im Blick behalten, damit Bodenstruktur- und aggregatbildung und damit Humus-Stabilisierung funktioniert

Cotrufo, M. F., Wallenstein, M. D., Boot, C. M., Deneff, K. & Paul, E. (2013). The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Glob. Change Biol.* 19, 988–995.

Guhra, T., Stolze, K. and Totsche, K. U. (2022). Pathways of biogenically excreted organic matter into soil aggregates. *Soil Biology and Biochemistry*, 164, 108483.

Schmidt, M. W. I. et al. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49–56.

Totsche K.U., Amelung W., Gerzabek M.H., Guggenberger G., Klumpp E., Knief C., Lehndorff E., Mikutta R., Peth S., Prechtel A., Ray N., Kögel-Knabner I. (2018) Microaggregates in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 181(1), 104-136.

Hinweis:

KULAP 2023: Beantragung vom 11. Januar bis 23. Februar beim Landwirtschaftamt möglich.

HERAUSGEBER



GeoTeam-
Gesellschaft für umweltgerechte Land- und Wasserwirtschaft mbH

Wilhelmsplatz 7
95444 Bayreuth

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

E-Mail: 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 Herbst 2023