

# Langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung – Konzept<sup>1)</sup>

Dr.-Ing. C. Sommer/Dipl.-Ing. M. Zach, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode  
 Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (BRD)  
 Dr. agr. F. Noatsch/Dr. agr. O. Bosse, KDT, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

## Problemstellung

Neben der Diskussion zum Umweltschutz bezüglich Luftreinhaltung und Lärmbekämpfung rückt der Schutz natürlicher Ressourcen immer mehr in das Bewußtsein der Öffentlichkeit. Großflächige Schäden am Waldbestand und regionale Belastung des Trinkwassers geben Anlaß zu der Sorge, daß bisher nicht ausreichende Vorkehrungen getroffen worden sind, um mittel- und langfristig auch schwerwiegende oder gar irreparable Schädigungen des Bodens auszuschließen.

In der Pflanzenproduktion ist neben den möglichen Belastungen des Bodens durch organische und mineralische Düngung sowie durch Pflanzenschutzmittel und artenarme Fruchtfolgen die heute übliche Intensität der Bodenbearbeitung – zunächst unabhängig von den eingesetzten Geräten, etwa ob mit oder ohne Pflug – kritisch zu betrachten: Ein ungeschütztes Saatbett ist anfällig gegen Bodenabtrag durch Wasser oder Wind, überlockerte Böden sind verdichtungsempfindlich und leisten unproduktivem Humusabbau bzw. unproduktiver Nährstofffreisetzung Vorschub.

Zwar sind keine Belege dafür vorhanden, daß die Bodenfruchtbarkeit und weitere Funktionen des Bodens, wie etwa sein Umsetzungs-, Filter- und Puffervermögen für feste, lösliche und gasförmige Stoffe, heute grundsätzlich in Gefahr wären. Dennoch ist nicht zu übersehen, daß Stoffeintrag und Stoffaustrag, Bodenerosion sowie Bodenverdichtung mittel- und langfristig zu Problemereichen werden können. Deshalb ist solchen Gefahren dort vorzubeugen, wie sie sich bereits abzeichnen oder wo ihnen nach dem besten Kenntnisstand im Sinne der Vorsorge entgegenzuwirken ist. Solche Gefahren auszuschließen ist besonders dann schwierig, wenn zu akzeptieren ist, daß die zu erhaltenden Funktionen des Bodens vielschichtig und mit der Ertragsfähigkeit allein nicht abgedeckt sind. Allerdings sind die aufgeführten ökologischen Bodenfunktionen mit der pflanzenbaulich verstandenen Bodenfruchtbarkeit weitgehend kongruent [1].

Die Aufgaben der Bodenbearbeitung (Schaffung eines günstigen Bodengefüges in der Ackerkrume, kontinuierlicher Übergang zum Unterboden, Bereitung des Saat- und Pflanzbettes, mechanische Bekämpfung von Unkraut und Ausfallgetreide, Einarbeitung von Ernterückständen und Nährstoffen) haben sich über lange Zeit kaum verändert. Dagegen hat sich unter dem Druck ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen die

Zielsetzung, die zukünftig Rückwirkungen auf die o. g. Aufgaben zur Folge haben muß, erweitert. Heutige Forderungen sind,  
 – die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten  
 – Erträge und Ertragsqualität zu sichern  
 – Kosten zu reduzieren  
 – Ansprüchen des Bodenschutzes (u. a. im Hinblick auf Nährstoffauswaschung) gerecht zu werden.

