

Pfluglose Bodenbearbeitung – sinnvoll oder nicht?

Andrea Beste



Andrea Beste

Studium von 1990 bis 1996 Diplomgeographie mit dem Schwerpunkt „standortgerechter Landbau in den Tropen“ in Mainz. 1996 bis 1997 wissenschaftliche Mitarbeiterin und 1998 bis 2000 Leitung des Schwerpunktes „Schulung und Fortbildung im Bodenschutz“ im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung (PÖB) der Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL), Bad Dürkheim und der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz (LPP), Rheinland-Pfalz. Weiterentwicklung der Spatendiagnose zu einer wissenschaftlichen Feldmethode zur Bodenbeurteilung im Rahmen der Promotion in Agrarwissenschaften an der Uni Giessen. 2001 Gründung des Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur, unabhängiges Büro für Analyse, Beratung und Fortbildung in den Bereichen Bodenschutz, Bioenergie und Regionale Vermarktung.

Zusammenfassung

Vielfach ist bei unseren landwirtschaftlichen Böden eine schleichende Bodenverdichtung erkennbar. Dies führt zu verminderter Wasseraufnahme-, Speicher- und Filterfähigkeit der Böden, d.h. zu Überschwemmung, Erosion, und sinkender Trinkwasserneubildung und -qualität. Diesem Prozess begegnen heißt, aktiv Maßnahmen zur Förderung des Bodenlebens und der Bodenstruktur anwenden. Eine geringere Intensität der Bodenbearbeitung – z. B. konservierende Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat – beinhaltet eine Schonung des Bodenlebens. Sie birgt aber Risiken in anderen Bereichen. Ist ihr Einsatz sinnvoll oder nicht? Ein nachhaltiges Bodenmanagement bedarf einer ausgewogenen Abstimmung von Bodenbearbeitung, Düngung und Fruchtfolge sowie der Fortbildung und Beratung wie dies erfolgen kann. Dabei sollte ein besonderes Augenmerk auf dem Zustand der Bodenstruktur liegen.

◆ **Schlüsselwörter:** Bodenverdichtung, Bodenerosion, qualitative Gefügebeurteilung, konservierende Bodenbearbeitung, Fruchtfolgen, Zwischenfrüchte, Fortbildung

Summary

Agricultural soils today show more and more an increasing soil compaction. This leads to a fading water absorption-, storage- and filtering-capacity and results in inundation, erosion, and decreasing drinking water formation and -quality. To combat this process it is necessary to apply measures implementing an intensive support of soil life and soil structure quality.

Conservation tillage or no-tillage is known for minor detracton of soil live. Those techniques however imply risks in other areas. Is conservation tillage the „best practice“? A sustainable soil management contains a well balanced modulation of tillage, manure and crop rotation as well as training and consultancy how this can be performed. At this, a special focus has to be given the condition and properties of soil structure.

◆ **Keywords:** Soil compaction, erosion, qualitative structure analysis, conservation tillage, crop rotation, intercropping, education and training

Die Landwirtschaft ist aktuell vielfach durch größer werdende Betriebseinheiten und spezialisierte Produktion geprägt. Die Fruchtfolgen werden oftmals einseitiger, die Maschinen größer und schwerer. Aufgrund dieser Entwicklung ist das Grundproduktionsmittel – der Boden – häufig schwereren Belastungen ausgesetzt. Die Struktur des Bodens wird, geschwächt, Bodenverdichtungen nehmen zu und das Erosionsrisiko wächst. Zwischenfrüchte wie Raps bringen für die Bodenentwicklung im Vergleich zu Zwischenfruchtgemengen aufgrund der Pfahlwurzel nur wenig. Der Klimawandel bringt schon jetzt schwer kalkulierbare Bedingungen, die diese Prozesse noch enorm verstärken.

Probleme mit dem Boden

Unsere Erfahrung und zahlreiche Studien zeigen, dass unsere landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden aufgrund von Humusmangel und geringer biologischer Aktivität eine fortschreitende Verdichtung aufweisen von der sie sich oft aus eigener Kraft nicht mehr selbst erholen können [1]. Dies führt zu verminderter Wasseraufnahme-, Speicher- und Filterfähigkeit der Böden und so zu Überschwemmungen und Erosion. Diesem Prozess begegnen heißt aktiv Maßnahmen zur Förderung des Bodenlebens und der Bodenstruktur anwenden. Mit einer geringeren Intensität der Bodenbearbeitung allein ist es nicht getan.

