

DAS FACHMAGAZIN FÜR DEN
PROFESSIONELLEN PFLANZENBAU

SONDERDRUCK



BODENGESUNDHEIT



Direkt-, Mulch- und Pflugsaat: Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Systeme auf Basis reduzierter Bodenbearbeitung die Indikatorwerte der Bodengesundheit verbessern.

Pflug, Mulch- oder Direktsaat: Eine Analyse der Auswirkungen des Bewirtschaftungssystems auf die Bodengesundheit im Ackerbau

Gesündere Böden durch Direktsaat?

Jonas Kellner, Laurenz Gausepohl und Prof. Dr. Thomas Weyer
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest

Die Anwendung von Direktsaat im Rahmen von Conservation Agriculture und kombiniert mit intensivem Zwischenfruchtanbau führt zu einer signifikanten Verbesserung der Bodengesundheit im Ackerbau.

Bodengesundheit ist ein Begriff, welcher in jüngster Zeit sowohl in der landwirtschaftlichen Praxis als auch in politischen Zusammenhängen – besonders im Hinblick auf das Thema Klimaschutz und Klimaanpassung – Verwendung findet. Als Grundlage für die Beleuchtung der Relevanz und der Auswirkungen von Bodengesundheit im praktischen Ackerbau stellt sich die Frage nach der richtigen Definition und Bedeutung dieses Begriffes.

— Bodengesundheit im Ackerbau

Unter dem Begriff Bodengesundheit wird die ganzheitliche Betrachtung des Bodens als komplexes Ökosystem verstanden. Vor dem Hintergrund der Nutzungsbestimmung stehen dabei die Bodenfunktionen im Zentrum der Betrachtung. Gegenüber vereinfachten Konzepten – wie dem der Bodenfruchtbarkeit, welches überwiegend einzelne chemische Bodenparameter sowie alleinig die Ertragsfunktion betrachtet – wird bei der Bodengesundheit der Dreiklang aus Bodenbiologie, Bodenphysik und Bodenchemie als Basis der multiplen

Funktionen simultan und unter Berücksichtigung seiner komplexen Interaktionen betrachtet. Die Vielzahl der relevanten Bodenfunktionen und deren Abhängigkeit von Bodenprozessen und den Bodeneigenschaften als Basis sowie der darüberstehenden Definition der Bodengesundheit als umfassendes Konzept werden in **Abb. 1** veranschaulicht.

Die Erhaltung dieser Vielzahl an Funktionen entspricht damit durch ihre betriebswirtschaftliche sowie umwelt- und gesamtgesellschaftliche Relevanz dem Konzept der Nachhaltigkeit. Speziell die langfristige Ertragsstabilität unterstreicht die Bedeutung für den praktischen Ackerbau. Bodendegradierende Prozesse, wie Bodenerosion, Bodenschadverdichtung, Humusabbau, Bodenversauerung, Nährstoffungleichgewichte und weitere, als Gegenspieler einer stabilen Bodengesundheit bekannte Entwicklungen sind relevante und in Studien belegte Herausforderungen im heutigen Ackerbau. Besonders im Hinblick auf potenzielle klimatische Unsicherheiten bilden resiliente

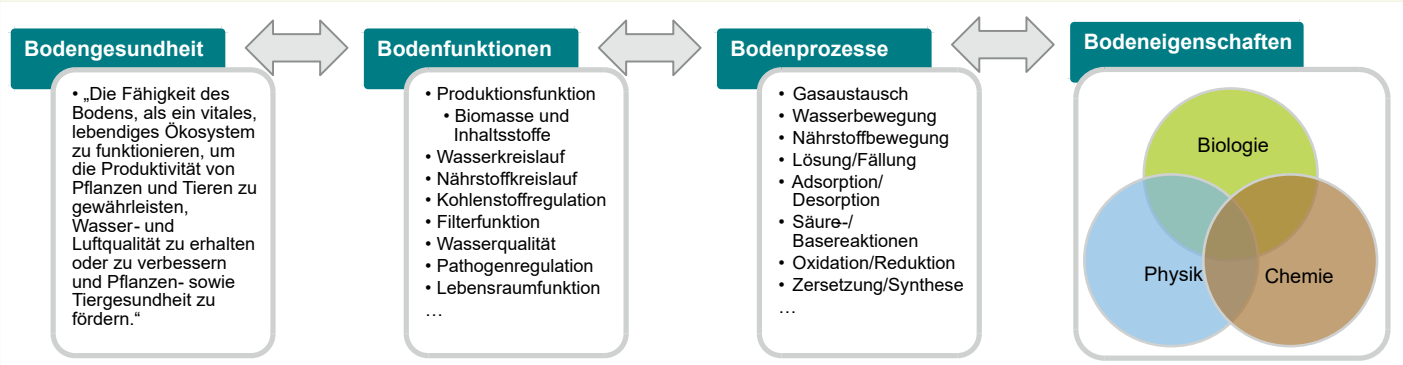


Abb. 1: Definition und Zusammenhänge der Bodenfruchtgesundheit (DORAN und ZEISS 2000, KIBBLEWHITE et al., 2008).

Tab. 1: Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale der Bewirtschaftungssysteme im Durchschnitt der drei Gruppen von Bodenbearbeitungsverfahren.

