

**Aus dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung**

**Joachim Brunotte**

**Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis :  
Bodenerosion mindern, Bodenleben fördern**

Manuskript, zu finden in [www.fal.de](http://www.fal.de)

Published in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 256,  
pp. 79-86

**Braunschweig  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
2003**

## Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis: Bodenerosion mindern, Bodenleben fördern

Joachim Brunotte\*

### Kurzfassung

Die 'Verminderung von Bodenerosion' und die 'Förderung von Bodenleben' sind in dem 1998 verabschiedeten Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) zwei wesentliche Aspekte zukünftiger Landbewirtschaftung. Der Landwirt kann durch die Gestaltung von Fruchtfolge und Gerätetechnik Vorsorge betreiben. Auf stark erosionsgefährdeten Standorten gelingt es nach früh räumender Vorfrucht, Wintergerste mit einer Zwischenfrucht, Bedeckungsgrade >50 % zu erreichen und damit Oberflächenabfluss und Bodenerosion auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Zudem fördern Rückstände an der Oberfläche die Aktivität der Regenwürmer und damit die Infiltration von Wasser und die Bodenstruktur.

Bodenschonendes Befahren bei Bodenbearbeitung und Ernte hat für eine Erhaltung und Förderung von Bodenstruktur und Bodenleben zu sorgen. Insbesondere bei der Nutzung der Vorfruchtrückstände zum Bodenschutz kann es unerwünschte Nebeneffekte hinsichtlich Pflanzenkrankheiten (DTR, Fusariosen) kommen. Hier sind im Sinne einer integrierten Landbewirtschaftung Vermeidungsstrategien durch weite Fruchtfolgen, Sortenwahl und gezielten Pflanzenschutz anzuwenden. Bei der Betrachtung von Ertragsentwicklung, Bodenschutzaspekten und Kosten sind Mulchsaatenverfahren eine richtungweisende Alternative zur Bodenbearbeitung mit Pflug. Standortgefährdung, Fruchtfolge, Technikausstattung und Managementanforderungen entscheiden über die Wahl der Verfahren.

*Schlüsselwörter: Bodenerosion, Bodenleben, Bedeckungsgrad, Bodenbearbeitung, Bodenschutz*

### Abstract

#### Good practice management – reducing soil erosion, promoting soil life

The reduction of soil erosion and the promotion of soil life are two major aspects of future land cultiva-

tion which have been passed in the Federal Soil Protection Act in 1998. The farmer can take precautions by means of crop rotation and the input of implements. On sites with a high danger of erosion it is possible to achieve soil covers of >50 % with an intermediate crop following winter barley as the previous crop, which has been harvested early, and thus reducing surface runoff and soil erosion to a minimum. Moreover, residues on the surface improve the activity of rain worms, the infiltration of water and the soil structure, as well.

Soil protecting trafficking during soil tillage and harvest takes care of the conservation and improvement of soil structure and soil life (the edaphon). Especially when using the residues of the preceding crop for soil protection undesirable side effects concerning plant diseases (DTR, Fusarium) can occur. Here, in the meaning of integrated soil cultivation, strategies of avoidance have to be applied by means of crop rotation, the choice of variety and special plant protection. Considering the development of yields, the aspects of soil protection and the costs mulch seeding systems are an alternative to soil tillage with a plough. Site-endanger, crop rotation, equipment with implements and the management demands decide about the choice of the cultivation system.

*Keywords: Soil erosion, soil life, degree of soil coverage, soil tillage, soil conservation*

### 1 Einführung

Bodendegradierung ist ein globales Problem. Weltweit sind 15 % der Landoberfläche degradiert, davon 56 % durch Wasser- und 28 % durch Winderosion, europaweit ist an der Degradierung die Wassererosion mit 52 % beteiligt (Oldemann et al, 1991). Für Deutschland wird angenommen, dass im langjährigen Mittel bei regional großer Variation 8 t/ha/a durch Erosion verloren gehen (Auerswald und Schmidt, 1986). In Niedersachsen sind 10 % der Ackerfläche potenziell erosionsgefährdet (Schäfer et al, 2002).

\* Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Die Ursachen liegen u. a. in einer nicht standortangepassten Bodenbewirtschaftung, die bei bestimmten Standort- und Witterungsbedingungen zu einer Beeinträchtigung der Bodenfunktionen und benachbarter Ökosysteme durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge führen können (Frielinghaus et al. 1999). In Deutschland haben 1980 (Sommer, 1985), lange vor der Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG, 1998), Aktivitäten zur Vorsorge gegen Bodenerosion begonnen. Diese Vorsorgepflicht ist in § 17 im BBodSchG präzisiert (Abs. 2, Punkt 4): "Bodenabträge sind durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung, möglichst zu vermeiden." Sehr eng damit verknüpft ist ein weiterer Aspekt des Gesetzes: "Die biologische Aktivität des Bodens ist durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung zu erhalten und zu fördern."

