

Büro für Bodenschutz
&
Ökologische Agrarkultur

Kommentar

zum Standpunktpapier des BMVEL

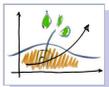
**„Grundsätze und Handlungsempfehlungen“
„zur guten fachlichen Praxis der
landwirtschaftlichen Bodennutzung“
vom 20.04.1999**

**unter besonderer Berücksichtigung des landwirtschaftli-
chen Bodenschutzes in Entwicklungsländern**

Im Auftrag von Misereor

Dr. A. Beste

©
Büro für Bodenschutz
&
Ökologische Agrarkultur
Kurfürstenstraße 23
D - 55118 Mainz

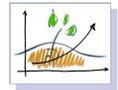


www.gesunde-erde.net

Text: Andrea Beste

Inhalt

EINLEITUNG	1
1 KOMMENTAR ZU DEN EINZELNEN PUNKTEN	3
1.1 ZU 2.1: „DIE BODENBEARBEITUNG HAT [...] GRUNDSÄTZLICH STANDORTANGEPAßT ZU ERFOLGEN“	3
1.2 ZU 2.2: „DIE BODENSTRUKTUR IST ZU ERHALTEN ODER ZU VERBESSERN“	3
1.3 ZU 2.3: „BODENVERDICHTUNGEN SIND [...] SOWEIT WIE MÖGLICH ZU VERMEIDEN“	4
1.4 ZU 2.4: „BODENABTRÄGE SIND [...] MÖGLICHT ZU VERMEIDEN“	4
1.5 ZU 2.5: „DIE NATURBETONTEN STRUKTURELEMENTE DER FELDFLUR [...] SIND ZU ERHALTEN“	5
1.6 ZU 2.6: „DIE BIOLOGISCHE AKTIVITÄT DES BODENS IST [...] ZU ERHALTEN ODER ZU FÖRDERN“	5
1.7 ZU 2.7: „DER STANDORTTYPISCHE HUMUSGEHALT DES BODENS IST [...] ZU ERHALTEN“	5
2 ERLÄUTERUNGEN	6
2.1 EROSION UND VERDICHTUNG	6
2.2 DÜNGUNG	7
2.3 KONSERVIERENDE BODENBEARBEITUNG	8
2.4 QUALITÄT DER BODENSTRUKTUR	9
2.5 AGGREGATE – BIOLOGISCH VERBAUT ODER VERDICHTET?	9
2.6 ERWEITERTE FRUCHTFOLGE UND ZWISCHENFRUCHTANBAU	10
2.7 EINSEITIGER EINSATZ KONSERVIERENDER BODENBEARBEITUNG	10
2.8 FAZIT: BEWIRTSCHAFTUNGSSYSTEM WICHTIGER ALS TECHNIK.....	11
2.9 BODENBEURTEILUNG	11
3 EMPFEHLUNGEN FÜR DEN LANDWIRTSCHAFTLICHEN BODENSCHUTZ IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN	13
3.1 BODENSCHUTZMANAGEMENT	13
3.2 WEITERE EMPFEHLUNGEN ZU FORSCHUNG FORTBILDUNG UND BERATUNG.....	13
LITERATUR	15



Einleitung

Internationale und nationale Regelungen zum Bodenschutz

Empfehlungen zum internationalen Bodenschutz in der "Welt-Boden-Charta" der FAO, in der "Europäische Boden-Charta" des Europarats und in den Kapiteln 10 - 14 der Agenda 21 der UN-Konferenz in Rio sind leider nicht konkret formuliert und haben bisher für den Bodenschutz nur wenig Wirkung erzielt. Um den internationalen Schutz des Bodens voranzutreiben werden verbindliche Regeln - z.B. eine völkerrechtlich verbindliche Konvention - zu einem nachhaltigen Umgang mit Böden diskutiert. Vorgeschlagen wird daher z. B. die Wüstenkonvention zu einer umfassenden Bodenkonvention weiterzuentwickeln.

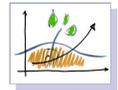
Auf einer internationalen Tagung zum nachhaltigen Umgang mit Böden wurde 1998 in der Evangelischen Akademie Tutzing in Deutschland ein Vorschlag für eine internationale Bodenkonvention als „Übereinkommen zum nachhaltigen Umgang mit Böden“ erarbeitet.¹ Der Vorschlag wurde von vielen renommierten Forschern und Bodenexperten mitgetragen und unterzeichnet, ist aber nicht unumstritten und wurde bisher international nicht weiter verfolgt.

Auf europäischer Ebene wurde dem Bodenschutz und dem Flächenschutz erstmals durch das 6. EU-Umweltaktionsprogramm 2001 eine zentrale Bedeutung zugesprochen. In dem Programm wird die Europäische Kommission aufgefordert, eine umfassende thematische Bodenschutzstrategie für Europa zu erarbeiten.

Die im Jahre 2002 erstellte *Mitteilung zum Bodenschutz: „Hin zu einer spezifischen Bodenschutzstrategie“*² stellte einen ersten Schritt dar. Im weiteren Verlauf wurde eine Bodenschutzrichtlinie erarbeitet. Sie beinhaltet Rechtsvorschriften zur Einführung eines gemeinschaftsweiten Bodeninformations- und -überwachungssystems und detaillierte Empfehlungen für künftige Maßnahmen. Die Verabschiedung scheiterte Anfang 2008 dann aber vorerst unter anderem am „Nein“ Deutschlands, bzw. wurde auf Eis gelegt.