Bewirtschaftungsmerkmale	Direktsaat	konservierende Bodenbearbeitung	konventionelle Bodenbearbeitung
Zeit seit letzter Bodenbearbeitung [a]	6,4	0,0	0,0
Anzahl Fruchtarten	4,7	3,7	3,8
Leguminosenanbau [% der Betriebe]	80,0	23,0	10,0
Wurzelfruchtanbau [% der Betriebe]	0,0	27,0	45,0
zeitlicher Abstand Zwischenfruchtanbau [a]	2,1	2,6	3,4
Controlled-Traffic-Farming [% der Betriebe]	20,0	0,0	0,0
CTF light (feste Pflegefahrspuren) [% der Betriebe]	60,0	36,0	20,0
KAK-Düngesystem (z. B. Kinsey) [% der Betriebe]	50,0	36,0	0,0
CULTAN- Düngung [% der Betriebe]	40,0	9,0	0,0

Böden die Grundlage einer zukunftsfähigen Landwirtschaft (MOEBIUS-CLUNE et al. 2016, KIBBLEWHITE et al. 2008).

Bestimmt wird die Bodengesundheit stets auf Basis von Indikatorwerten. Dabei handelt es sich um eine Auswahl an Bodenparametern mit hoher Relevanz für möglichst eine Vielzahl an Bodenfunktionen und hoher Sensitivität auf Veränderungen im Management bei gleichzeitig geringer Sensitivität auf sekundäre Einflüsse, die praktikabel messbar sowie durch definierte Zielwerte gut interpretierbar sind (LEHMANN et al. 2020).

Erhebung in Deutschland

Bedingt durch die bisher eher geringe Beachtung des Themas der Bodengesundheit im deutschsprachigen Raum wurde das Zielgesetzt, eine möglichst großmaßstäbige Erhebung zur Auswirkung des Bewirtschaftungssystems auf die Bodengesundheit im Ackerbau in Deutschland durchzuführen. Dazu wurden im Rahmen eines

Projektes für zwei studentische Masterarbeiten Erhebungen auf 62 Ackerflächen von 31 landwirtschaftlichen Betrieben in fünf Bundesländern im Zeitraum März und April 2024 durchgeführt. Der Schwerpunkt der Erhebung lag mit 44 Flächen in Nordrhein-Westfalen. Die weiteren Standorte verteilten sich über Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Baden-Württemberg.

Ein wesentlicher Erhebungsfaktor war das Bodenbearbeitungsverfahren als wichtigstes Merkmal des Bewirtschaftungssystems. Die einzelnen Flächen wurden den Verfahren Direktsaat ohne jegliche Bodenbearbeitung, konventionelle Bodenbearbeitung mit zumindest alternierendem Pflugeinsatz und konservierende Bodenbearbeitung – welche dem umgangssprachlich als Mulchsaat bezeichneten Verfahren entspricht – zugeordnet. Weitere Merkmale des Bewirtschaftungssystems sind in der Praxis häufig mit dem Bodenbearbeitungssystem assoziiert, was sich

auch im Rahmen der Erhebung bestätigte. Zu Auswertungszwecken wurden die weiteren erhobenen Merkmale der Bewirtschaftungssysteme als Mittelwerte der drei Bodenbearbeitungsverfahren interpretiert. Wie sich einige wichtige Merkmale über die drei Gruppen verteilen, veranschaulicht Tab. 1.

Eine annähernd äquivalente Verteilung von Bodentypen und geographisch bedingten klimatischen Differenzen konnte durch die Größe der Stichprobe erreicht werden, wodurch kombiniert mit einem engen Zeitrahmen der Beprobung sekundäre Einflussfaktoren wie Temperatur, Bodenfeuchte, Jahreszeit, Bodentextur etc. bestmöglich eliminiert wurden.

Höhere Humusgehalte unter Direktsaat

Der Humusgehalt, als einer der zentralen Indikatoren einer jeden bodengesundheitlichen Untersuchung, zeigte in der vorliegenden Studie einen deutlichen Einfluss des

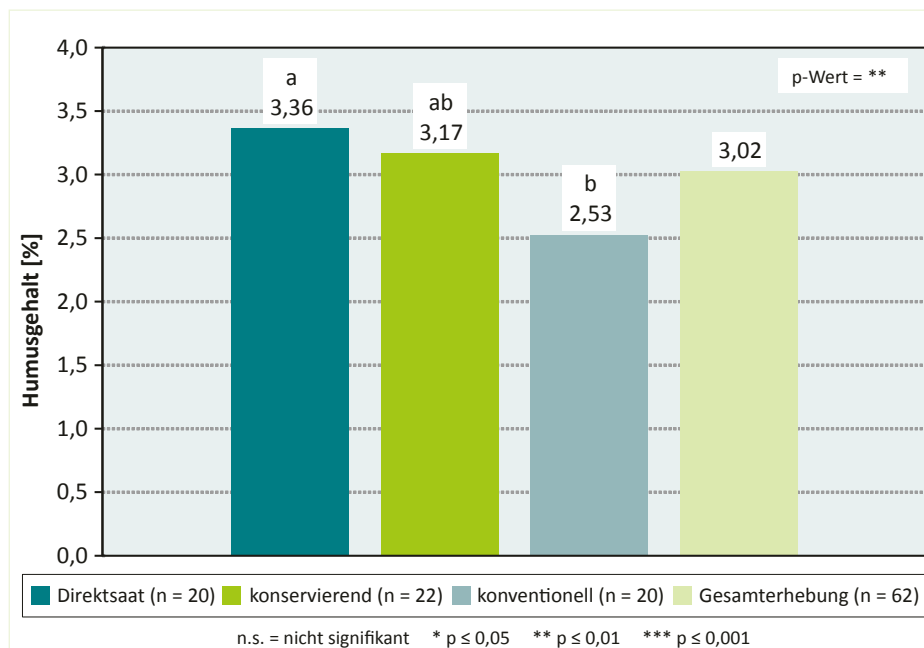


Abb. 2: Humusgehalte der drei Bodenbearbeitungsverfahren im arithmetischen Mittel der jeweiligen Standorte.