Zur Umsetzung dieser Forderungen in dem BBodSchG benötigen Landwirte und Berater nachvollziehbare Handlungsempfehlungen sowie einfach zu ermittelnde und aussagekräftige Parameter zur Planung von Schutzmaßnahmen. Für die Bereiche 'Bodenerosion durch Wasser' und 'Bodenleben' wird im Folgenden dargelegt, welche technisch-pflanzenbaulichen Lösungsansätze und Strategien entwickelt wurden, um die gute fachliche Praxis umzusetzen.

## 2 Problemstellung und Zielsetzung

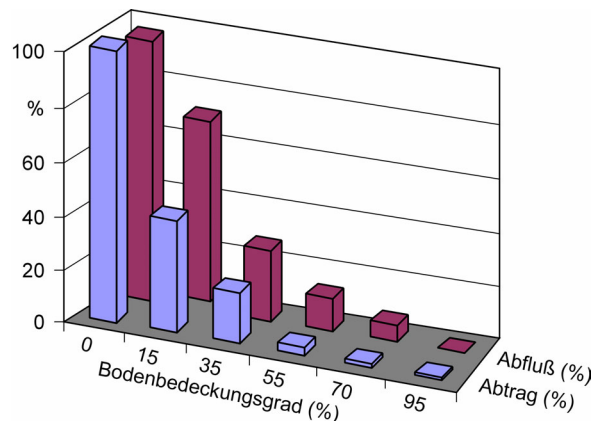
Hängige Ackerflächen mit unbedeckter Oberfläche und weitreihigen Sommerungen wie Zuckerrüben, Mais und Kartoffeln sind durch Bodenerosion mit Wasser stark gefährdet. Herbstpflugfurche mit Frühjahrssaatbettbereitung mit modernen Parallelogrammgeführten Saatbettkombinationen führen zu feinkrümeliger Oberkrume und lassen hohe Feldaufgänge erzielen. Wegen der Vielzahl der Werkzeuge arbeiten gezogene Saatbettkombinationen genauso intensiv wie Zapfwellen getriebene Eggen.

Treffen Regentropfen aus Gewitterregen mit hoher Energie auf die Bodenoberfläche, wird Feinmaterial abgesprengt und zur Seite geschleudert, welches die Wasser führenden Poren verstopft. Dieser Prozess der Oberflächenverschlammung ist definiert als eine "Verdichtung der obersten 0-3 mm mit einer stark herabgesetzten Wasser- und Luftleitfähigkeit." Ist die Niederschlagsmenge größer als die Infiltrationsleistung des Bodens, beginnt insbesondere in Vertiefungen (Fahrspuren) Oberflächenabfluss und Bodenerosion. Onsite-Schäden entstehen bei Ablagerung auf der Fläche, Offsite-Schäden bei Ablagerung außerhalb der Fläche.

Vor dem Hintergrund 'Bodenschutz' ist die Zielsetzung jeglicher Bodenbewirtschaftung die Verminderung von Verschlammung und Oberflächenabfluss. Solange die Kulturpflanze den Boden nicht bedeckt, helfen nur organische Rückstände von Vor- und/oder Zwischenfrüchten, die hohe Energie der Regentropfen zu brechen und die Oberfläche zu schützen. Daneben fördern Rückstände die Aktivität des Bodenlebens, weil z.B. Regenwürmer auf Nahrungssuche den Boden durchporen.

Neben diesen beiden positiven Effekten von Rückständen, sind Reststoffe allerdings auch Träger für Sporen von Krankheiten (z.B. DTR, Fusarien), die unter bestimmten Witterungsbedingungen zur Infektion der Kulturpflanzen führen können.

Beim physikalischen Bodenschutz nimmt der Bodenbedeckungsgrad durch Pflanzenreste eine zentrale Rolle bei der vorsorgenden Minderung von Abfluss und Bodenerosion ein. Der Bedeckungsgrad ist ein Agrarumweltindikator zur Beschreibung der aktuellen Erosionsgefährdung. Schon 50 % Bedeckung reichen aus, um Erosion, und 75 % Bedeckung reichen aus, um Runoff gänzlich zu mindern (Roth et al, 1990, Abb. 1). Nach der Gefährdungssituation des Standortes waren technische und pflanzenbauliche Lösungen zu entwickeln, das heißt, der Geräteeinsatz ist innerhalb der Fruchtfolge so zu gestalten, dass eine maximale Vorsorge gegen Bodenerosion erreicht wird.



nach Roth, Brunotte und Sommer, 1992

Abbildung 1  
Einfluss der Bodenbedeckung auf den Oberflächenabfluss und Bodenabtrag einer erodierten Parabraunerde

## 3 Handlungsempfehlungen zur Minderung von Bodenerosion

Nun gilt nicht eine Handlungsempfehlung für ganz Deutschland. Vielmehr sind nicht zu beeinflussende Faktoren, wie Niederschlagsintensität, Hangcharakteristik und Bodenparameter vorgegeben und damit

Ausmaß für die potenzielle Erosionsgefährdung. Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Technikeinsatz sind dagegen vom Betriebsleiter zu beeinflussen (Brunotte 2001, Abb. 2).