Die unterschiedlichen Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf die Bodenstruktur durch wendende oder nicht wendende Grundbodenbearbeitung werden nicht primär durch den mechanisch unterschiedlichen Vorgang bestimmt. Vielmehr ist der positive oder negative Einfluss auf die komplexe Wechselwirkung zwischen Bodenorganismen und Struktur ausschlaggebend. In diesem Zusammenhang sind Fruchtfolge und Humushaushalt wichtige Faktoren und in vielen Fällen für die grundsätzliche Bodenstrukturqualität bestimmender als die Bodenbearbeitung. [2]

Vor und Nachteile für Bodenorganismen

Das Verdrehen des gesamten Lebensraumes der Bodenorganismen bei der krumentiefen Wendung mit dem Pflug tötet viele Organismen direkt (z. B. Regenwürmer) und erzeugt für die verlagerten Organismen artfremde Lebensbedingungen, denen sie sich aufgrund ihrer oft geringen Beweglichkeit nicht entziehen können. Dies kann einen deutlichen Rückgang des Organismenbesatzes bewirken. Die Bewegung großer Bodenschollen mit dem tief wendenden Pflug zeigt außerdem häufig eine geringe Krümelungswirkung, da die Erdscholle nicht ganz zerrissen wird. Der Schichten-, Schwer-, oder Rüttel-Grubber lockert den Boden ohne wendendes Streichblech. Verdichtungen der Unterkrume werden bis 30 cm Tiefe durchwühlt, ohne die Bodenschichten zu vermischen, so dass das Bodenleben wesentlich weniger beeinträchtigt wird.

Pflanzenschutzmitteleinsatz

Dem steht gegenüber, dass die Pflugbearbeitung eine deutlich mindernde Wirkung auf den Pflanzenschutzmittel (PSM-) Einsatz hat (vgl. Tab. 1). Dies stellt vor dem Hintergrund zunehmender Schädlings- und Herbizidresistenzen und dem im Jahre 2004 aufgelegten „Pestizidreduktionsprogramm“ durchaus einen nicht zu vernachlässigenden ökologischen Vorteil dar.

Die Direktsaat – auch „no-tillage“ genannt – als extremste Form der konservierenden Bodenbearbeitung

Kasten 1:

Hauptverfahren der Bodenbearbeitung:

- ◆ konventionelle Verfahren: regelmäßiger Pflugeinsatz bei der Grundbodenbearbeitung
- ◆ konservierende Bodenbearbeitung (synonym verwendet: Minimalbodenbearbeitung/ Lockerbodenmulchwirtschaft): Pflugverzicht, Einsatz von lockernden und/oder mischenden Geräten, Durchführung von Mulchsaat
- ◆ Direktsaatverfahren: Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung (synonym: No-Tillage/ Festbodenmulchwirtschaft)

Tab. 1:
Systeme der Bodenbearbeitung. Verfahrensschritte, Geräte, Herbizideinsatz (Quelle: Baeumer, K. (1994): Verfahren und Wirkungen der Bodenbearbeitung. In: Dierks R.; Heitefuss R. (Hg.) Integrierter Landbau. Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion. München)

Verfahrensschritte	Lockerbodenwirtschaft	Lockerboden-Mulchwirtschaft		Festboden-Mulchwirtschaft	extreme Festboden-Mulchwirtschaft
Stoppelbearbeitung (< 15 cm)	Schälflug, Scheiben-, Spatenrollegge, Fräse, Zinkenrotor, Flügelschargrubber, Kreisel-, Rüttelegge			Spatenrollegge, Zinkenrotor, Kreisel- und Rüttelegge, Flügelschargrubber	
Grundbodenbearbeitung (10–40 cm)	Scharflug, Scheibepflug (mit Nachlaufeggen und Packern)	Schwergrubber, Rüttelgrubber (mit Nachlaufeggen und Packern), Zweischiengrubber	Parapflug, Flügelschargrubber, Tiefenlockerer, Zweischiengrubber		
Saatbettbereitung (< 8 cm)	Kombinationen aus Feingrubber, Saat-, Walzeggen und Walzen Kreisel-, Rütteleggen-Walzen-Kombination übliche Sämaschinen (Drill-, Band-, Breit-, Einzelkornsaat)			Zinkenrotoren, Kreisel-, Rütteleggen und Walzen Reihenfräsen	
					Mulchsaat-Sämaschinen (Ein-, Zwei-, Dreischiengrubber-Drillmaschinen, Sästempel-Saat)
Erntereste auf der Bodenoberfläche Totalherbizid vor Aussaat	keine nicht nötig	< 1/5 nicht nötig	1/3 bis 2/3 meist nötig	1/3 bis 2/3 meist nötig	alle immer nötig
Arbeitsweise	wendend, volle Krumentiefe	wühlend, meist weniger als Krumentiefe	überwiegend in der Tiefe lockernd	in der Saattiefe wühlend (nicht immer die ganze Fläche)	nur in der Saatreihe bearbeitet