Bewirtschaftungssysteme auf. Mit 3,36 % lag der Humusgehalt in den Direktsaatssystemen signifikant oberhalb der Flächen in konventionellen Pflugsystemen mit 2,53 % (Abb. 2). Eine intermediäre Stellung nahmen die konservierend bewirtschafteten Flächen mit einem Humusgehalt von 3,17 % ein. Die Ergebnisse verdeutlichen somit den Einfluss der Bodenbearbeitung dahingehend, dass die mechanische Durchlüftung

verstärkt oxidative Verhältnisse im Boden schafft, welche in Mineralisationsschüben organischer Verbindungen mit der Folge des Humusabbaus resultieren – dem sogenannten Primingeffect.

Um den Humusabbau in Ackerböden zu vermeiden, ist es notwendig, eine negative Kohlenstoffbilanz zu vermeiden, die sich aus dem Verhältnis des Eintrags durch Wurzelexsudate und abgestorbener

organischer Substanz in Relation zum Austrag durch mikrobielle Veratmung ergibt. Soll gar ein Humusaufbau realisiert werden, ist es notwendig, einen Netto-Überschuss an Kohlenstoff zu erreichen.

Essenziell dafür ist die Vermeidung der exzessiven Mineralisation und gleichzeitig die Maximierung der Assimulationsleistung auf der Fläche durch einen ganzjährigen Pflanzenbewuchs. Dabei helfen diversifizierte Fruchtfolgen ohne längere Anbaupausen sowie der Anbau von Zwischenfrüchten, was besonders in den Direktsaatssystemen dieser Erhebung umgesetzt wurde. Wesentlicher Effekt des Pflanzenbewuchses ist – neben der Produktion von Biomasse – die Bedienung des sogenannten „liquid carbon pathway“ nach JONES (2008), welcher nach den Erkenntnissen der neuen Humustheorie den größeren Beitrag zum Humusaufbau leistet. Dieser beschreibt den Prozess, bei dem die Pflanzen Wurzelexsudate – kohlenstoffhaltige Verbindungen – in die Rhizosphäre abgegeben. Diese dienen dem Bodenmikrobiom als Energiequelle und sind die Basis einer symbiotischen Beziehung zwischen Bodenmikrobiom und Pflanzen, welche im Austausch durch die Mikroben mit anderweitig nicht pflanzenverfügbaren Nährstoffen versorgt werden.

Essenziell für das Verständnis der Dynamik der organischen Substanz im Boden ist es zu verdeutlichen, dass nach heutigem Stand des Wissens keine chemische Form der Stabilisierung organischer Verbindungen, welche früher im Rahmen der Humifizierung als Dauerhumus bezeichnet wurde, im Boden existiert. Organische Moleküle unterliegen stattdessen einem kontinuierlichen Abbau durch das Edaphon (Bodenfauna) und können lediglich durch einen physikalischen Einschluss in Aggregate oder eine chemische Adsorption an Mineraloberflächen vor Abbau geschützt werden. Dieser Zusammenhang verdeutlicht anschaulich, welchen Einfluss eine mechanische Störung des Bodens mit zunehmender Intensität auf die Stabilität der organischen Substanz hat und von welcher Bedeutung eine kontinuierliche

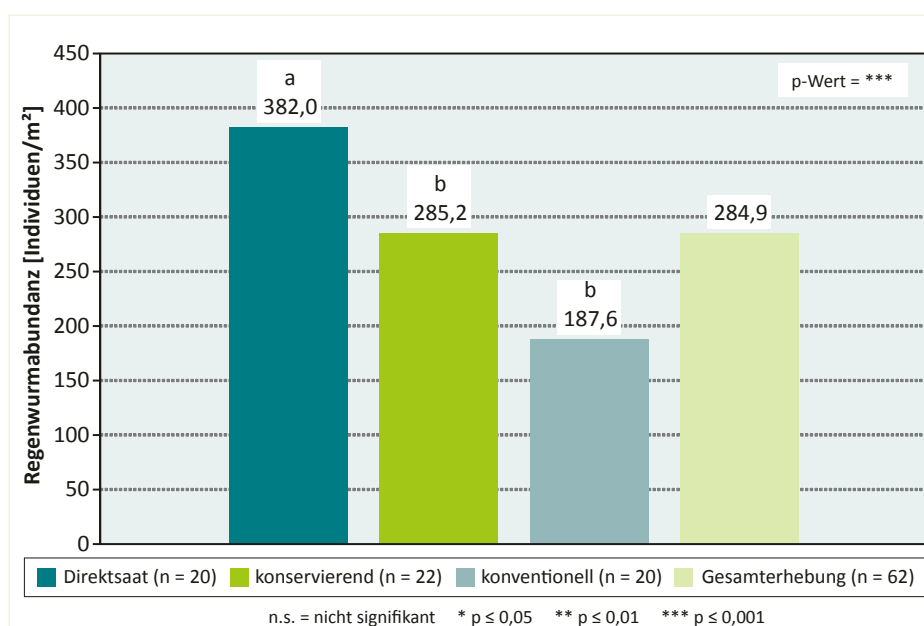


Abb. 3: Regenwurmabundanz (Individuen je m²) der drei Bodenbearbeitungsverfahren im arithmetischen Mittel der jeweiligen Standorte.