Grundsätzlich wird bei den Handlungsempfehlungen zwischen drei Strategien unterschieden:

- Verbesserung der Bodenstruktur,
- Veränderung der Fahrzeugparameter und
- Änderung der Arbeitsverfahren.

satz auf einen verzögerten Strohabbau auszurichten (Brunotte et al., 1999; Abb.3).

Bei Bedeckungsgraden >50 % ist für eine funktionsichere Aussaat die Schneidscheiben-Sätechnik nicht mehr ausreichend; die von Zach und Sommer in der FAL entwickelte Räumsscheiben-Sätechnik muss eingesetzt werden (Sommer et al., 1985; Abb. 4). Hier wird ein schmaler Streifen von Rückständen frei geräumt, so dass in der Saatzeile eine störungsfreie Ablage erfolgen kann. Um die Erosion auch dort zu

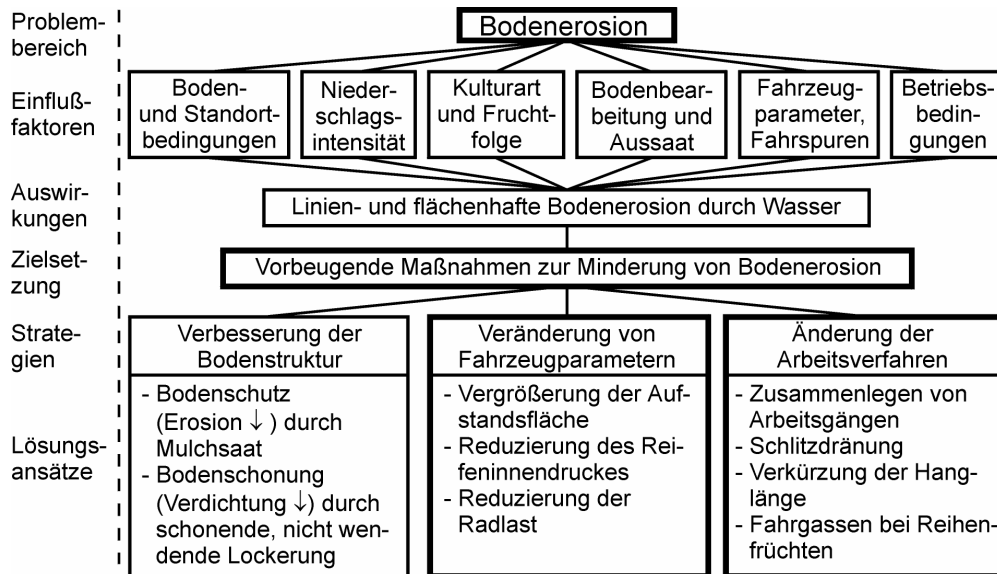


Abbildung 2  
Auswahl verschiedener Strategien zur vorsorglichen Vermeidung von Bodenerosion

Dabei wird mit der Auswahl des Bodenbearbeitungsverfahrens der entscheidende Einfluss auf die Bodenstruktur und damit auf die Erosionsanfälligkeit genommen. Konservierende Bodenbearbeitung mit den Bausteinen Mulchsaat und schonende Lockerung leisten den effektivsten Beitrag zur Vorsorge.

Der Lösungsansatz auf der Fahrzeugseite ist die Vermeidung von Fahrspuren, die der linienhaften Erosion Vorschub leisten: breite Reifen mit geringem Reifeninnendruck, auch bei Pflegearbeiten, sind richtungweisend. Werden die Arbeitsverfahren dahingehend geändert, dass Arbeitsgänge zusammengelegt werden, wird durch eine geringere Überrollhäufigkeit zur besseren Infiltrationsleistung des Bodens beigetragen.

Am Beispiel der erosionsanfälligen Frucht Zuckerrübe werden die Auswirkung der drei Strategien erläutert. Liegt ein stark erosionsgefährdeter Standort vor, ist eine früh räumende Frucht wie Wintergerste anzubauen, um anschließend eine Zwischenfrucht integrieren zu können, die einen hohen Bedeckungsgrad (>50 %) liefern kann. Dies wird neuerdings als Umweltleistung über die Modulation gefördert. Bei geringer bis mittlerer Erosionsgefährdung reichen i. d. R. auch die Rückstände der Vorfrucht Winterweizen/Winterroggen aus – allerdings ist der Technikein-

vermeiden, wird das Saatgut mit Hilfe von Zudeckscheiben mit Boden und Stängeln bedeckt

Für das Erosionsausmaß ist auf landwirtschaftlichen Flächen zu 50 % quasiflächenhafte Erosion und zu 50 % linienhafte Erosion verantwortlich. Das heißt, die Fahrgassen sind die Hauptabflussrinnen für Wasser und Boden. Die Mulchsaat ist als Vorsorgemaßnahme allein nicht ausreichend. Sie ist von der Fahrzeugseite zu ergänzen durch Boden schonendes Befahren, das heißt, es sind auch in Reihenfrüchten Fahrgassen anzulegen, die dem breiteren Reifen Platz lassen (Brunotte et al., 1993; Abb. 5).