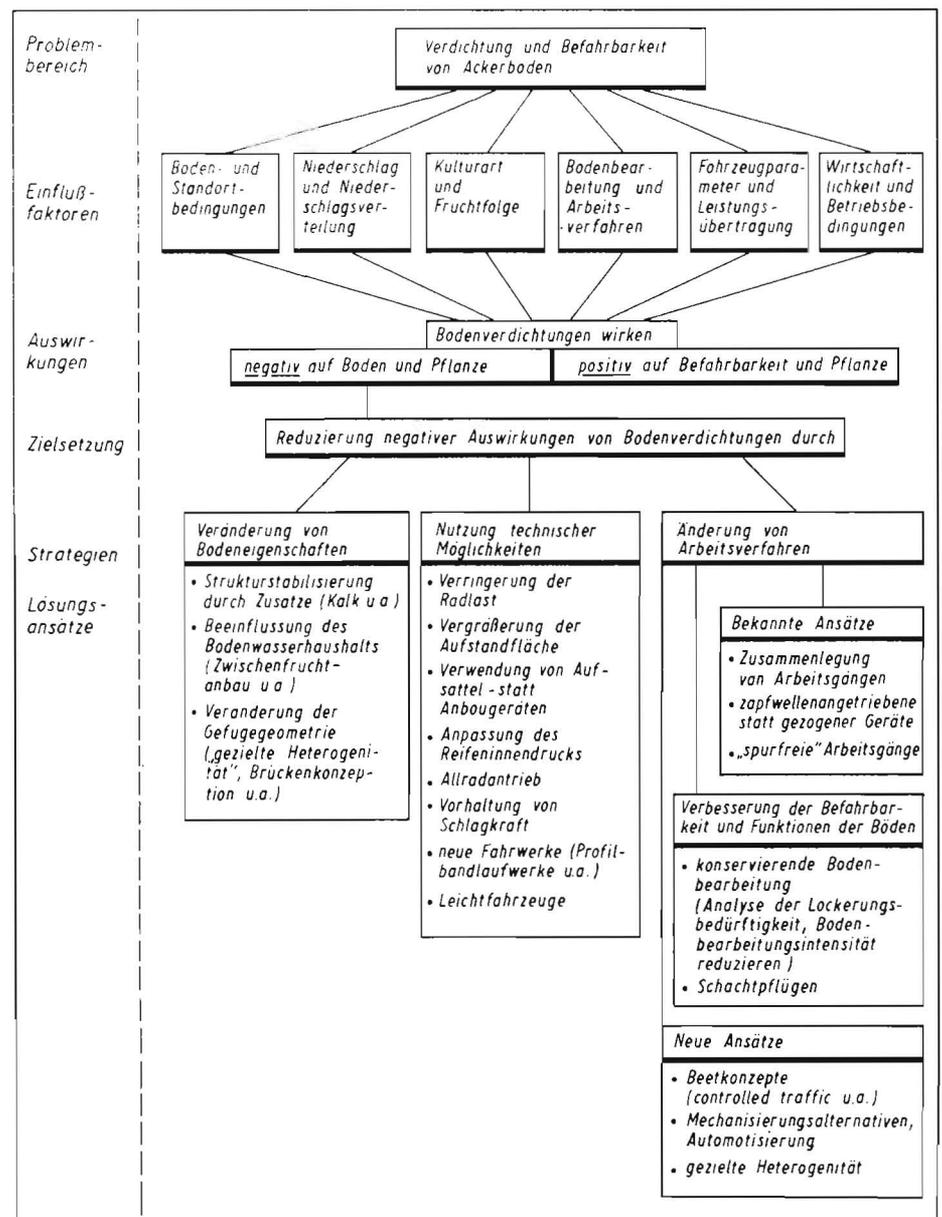
Wenn in der Vergangenheit auch die Bodenbearbeitung durch Vertiefung der Ackerkrume ihren Anteil an der positiven und nicht abgeschlossenen Entwicklung im Hinblick auf die Bodenfruchtbarkeit (Erträge und Ertragsqualität) hatte, so sind heute die Möglichkeiten der Kosteneinsparung und die Ansprüche des Bodenschutzes mit in den Vordergrund zu rücken. Hierbei hat die konven-

tionelle Bodenbearbeitung aufgrund der ständig intensiven Lockerung und der Einarbeitung der Reststoffe in tiefere Bodenschichten gegenüber konservierender/schonender Bodenbearbeitung erhebliche Nachteile.

Weltweit werden seit Jahrzehnten Erfahrungen mit „conservation tillage“ zur Erosionsbekämpfung gemacht [2]. Wo dieses Problem regional auch unter hiesigen Bedingungen von Bedeutung ist, sind entsprechende Verfahrenstechniken einzuführen und weiterzuentwickeln. Die Einführung in die Praxis bedarf auch der Missionsarbeit, trifft jedoch dort auf großes Interesse, wo es der Landwirt häufig mit diesem Problem zu tun hat [3, 4].

Etwas anders liegen die Dinge im Hinblick

Bild 1. Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen mit Strategien zu deren Vermeidung



1) Die Arbeit entstand im Rahmen des Projektes 19 des Abkommens zwischen den Regierungen der BRD und der DDR über die Zusammenarbeit auf den Gebieten der Wissenschaft und Technik vom 8. September 1987. Sie wird in ähnlicher Form in der Zeitschrift „Landbauforschung Völkenrode“ veröffentlicht.