Tab. 2: Ergebnisse der Bewertung des Schadverdichtungszustands mittels des Bestimmungsschlüssels nach WEYER und BOEDDINGHAUS (2016) für die drei Bodenbearbeitungsverfahren.

	Gesamtpunktzahl 37–74 Punkte	Gesamtpunktzahl 75–111 Punkte	Gesamtpunktzahl 112–185 Punkte
	Bodenfunktionen nicht beeinträchtigt	Anzeichen beginnender Bodenschadverdichtungen	Bodenfunktionen durch Bodenschadverdichtungen stark eingeschränkt
Direktsaat	20 Flächen (100 %)	0 Flächen (0 %)	0 Flächen (0 %)
konserverend	10 Flächen (45 %)	12 Flächen (55 %)	0 Flächen (0 %)
konventionell	2 Flächen (10 %)	15 Flächen (75 %)	3 Flächen (15 %)

Zuführung von Kohlenstoff in die Rhizosphäre ist (LEHMANN und KLEBER 2015, DYNARSKI et al. 2020).

Steigerung der Regenwurmabundanz

Eine besonders bedeutsame und vor allem auch für den Praktiker sicht- und beobachtbare Gruppe von Bodenlebewesen stellen die Regenwürmer dar. Sie sind wichtige Akteure in der Zersetzung und im Abbau organischen Materials und damit am Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf des Bodens aktiv beteiligt. Außerdem tragen sie durch Lebendverbauung aktiv zur Aggregierung des Bodens bei. Speziell die tiefgrabenden Lebensformen bilden vertikale Makroporen im Boden aus, welche wesentlich zur Wasserinfiltration, zum Gasaustausch, zur Durchwurzelbarkeit und zur Tragfähigkeit der Böden beitragen.

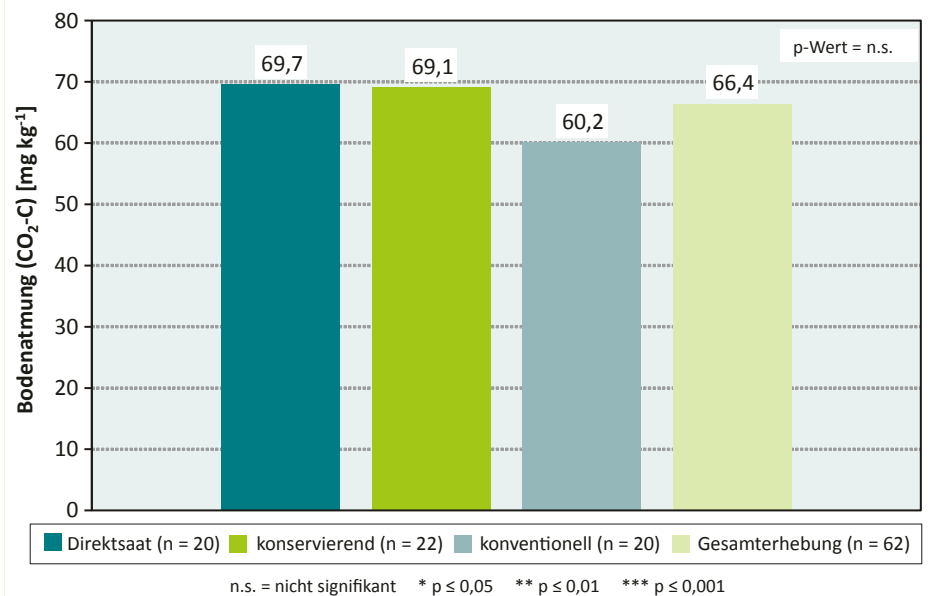


Abb. 4: Werte der Bodenatmung als Maßstab der potenziellen mikrobiellen Aktivität der drei Bodenbearbeitungsverfahren im Mittel der jeweiligen Standorte.



NEU: LOP-Newsletter für Mulch- und Direktsaatprofis!

Seit September 2025 erscheint der Newsletter der LOP.

Sie erhalten regelmäßig Informationen über innovative Techniken, bewährte Methoden und Empfehlungen aus der Praxis, kompakt zusammengefasst für landwirtschaftliche Fachbetriebe, Berater und Entscheidungsträger.

Als Dankeschön für Ihre Anmeldung erhalten Sie umgehend die Fachbroschüre „Aktuelle Trends in der Sätechnik“ kostenfrei und direkt per E-Mail.

Jetzt kostenlos anmelden!

<https://redaktion.pfluglos.de/lop-whitepaper>



Aktuelle Tipps

Fachinformationen

Best of Pfluglos

Deine Meinung



Abb. 5: Foto einer Pilzhyphe in 400-facher Vergrößerung unter dem Lichtmikroskop.