Mit Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes im Jahr 1998³ wurde in Deutschland der erste Schritt von Seiten des Gesetzgebers getan, dem Schutzgut Boden ein größeres Gewicht zu verleihen. Ziel des Gesetzes ist es, die Funktionen des Bodens zu erhalten, den Boden vor Schädigungen zu schützen bzw. nach Beeinträchtigungen wiederherzustellen. Dabei ist eine Bodennutzung so vorzunehmen, dass keine schädlichen Bodenveränderungen entstehen und zudem ist der Verbrauch an Boden durch Versiegelung möglichst gering zu halten. Diese Vorgaben des Bundes müssen in den Ländern und Kommunen durch entsprechende Programme, Konzepte und Maßnahmen umgesetzt werden.

Die Kritik seitens der Wissenschaft und Verbände ist, dass das Gesetz inhaltlich stark auf die Altlasten- bzw. Kontaminationsproblematik hin ausgerichtet ist und damit un- ausgewogen im Hinblick auf das Spektrum möglicher Bodenprobleme.⁴



Das Standpunktpapier vom 20.04.1999

Im landwirtschaftlichen Bereich bestand besonderer Regelungsbedarf in einer genauen Definition der „guten fachlichen Praxis“ des landwirtschaftlichen Managements (§17 BBschG).

1999 wurde dieser auch in vielen anderen Verordnungen in Deutschland verwandte und für unklare Auslegungen prädestinierte Begriff in einem Standpunktpapier des BMVEL „*Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung*“ zum ersten mal im Hinblick auf Bodenschutzaspekte der Landnutzung präzisiert.

In dieser präzisierten Definition sind die Zielvorgaben für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Bodens in der Landwirtschaft relativ genau formuliert.

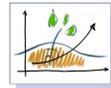
Wichtige Bereiche, die den Bodenschutz innerhalb der landwirtschaftlichen Praxis betreffen, sind in den Fach-Verordnungen (Pflanzenschutzmittelverordnung, Düngemittelverordnung) geregelt, daher musste die Behandlung des Themas lückenhaft bleiben.

Da es sich nur um Empfehlungen handelt, haben sie auch keinerlei verbindlichen Charakter.

In der „Cross-Compliance-“ oder „Direktzahlungs-“ Verordnung der GAP-Verträge wurde 2003 festgelegt, dass die landwirtschaftlichen Direktzahlungen u.a. an die „*Erhaltung eines guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands der Betriebsflächen*“ (Anhang IV) gebunden werden. Hier bot sich die Chance, Bodenschutz wirksam und verbindlich zu verankern und den im Standpunktpapier definierten Empfehlungen Gewicht zu verleihen.

Die innerhalb der deutschen Umsetzung⁵ dann 2004 aufgestellten, den Bereich Bodenschutz betreffenden Grundanforderungen an die Betriebsführung (Kapitel 2, Punkt 1. „*Erosionsvermeidung*“ und 2. „*Erhaltung der organischen Substanz im Boden und der Bodenstruktur*“ sowie Kapitel 5, Punkt 1. „*Vorgaben zur Düngung mit Stickstoffhaltigen Düngemitteln*“) stellen leider keine wirklich neuen Maßnahmen für ein effektives Bodenschutzmanagement zur Bedingung.

Da die genannten Forderungen im Detail gegenüber der bisher herrschenden Praxis - bis auf die jetzt vorgesehene Kontrolle und Sanktionierung bei Nicht-Einhaltung - kaum Veränderungen beinhalten, wurde hier leider die Möglichkeit, wirksame Bodenschutzmaßnahmen einheitlich und für alle verbindlich einzuführen, nicht genutzt⁶.



1 Kommentar zu den einzelnen Punkten

1.1 Zu 2.1: „Die Bodenbearbeitung hat [...] grundsätzlich standortangepaßt zu erfolgen“

Die Grundsätze entsprechen der aktuellen Handhabung in der Praxis.

Der Hinweis zum Direktsaatverfahren:

„Ob das Verfahren unter mitteleuropäischen Bedingungen ökonomisch und ökologisch sinnvoll einzusetzen ist, bedarf der weiteren Klärung“ ist berechtigt und zeigt eine differenzierte Betrachtungsweise, da diese Fragen nach dem wissenschaftlichen Kenntnisstand bis heute als ungeklärt angesehen werden müssen (s. Erläuterungen).

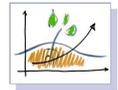
Kritikwürdig und - fachlich gesehen – nicht nachvollziehbar ist dann, dass weiter unten in den Grundsätzen zu 2.1 sowie in den Punkten 2.2, 2.3 und 2.7 das Direktsaatverfahren als besonders bodenschonend beschrieben und der Einsatz trotz der offenen Fragen eindeutig empfohlen wird.

1.2 Zu 2.2: „Die Bodenstruktur ist zu erhalten oder zu verbessern“

Die Betonung der *Bodenfunktionen* in Zusammenhang mit der Bodenstruktur (und auch in den folgenden Punkten) bezieht den Landschaftshaushalt mit ein und zeigt eine ökosystemare Betrachtung des Themas, die über eine rein technische landwirtschaftliche Sichtweise (Boden als Nährstoffsubstrat und Träger der Ernte- und Bearbeitungsmaschinen) deutlich hinausgeht.

Positiv ist auch die Empfehlung der biologischen Stabilisierung der Bodenstruktur mittels Durchwurzelung - vor allem auch nach einer technischen Lockerungsmaßnahme.

Negativ ist die unter 1.1 schon erwähnte (undifferenzierte) Empfehlung der Direktsaat.