ist definiert als eine „Bestellung ohne jegliche Bodenbearbeitung seit der vorangegangenen Ernte. Scheibenmaschinen öffnen Säschlitze, in die das Saatgut abgelegt wird. Anschließend wird dieses mit Boden bedeckt. Die Unkrautkontrolle geschieht hauptsächlich chemisch“. [4] Sowohl die Direktsaat als auch die konservierende Bodenbearbeitung mit dem Grubber o. ä. Geräten zeigt – im Rahmen einer Standardfruchtfolge – eine zum Teil starke Erhöhung des Unkraut sowie des Krankheits- und Schädlingsdrucks, wie zahlreiche Studien belegen. Dies bringt einen höheren PSM-Einsatz mit sich. Die Mehraufwendungen für Pflanzenschutzmittel können bis zu 30 % betragen. [5]

Die Akzeptanz der Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung ist bisher eher als gering einzustufen (bisher keine aktuellen Erhebungen; geschätzt etwa 8 % der Ackerfläche 2004 [6]). Eine umfangreiche Umfrage aus dem Jahr 1999 im Raum Südniedersachsen ergab folgendes Ergebnis: Etwa 80 % der befragten Betriebe (n = 450) setzten bei Getreide nach Getreide den Pflug ein. Nach Getreide zu Zuckerrüben setzten 50 % der Betriebe den Pflug ein, und 35 % organisierten die Bodenbearbeitung in einem variablen Pflug/Mulchsaat-System. [7]

Verbesserte Bodenstruktur?

Die positiven Wirkungen der Mulchwirtschaft auf Erosion, Oberflächenabfluss und Aggregatstabilität sowie eine Humuszunahme nahe der Oberfläche und Schonung der Bodenfauna sind vielfach dokumentiert worden [8].

Die Erfahrungen des Büro für Bodenschutz aus 12 Jahren Forschung, Auftragsanalyse und Workshoparbeit mit Feldbegehungen [9] zeigen allerdings, dass die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat häufig eine deutlich verdichtete Bodenstruktur mit sich bringt. Ohne die Maßnahmen einer Fruchtfolgeerweiterung oder des intensivierten Zwi-

schenfruchtanbaus (Gemenge sind hier zu bevorzugen) beinhaltet diese Technik keine aktive Förderung einer gesunden widerstandsfähigen Bodenstruktur. Oft war festzustellen, dass ein verdichtetes Gefüge bei konservierender Bodenbearbeitung oder besonders bei Einsatz des Direktsaatverfahrens insgesamt verdichtet bleibt und nur durch Grobporen (höherer Regenwurmbesatz) durchbrochen wird. [10]

Die in den meisten Studien als vorteilhaft angeführte und in der Tat häufig vorzufindende große Anzahl an vertikalen Grob- und Makroporen mit hohen Infiltrationsraten [11], birgt allerdings die Gefahr des schnellen Eindringens des kaum gefilterten Sickerwassers ins Grundwasser. [12] Und zwar deshalb, weil das Vorhandensein vieler Grobporen in einem ansonsten kompaktem Gefüge mit erhöhter Lagerungsdichte bzw. erhöhtem Eindringwiderstand einher geht, wie in vielen Studien belegt [13] und von uns gemessen. [14]

Aufgrund der geringeren Sorptionsoberfläche bei hohem Anteil an Makroporen kann die Adsorption von Düngern, Schadstoffen und Agrochemikalien an die Bodenmatrix geringer sein als sie es bei einer ausgeglichenen Porenverteilung wäre. Makroporen werden durch Bodenfauna und Pflanzenwurzeln sowie durch Schrumpfungsrisse und Spalten gebildet. Sie sind nicht schwammartig und fein verzweigt. In Makroporen herrscht keine Saugspannung vor und das Wasser folgt allein der Gravitationskraft. [15] Die Stoffe können daher mit bis zu 25 cm/s mit dem Makroporenfluss transportiert werden. Die Filterfunktion der Böden, die eng mit der Verweildauer des Sickerwassers im Boden zusammenhängt, [16] wird dann quasi übersprungen. Dies beinhaltet – auch aufgrund des höheren PSM-Einsatzes – eine potentielle Gefährdung der Grundwasserqualität. [17]