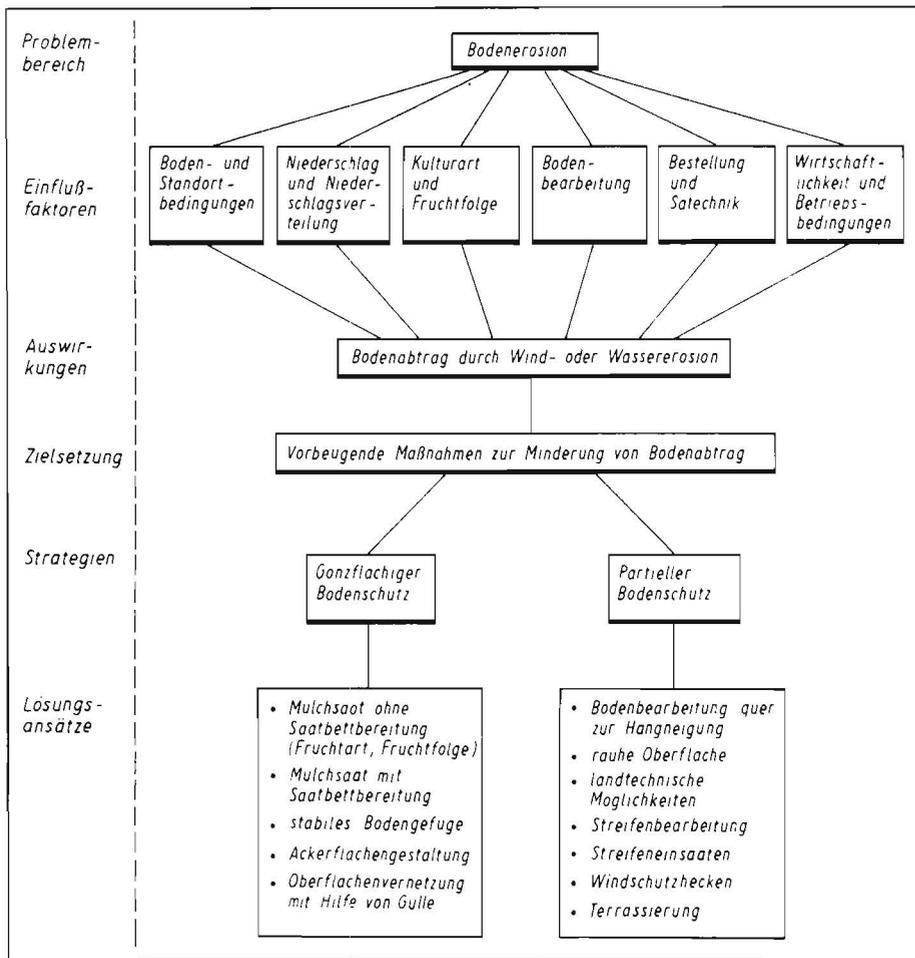


Bild 2. Ursachen der Bodenerosion mit Strategien zu deren Minderung

auf den Problembereich „Bodenverdichtung“. Für den Landwirt sind Bodenverdichtungen – vor allem mit negativen Auswirkungen auf Boden und Pflanzen – nicht leicht zu beurteilen. Bodenverdichtungen finden nicht wie Bodenerosion sichtbar auf der Ackeroberfläche statt, sondern befinden sich im Bodenprofil und sind als Unterbodenverdichtungen, d. h. unterhalb der jährlichen Arbeitstiefe der Grundbodenbearbeitung, besonders kritisch zu betrachten [5].

**Problembereich „Bodenverdichtung“**

Enger gewordene Fruchtfolgen lassen weniger Zeit für Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung und diese werden, wie auch die Ernte und andere Arbeiten auf dem Feld, manchmal unter feuchten Bedingungen durchgeführt. Hinzu kommt, daß große Acker-

schläge und arbeitswirtschaftliche Argumente zu leistungsstarken Traktoren, Maschinen und Transportfahrzeugen (z. B. Gülleausbringung) geführt haben, die wiederum hohe Radlasten mit sich brachten. Den dadurch möglichen Bodenschädigungen sollte nach früherem Erkenntnisstand ausschließlich mit technischen Maßnahmen (u. a. breitere Reifen) entgegengewirkt werden.