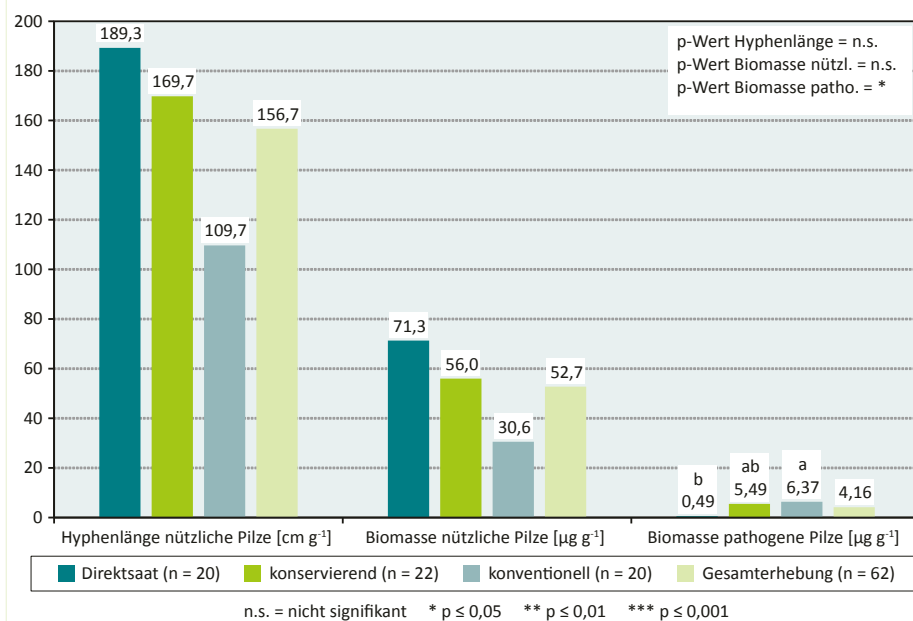


Abb. 6: Kennwerte der pilzlichen Population unter den drei Bodenbearbeitungsverfahren.

Im Rahmen der Studie wurde zur Bestimmung der Regenwurmabundanz der Austrieb der Regenwürmer aus dem Röhrensystem mittels einer Senfsuspension, kombiniert mit einer Handauslese des Oberbodens, angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Regenwurmabundanz mit durchschnittlich 382 Individuen /m² in den Direktsaatsystemen – signifikant oberhalb der anderen Verfahren lag und mit zunehmender Intensität der Bodenbearbeitung abnahm (Abb. 3). Die um mehr als 50 % geringere Regenwurmabundanz von 187,6 Individuen /m² unter konventioneller Bearbeitung gegenüber der Direktsaat verdeutlicht den

destruktiven Einfluss der mechanischen Bodenbearbeitung auf den Lebensraum der Regenwürmer.

— Verschiebungen im Bodenmikrobiom

Mit Blick auf die Konstitution der restlichen Bodenfauna bzw. speziell des Bodenmikrobioms stellt die Bodenatmung einen interessanten Indikator dar. Dieser beschreibt die potenzielle mikrobielle Aktivität einer Bodenprobe anhand der Kohlenstoffmineralisation und steht damit in Relation zur Biomasse des Bodenmikrobioms. Ausgelöst wird diese mikrobielle Aktivität durch Trocknung einer Bodenprobe und

anschließende 24-stündige Inkubation nach Wiederbefeuchtung, während derer die CO₂-Respiration gemessen wird. Sie gibt als vergleichsweise einfacher mikrobieller Indikator in ackerbaulichen Systemvergleichen einen Eindruck der vorliegenden Biomasse aktiver Mikroben im Boden.

Im Rahmen der Studie zeigten sich im Mittel der untersuchten Standorte leicht reduzierte Werte der Bodenatmung unter konventioneller Bodenbearbeitung (Abb. 4). Allerdings können damit keine Aussagen über die Komposition der funktionellen Gruppen des Bodenmikrobioms sowie die Biodiversität und Struktur getroffen werden. Kein Unterschied konnte hingegen zwischen Direktsaat und konservierender Bodenbearbeitung mit jeweils knapp 70 mg /kg Kohlenstoff aus CO₂-Respiration nachgewiesen werden.

Zur weitergehenden Analyse der Konstitution der Bodenfauna wurde eine mikroskopische Analyse der Proben anhand des methodischen Vorgehens nach Dr. Elaine Ingham vorgenommen. Dabei wurden die Proben gemäß einer standardisierten Verdünnungsreihe präpariert und lichtmikroskopisch die Abundanzen von Bakterien, Protozoen und Nematoden sowie Hyphenlängen und Durchmesser von Pilzen bestimmt. Ein Foto der lichtmikroskopischen Untersuchung zeigt die Abb. 5, in der eine Pilzhyphe zu erkennen ist.

— Mehr Pilze bei Direktsaat

Besonders hervorzuheben ist aus den Ergebnissen dieser umfangreichen Analyse die Erkenntnis, dass die Hyphenlänge sowie Biomasse der Pilze mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität zunimmt und in den Direktsaatsystemen im Mittel die höchsten Werte erreicht, wenn diese auch nicht statistisch abgesichert werden konnten. Dies war aber für die signifikant niedrigeren Biomassen pathogener Pilze in den Direktsaatsystemen im Vergleich zur intensiven Bodenbearbeitung der Fall (Abb. 6). Eine allgemein erhöhte pilzliche Biomasse in Direktsaatsystemen lässt sich einerseits durch die reduzierte mechanische Schädigung der Hyphenstrukturen, welche be-

sonders anfällig auf äußere Einwirkungen reagieren, erklären. Gleichzeitig geht dies auch mit einer Anpassung an veränderte Nährstoffkreisläufe und symbiotische Beziehungen einher.