Stabile Aggregate – biologisch verbaut oder verdichtet?
Bezüglich der Gewährleistung der Filter- und Rege-

lungsfunktion ist auch die bessere Befahrbarkeit der Böden und die hohe Wasserstabilität von Aggregaten, wie sie bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat in vielen Studien gemessen wurde kritisch zu sehen, da sie durchaus auf verstärkte Verdichtung hinweisen kann, was unsere Gefügebonituren, die immer zusätzlich zu den Aggregatstabilitätsmessungen und Eindringwiderstandsmessungen durchgeführt werden, eindeutig ergaben. Die alleinige Prüfung der Aggregatstabilität ohne eine Gefügebeurteilung kann zu missverständlichen und im Hinblick auf die Bodenfunktionen falschen Schlussfolgerungen führen, da auch innere Verdichtungen oder ein hoher Ton- oder Kalkgehalt Ursache der Aggregatstabilität sein können. [18] Auch in aktuellen Untersuchungen wird häufig nur der Erosionsschutz berücksichtigt oder es wird von einer hohen Aggregatstabilität auf einen biologisch stabilisierten, guten Gefügezustand geschlossen, ohne dass eine Gefügeuntersuchung durchgeführt wird. Allein eine Gefügebonitur liefert aber Klärung darüber, ob eine hohe Aggregatstabilität durch innere Verdichtungen der Aggregate, durch eine Kalkung oder durch biologische Stabilisierung verursacht wurde. Um die Gewährleistung der Filter- und Regelungsfunktion zu beurteilen bedarf es daher qualitativer Gefügeuntersuchungen, die in fast allen deutschen Forschungsprojekten zur Minimalbodenbearbeitung bisher fehlen.

Mit erweiterter Fruchtfolge oder Zwischenfruchtanbau empfehlenswert – sonst nicht

Mit erweiterter Fruchtfolge, Gründüngung, Zwischenfruchtanbau und organischer Düngung kombiniert, kann konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat nach unserer Erfahrung eine sehr bodenschonende Bearbeitungsalternative darstellen. So kann ein biologisch stabilisiertes, poröses Schwammgefüge mit guten Speicher- und Filtereigenschaften entstehen, welches auch gute Tragfähigkeitseigenschaften besitzt. In Kombination mit einem an den jeweiligen Standort angepassten Zwischenfruchtanbau sind so auch die Anforderungen an den Erosionsschutz – wie in Cross Compliance gefordert – zu erfüllen. Bei gleichzeitiger Erhöhung der Wasserspeicherfunktion. Durch konservierende Bodenbearbeitung als isolierte Maßnahme ist dieses Ergebnis nicht zu erreichen.

Im ökologischen Landbau geschieht die Beikrautregulierung und Schädlingseindämmung in der Regel durch den Einsatz des Pfluges. Dennoch konnten mit konservierender Bodenbearbeitung vereinzelt gute Erfahrungen gemacht werden [19]. Ein flächendeckender Ersatz des Pfluges scheint allerdings schwierig, da der Betriebsleiter in diesem Fall für die Abstimmung des Boden-Managements besonderes Fingerspitzengefühl und viel Erfahrung mit Fruchtfolgewechselwirkungen benötigt.

Wird die Fruchtfolge und/oder der Zwischenfruchtanbau NICHT erweitert, muss aus unserer Sicht von einer kompletten Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat bis auf weiteres aus den folgenden Gründen abgeraten werden:

- ◆ Stärkere Verunkrautung mit ausdauernden Arten und besonders Ungräsern. [20]

- ◆ Begünstigung von Krankheiten und Schädlingen (z. B.: DTR, Fusarium- Arten, Maiszünsler, Acker-schnecken, DON [21] im Erntegut). [22]
- ◆ Steigender Bedarf an Mineraldünger, sowie chem. Pflanzenschutz (Anwendungshäufigkeit und Aufwandsmengen v. a. bei nicht-selektiven Herbiziden und Fungiziden); höhere Herbizidgehalte im Oberflächenabfluss. [23]
- ◆ Der Bodenschutzaspekt der konservierenden Bodenbearbeitung darf nicht mit einem ökologischen und gesellschaftlichen Nachteil (vermehrter Herbizideinsatz und schnellere Resistenzbildung) erkaufte werden.
- ◆ Verminderter Feldaufgang, Ertragsunsicherheit, teilw. verminderte Qualitäten. [24]
- ◆ Gefahr der Grundwasserbelastung bei steigender Infiltration (Makroporenfluss) ohne Erhöhung der Speicher- und Filterleistung durch Krümelung. [25]
- ◆ Anstieg der Lachgasemissionen bei verdichteten, staunassen Böden [26].

Wirtschaftlichkeit – eine offene Frage

Demgegenüber werden häufig mögliche Einsparungen bei Maschinen- und Lohnkosten genannt [27]. Nach einer umfangreichen Studie der LAP (2003) reichen die Einsparungen im Bereich Maschinen- und Lohnkosten allerdings nicht aus, die Mehraufwendungen für Düngung und Pflanzenschutz sowie die Mindereinnahmen (Erträge, Qualität) aufzufangen. [28] KREYE (2001) beschreibt die Kosten für die Unkrautbekämpfung (mechanische bzw. chemische) ebenfalls als einheitlich höher für die konservierende Variante. [29] Der wirtschaftliche Vorteil der Direktsaat gegenüber Pflug bleibt fraglich.

