

Langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung*)

FRANK NOATSCH, CLAUS SOMMER, OTTO BOSSE und MILOSLAV ZACH

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

und

Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg
der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

1. Problemstellung

Nachdem in der Diskussion zum Umweltschutz zunächst Luftreinhaltung und Lärmbekämpfung im Mittelpunkt standen, rückt der Schutz natürlicher Ressourcen in das Bewußtsein der Öffentlichkeit. Warnzeichen wie großflächige Schäden der Wälder und regionale Belastung des Trinkwassers geben Anlaß zu der Sorge, es seien bisher nicht ausreichende Vorkehrungen getroffen worden, 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 gibt es keine Belege dafür, 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 Problembereichen werden können. Es gilt deshalb, solchen Gefahren dort vorzubeugen, wo sie sich bereits abzeichnen oder wo ihnen nach neuestem Kenntnisstand im Sinne der Vorsorge entgegenzuwirken ist. Solche Gefahren auszuschließen ist insbesondere dann schwierig, wenn zu akzeptieren ist, daß die zu erhaltenen Funktionen des Bodens vielschichtig und mit der Ertragsfähigkeit allein nicht abgedeckt sind. Allerdings sind die genannten ökologischen Bodenfunktionen mit der pflanzenbaulich verstandenen Bodenfruchtbarkeit weitgehend kongruent (Sauerbeck, 1985).

Für die Bodenbearbeitung haben sich deren Aufgaben (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) über lange Zeit kaum verändert. Dagegen hat sich unter dem Druck ökonomischer und ökologischer

Rahmenbedingungen die Zielsetzung, die zukünftig Rückwirkungen auf die genannten Aufgaben zur Folge haben muß, erweitert. Heute gilt es

- 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 gilt es heute, die Möglichkeiten der Kosteneinsparung und die Ansprüche des Bodenschutzes mit in den Vordergrund zu rücken. Hierbei hat die konventionelle Bodenbearbeitung aufgrund der ständig intensiven Lockerung und der Einarbeitung der Reststoffe in tiefere Bodenschichten gegenüber konservierender/schonender Bodenbearbeitung erhebliche Nachteile.

2. Das Konzept der konservierenden/schonenden Bodenbearbeitung

Weltweit werden seit Jahrzehnten Erfahrungen mit 'conservation tillage' zur Erosionsbekämpfung gemacht (Manning et al., 1987). 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 (Sommer et al., 1985; Autorenkollektiv, 1989).

Etwas anders liegen die Dinge im Hinblick auf den Problembereich Bodenverdichtung. Für den Landwirt sind Bodenverdichtungen - insbesondere mit negativen Auswirkungen auf Boden und Pflanze - nicht leicht zu beurteilen. Bodenverdichtungen finden nicht wie Bodenerosion sichtbar auf der Ackeroberfläche statt, sondern befinden sich im Bodenprofil und sind als Unterbodenverdichtungen - also unterhalb der jährlichen Arbeitstiefe der Grundbodenbearbeitung - besonders kritisch zu betrachten (Sommer, 1985).

2.1 Problembereich Bodenverdichtung

Enger gewordene Fruchtfolgen lassen weniger Zeit für Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung und werden, wie auch die Ernte und andere Arbeiten auf dem Feld, manchmal unter feuchten Bedingungen durchgeführt. Hinzu kommt, daß große Ackerschläge und arbeitswirtschaftliche Argumente zu leistungsstarken Traktoren, Maschinen und Transportfahrzeugen

*) Die Arbeit entstand im Rahmen des Projektes 19 des Abkommens zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik über die Zusammenarbeit auf den Gebieten der Wissenschaft und Technik vom 8.9.1987.

gen (z.B. Gülleausbringung) geführt haben, die wiederum hohe Radlasten mit sich brachten. Möglichen Bodenschädigungen dadurch glaubte man lange Zeit mit ausschließlich technischen Maßnahmen (u.a. breitere Reifen) entgegenwirken zu können.