Wird zusätzlich von einer Anbau- auf eine Anhängerspritze übergegangen, ist dies mit einer Radlastreduzierung verbunden, und der Reifeninnendruck kann auf ca. 1 bar gesenkt werden. Reichen diese Maßnahmen in steilen Hanglagen nicht aus, kann in Reihenfrüchten eine Fahrgassenbegrünung mit Wintergerste, bzw. eine Intervallfahrgassenschaltung im Getreide erfolgen. Bei Zuckerrüben sind die Fahrgassen ertragsneutral ab einer Arbeitsbreite von 16 m. Die technische Ausrüstung einer Fahrgassenschaltung ist allerdings noch wesentlich teurer als die Einsparung beim Saatgut.

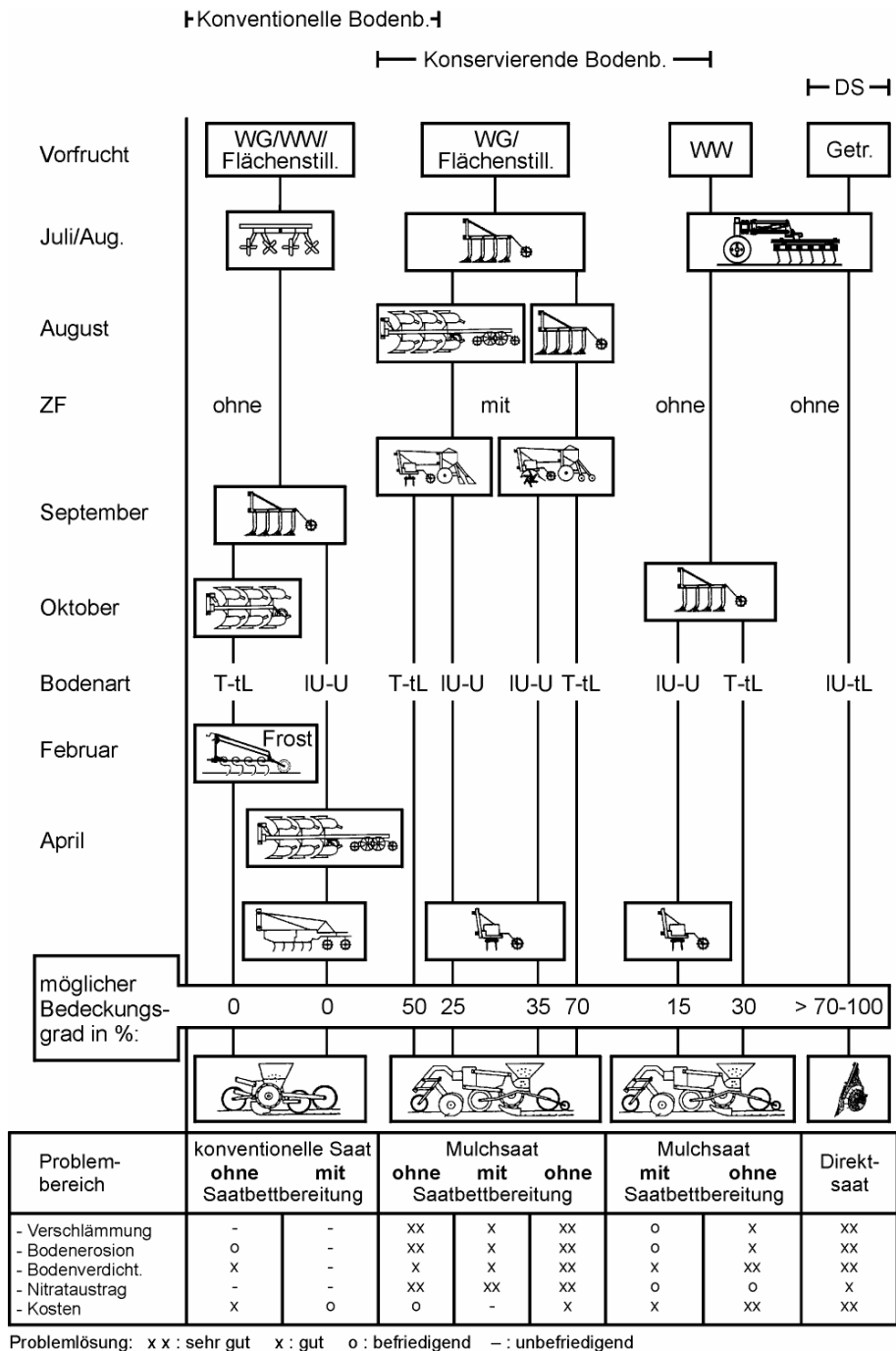


Abbildung 3  
 Geräteinsatz bei Bodenbearbeitung mit Pflug und konservierender Bodenbearbeitung zur Erzielung unterschiedlicher Bedeckungsgrade

Die Einschätzung der Gefährdungsstufen von Ackerschlägen und die Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit wird zurzeit in Niedersachsen durch ein FuE-Vorhaben des Landwirtschaftsministeriums Hannover bearbeitet. Es sind sicherere Empfehlungen zur Wahl der Maßnahmen im Rahmen der Modulation zu erwarten.