Bodenschonende Bearbeitungsalternative

Fazit: Bewirtschaftungssystem wichtiger als Technik

Grundsätzlich muss die Grundbodenbearbeitung nach unserer Erfahrung nicht zwingend nicht-wendend erfolgen, um Bodenstrukturverbesserungen zu erreichen. Mit Hilfe einer Fruchtfolgeerweiterung, intensiviertem Zwischenfruchtanbau und/oder vermehrter organischer Düngung – Maßnahmen deren Anwendung wir seit vielen Jahren auch für den konventionellen Anbau empfehlen – kann ein aktiver Bodenstrukturaufbau betrieben werden. Eine derart geförderte Bodenstruktur trägt durchaus zeitweiliges Pflügen in Form einer Sommerfurche. Hier sind besonders Schälplflug (auch Stoppelhobel) und Zweischichten-Pflug zu empfehlen, die nur flach wenden sowie der Onland-Pflug, bei dem das Fahren in der Pflugfurche vermieden wird. Dies zeigten auch unsere Untersuchungen in einem Forschungsprojekt zum Onland-Pflügen in Zusammenarbeit mit der Firma Unilever. Nach der Grundbodenbearbeitung sollte die Bodenstruktur mit einer Zwischenfrucht biologisch verbaut werden, worauf im nächsten Jahr – bei nicht zu massereichem Bewuchs – eine Mulchsaat stattfinden kann. Bei Einsatz eines ausreichenden, vielfältigen und an den jeweiligen Standort angepassten Zwischenfruchtbaus sind so auch die Anforderungen an den Erosionsschutz – wie in Cross Compliance gefordert – zu erfüllen. Bei gleichzeitiger Erhöhung der Wasserspeicherfunktion.

In der Diskussion und Forschung zum landwirtschaftlichen Bodenschutz nahmen die Themen des landtechnischen Bereiches (Begrenzung der Radlast, Verringerung des Kontaktflächendrucks mit Breitreifen, verschiedenste Vorschläge zur reduzierten Bodenbearbeitung) in den letzten Jahrzehnten einen breiten Raum ein. Je weiter die Forschung im Themenbereich Boden fortschreitet – und hier sind immer noch große Lücken zu verzeichnen – desto mehr wird deutlich, dass die Versorgung mit organischem Material und die Biodiversität im Agrarökosystem – und damit auch im Boden – über die Steuerung der Fruchtfolge und Zwischenfrüchte ein deutlich höheres Potenzial für die Förderung einer gesunden Bodenstruktur beinhaltet, als der Ersatz einer Bodenbearbeitungstechnik durch eine andere. Systemische Lösungen zeigen sich den rein technischen deutlich überlegen [30]. Wichtig ist, in welchem Zusammenhang (pedologische Eigenschaften, Fruchtfolge, Düngung und Pflanzenschutz) die Grundbodenbearbeitung vollzogen wird. Eine einzige best-practice gibt es daher ohnehin nicht. Folgende Prinzipien sind grundsätzlich aber empfehlenswert:

Prinzipien einer Bodenschonenden Bodenbearbeitung (aus BESTE 2005)

- ◆ Verzicht auf konventionelle Grundbodenbearbeitung (Pflug) fruchtfolgespezifisch immer dort, wo sie nicht nötig ist.
- ◆ Möglichst häufiger verbleib von Reststoffen an der Oberfläche – Mulchsaat wenn möglich.
- ◆ Vorverlegung der Herbstfurche in trockene Sommermonate und Grundbodenbearbeitung vor dem Zwischenfruchtanbau.
- ◆ Dementsprechend keine Grundbodenbearbeitung und vor allem keine wendende direkt nach dem Zwischenfruchtanbau (Zerstörung der Lebendverbauung und des Strukturaufbaus).
- ◆ Vermeidung des Einsatzes zapfwellengetriebener Geräte, da diese die Bodenstruktur zu stark zerkleinern.
- ◆ Eine weitere Möglichkeit, Verdichtungen zu vermeiden ist der aufmerksame Umgang mit der Druckbelastung des Bodens. Radlast und Kontaktfläche ergeben den Kontaktflächendruck.