1.3 Zu 2.3: „Bodenverdichtungen sind [...] soweit wie möglich zu vermeiden“

Hier zeigt sich entgegen den Aussagen in 2.2 eine verkürzte, in erster Linie technische Sichtweise der Ursachen und Lösungsmöglichkeiten von Bodenverdichtung (s. Erläuterungen).

Die Empfehlung der genannten technischen Maßnahmen ist berechtigt. Doch sowohl die Ursachenbeschreibung als auch die empfohlenen Maßnahmen greifen zu kurz. Der technische Aufwand der Maßnahmen und die Einschränkung der Praxis bei konsequenter Durchführung muss, gemessen an der Wirkung für die Bodenqualität, als zum Teil praxisfern betrachtet werden.

Andere Maßnahmen, wie die biologische Stabilisierung der Bodenstruktur, deren Erwähnung hier wiederum positiv vermerkt werden muss, sollten viel stärker gewichtet werden.

Positiv ist die Empfehlung der Beurteilung des Bodens mittels Spatendiagnose vor der Bodenbearbeitung (hier aber leider nur bei der Tiefenlockerung formuliert) (s. Erläuterungen).

Negativ ist die unter 1.1 schon erwähnte (undifferenzierte) Empfehlung der Direktsaat.

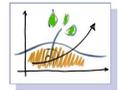
1.4 Zu 2.4: „Bodenabträge sind [...] möglichst zu vermeiden“

Die Ermittlung der potentiellen Gefährdung für die Bodenerosion bezieht hier zwar Hanglänge und Niederschlagsintensitäten (mittels Bodenabtragungsgleichung) mit ein, die Humusversorgung des Bodens als ein weiterer wesentlicher Faktor der Erosionsanfälligkeit wird hier jedoch gar nicht erwähnt.

Die Empfehlung der Verkürzung der Zeitspannen ohne Bodenbedeckung, z.B. durch Mulchsaatverfahren, mit dem Ziel der Erosionsminimierung ist positiv, müsste aber an dieser Stelle zwingend mit der Forderung nach erweiterten Fruchtfolgen, vielfältigem Zwischenfruchtbau und ausreichender Humusversorgung verknüpft sein, um die Gefahr der Bodenverdichtung (bei reduzierter Bearbeitung) zu vermeiden und dem Schädlings- und Unkrautdruck begegnen zu können.

Positiv ist die Empfehlung des Aufbaus stabiler Bodenaggregate durch die Förderung der biologischen Aktivität; hier müssten konsequenterweise die dafür nötigen einschlägigen Maßnahmen (organische Düngung, Durchwurzelung) ebenfalls empfohlen werden (s. Erläuterungen).

Die anderen Empfehlungen sind positiv.



1.5 Zu 2.5: „Die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur [...] sind zu erhalten“

Die Forderungen und Empfehlungen sind uneingeschränkt positiv. Die Maßnahmen müssten dem Landwirt allerdings vergütet werden, damit die Empfehlungen Wirksamkeit erlangen können.

1.6 Zu 2.6: „Die biologische Aktivität des Bodens ist [...] zu erhalten oder zu fördern“

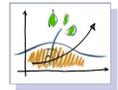
Die Forderungen und Empfehlungen sind vordergründig uneingeschränkt positiv.

Der wichtigste Punkt, die Düngung, wird jedoch mit dem allgemeinen Verweis auf die *gute fachliche Praxis*, die ja eigentlich an dieser Stelle konkret definiert werden sollte, nicht behandelt. Eine Empfehlung der organischen Düngung, deren positive Wirkung auf sämtliche Bodenfaktoren – und besonders auf die biologische Aktivität – wissenschaftlich unumstritten ist (und unter 2.7. ebenfalls gemessen an ihrer Wirkung zu oberflächlich erwähnt wird), unterbleibt unverständlicherweise (s. Erläuterungen).

1.7 Zu 2.7: „Der standorttypische Humusgehalt des Bodens ist [...] zu erhalten“

Die (relativ geringen) positiven Wirkungen einer Verringerung der Bearbeitungsintensität auf die organische Bodensubstanz werden im Verhältnis zur möglichen Wirkung organischer Düngung zu stark betont.

Hier drängt sich der Eindruck auf, als würde eine verminderte Bearbeitungsintensität mindestens ebenso zur Steigerung und Sicherung der organischen Substanz im Boden beitragen, wie eine Zugabe von organischer Düngung. Die Maßnahmen stehen aber, was ihre positive Wirkung auf die organische Bodensubstanz und alle anderen relevanten Bodenfaktoren angeht, in keinem vergleichbaren Verhältnis (s. Erläuterungen).
Negativ ist die unter 1.1 schon erwähnte (undifferenzierte) Empfehlung der Direktsaat.



2 Erläuterungen

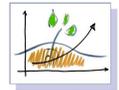
2.1 Erosion und Verdichtung

Da Strukturlabilität Bodenverdichtung *und* Erosionsanfälligkeit bedingt oder letztere stark erhöht und gleichzeitig massive negative Wirkungen auf die Pflanzenernährung, den Wasserhaushalt und die Gewässerqualität hat, ist diesem Problem eine Vorrangstellung im Bereich des Bodenschutzes einzuräumen. Für die Wasserspeicherfähigkeit, aber auch den Hochwasserschutz ist es vor allem wichtig, die Infiltrationskapazität der Böden zu erhöhen – allerdings bei ebenfalls erhöhter Speicherkapazität.

Das Befahren der Kulturfläche mit schweren Geräten ist im Rahmen der Bodenbewirtschaftung bei intensiver Landwirtschaft nicht vermeidbar. Es treten starke Verdichtungen des Bodengefüges auf. Die Ursachen für die zunehmende Verdichtung landwirtschaftlich genutzter Böden liegen jedoch nicht in erster Linie in der Belastung durch das Überfahren begründet. Viel ausschlaggebender sind Humusschwund und ein stark reduziertes Bodenleben.