Welchen Einfluss vor dem Hintergrund des BBodSchG die Erhaltung der Krümmenmächtigkeit hat, zeigt Abb. 6 (Wessolek et al., 1992). Erosion führt zu einer Minderung des effektiven Wurzelraumes, damit zu einer Minderung der nutzbaren Feldkapazität, was hier eine Ertragsminderung von 10 % nach sich zieht.

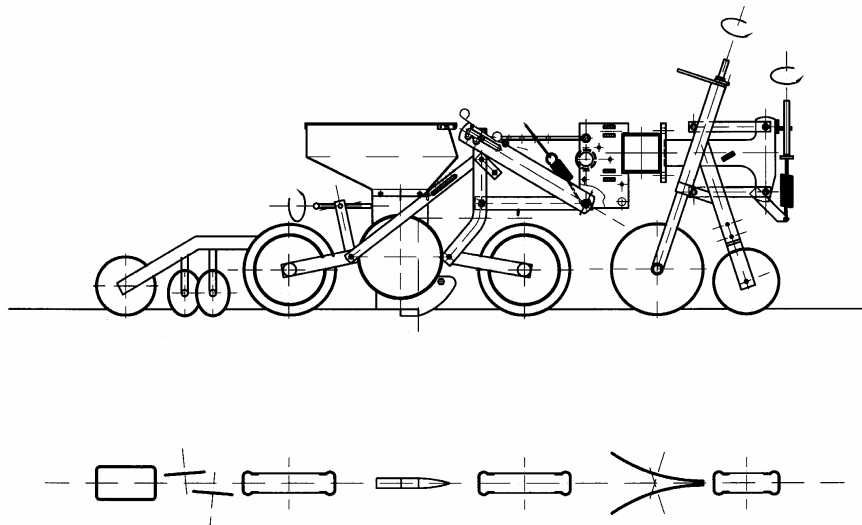


Abbildung 4  
Räumscheiben-Sätechnik für die Mulchsaat von Zuckerrüben

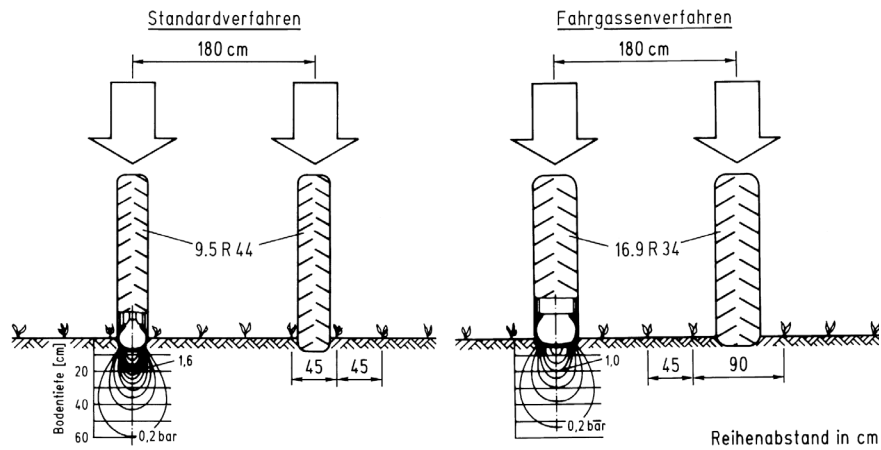


Abbildung 5  
Pflugesystem bei Zuckerrüben

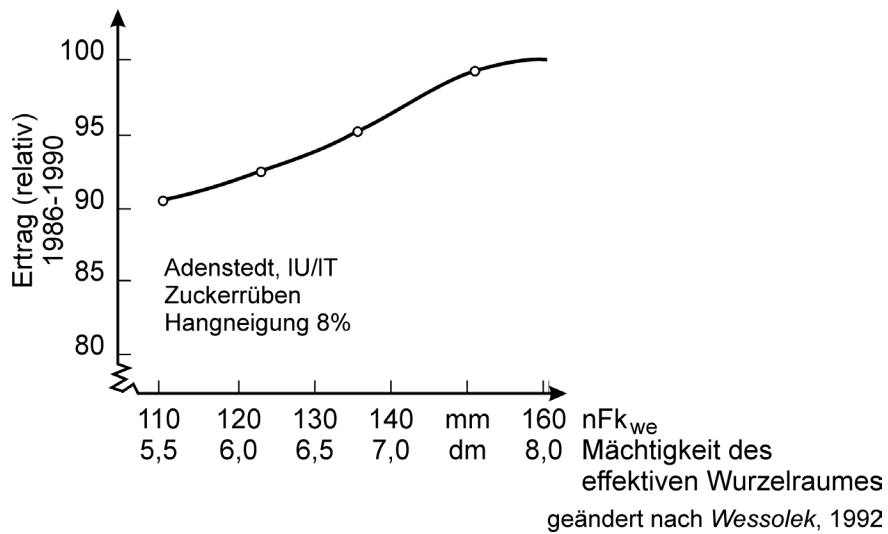


Abbildung 6  
Relativverträge bei Zuckerrüben am Standort Adenstedt als Funktion der Lößauflagemächtigkeit

Ertragshebungen über 15 Jahre zeigen, dass die Mulchsaat zu einer Stabilisierung bis leichtem Anstieg der Rübenenerträge geführt hat (Abb. 7). Auf Tonstandorten ist die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung (MSoS) im Vorteil, da bei der Bestellung i. d. R. keine schädlichen Bodenverdichtungen erzeugt werden. Auf Lehmstandorten wird durch Strohrückstände die Verschlämmung weitestgehend vermieden, so dass die Mulchsaat mit Lockerung gegenüber der Frühjahrspflugfurche im Vorteil ist. Moderne Grubber sind heute in der Lage, ausreichend Rückstände im Sinne des Bodenschutzes an der Oberfläche zu belassen.