Komplexe Methoden zur Gefügebeurteilung

Mit zunehmender Radlast und abnehmender Kontaktfläche erfolgt ein Anstieg des Kontaktflächendrucks. Es ist zwar möglich, durch die Erhöhung der Reifenaufstandsfläche (Breitreifen) den Kontaktflächendruck zu vermindern. Die Druckfortpflanzung in die Tiefe bleibt aber dennoch bestehen, da die entscheidende Größe hierfür die absolut aufgetragene Last ist. Deren Höhe sollte dementsprechend begrenzt werden.

Bei Beratung und Fortbildung gibt es Nachholbedarf – das Beispiel Finnland

Um erfolgreiche und nachhaltige Landwirtschaft betreiben zu können, brauchen Praktiker theoretische Kenntnisse über alle wichtigen Faktoren, die die Bodenfunktionen beeinflussen sowie große Fähigkeiten, die passenden Maßnahmen für den eigenen Hof zu planen und zu realisieren. Zusätzlich brauchen sie

aber auch praktische Mittel, Veränderungen der Bodenfunktionen auf dem Feld zu beurteilen. Die Notwendigkeit in Fortbildung und Beratung zum landwirtschaftlichen Bodenmanagement zu investieren ist dringend gegeben. [31]

Das Institut für ländliche Forschung und Entwicklung der Universität Helsinki, in Mikkeli, organisiert seit 1991 Fortbildungskurse zum Bodenschutz für landwirtschaftliche Fachleute im konventionellen und ökologischen Landbau (z. B. Berater, Lehrer von landw. Schulen). In den Fortbildungskursen, die seit 2001 in Zusammenarbeit mit dem Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur, Mainz durchgeführt werden, können die Teilnehmer mit Hilfe der qualitativen Gefügebeurteilung nach Beste aktuelle Unterschiede der Bodenstruktur und deren funktionsökologische Eigenschaften sofort erkennen. Maßnahmen zur Abhilfe nicht zufriedener Zustände werden sofort diskutiert und anschaulich vermittelt. Dabei werden die chemischen und physikalischen sowie – in besonderem Maße – die biologischen und ökologischen Bodeneigenschaften berücksichtigt. Diese Herangehensweise zeigt eine hohe Akzeptanz, wenn die Lehre klar und praxisnah organisiert wird. Das trifft sowohl für Kurse im ökologischen als auch im konventionellen Landbau zu.

Auch für die wissenschaftliche Analyse der Bodenstruktur ist diese Methode gut geeignet. Die Nähe oder Ferne eines Strukturszustands zum angestrebten Zustand eines „Schwammgefüges“ ist bisher in seinen Einzelausprägungen nicht quantifizierbar.

Einfachen physikalischen Methoden zur Gefügebeurteilung wie

- ◆ Messung der Lagerungsdichte oder des Porenvolumens und
 - ◆ Messung des Eindringwiderstandes
- ist gemein, dass sie sich vornehmlich auf die Summenquantifizierung der Hohlräume oder die Beschreibung der Dichtlagerung konzentrieren. Diese Parameter geben zur Ermittlung von Schadverdichtungen oder auch Pflugsohlen Anhaltspunkte. Den Unterschied zwischen dem Vorhandensein eines schwammartigen Aggregatgefüges oder eines dichten Gefüges mit vielen Grobporen können sie aber gar nicht oder nur sehr eingeschränkt abbilden. Innere Aggregatverdichtungen werden in jedem Fall nicht aufgedeckt. Komplexere Methoden zur Gefügebeurteilung wie die Porengrößenverteilung, die digitale Bildanalyse, röntgenmorphologische Untersuchungen, computertomographische Untersuchungen oder die Dünnschliffbonitur sind sehr aufwendig in der Durchführung, zeigen das Gefüge nicht in seiner aktuellen Lagerung vor Ort und geben keine Richtwerte für eine Bewertung. Bodenbiologische Untersuchungen (z. B. Bodenatmung oder Artenzusammensetzung) sind ebenfalls sehr aufwendig und liefern keine Bewertungsmaßstäbe und Richtwerte für das Gefüge. Die Erfahrung zeigt, dass viele dramatische Bodenzustände übersehen werden, weil herkömmliche Untersuchungsmethoden nicht den Blick auf das Gefüge beinhalten.

Was in der Beratung zum Bodenschutz normalerweise durchgeführt wird, scheitert meistens daran, dass der Praktiker das Ergebnis nicht nachvollziehen (oder

kontrollieren) kann. Dieses Manko lässt sich mit Hilfe regelmäßiger, vom Praktiker selbst durchgeführter Strukturuntersuchungen mit geringem Aufwand beseitigen.