Wenn auch über die genauen Zusammenhänge im Boden noch wenig bekannt ist, ist eine der Ursachen im C:N-Verhältnis der Pilze zu verorten. Dieses ist in der körpereigenen Biomasse der Pilze deutlich weiter als jenes der Bakterien. In Verbindung mit der Fähigkeit der Pilze, durch ihr Hyphensystem räumlich getrennte N- und C-Quellen zur metabolischen Umsetzung zu nutzen – was speziell bedingt durch den Verbleib der oberirdischen, kohlenstoffreichen Biomasse auf der Bodenoberfläche zu einem Konkurrenzvorteil führt – sind diese insgesamt an die veränderten Bedingungen im weniger gestörten Habitat unter Direktsaatbedingungen besser angepasst.

Tendenziell weniger Bakterien bei Direktsaat

Parallel konnte eine geringere Abundanz und Biomasse von Bakterien für die Direktsaat gegenüber den konventionellen Systemen bestimmt werden, wobei diese bedingt durch eine noch höhere Streuung über die Flächen nicht statistisch abgesichert werden konnte, was zeigt das auch eine Vielzahl anderer Einflussfaktoren hier eine Rolle spielt. Auch für die Abundanz der Pilzsporen sowie aus dem Bereich der Protozoen die Abundanz der Amöben, welche wichtige Akteure in der Regulation der Bakterienpopulation und damit der Stickstoffmineralisierung im Boden sind, konnten signifikant höhere Werte in den Direktsaatssystemen gegenüber konservierender und konventioneller Bodenbearbeitung nachgewiesen werden.

Mehr nützliche Nematoden

Von besonderem Interesse – speziell auch mit Blick auf phytosanitäre Fragestellungen verschiedener Bewirtschaftungssysteme – ist das Ergebnis der Abundanzen der Nematoden in den verschiedenen Systemen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Abundanz der nützlichen Nematoden

Bedeutung des pH-Wertes

- Der pH-Wert nimmt Einfluss auf fast alle Komponenten der Bodengesundheit.
- Mittlere pH-Werte um 6,4 verdeutlichen Effektivität der pH-Regulierung durch Kalkdüngung.
- Einzelflächen mit pH-Werten unterhalb des standortspezifischen Optimums zeigen Beeinträchtigungen von Bodenstruktur, Nährstoffverfügbarkeit und Bodenbiologie.
- Auffällig sind lokale pH-Differenzen innerhalb der Flächen (mittlere Schwankungsbreite von 0,5 pH-Punkten).
- Optimierungspotenzial durch teilflächenspezifische pH-Beprobung und Kalkdüngung

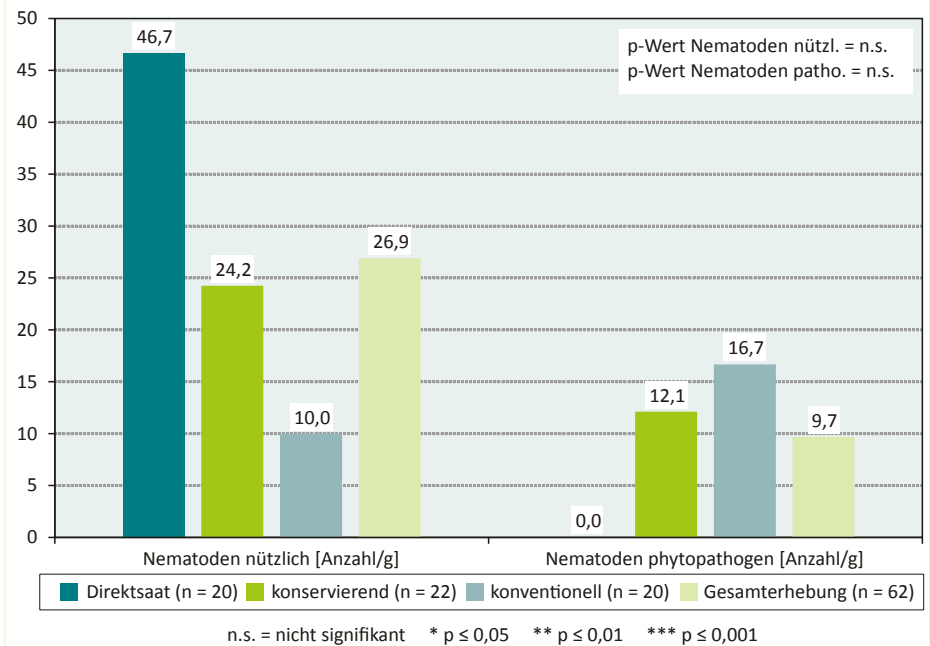


Abb. 7: Abundanzen von nützlichen und phytopathogenen Nematoden im Mittel der drei Bodenbearbeitungsverfahren.

den unter Direktsaat höher ist als unter konventioneller Bodenbearbeitung (Abb. 7). Demgegenüber bemerkenswert ist, dass gleichzeitig eine geringere Abundanz phytopathogener Nematoden nachgewiesen werden konnte, welche für die Direktsaatssysteme sogar bei 0,0 lag, wenn auch die Daten aufgrund fehlender statistischer Signifikanz nur als Tendenz betrachtet werden dürfen.

Häufig wird bodengesundheitsorientierten Anbausystemen ein mitunter positiver Einfluss auf den Krankheitsbefall und parasitären Druck nachgesagt. Dieser begründet sich teilweise durch verbesserte Nährstoffversorgungen und daraus resultierende metabolische Umsetzungen von Pflanzen, besonders durch symbiotische Beziehungen in der Rhizosphäre sowie den Einfluss von Fruchtfolge, Mikroklima

und Biodiversität. An dieser Stelle konnte nun auch eine aktive Verschiebung in der Struktur funktioneller Gruppen der Bodenfauna nachgewiesen werden, welche sowohl pathogene Nematoden als auch die zuvor angesprochenen pathogenen Pilze unter Direktsaatbedingungen reduziert.