Eine Analyse der Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen im Hinblick auf Pflanzenwachstum und Befahrbarkeit läßt nach dem heutigen Kenntnisstand drei Lösungsansätze (Vermeidungsstrategien) erkennen (Sommer und Hartge, 1990):

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

Die Strategien A und C zielen zum einen auf bekannte Auswege (trockenen Boden Zustand abwarten, Gefügestabilisierung etwa durch Kalkung), zum anderen jedoch insbesondere auf die bessere Befahrbarkeit eines abgesetzten, gefügestabilen gegenüber eines überlockerten Bodens. Diese Schlußfolgerung ist zwar bekannt, jedoch für den praktischen Anwendungsfall in der pflanzlichen Produktion kaum umgesetzt.

Der Lösungsansatz c 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 Zwischenfruchtanbaues 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 gilt es, die Intensität heute üblicher, manchmal aufwendiger und häufig nicht nachhaltig wirksamer mechanischer Eingriffe in den Boden kritisch zu analysieren.

2.2 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 wie auch Bodenverdichtungen.

Mit den in der Praxis bekannten Möglichkeiten zur Vermeidung von Bodenerosion durch Wasser und Wind, wie Bearbeitung quer zum Hang, Streifeneinsaaten und landtechnische Lösungsansätze, ist es bisher nicht gelungen, diesem Problembereich - insbesondere im Sinne eines vorbeugenden Bodenschutzes - zu begegnen. Bodenerosion hat bei heutiger Landbewirtschaftung regional- und standortspezifisch eher zugenommen (Capelle, 1990; Frielinghaus und Barkusky, 1989). 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 - besonderen Einfluß auf die Bodenbedeckung. Deren Bedeutung für die Minderung jeglichen Bodenabtrags ist zwar nicht neu, man beginnt ihr in der pflanzlichen Produktion in Mitteleuropa im Hinblick auf einen veränderten Umgang mit Ernte- und Zwischenfruchtreststoffen jedoch erst in jüngster Zeit Beachtung zu schenken.

2.3 Definition und Zielsetzung konservierender/schonender Bodenbearbeitung

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

- Die Reduzierung der üblichen Bodenbearbeitungsintensität; Ziel ist ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge durch längere Bodenruhe (als vorbeugender Schutz gegen Bodenverdichtungen).
- Das Belassen von Pflanzenreststoffen der Vor- und/oder Zwischenfrucht nahe bzw. auf der Bodenoberfläche; Ziel ist eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung über einem intakten Bodengefüge (als vorbeugender Schutz gegen Erosion und Verschlammung).

Abbildung 1: Definition konservierender/schonender Bodenbearbeitung

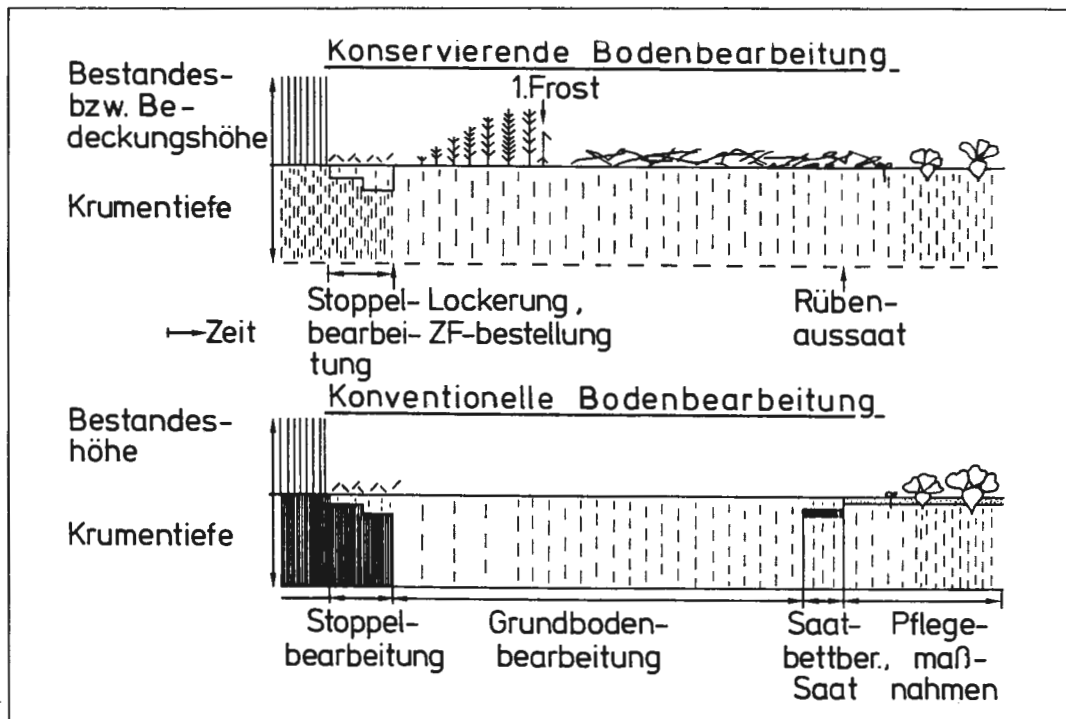
Arbeitsabschnitte	konventionell	konservierend/schonend	Direktsaat
Stoppelbearbeitung	ja ¹⁾	ja , nein	nein
Grundbodenbearbeitung	ja	ja , nein	nein
Saatbettbereitung	ja	ja , nein	nein
Saat	ja	ja	ja