Durch die enormen Möglichkeiten der Ertragssteigerung mit Hilfe der mineralischen Düngung trat die Bodenfruchtbarkeitsleistung der Mikroorganismen in den letzten 60 Jahren mehr und mehr in den Hintergrund. Ohne organische Düngung verliert das Bodenleben jedoch seine Haupt-Nährstoffquelle⁷. Auf dem Acker verbleibende Erntereste können diesen Verlust alleine nicht auffangen. Die Aktivität der Mikroorganismen ist beim Aufbau eines stabilen Gefüges jedoch von entscheidender Bedeutung. Dies gilt prinzipiell auch für die tropische Landwirtschaft, wobei die Auswirkungen hier präkärer sind.

Die meisten tropischen und subtropischen Ökosysteme reagieren auf die Praxis der Mineraldüngung und die Reduzierung der Artenvielfalt weitaus empfindlicher und anfälliger als die belastbareren Böden und Ökosysteme der mittleren Breiten, deren Überstrapazierung sich mit dem zusätzlichem Einsatz von Mineraldünger länger kaschieren lässt. Diese Empfindlichkeit liegt vor allem an der geringeren Austauschleistung der Böden (bodengenetisch bedingt) und an der stärkeren Nischenspezialisierung bei Fauna und Flora in den Tropen. Schon die Entwaldung für Ackerbau oder Weidehaltung hat hier ökosystemare Grenzen. Beispielsweise bleiben Niederschläge aus, wo die Verdunstung der Vegetation zurückgeht, da die Wasserkreisläufe in den Tropen kleinräumiger, ja teilweise ortsgebunden sind⁸. Angepasste, ökologisch nachhaltige Landnutzungssysteme erzeugen auch in den Tropen keine Bodendegradation und brauchen darüber hinaus den Leistungsvergleich (Protein- und Kohlehydraterzeugung/Fläche) mit der industriellen Landwirtschaft nicht zu scheuen⁹.



2.2 Düngung

Der Mangel an organischer Substanz im Boden führt in der Regel zu folgenden Symptomen:

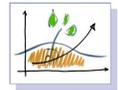
- Rückgang der biologischen Aktivität
- Zunahme der Bodenverdichtung
- Steigende Behinderung der Durchwurzelung und optimalen Nährstoffversorgung der Pflanze, was letztendlich auch zu einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit der Pflanzen führt
- Rückgang der Puffer- und Filterwirkung der Böden
- Zunahme der Erosion
- Rückgang der Wasseraufnahme- und -speicherkapazität
- Erhöhter Bedarf an Mineraldüngern aufgrund der zunehmenden Degenerierung natürlicher Fruchtbarkeitspotentiale

Die vielfältigen positiven Effekte der organischen Düngung mit Mist, vor allem aber Kompost – besonders bei Sandböden – wurden in den letzten Jahren durch verschiedene Untersuchungen detailliert bestätigt.

Gülle verfügt nur über geringe Gefügebauende Eigenschaften, ist ein schnell wirksamer Pflanzendünger, birgt die Gefahr der schnellen Auswaschung und ist daher hier nicht unter dem Begriff *organische Düngung* einzuordnen.

Die durch organische Düngung erzielten Effekte im Überblick:

- Zunahme der Aggregatstabilität, Verbesserung der Bodenstruktur
- Zunahme des Porenvolumens bei gleichzeitiger Verbesserung der Wasserhalte- und Filterkapazitäten
- Anstieg der biologischen Aktivität
- Anstieg des Humusgehalts
- Verringerung der Erosionsanfälligkeit, Hochwasserschutz
- Temperatur ausgleichend, pH-ausgleichend
- Erhöhung der Nährstoffaustauschkapazität
- Steigerung der Mykorrhizierung und damit Verbesserung der Nährstoffversorgung
- Stärkung der biologischen Kontrollmechanismen von Krankheitserregern (Fungizide Wirkung etc.)
- Erhöhung der Erträge bis zu 30%
- Zunahme der Geschmacksqualität
- Geringerer Nitratgehalt und höherer Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen, verbesserte Lagerfähigkeit



2.3 Konservierende Bodenbearbeitung

Aktuell wird die konservierende Bodenbearbeitung und hierbei der Pflugverzicht vorrangig als Lösungsmöglichkeit für Bodenverdichtung und Erosion favorisiert. Mit einer geringeren Intensität der Bodenbearbeitung als Einzelmaßnahme wird allerdings nur ein Bruchteil der Möglichkeiten zur Bodenentwicklung ausgeschöpft¹¹. Das Verdrehen des gesamten Lebensraumes der Bodenorganismen bei der krumentiefen Wendung mit dem Pflug tötet viele Organismen direkt und erzeugt für die verlagerten Organismen artfremde Lebensbedingungen. Dies kann einen Rückgang der biologischen Aktivität bewirken.

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 im konventionellen Landbau durchaus einen nicht zu vernachlässigenden ökologischen Vorteil dar.