Speziell mit Blick auf Verschiebungen in der Struktur des Mikrobioms auf metagenomischer Ebene – bis hin zu Gattungen und Arten von Mikroorganismen – besteht noch weitgehender Forschungsbedarf. Mittels molekulargenetischer Verfahren konnte aber bereits heute ein weitreichender Effekt schon eines einzelnen Bodenbearbeitungsganges, besonders aber im Rahmen langjähriger Bewirtschaftungssysteme, auf die Struktur des Bodenmikrobioms nachgewiesen werden (KRAUT-COHN *et al.* 2020).



Abb. 8: Biogen aggregierte Bodenoberfläche mit vielen gerundeten Aggregaten und kontinuierlichen Makroporen.



Abb. 9: Unverrottetes, faulendes Getreidestroh im April als Anzeichen gestörter biologischer Bodenprozesse.

Einfluss der Bodenphysik

Neben der hier – anhand des pH-Werts nur am Rand behandelten Komponente der Bodenchemie – gilt es auch noch die dritte Komponente aus dem Dreiklang der Bodengesundheit, den physikalischen Zustand der Böden zu beurteilen. Wenn sich auch die Bodenprozesse und -funktionen stets aus dem Zusammenspiel von Biologie, Physik und Chemie ergeben, sind es besonders physikalische Eigenschaften, welche Luft- und Wasserleitfähigkeit sowie im Zusammenspiel mit dem Humusgehalt auch die Wasserhaltefähigkeit bestimmen.

Die Aggregierung als physikalischer Indikator trägt hier wesentlich zu einem stabilen und offenporigen Gefüge bei und ist somit als Resultat physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse ein wesentlicher Gegenspieler von Erosion und Schadverdichtung. Im Rahmen der Studie wurden als physikalische Indikatoren der Schadverdichtungsstatus gemäß dem Bestimmungsschlüssel nach WEYER und BOEDDINGHAUS (2016) erhoben sowie

der Eindringwiderstand als Maßstab der Durchwurzelbarkeit und Lagerungsdichte mittels eines tiefenreferenzierten Penetrologgers bis in 80 cm Tiefe bestimmt.

Die in Tab. 2 dargestellten Ergebnisse der Erhebung des Schadverdichtungsstatus zeigen eindrucksvoll, dass sich trotz oder gerade aufgrund der ausbleibenden Lockerung und Durchmischung in Direktsaatsystemen die geringsten Anzeichen einer Schadverdichtung im Oberboden zeigen. Die Bestimmung erfolgte dabei anhand von 11 visuell-sensitiven Parametern, welche ohne spezielle Ausrüstung im Feld erhoben werden können. Eine Rolle spielt dabei unter anderem das Bodengefüge bzw. die Aggregierung sowie der Rottezustand. Die Abb. 8 und 9 veranschaulichen eindrucksvoll, wie diese Parameter bereits bei der rein visuellen Betrachtung im Feld Indizien zum Bodengesundheitszustand liefern können.

Die Eindringwiderstände waren in den oberen 30 cm mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung erhöht. Im Unter-

boden zeigten sich jedoch im Mittel der Systeme keine Differenzen. In Relation zu den Ergebnissen des Bestimmungsschlüssels und der Regenwurmabundanz wird jedoch deutlich, dass dies keine negativen Auswirkungen auf die Bodengesundheit hat, sondern – speziell in der Direktsaat – sogar eine verbesserte Struktur, Aggregierung und auch Tragfähigkeit erreicht werden, wobei die ungestörten, vertikalen Makroporen der Regenwürmer Leitfähigkeit und Durchwurzelbarkeit sicherstellen.

Fazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Studie, dass alle Indikatorwerte statistisch signifikant oder zumindest tendenziell zugunsten von Systemen auf Basis reduzierter Bodenbearbeitung ausfielen. Der Systemvergleich und die Einordnung der Indikatorwerte bilden die Grundlage der Bewertung der Bodengesundheit. Daher kann unter Einbezug aller erhobenen Kennzahlen geschlussfolgert werden, dass sich eine reduzierte Bodenbearbeitung und

Prinzipien der „Conservation Agriculture“

Die drei Prinzipien:	Ackerbauliche Methoden:
1. minimale Bodenstörung	Direktsaat
2. dauerhafte Bodenbedeckung	Erntereste auf der Bodenoberfläche, Zwischenfruchtanbau, Abstimmung der Fruchtfolge
3. Fruchtwechsel	vielfältige Fruchtfolgen

besonders die Direktsaat positiv auf die Bodengesundheit auswirken.