Eine Analyse der Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen bezüglich Pflanzenwachstum und Befahrbarkeit (Bild 1) läßt aus heutiger Sicht drei Lösungsansätze (Vermeidungsstrategien) erkennen [6]:

- A: Veränderung von Bodeneigenschaften
- B: Nutzung technischer Möglichkeiten
- C: Änderung von Arbeitsverfahren.

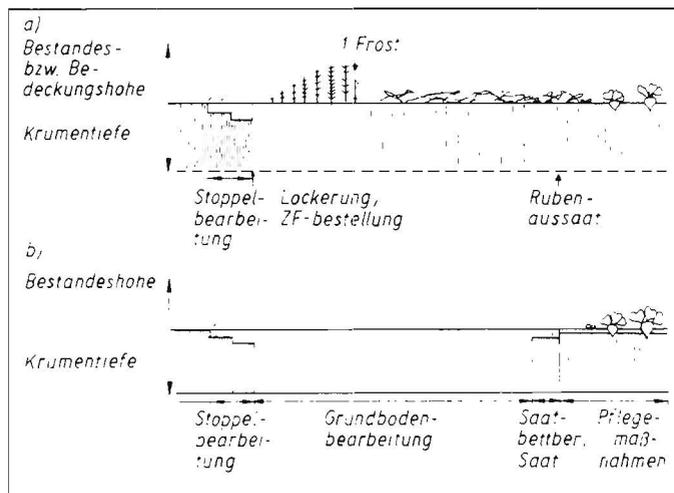


Bild 3 Vergleich zwischen konservierender/schonender (a) und konventioneller (b) Bodenbearbeitung (nach der Getreideernte vor der Zuckerrübenbestellung mit Zwischenfruchtanbau)

Tafel 1. Definitionen von Bodenbearbeitungskonzeptionen nach [3]

Arbeitsschritte	konventionell	konservierend/schonend	Direktsaat
Stoppelbearbeitung	ja	ja/nein	nein
Grundbodenbearbeitung	ja	ja/nein	nein
Saattbettbereitung	ja	ja/nein	nein
Saat	ja	ja	ja

1) keine Stoppelbearbeitung, wenn sofortige Saatiirne zur Zwischenfrucht

Die Strategien A und C zielen zum einen auf bekannte Auswege (trockenen Bodenzustand abwarten, Gefügestabilisierung z. B. durch Kalkung), zum anderen jedoch besonders auf die bessere Befahrbarkeit eines abgesetzten, gefügestabilen Bodens gegenüber einem überlockerten Boden. Diese Schlußfolgerung ist zwar bekannt, jedoch für den praktischen Anwendungsfall in der pflanzlichen Produktion kaum umgesetzt. Der Lösungsansatz setzt nämlich eine heute nicht vorhandene fruchtfolgespezifische Analyse der standort- und fruchtartenspezifischen Lockerungsbedürftigkeit bezüglich Ackerkrume und Unterboden voraus. Daraus wären Bodenbearbeitungskonzepte für Fruchtfolgen unter Einbeziehung des gefügestabilisierenden Zwischenfruchtanbaus abzuleiten, um das Ausmaß der Bodenlockerung nach Art, Tiefe und Häufigkeit zu reduzieren. Darin wird der Schlüssel für den Aufbau und die Erhaltung eines stabilen Bodengefüges im Hinblick auf bessere Befahrbarkeit und Verminderung von Schadverdichtungen gesehen. Hierzu muß die Intensität heute üblicher, manchmal aufwendiger und häufig nicht nachhaltig wirksamer mechanischer Eingriffe in den Boden kritisch analysiert werden.

**Problembereich „Bodenerosion“**

Die Ursachen für den Bodenabtrag durch Wasser oder Wind von landwirtschaftlich genutzten Flächen sind vielfältig: die Zusammenlegung kleiner, unterschiedlich bestellter Flächen zu großen Feldschlägen, der Umbruch von Grünland, der verstärkte Anbau spätdeckender Kulturen wie Mais und Zuckerrüben, die Beseitigung von Feldrainen und Schutzzonen, intensive Bodenbearbeitung sowie Bodenverdichtungen (Bild 2).

Mit den in der Praxis bekannten Möglichkeiten zur Vermeidung von Bodenerosion durch Wasser oder Wind, wie Bearbeitung quer zum Hang, Streifeneinsaaten und landtechnische Lösungsansätze, ist es bisher nicht gelungen, diesem Problembereich vor allem im Sinne eines vorbeugenden Bodenschutzes zu begegnen. Bodenerosion hat bei heutiger Landbewirtschaftung regional- und standortspezifisch eher zugenommen [7]. Die damit häufig verbundene Eutrophierung von Gewässern hat den Problembereich „Bodenerosion“ in die öffentliche Diskussion gebracht, obgleich sie nur regional verstärkt auftritt.