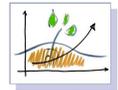
Die Direktsaat – auch „no-tillage“ genannt – als extremste Form der konservierenden Bodenbearbeitung ist definiert als eine „Bestellung ohne jegliche Bodenbearbeitung seit der vorangegangenen Ernte. Scheibenmaschinen öffnen Säschnitte, in die das Saatgut abgelegt wird. Anschließend wird dieses mit Boden bedeckt. Die Unkrautkontrolle geschieht hauptsächlich chemisch“.¹²

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.¹³

Tab. 1: Systeme der Bodenbearbeitung. Verfahrensschritte, Geräte, Herbizideinsatz

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)	Scharpflug, Scheibenpflug, (mit Nachlaufeggen und Packern)	Schwergrubber, Rüttelegge (mit Nachlaufeggen und Packern), Zweischichtengrubber	Parapflug, Flügelschargrubber, Tiefenlockerer, Zweischichtengrubber		
Saatbettbereitung (< 8 cm) Saat	Kombinationen aus Feingrubber, Saat-, Wälzegen und Walzen, Kreisel-, Rüttelegge-Walzen-Kombination			Zinkenrotoren, Kreisel-, Rüttelegge und Walzen, Reihenfräsen	
	übliche Sämaschinen (Drill-, Band-, Breit-, Einzelkorntsaat)		Mulchsaat-Sämaschinen (Ein-, Zwei-, Dreischeiben-Drillmaschinen, Breitsaatschiene, Sästempel-Saat)		
Erntereste auf der Bodenoberfläche Totalherbizid vor Aussaat	keine nicht nötig	< 1/5 nicht nötig	1/3 - 2/3 meist nötig	1/3 - 2/3 meist nötig	alle immer nötig
Arbeitsweise	wendend, volle Krumentiefe	wühlend, meist weniger als Krumentiefe	überwiegend in der Tiefe lockern	in Saattiefe wühlend (nicht immer die ganze Fläche)	nur in der Saatreihe bearbeitet

Quelle: BAEUMER, K. (1994): Verfahren und Wirkungen der Bodenbearbeitung. In: DIERKS R.; HEITFUSS R. (Hg.) Integrierter Landbau. Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion. München



2.4 Qualität der Bodenstruktur

Die positiven Wirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung auf Bodenabtrag, Oberflächenabfluss und Aggregatstabilität sowie eine Humuszunahme (jedoch nur nahe der Oberfläche) und Schonung der Bodenfauna sind vielfach dokumentiert worden¹⁴.

Unsere Erfahrungen aus 12 Jahren Forschung, Auftragsanalyse und Workshoparbeit mit Feldbegehungen zeigen allerdings, dass die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat häufig eine stark verdichtete Bodenstruktur mit sich bringt.

Mittels der von uns entwickelten *Qualitativen Bodenanalyse* konnten wir darstellen, dass diese Technik ohne Fruchtfolgeerweiterung oder intensivierten Zwischenfruchtanbau keine aktive Förderung einer gesunden widerstandsfähigen Bodenstruktur mit sich bringt. 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. Natürlich wird die Befahrbarkeit dabei zunächst als verbessert wahrgenommen.¹⁵

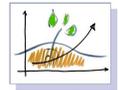
Die in den meisten Studien als vorteilhaft angeführte und in der Tat häufig vorzufindende große Anzahl an vertikalen Grob- und Makroporen mit hohen Infiltrationsraten, birgt allerdings die Gefahr des schnellen Eindringens des kaum gefilterten Sickerwassers ins Grundwasser. Und zwar deshalb, weil das Vorhandensein vieler Grobporen mit einem ansonsten kompaktem Gefüge und erhöhter Lagerungsdichte bzw. erhöhtem Eindringwiderstand einher geht, wie in vielen Studien belegt¹⁶ und von uns gemessen.¹⁷

In Makroporen herrscht keine Saugspannung vor und das Wasser folgt allein der Gravitationskraft. Die Stoffe können daher mit bis zu 25 cm/s mit dem Makroporenfluss transportiert werden¹⁸. Die Filterfunktion der Böden, die eng mit der Verweildauer des Sickerwassers im Boden zusammenhängt, wird dann quasi übersprungen. Dies beinhaltet - auch aufgrund des höheren PSM-Einsatzes - eine potentielle Gefährdung der Grundwasserqualität.¹⁹

2.5 Aggregate – biologisch verbaut oder verdichtet?

Bezüglich der Gewährleistung der Filter- und Regelungsfunktion 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 durchgeführt werden, eindeutig ergaben. Auch die in den meisten Forschungsberichten gemessenen höheren Lagerungsdichten und Eindringwiderstände sowie größere Aggregatdurchmesser unterstützen diese Beobachtung.

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 können²⁰.



2.6 Erweiterte Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau

Im ökologischen Landbau angewendet oder mit vielfältiger Fruchtfolge, Gründüngung, Zwischenfruchtanbau, in Mischkulturen und mit organischer Düngung kombiniert, kann konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat nach unserer Erfahrung eine sehr bodenschonende Bearbeitungsalternative darstellen²¹. So kann ein biologisch stabilisiertes, poröses Schwammgefüge mit guten Speicher- und Filtereigenschaften entstehen, welches auch gute Tragfähigkeitseigenschaften besitzt. Die Artenvielfalt im Agrarökosystem spielt hierbei eine besonders wichtige Rolle. Durch konservierende Bodenbearbeitung als isolierte Maßnahme ist dieses Ergebnis nicht zu erreichen.

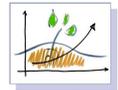
2.7 Einseitiger Einsatz konservierender Bodenbearbeitung

Wenn die Fruchtfolge, Zwischenfruchtanbau oder Mischkultur keine ausreichende Artenvielfalt beinhaltet, muss von einer Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat unserer Ansicht nach bis auf weiteres aus den folgenden Gründen abgeraten werden:

- Stärkere Verunkrautung mit ausdauernden Arten und besonders Ungräsern.
- Begünstigung von Krankheiten und Schädlingen (z.B.: DTR, Fusarium- Arten, Maiszünsler, Ackerschnecken, DON im Erntegut).
- Steigender Bedarf an Mineraldünger, sowie chem. Pflanzenschutz (Anwendungshäufigkeit und Aufwandmengen v. a. bei nicht-selektiven Herbiziden und Fungiziden); höhere Herbizidgehalte im Oberflächenabfluss.
- 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.
- Gefahr der Grundwasserbelastung bei steigender Infiltration (Makroporenfluss) ohne Erhöhung der Speicher- und Filterleistung durch Krümelung.