Nahrung z.B. für Regenwürmer. Sie beeinflussen den Wasser- und Stoffhaushalt, tragen zur Gefügebildung bei und fördern das Pflanzenwachstum. Sie sind somit eine wichtige Gruppe für die "biologische Bodenbearbeitung" auf dem Acker. Reststoffe an der Bodenoberfläche sind für die Regenwürmer Temperatur- und Verdunstungsschutz.

Zu unterscheiden sind die häufig vorkommenden Flachgräber (*Aporrectodea caliginosa*, *-rosea*) und die Tiefgräber (*Lumbricus terrestris*). Da letztere auf Pflanzenreste an der Bodenoberfläche angewiesen sind, werden sie durch Mulchsaatverfahren stark ge-

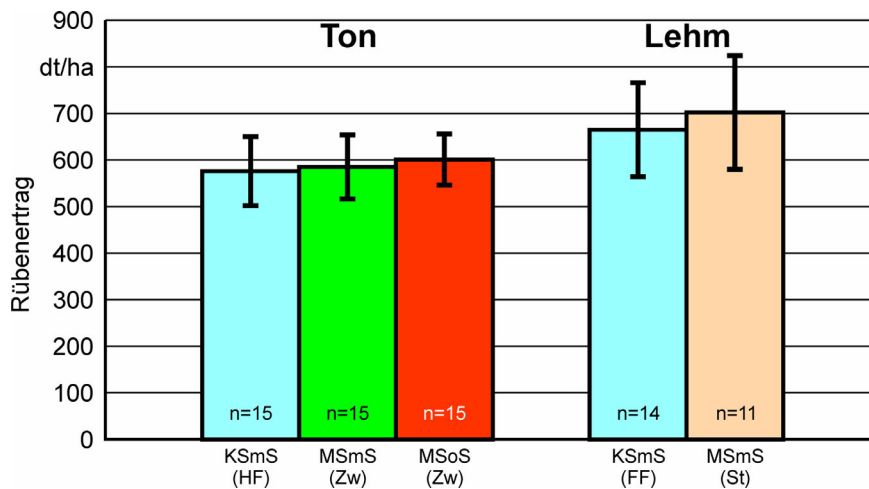


Abbildung 7  
Ertragsniveau von Zuckerrüben nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung über einen Zeitraum von 15 Jahren

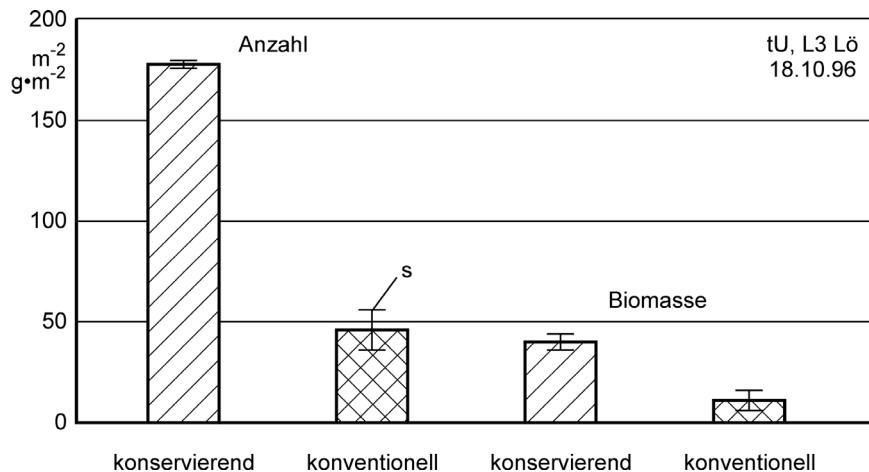


Abbildung 8  
Regenwurmbesatz nach konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung

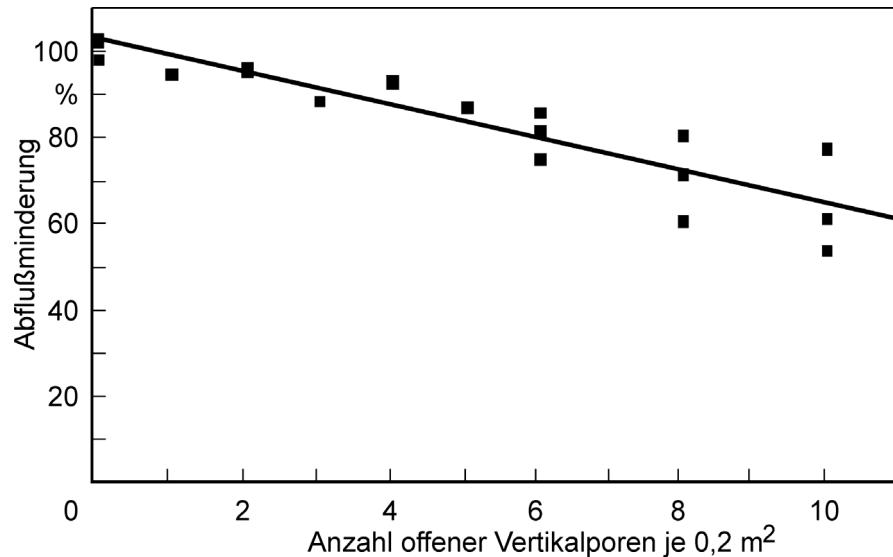
#### 4 Handlungsempfehlungen zur Förderung des Bodenlebens

Neben der Verschlämmungsminderung bewirken Oberflächenrückstände eine Förderung der biologischen Aktivität des Bodens. Organisches Material ist

fördert (Joschko, 1998; Abb. 8). So ist die Anzahl der Regenwürmer wie ihre Biomasse bei Mulchsaatverfahren bis zu viermal so hoch wie nach Pflugfurche, wo das organische Material im Boden vergraben wird. Insbesondere der *Lumbricus terrestris* schafft biogene Vertikalporen, die sich durch eine hohe Kontinuität

auszeichnen und in der Lage sind, große Wassermengen aufzunehmen. So bewirken 50 intakte Röhren/m<sup>2</sup> eine Abflussminderung von 35 %, wie in Gefäßversuchen nachgewiesen, und beugen somit entschieden Bodenerosion vor (Abb. 9).

Diese Röhren sind ferner für die Gefügestabilität von Bedeutung, weil Strukturen gegenüber Druckbelastung umso stabiler sind, je ausgeprägter sie in Richtung der einwirkenden Belastungsimpulse ausgerichtet sind (Hartge et al., 1980). So sind die Anzahl der Regenwürmer und damit die Gangsysteme nach



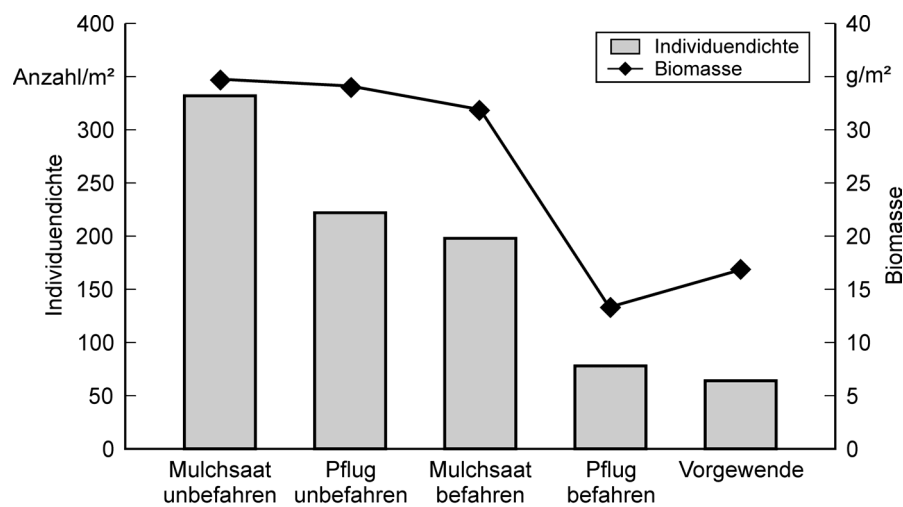
nach Joschko u. Roth, 1990

Abbildung 9  
Abflussminderung in Abhängigkeit von biogenen Vertikalporen

Dieser Effekt ist nicht nur im Frühjahr, sondern auch im Herbst von ausschlaggebender Bedeutung, wenn hohe Niederschlagsmengen zur Ernte von Kartoffeln, Silomais und Zuckerrüben fallen. Das Wasser wird schnell in tiefere Bodenzonen abgeleitet, so dass die Erntearbeit bei weniger feuchten Bedingungen durchgeführt werden kann.

einer Überrollung mit einer Radlast von 10 t durch einen Köpfrdebunker in einer Mulchsaat weniger reduziert als nach Bodenbearbeitung mit Pflug (Abb. 10).

Am stärksten ist die Lebensraumfunktion am Vorgewende beeinträchtigt, da hier hohe Radlasten zusammen mit hoher Überrollhäufigkeit auf die Regenwürmer negativ einwirken.



nach J. Epperlein, Berlin

Abbildung 10  
Regenwurmdichte nach 10-t-Belastung durch einen 6-reihigen Köpfrdebunker bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung



## 5 Abschließende Bewertung – Perspektiven

Die Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis nach dem BBodSchG sind für die Problemreiche Bodenerosion und Bodenleben durch Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche umzusetzen. Rückstände mindern nicht nur die Erosivität von Starkregen, sondern fördern auch die Aktivität von Regenwürmern. Mulchsaat und Regenwurmröhren erhöhen die Wasseraufnahmefähigkeit von Böden und beugen Bodenerosion vor – in Verbindung mit Boden schonendem Befahren werden diese Röhren erhalten.