Bodenbearbeitung beeinflusst den Bodenabtrag in direkter und indirekter Weise. Einerseits erfolgt Abtrag durch Wasser oder Wind um so eher, je geringer die Rauigkeit der Bodenoberfläche ist. Andererseits hat die Bodenbearbeitung neben der Fruchtfolge und der Fruchtart großen Einfluß auf die Bodenbedeckung. Deren Bedeutung für die Minderung jeglichen Bodenabtrags ist zwar nicht neu, es wird jedoch erst in jüngster Zeit begonnen, sie in der pflanzlichen Produktion in Mitteleuropa im Hinblick auf einen veränder-

den Umgang mit Ernte- und Zwischenfruchtreststoffen zu beachten.

### Definition und Zielsetzung konservierender/schonender Bodenbearbeitung

Aus den aufgeführten Problembereichen leiten sich zwei wesentliche Grundgedanken konservierender/schonender Bodenbearbeitung ab:

- Reduzieren der üblichen Bodenbearbeitungsintensität:

Ziel ist ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge durch längere Bodenruhe (vorbeugender Schutz gegen Bodenverdichtungen)

- Belassen von Pflanzenreststoffen der Vor- und/oder Zwischenfrucht nahe bzw. auf der Bodenoberfläche:

Ziel ist eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung über einem intakten Bodengefüge (vorbeugender Schutz gegen Erosion und Verschlämmung).

Im Hinblick auf die Bodenbearbeitungsintensität steht die konservierende/schonende Bodenbearbeitung zwischen der konventionellen Bodenbearbeitung und der Direktsaat (Tafel 1). Die konventionelle Bodenbearbeitung ist durch hohe Intensität gekennzeichnet, die klassische Direktsaat verzichtet auf jede Bodenbearbeitung.

Für das Belassen von Pflanzenreststoffen nahe bzw. auf der Ackeroberfläche sind Art der Bodenbearbeitung, Fruchtart und Fruchtfolge ausschlaggebend. So gelingt es, durch Verzicht des Einpflügens von Zwischenfrüchten das Feld bis zum Reihenschluß, z. B. des Zuckerrübenbestands, mit einem schützenden Mulch bedeckt zu halten (Bild 3). Für die darauffolgende Saat sind grundsätzlich zwei Varianten möglich. Entweder wird durch flache Vermischung mit dem Boden (Saatbettbereitung) eine Mulchschicht erstellt oder die Reststoffe verbleiben als Mulch auf der Bodenoberfläche.

Insgesamt zielt die konservierende/schonende Bodenbearbeitung auf:

- Verbesserung des Bodengefüges
- Minderung von Schadverdichtungen
- Vorbeugung von Verschlämmungen und Bodenabtrag
- Ertragssicherheit im Vergleich zu konventioneller Bodenbearbeitung
- Einsparung der Kosten.

### Stand der Forschungsarbeiten

Für ein zukünftiges Bodenbearbeitungskonzept ist die Stabilisierung des Bodengefüges durch Verringerung der Bearbeitungsintensität und das ganzflächige Belassen von Reststoffen an bzw. nahe der Bodenoberfläche von ausschlaggebender Bedeutung.

Zur Klärung der offenen Fragen wurden bereits in den vergangenen Jahren umfangreiche Untersuchungen in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode und im Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg durchgeführt. Die Ergebnisse werden im nachfolgenden Beitrag dargelegt. Die weitere Zusammenarbeit erfolgt durch einheitliche Feldversuche in Braunschweig-Völkenrode und Müncheberg, in denen die fruchtartenübergreifende Reduzierung von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung nach Art, Tiefe und Häufigkeit untersucht wird. Diese Untersuchungen zur konservierenden/schonenden Bodenbearbeitung betreffen:

- die Auswirkungen langjähriger reduzierter Bearbeitungsintensität auf
  - Bodenstruktur, besonders im Hinblick auf Bodenverdichtungen und bedarfsweise Einordnung von Lockerungsmaßnahmen
  - Veränderungen der Dynamik der organischen Bodensubstanz und der Nährstoffe im Boden
  - Entwicklung der Unkrautflora

- Vertiefung vorhandener Kenntnisse und deren Überprüfung auf unterschiedlichen Standorten

- die Bekämpfung von Ausfallgetreide und Unkräutern ohne zusätzlichen und nach Möglichkeit mit reduziertem Herbizideinsatz

- die Verbesserung der Anbausicherheit von Zwischenfrüchten.