²²

Demgegenüber werden häufig mögliche Einsparungen bei Maschinen- und Lohnkosten genannt²³. Nach einer 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.²⁴ KREYE (2001) beschreibt die Kosten für die Unkrautbekämpfung (mechanische bzw. chemische) ebenfalls als einheitlich höher für die konservierende Variante.²⁵ Der wirtschaftliche Vorteil der Direktsaat gegenüber Pflug bleibt fraglich.



2.8 Fazit: Bewirtschaftungssystem wichtiger als Technik

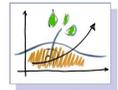
In der Diskussion und Forschung zum landwirtschaftlichen Bodenschutz nahmen die Themen des landtechnischen Bereiches (Begrenzung der Radlast, Verringerung des Kontaktflächendrucks mit Breitreifen, verschiedenste Vorschläge zur reduzierten Bodenbearbeitung) in den letzten Jahrzehnten einen breiten Raum 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. Das ist aus dem tropischen Landbau schon längere Zeit bekannt. In Kapitel 3 werden grundsätzliche Empfehlungen für eine bodenschonende Bewirtschaftung formuliert. Die dort berücksichtigten Prinzipien sind für die landwirtschaftliche Nutzung in den Tropen und für eine technikarme Landwirtschaft ebenfalls anwendbar.

2.9 Bodenbeurteilung

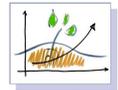
Um erfolgreiche und nachhaltige Landwirtschaft betreiben zu können, brauchen Landwirte Kenntnisse über alle wichtigen Faktoren, die die Bodenfunktionen beeinflussen sowie Fähigkeiten, die passenden Maßnahmen zu planen und zu realisieren. Zusätzlich brauchen sie aber auch praktische Mittel, um Veränderungen der Bodenfunktionen auf dem Feld beurteilen zu können.

Die einfache Variante der weiterentwickelte Spatendiagnose²⁶ ist unter diesem Gesichtspunkt für die Lehre wie für die Beratung besonders gut geeignet. In zahlreichen Fortbildungskursen des Büro für Bodenschutz und ökologische Agrarkultur (u.a. auch in Brasilien und China) konnten die Teilnehmer Unterschiede der Bodenstruktur und deren funktionsökologische Eigenschaften sofort erkennen. Maßnahmen zur Abhilfe nicht zufriedenstellender Zustände wurden diskutiert und anschaulich vermittelt. 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.

Selbst durchgeführte Bodenstrukturuntersuchungen führen auch zu einer erhöhten Sensibilität der Landwirte und Bauern für den Bodenzustand und ermöglichen Vorsorge in Eigeninitiative. Die in den Workshops des Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur anschaulich vermittelte Methode macht den Bodenzustand in zehn Minuten deutlich sichtbar und zeigt auch in den meisten Fällen, wo es hapert und was man



ändern kann. Sie ist eine wichtige Beurteilungsmethodik, leicht zu erlernen, von großer Aussagekraft und durchaus auch von Analphabeten anwendbar.



3 Empfehlungen für den landwirtschaftlichen Bodenschutz in Entwicklungsländern

3.1 Bodenschutzmanagement

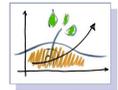
- 1. Kein Einsatz zapfwellengetriebener (zu stark zerschlagender) Geräte**
- 2. Grundbodenbearbeitung so häufig wie möglich nichtwendend/Mulchsaat***
- 3. Nach der Grundbodenbearbeitung Einsatz von Zwischenfrüchten**
- 4. Verwendung von vielfältigen, fein und tief wurzelnden Zwischenfruchtgemengen (nicht nur Pfahlwurzler)**
- 5. Erweiterung der Fruchtfolge/Mischkultur oder Stockwerkbau**
- 6. Versorgung des Bodenlebens über die Durchwurzelung und/oder den Einsatz von organischen Düngern/Kompost**
- 7. Anlage von Strukturelementen der Feldflur (Hecken, Feldraine und -gehölze)**

* Punkt 2. ist nur in Kombination mit Punkt 4. und 5. sinnvoll

3.2 Weitere Empfehlungen zu Forschung Fortbildung und Beratung

Voraussetzung für die Entwicklung und Durchführung angemessener Maßnahmen ist die Erhebung, Dokumentation und Auswertung des aktuellen Qualitätszustands der Böden sowie eine Evaluierung der weiteren Entwicklung in angemessenen Zeitabständen.

Es gehört zu den Pflichten der akademischen und wissenschaftlichen Einrichtungen, die Erforschung, Entwicklung und angemessene Veröffentlichung von Technologien zur Wiedergewinnung, Erhaltung und integrierten, nachhaltigen Bewirtschaftung auf Landes-, Departements- und Kommunalebene voranzutreiben. Die Forschung sollte offen sein für Fragen aus der Praxis und diese in ihre Forschungsschwerpunkte aufnehmen. Regelmäßige Austausch-Veranstaltungen mit Teilnehmern aus Forschung und Praxis sollten hierfür durchgeführt werden. Damit auch die Potentiale von Kleinbauern und ihre kulturellen Besonderheiten berücksichtigt werden können, ist eine Moderation von neutraler Stelle

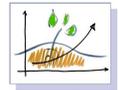


(am besten durch ein/e Moderations-Instanz/-Büro) empfehlenswert. Überlieferte Praktiken und Kenntnisse ökologisch und kulturell angepasster Landnutzungssysteme sollen bei der Entwicklung von Forschungsschwerpunkten besonders berücksichtigt werden.