Die in den Seminaren und Workshops des Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur anschaulich vermittelte Methode der qualitativen Bodenanalyse macht den Bodenzustand in zehn Minuten deutlich sichtbar. Sie zeigt in den meisten Fällen, wo es genau hapert und was man ändern kann. Die Beurteilungsmethodik ist leicht zu erlernen und von großer Aussagekraft. Das führt zu einer erhöhten Sensibilität der Landwirte für den Bodenzustand und ermöglicht Vorsorge in Eigeninitiative. Nach dem Workshop kann der Landwirt die vereinfachte Version der Methodik ohne Beratung selbstständig durchführen.

Infos und Literatur sowie eine ausführliche Literaturliste ist abrufbar unter www.gesunde-erde.net

Literatur

- [1] Overesch, M. (2003): Humusversorgung von ackerbaulich genutzten Dauerflächen in Niedersachsen. = ISPA Band 21. Vechta
- [2] Beste, A. (2005): Landwirtschaftlicher Bodenschutz in der Praxis. Grundlagen, Analyse, Management. Erhaltung der Bodenfunktionen für Produktion, Gewässerschutz und Hochwasservermeidung. Berlin
- Beste, A. (2004): Vorsorgender Erosionsschutz im Ackerbau – Förderung der Lebendverbauung durch Fruchtfolge, organische Düngung und angepasste Bodenbearbeitungstechnik. In „Local land and soil news“, the bulletin of the European Land and Soil Alliance (ELSA) e.V., Heft 10/11 04
- [3] entfällt
- [4] KTBL (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Arbeitspapier 266, Darmstadt
- Phillips, R.E. und Phillips, S.H. (1984): No-tillage agriculture, principles and practices. New York
- [5] Lütke-Entrup/Schneider (2004): Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Systeme der Bodennutzung durch Fruchtfolgegestaltung und konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat. In: Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung – Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung. = Texte 35/04 Umweltbundesamt, Berlin
- Brand-Sassen, H. (2004): Bodenschutz in der deutschen Landwirtschaft. Dissertation Universität Göttingen
- LAP (Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim) (Hg.) (2003): Pflanzenbauliche und wirtschaftliche Auswirkungen verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung. = Sonderheft 1, Forchheim
- [6] Brandt-Sassen (2004)
- [7] Brunotte, J. et al. (1999): Bodenschonung und Kosteneinsparung. Einführung technischer Lösungskonzepte zur Minderung und Vorbeugung von Bodenschutzproblemen in der Pflanzenproduktion. FuE-Vorhaben 95 UM 03, KTBL, Darmstadt
- [8] Unter anderen: ARMANN, B. (2004): Die Ökobilanz zur Abschätzung von Umweltwirkungen in der Pflanzenproduktion – dargestellt anhand von Praxisversuchen zur konservierenden Bodenbearbeitung und von unterschiedlich intensiv wirtschaftenden konventionellen Betrieben.
- Pringas, C.; Koch, H.-J. (2004): Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. In: Pflanzenbauwiss., 8
- Wenz, F. U. Wenz, M. (2003): Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat. In: Bioland 3/2003
- [9] Das Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur berät u. a. seit 2001 die Firma Iglo-Langnese (UNILEVER) zum Bodenschutz im Vertragsgemüseanbau, was neben ausführlichen Analysen der Bodenqualität von über 250 Flächen – unter anderem in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Südwestfalen – auch eine regelmäßige Fortbildung der Vertragslandwirte in Bodenbeurteilung und Bodenschutzmanagement beinhaltet.
- [10] Beste, A. (2004): Pflugsohlenuntersuchung Holthausen. Im Auftrag von Unilever/Iglo-Langnese, unveröffentlicht
- Beste, A. (2004): Untersuchungen zum ökologischen Bodenzustand ausgewählter landwirtschaftlicher Nutzflächen des westlichen Münsterlandes mit Hilfe der qualitativen Strukturanalyse, Teil 2. . Im Auftrag von Unilever/Iglo-Langnese, unveröffentlicht
- Beste, A. (2003): Untersuchungen zum ökologischen Bodenzustand ausgewählter landwirtschaftlicher Nutzflächen des westlichen Münsterlandes mit Hilfe der qualitativen Strukturanalyse, Teil 1. Im Auftrag von Unilever/Iglo-Langnese, unveröffentlicht
- [11] U. a.: Zimmerling, B. (2004): Beregnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach Umstellung der konventionellen auf konservierende Bodenbearbeitung. Dissertation, Uni-