### Literatur

- [1] Sauerbeck, D.: Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrilkulturchemischer Sicht. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart (1985) 10, 257 Seiten.
- [2] Mannering, J. v.; Schertz, D. L.; Julian, B. A.: Overview of Conservation tillage (Überblick über konservierende Bodenbearbeitung). In: Logan u. a.: Effects of conservation tillage on groundwater quality, Lewis Publishers (1987) S. 3-17.
- [3] Sommer, C.; Zach, M.; Dambroth, M.: Konservierende Bodenbearbeitung, Ergebnisse und Erfahrungen aus der Praxis. Agrar-Übersicht, Hannover 36(1985)5, S. 14-18.
- [4] Noatsch, F., u. a.: Strukturschonende Bodenbearbeitung - ein Beitrag zur langfristigen Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Feldwirtschaft, Berlin 30(1989)8, S. 355-357.
- [5] Sommer, C.: Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen sowie Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. Landtechnik, Lehrte 40(1985)9, S. 378-384.
- [6] Sommer, C.; Hartge, K. H.: Verdichtung und Befahrbarkeit von Ackerböden - Probleme und Auswege. In: Berichte über Landwirtschaft, Hamburg (im Druck, 1990).
- [7] Capelle, A.: Die erosionsgefährdete Landesfläche in Niedersachsen und Bremen. Zeitschrift Kulturtechnik und Landentwicklung, Berlin/Hamburg (im Druck, 1990).
- [8] Frielinghaus, M.; Barkusky, D.: Wasserosion auf Moränenstandorten infolge intensiver Bodenbearbeitung und Belastung durch Mechanisierungsmittel. Tagungsbericht zur wissenschaftlichen Tagung des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Berlin (1989) S. 133-141. A 5961

## Langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung - Ergebnisse

Dr.-Ing. C. Sommer/Dipl.-Ing. M. Zach, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode,

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (BRD)

Dr. agr. F. Noatsch/Dr. agr. O. Bosse, KDT, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

### Zielstellung

In den zurückliegenden Jahren sind durch intensive Bodenbearbeitung und Vertiefung der Ackerkrume die Bodenfruchtbarkeit verbessert und Voraussetzungen für hohe Erträge geschaffen worden. Heute treten die Ansprüche des Bodenschutzes und Möglichkeiten der Kosteneinsparung immer mehr in den Vordergrund. Zur Klärung der Fragen, inwieweit die ständig intensive Lockerung des Bodens und die Einarbeitung der Reststoffe und Düngestoffe in tiefere Bodenschichten durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung [1] ersetzt werden können, wurden durch die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode und das Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg umfangreiche Untersuchungen angestellt und die Auswirkungen der unterschiedlichen Bearbeitungssysteme auf den Boden, den Ertrag und die

Aufwendungen für die Bodenbearbeitung untersucht.

### Auswirkungen auf den Boden

Grundlage für die Zielsetzung konservierender/schonender Bodenbearbeitung „Minderung von Schadverdichtungen durch reduzierte Bodenbearbeitungsintensität“ ist die Verdichtungskurve (Bild 1). Sie stellt den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Porenvolumen (bzw. Porenziffer oder Lagerungsdichte) und dem aufgebrachten Druck dar. Die Kurve entspricht einer fallenden Exponentialfunktion, d. h. die Wirkung eines Bodendrucks ist um so größer, je lockerer der Boden lagert. Um beispielsweise den Boden mit dem Ausgangsporenvolumen von 50% Volumenanteil auf 45% zu verdichten, ist ein Druck von 50 kPa notwendig. Um ihn um weitere 5% Volumenanteil zu verdichten, sind 200 kPa, d. h. für die gleiche Abnahme

des Porenvolumens ein viermal höherer Druck, erforderlich. Daraus leitet sich ein grundsätzlicher Ansatz zur Vorbeugung von Bodenverdichtungen ab: die Erhöhung der Bodentragfähigkeit. Einerseits ist dies dem Landwirt bekannt, denn er wartet im Frühjahr mit dem Beginn der Bestellung, bis der

Bild 1. Verdichtungskurve für eine Schwarzerde