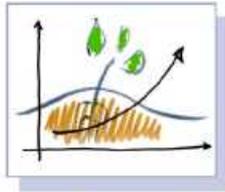
Ein regional organisierter Bodendienst sollte die Fortbildung und Beratung koordinieren und Fachkräfte ausbilden. Eine Sammlung und Dokumentation von „Best-Practice“-Beispielen für regionaltypische Betriebsgrößen sowie die Begleitung und Entwicklung der „Best-Practice“-Betriebe zu Leitbetrieben auf denen dann zentrale Fortbildungsveranstaltungen besucht werden können, ist von Vorteil. Dies erhöht die Praxisnähe und Akzeptanz von Fortbildungsveranstaltungen. Der Anspruch der Fortbildungsveranstaltungen muss an die jeweilige Zielgruppe (hier besonders Analphabeten) angepasst werden.

Im Bereich der Beratung ist die Ausbildung speziell geschulter Berater für jede Zielgruppe sinnvoll, da die fachlichen Fragen sich extrem unterscheiden, je nachdem, ob die Beratung einem Plantagenleiter oder einem Kleinbauern helfen soll.

Eine Dokumentation des Monitorings von Politiken, Plänen, Programmen und Projekten zur Wiedergewinnung, Erhaltung und integrierten, nachhaltigen Bewirtschaftung der Böden ist der Öffentlichkeit in angemessenen Zeitabständen durch eine regionale oder nationale Bodenschutzbehörde zugänglich zu machen.



FORTBILDUNG • SEMINARE • WORKSHOPS



www.gesunde-erde.net

Büro für Bodenschutz
&
Ökologische Agrarkultur

Analyse, Beratung, Fortbildung

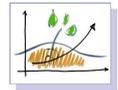
Bodenschutz &
Nachhaltige Landwirtschaft

Bodenuntersuchungen mit der
Qualitativen Strukturanalyse

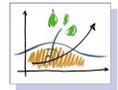
Dr. Andrea Beste
Kurfürstenstraße 23
D-55118 Mainz
Tel: +49 +6131-639901
Fax: + 49 0180506033696930
Mail: a.beste@t-online.de
Internet: www.gesunde-erde.net

Literatur

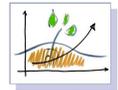
- ¹ Tutzingen Projekt "Ökologie der Zeit" (1998): Böden als Lebensgrundlage erhalten. Vorschlag für ein "Übereinkommen zum nachhaltigen Umgang mit Böden" (Bodenkonvention). 2. erweiterte Auflage (französisch-englisch-spanisch-deutsch). *Schriftenreihe zur politischen Ökologie* 5. München
- ² KEU (2002): Mitteilung zum Bodenschutz: Hin zu einer spezifischen Bodenschutzstrategie
- ³ BGBI I (1998)
- ⁴ PEINE, F.-J. (2002): Landwirtschaftliche Bodennutzung und Bundes-Bodenschutzgesetz. *Natur und Recht*, Heft 9, Blackwell, Berlin
- LINGNER, St., BORG, E. (2000): Präventiver Bodenschutz. Problemdimensionen und normative Grundlagen. Graue Reihe Nr. 23, Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler
- ⁵ BLAG CC (Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Cross Compliance“ (2004): Mitteilungen an die Empfänger von Direktzahlungen über die ab dem 01.01. 2005 einzuhaltenden anderweitigen Verpflichtungen (Cross Compliance)
- BEERBAUM S. (2004): Erläuterungen zur Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung. In *B&B Agrar* 6/04
- ⁶ BESTE, A. (2005): Landwirtschaftlicher Bodenschutz in der Praxis. Grundlagen, Analyse, Management. Erhaltung der Bodenfunktionen für Produktion, Gewässerschutz und Hochwasservermeidung. Berlin
- ⁷ BAUCHHENS J. (1999): Die Bedeutung der Bodenorganismen für die Bodenfruchtbarkeit. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising



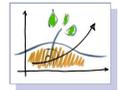
-
- ⁸ MÜLLER-SÄMANN, K. (1986): Bodenfruchtbarkeit und Standortgerechte Landwirtschaft in den Tropen. Eschborn
- ⁹ MÜLLER-SÄMANN, K.; KOTSCHI J. (2004): The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change – a Scoping Study. Bonn
FAO (Hrsg.), 2002: Organic Agriculture, environment and food security.
MITSCHIN TH. ; MAGAVE J.; JUNQUEIRO R., (1994): Amazônia. Alianças em Defesa da Vida = Série Poema.
PRIMAVESI, A., 1992: Agricultura Sustentável. Manual do produtor rural. Nobel-Verlag, Sao Paulo, Brasilien
SCHULZ, B., 1993: Ökologischer Landbau im Südosten Brasiliens. Ekopan-Verlag, Witzhausen
- ¹⁰ Literaturbelege in BESTE (2005)
- ¹¹ BESTE, A. (2005), 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 (ELSEA) e.V., "Erosion and Landslide - When Soil is moving away" 10/11, 04
Download: www.gesunde-erde.net
- ¹² KTBL (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Arbeitspapier 266, Darmstadt
PHILLIPS, R.E. und PHILLIPS, S.H. (1984): No-tillage agriculture, principles and practices. New York
- ¹³ BRAND-SASSEN, H. (2004): Bodenschutz in der deutschen Landwirtschaft. Dissertation Universität Göttingen
SCHÄFER, B. (2005): Herausforderung Agrarpolitik – Ackerbau ab 2005. Vortrag 56. Rheinheissische Agrartage, Nieder Olm
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
LAP (Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim) (Hg.) (2003): Pflanzenbauliche und wirtschaftliche Auswirkungen verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung. = Sonderheft 1, Forchheim
NORTON, D. (1999): New Erosion Control Technologies. 10th International Soil Conservation Organisation Conference, May 1999, West Lafayette, USA
WOLF, P. (1998): DTR-Blattfleckenkrankheit des Weizens. Getreide Magazin 4
ZWERGER, P. (1996): Integrated weed management in developed nations. Second International Weed Control Congress, Copenhagen
DIERKS R.; HEITEFUSS R. (Hg.) (1994): Integrierter Landbau. Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion. München
- ¹⁴ 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.