versität Hannover

- [12] Titi, Adel El (Hg.) (2003): Soil Tillage in Agroecosystems. London, New York
- Peschke, G. (2001): Bodenwasserhaushalt und Abflussbildung. In Geografische Rundschau H. 5, 2001
- [13] eine Übersicht findet sich bei Zimmerling (2004)
- [14] s. (10)
- [15] Ackermann, M. (2004): Beurteilung des Einflusses einer angepassten Ackernutzung auf den Hochwasserabfluss. Dissertation Universität Hannover
- Beven, K. und Germann, P. (1982): Macropores and water flow in soils. Water Resour. Res. 18
- [16] Preetz, H. (2003): Bewertung von Bodenfunktionen für die praktische Umsetzung des Bodenschutzes (dargestellt am Beispiel eines Untersuchungsgebiets in Sachsen-Anhalt). Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- [17] Frede, H.G. (2004): Anforderungen an Grundwasser und Oberflächengewässerschutz. In: Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung – Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung. = Texte 35/04 Umweltbundesamt, Berlin
- Schmidt, W.-A. (2004): Erfahrungsbericht aus Sachsen. In: Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung – Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung. = Texte 35/04 Umweltbundesamt, Berlin
- Titi (2003), Peschke (2001)
- [18] Beste, A. (2006): Wieviel Wasser kann mein Boden bei Starkregen speichern? Wieviel Trockenheit fängt mein Boden auf? Verbesserung der Bodenfunktionen und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit mit Hilfe der Qualitativen Bodenanalyse. Anleitung für Praktiker.
- Beste, A. (2006): Qualitative Analysis in Science, Consultance and Training in Soil Conservation. In: Proceedings of 17. International Soil Tillage Research Organisation Conference. Sustainability – its Impact on Soil management and environment. Kiel
- Beste, A. (2003): Erweiterte Spatendiagnose. Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung. = Dissertation, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Roth, C. H. (1996): Aggregation Indices to Characterize Structural Breakdown of Dry Soil Samples by Air Slaking. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 159
- [19] GENGEBACH, H. (2004): Gehört den flach wendenden Pflügen die Zukunft? In: SÖL-Berater-Rundbrief 4/04, Bad Dürkheim
- Weiss, M. (2004): Viehlos wirtschaften mit pflugloser Bodenbearbeitung. In: Ökologie & Landbau 1/2004, Bad Dürkheim
- Titi (2003), Wenz, F. u. Wenz, M. (2003): s. unter [8]
- [20] Lütke-Entrup/Schneider (2004)
- [21] Mykotoxine, die Stoffwechselprodukte bestimmter Pilze, stellen weltweit eine Gefährdung der Lebensmittelsicherheit dar. Das am häufigsten vorkommende Mykotoxin in Deutschland ist Deoxynivalenol (DON). Es wird während der Ähreninfektion von Getreide mit Fusarium-Arten gebildet und befindet sich im Erntegut.
- [22] Lütke-Entrup/Schneider (2004)
- [23] Thomas, F. (2004): Die Agrarumweltprogramme: Eine Bilanz nach zehn Jahren. In: Der Kritische Agrarbericht 2004, Rheda – Wiedenbrück
- LAP (2003)
- [24] Brand-Sassen (2004), Lütke-Entrup/Schneider (2004), Würfel (2004), LAP (2003)
- [25] Frede (2004), Schmidt (2003), Titi (2003), Epperlein (2002), Beste (2005)
- [26] LUA (Lithuanian University of Agriculture) (2006): Conference-Reader International Scientific Conference Farming Systems and Environment Quality
- [27] Brand-Sassen (2004), Lütke-Entrup/Schneider (2004)
- [28] Bei 15 Standorten u. 2facher Wiederholung, Versuchsdauer: 8 Jahre, LAP (2003)
- [29] Kreye, H. (2001): Auswirkungen nichtwendender Bodenbearbeitung auf das Schadorganismenaufreten in einer Zuckerrüben Weizen-Weizen-Fruchtfolge. Göttingen
- [30] Beste, A. (2008): Kommentar zum Standpunktpapier des BMVEL zum Paragraph 17 des Bundesbodenschutzgesetzes: "Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung" vom 20. 4. 1999 unter besonderer Berücksichtigung des landwirtschaftlichen Bodenschutzes in Entwicklungsländern. Im Auftrag von Misereor
- [31] Beste, A. (2007): Boden und Bodenschutz. Fortbildung und Beratung zu Humusmanagement und Strukturaufbau notwendig. In: B&B Agrar 6/07
- Beste, A.; Rajala, J. (2007): Optimierung der Bodenfunktionen durch Fortbildung und Beratung zum Strukturaufbau. . In „Local land and soil news“, the bulletin of the European Land and Soil Alliance (ELSA) e.V., 22/23, 07

Anschrift des Autors

Dr. Andrea Beste

Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur
Kurfürstenstraße 23, D - 55118 Mainz,
Tel: +49 (0 61 31) 63 99 01, Fax: (0180) 50 60 33 69 69 30
gesunde-erde@t-online.de, www.gesunde-erde.net