Neben dem Einfluss der Bodenbearbeitung sind bei der Interpretation der Ergebnisse auch die weiteren, mit dem Bodenbearbeitungssystem assoziierten Merkmale der Bewirtschaftung – wie eine erweiterte Fruchtfolge oder der Anbau von Leguminosen und Zwischenfrüchten – zu berücksichtigen. Diese wurden in den Direktsaatsystemen intensiver angewendet als unter konventioneller Bodenbearbeitung und haben somit im Rahmen des Bewirtschaftungssystems zum positiveren Gesundheitsstatus beitragen. Damit kann die Schlussfolgerung dahingehend ausge-

weitert werden, dass die Anwendung von Direktsaat im Rahmen von Conservation Agriculture und kombiniert mit intensivem Zwischenfruchtanbau zu einer signifikanten Verbesserung der Bodengesundheit im Ackerbau führt. ■

Literaturverzeichnis

- DORAN, J. W. und ZEISS, M. R. (2000): *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology, Volume 15, Issue 1, S. 3–11.* [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- DYNARSKI, K. A., BOSSIO, D. A., SCOW, K.M. (2020): *Dynamic Stability of Soil Carbon: Reassessing the "Permanence" of Soil Carbon Sequestration. Frontiers in Environmental Science 8:514701.* <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.514701>

- JONES, C. (2008) : *Liquid carbon pathway.* [http://www.amazingcarbon.com/PDF/JONES-LiquidCarbonPathway\(July08\).pdf](http://www.amazingcarbon.com/PDF/JONES-LiquidCarbonPathway(July08).pdf)
- KIBBLEWHITE, M. G., RITZ, K., SWIFT, M. J. (2008): *Soil health in agricultural systems. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 363(1492), S. 685–701.* <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
- LEHMANN, J., BOSSIO, D. A., KÖGEL-KNABNER, I., RILLIG, M. C. (2020): *The concept and prospects of soil health. Nature reviews. Earth & environment, 1(10), S. 544–553.* <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- LEHMANN, J. und KLEBER, M. (2015): *The contentious nature of soil organic matter. Nature 528, S. 60–68.* <https://doi.org/10.1038/nature16069>
- MOEBIUS-CLUNE, B. N., MOEBIUS-CLUNE, D. J., GUGINO, B. K., IDOWU, O. J., SCHINDELBECK, R. R., RISTOW, A. J., VAN ES, H. M., THIES, J. E., SHAYLER, H. A., MCBRIDE, M. B., KURTZ, K. S. M., WOLFE, D. W., ABAWI, G. S. (2016): *Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework, Edition 3.2, Cornell University, Geneva, NY.*
- WEYER, T. und BOEDDINGHAUS, R. (2016): *Bodenverdichtung vermeiden – Bodenfruchtbarkeit erhalten und wiederherstellen. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nord-Rhein-Westfalen (MUNLV), Referat Öffentlichkeitsarbeit,*

DIE NEUE EDITION AUS DER LOP-Redaktion

Für alle No-Tiller und die, die es werden wollen:

- System verstehen ✓
- Fehler vermeiden ✓
- mit Erfolg umstellen ✓

Jetzt bestellen!



www.pfluglos.de/shop
Telefon: +49 (30) 403043-30
E-Mail: shop@pfluglos.de





Ackerfuchsschwanz unter Kontrolle**

- Ungräser bei Mulch- und Direktsaat erfolgreich bekämpfen
 - Chemische und ackerbauliche Maßnahmen gegen Herbizidresistenzen
 - Biologische Grundlagen / Fruchtfolgen / Bodenbearbeitung
- Problemungräser nachhaltig kontrollieren.

EUR 36,90*

Boden verbessern – Ertrag steigern II**

- Aufbau und Erhalt von Humus, Förderung von Mykorrhiza
- Lebendmulch / Untersaaten / Zwischenfrüchte
- bodenschonende Bearbeitung

Mehr Bodenleben, mehr Fruchtbarkeit.

EUR 36,90*

**Mit ausgewählten Beiträgen aus den letzten LOP-Jahrgängen.

Direktsaat – Ratgeber für die Praxis (Hardcover)

Erfahrungen nutzen, Fehler vermeiden! Direktsaat gewinnt auch in Deutschland zunehmend an Interesse. Wir geben mit dem Buch einen umfassenden Überblick zu den Erfahrungen mit Direktsaat in Mitteleuropa. Kosten senken und Erträge sichern.

EUR 94,90*



Unsere neue LOP Edition richtet sich an alle, die nach praxisbezogenen Informationen rund um den professionellen ökologischen Pflanzenbau suchen.

LOP-Edition LUMBRICO 2025

Abonnement

Weitere Details siehe:

EUR 79,50

www.lumbrico.de

Bestellen Sie am besten heute noch unter
www.pfluglos.de oder per Fax: **+49 (0) 30 / 40 30 43-40**



Ich möchte folgende Sonderhefte
aus der LOP-Redaktion bestellen:

- ☐ Direktsaat – Ratgeber
für die Praxis (2024) 94,90 €*
☐ Ackerfuchsschwanz
unter Kontrolle (2021) 40,90 €*
☐ Boden verbessern –
Ertrag steigern II (2020) 40,90 €*
☐ Erfolgreich in der pflug-
losen Praxis (2018) 29,90 €*
☐ Ökolandbau ohne Pflug,
Band II (2017) 24,90 €*
☐ Ökolandbau ohne Pflug,
Band I (2016) 24,90 €*
☐ Boden verbessern –
Ertrag steigern I 19,90 €*

* Alle Preise gültig bis 31. Dezember 2025
inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten
(D: 4,50 Euro; Ausland: 8,50 Euro).
Diese Bestellung kann innerhalb von 14 Tagen
beim Verlag schriftlich widerrufen werden.

Firma

Titel, Vorname, Name

Straße, Nr. / Postfach

Land

PLZ

Ort

Telefon/Mobil

Fax

E-Mail

Betriebsgröße [ha]
(freiwillige Angabe)

Datum, Unterschrift