- EPPERLEIN, J. (2002): Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss konservierender und konventioneller Bodenbearbeitung auf ausgewählte biologische und physikalische Bodenparameter im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Dissertation Humboldt-Universität Berlin
- NITSCHKE et al. (2000): Minderung des P-Abtrags von Ackerflächen durch konservierende Bodenbearbeitung. Mittlg. Bodenkdl. Gesellschaft, Heft 92, S. 178-181
- KTBL (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Arbeitspapier 266, Darmstadt
- LPP (Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Hg.) (2002): Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Zwischenergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Mainz
- ¹⁵ 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
- 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. (2004): Pflugsohlenuntersuchung Holthausen. Im Auftrag von UNILEVER/ IGLO-Langnese, unveröffentlicht
- ¹⁶ eine Übersicht findet sich bei ZIMMERLING (2004), darüber hinaus
- BUCHNER, W. (2004): Bodengefüge im Rahmen der Fruchtfolge stabilisieren. In: Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung – Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung. = Texte 35/04 Umweltbundesamt, Berlin,
- SCHMIDT, W.-A. (2002): Umsetzung der konservierenden Bodenbearbeitung in Sachsen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe, LfL Sachsen, Leipzig
- WILKENS, K. (1994): Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf das Makrogefüge des Bodens. In: Tebrügge/Dreier (Hg.): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf den Boden. Gießen
- EPPERLEIN, J. (2002): Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss konservierender und konventioneller Bodenbearbeitung auf ausgewählte biologische und physikalische Bodenparameter im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Dissertation Humboldt-Universität Berlin
- ¹⁷ s. 15
- ¹⁸ BOUMA, J. (1981): Soil morphology and preferential flow along macropores. Agric. Water management 3
- ¹⁹ ein Überblick der Studien aus dem Jahre 1996 findet sich bei DÜRING, R.-A. (1996): Beiträge zum Verhalten ausgewählter Herbizide und einiger ihrer Metaboliten in differenziert bearbeiteten Böden. Boden und Landschaft. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie Bd. 9, Gießen
- 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. (2002): Umsetzung der konservierenden Bodenbearbeitung in Sachsen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landwirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe, LfL Sachsen, Leipzig
- TITI, ADEL EL (Hg.) (2003): Soil Tillage in Agroecosystems. London, New York
- ²⁰ BESTE, A. (2005), BESTE, A. (2003): Erweiterte Spatendiagnose. Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung.“ Dissertation, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- 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
- ROTH, C. H. (1996): Aggregation Indices to Characterize Structural Breakdown of Dry Soil Samples by Air Slaking. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 159
- MULLA, D.J. et al. (1992): Temporal Variation in Aggregate Stability on Conventional and Alternative Farms. Soil Sci. Soc. Am. J. 56
- SCHACHTSCHABEL, P.; HARTGE, K. (1958): Die Verbesserung der Strukturstabilität von Ackerböden durch eine Kalkung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 83
- ²¹ GENGENBACH, 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): Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat. In: Bioland 3/2003
- DERPSCH, R. (1991a): Do crop rotation and green manuring have a place in the wheat farming systems of the warmer areas? Wheat for the nontraditional warm areas. Proceedings of the International Conference, July 29 - August 3, 1990, Foz do Iguacu, Brazil, Ed. Saunders, D.A., México, D.F., CIMMYT
- DERPSCH, R. et al. (1991b): Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf
- ²² Literaturbelege in BESTE (2005)
- ²³ BRUNOTTE, J. et al. (1992): Die Bedeutung der Zwischenfrucht in der Zuckerrübenfruchtfolge. In: Zuckerrübe 41
- BRAND-SASSEN (2004), LÜTKE-ENTRUP/SCHNEIDER (2004)
- ²⁴ Bei 15 Standorten u. 2-facher Wiederholung, Versuchsdauer: 8 Jahre
- LAP (Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim) (Hg.) (2003): Pflanzenbauliche und wirtschaftliche Auswirkungen verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung. = Sonderheft 1, Forchheim



²⁵ KREYE, H. (2001): Auswirkungen nichtwendender Bodenbearbeitung auf das Schadorganismenaufreten in einer Zuckerrüben Weizen-Weizen-Fruchtfolge. Göttingen

²⁶ BESTE, A. (2003), 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. 35 S. mit farbigen Abb., incl. CD-Rom mit Beispielbildern Preis: 24,80 Auch in Englisch (als PDF).

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

BESTE, A. (2007): Boden und Bodenschutz. Fortbildung und Beratung zu Humusmanagement und Strukturaufbau notwendig. In: B&B Agrar 6/07.