1)keine Stoppelbearbeitung, wenn sofortige Saatsfurche zur Zwischenfrucht

Im Hinblick auf die Bodenbearbeitungsintensität steht die konservierende/schonende Bodenbearbeitung zwischen der konventionellen Bodenbearbeitung und der Direktsaat (Abb. 1).

Die konventionelle Bodenbearbeitung ist durch hohe Intensität gekenn-

Abbildung 2: Vergleich konservierender/schonender und konventioneller Bodenbearbeitung zwischen Getreideernte und Zuckerrübenbestellung (Zwischenfruchtanbau)



zeichnet, 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 etwa des Zuckerrübenbestandes mit einem schützenden Mulch bedeckt zu halten (Abb. 2).

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 Verschlammungen und Bodenabtrag
- Ertragssicherheit im Vergleich zu konventioneller Bodenbearbeitung
- Einsparung von Kosten.

3. Stand der Untersuchungen

3.1 Auswirkungen auf den Boden

Grundlage für das Ziel konservierender/schonender Bodenbearbeitung "Minderung von Schadverdichtungen durch reduzierte Bodenbearbeitungsintensität" liefert die Verdichtungskurve (Abb. 3).

Sie stellt den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Porenvolumen (bzw. Porenziffer oder Lagerungsdichte) und

dem aufgetragenen Druck dar. Die Kurve ist von der Form einer fallenden Exponentialfunktion, d.h. die Wirkung eines Bodendruckes ist um so größer, je lockerer der Boden lagert. Um bei dem Beispiel der Abbildung 3 den Boden mit dem Ausgangsporenvolumen von 50 Vol% auf 45 Vol% zu verdichten, bedarf es eines Druckes von 50 kPa; ihn um weitere 5 Vol% zu verdichten, sind 275 kPa notwendig; für die gleiche Abnahme des Porenvolumens also ein mehrfach höherer Druck. Daraus leitet sich ein grundsätzlicher Ansatz zur Vorbeugung von Bodenverdichtungen ab:

die Erhöhung der Bodentragfähigkeit. Einerseits ist dies dem Landwirt bekannt, wartet er doch im Frühjahr mit dem Beginn der Bestellung ab, bis der abtrocknende Boden befahrbar ist. Andererseits wird kaum die praktische Schlussfolgerung aus der Tatsache gezogen, daß die Befahrbarkeit eines Bodens nicht nur mit geringerer Bodenfeuchte, sondern auch mit höherer Bodendichte (bzw. abnehmendem Porenvolumen, s. Abb. 3) besser wird.