Auf der anderen Seite können von Rückständen an der Oberfläche auch unerwünschte Nebeneffekte ausgehen, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Auf Strohresten von Getreide überwintern z.B. hartnäckige Sporen von Pflanzenkrankheiten wie *Drechslera tritici repentis* (DTR) und Fusariosen. Besonders letztere spielen in der Folge Mais-Weizen bzw. Weizen-Weizen eine wichtige Rolle. Fordert der erosionsgefährdete Standort unausweichlich Bodenschutzmaßnahmen, so sind alle flankierenden Maßnahmen in Richtung Vermeidungsstrategien von Pflanzenkrankheiten auszurichten. Im Fall Fusariosen ist ggf. die Fruchtfolge z.B. mit Körnerleguminosen zu erweitern, weniger anfällige Weizensorten sind gefragt, und ein gezielter Pflanzenschutz mit Azolfungiziden in der Blüte des Weizens hat stattzufinden.

Die durch die Regenwürmer angelegten Vertikalporen sind positiv für eine schnelle Wasserableitung. Sie können in feuchten Jahren aber auch von Schnecken als "Bewegungsröhren" an die Oberfläche genutzt werden. Dem ist durch eine gezielte Rückverfestigung mit Packerwalzen bzw. gezielte Applikation mit Schneckenkorn entgegenzuwirken.

Die Pflanzenschutzkosten für Mulchsaatverfahren sind meist vergleichbar mit Bodenbearbeitung nach Pflug, können standort- und jahresbedingt auch leicht erhöht sein. Durch die Einsparungen im Bereich Bodenbearbeitung ist die Gesamtrentabilität bei konservierenden Verfahren im Vergleich zu konventionellen Verfahren höher, die positiven Auswirkungen auf den Bodenschutz sind dabei noch nicht monetär bewertet.

Da trotz dieser Vorteile die Akzeptanz konservierender Bearbeitungsverfahren im Sinne des Bodenschutzes in der Praxis noch zu verbessern ist, weist die Modulation, bei der Subventionen an Umweltleistungen geknüpft werden, in die richtige Richtung. So zeichnen sich Mulchsaatverfahren mit Zwischenfrüchten eindeutig durch positive Effekte für den Bodenschutz aus. Mulchsaatverfahren nach Strohrückständen sind im Sinne einer integrierten Landbewirtschaftung mit einem anspruchsvollen Management so zu gestalten, dass sowohl Bodenschutzbelange, wie auch Verbraucherschutzbelange berücksichtigt werden.

## Literatur

- Auerswald K, Schmidt F (1986): Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern. Karten zum flächenhaften Bodenabtrag durch Regen. GLA Fachbereich 1, Geologisches Landesamt München
- Brunotte J (2001): Schutz vor Wassererosion in Niedersachsen. In: BMVEL Bund-Länder.Papier (Hrsg.): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtung und Bodenerosion: 74-79
- Brunotte J, Sommer C (1993): Fahrgassen im Zuckerrübenanbau. Zuckerrübe 42 (6): 344-349
- Brunotte J, Winnige B, Frielinghaus Mo, Sommer C (1999): Der Bodenbedeckungsgrad – Schlüssel für gute fachliche Praxis im Hinblick auf das Problem Bodenabtrag in der pflanzlichen Produktion. Bodenschutz 2: 57-61
- Frielinghaus Mo, Bork HR (1999): Schutz des Bodens. Bonn: Economica Verlag, 169 p
- Hecker J-M (2002): Morphometrie und Dynamik verschlammter Bodenoberflächen. Berlin: Wissensch. Verlag, 321 p, ISBN 3-936846-03-0
- Joschko M (1998): Konservierende Bodenbearbeitung und biologische Aktivität. Landbauforschung Völkenrode 4: 199-212
- Oldemann LR, Hakkeling RTA, Sombroek VG (1991): World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation GLASOD. Wageningen: Intern. Soil Reference and Information Centre (ISRIC)
- Roth H, Brunotte J, Sommer C (1990): Die Bedeutung von Verschlammungen und Verdichtungen auf Lössböden. Zuckerrübe 39 (1): 50-57
- Schäfer W, Severin K, Mosimann Th, Brunotte J, Thiermann A, Bartelt R (2003): Bodenerosion durch Wasser und Wind. In: Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen Teil: Bodenerosion und Bodenversiegelung. Nieders. Landesamt für Ökologie, Hildesheim, 13-29
- Sommer C, Zach M, Dambroth M (1985): Konservierende Bodenbearbeitung – Ergebnisse und Erfahrungen aus der Praxis. Agrar-Übersicht 5: 14-18
- Wessolek G, König R, Renger M (1992): Entwicklung und Anwendung von Wasserhaushalts- und Photosynthesemodellen für Hangstandorte. Bodenökologie und Bodengeneese 8: 96 p