Abbildung 3: Die Verdichtungskurve für eine Schwarzerde

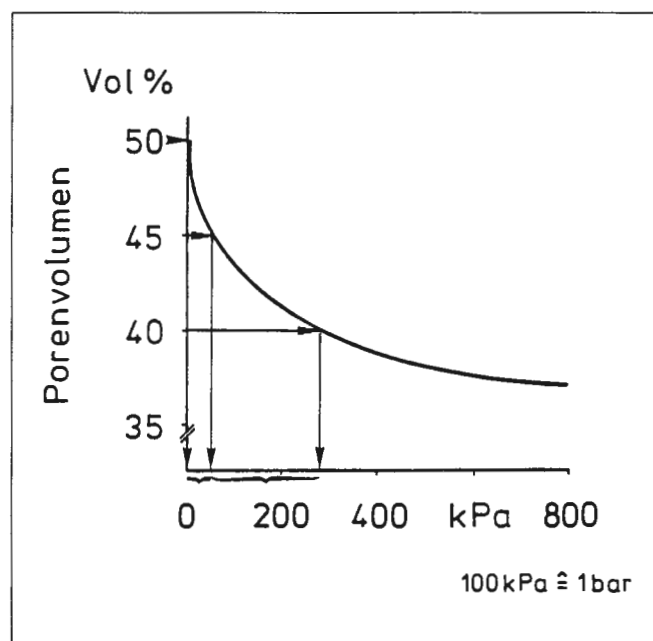
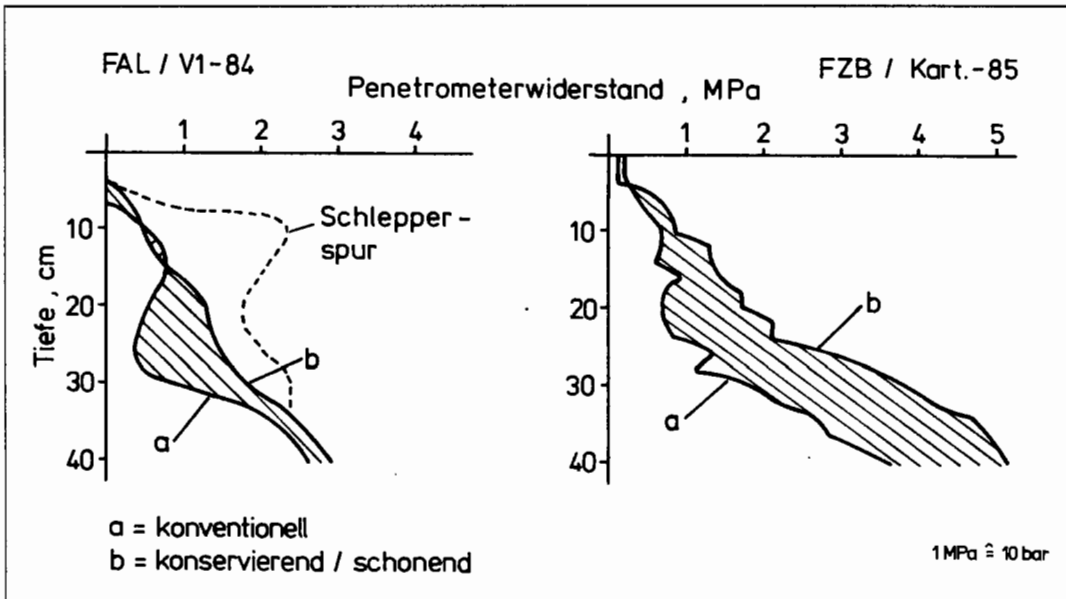


Abbildung 4: Verlauf des Penetrometerwiderstandes nach konservierender/schonender und konventioneller Bodenbearbeitung auf lehmigem Sand in Braunschweig (links) und in Müncheberg (rechts)



Messungen in situ zeigen den Erfolg. Auf lehmigem Schluffboden war der jeweilige Bodendruck in der abgesetzten - nicht gepflügten - Ackerkrume deutlich geringer als auf sehr lockerem - gepflügtem - Boden (Steinkampf u. Sommer, 1989).

Im Verlauf des Penetrometerwiderstandes als Funktion der Bodentiefe drücken sich unterschiedliche bodenphysikalische Bedingungen nach konventioneller bzw. konservierender/schonender Bodenbearbeitung aus. Ergebnisse aus einem

bearbeitungsintensität vorzubeugen" liefert der zahlreich belegte, grundsätzliche Zusammenhang zwischen Abflußrate (entsprechendes gilt für Winderosion) und Bodenbedeckungsgrad bei 'intaktem' Bodengefüge. Werte für den Bedeckungsgrad von mehr als 50 % lassen die Abflußrate stark reduzieren (Abb. 5).

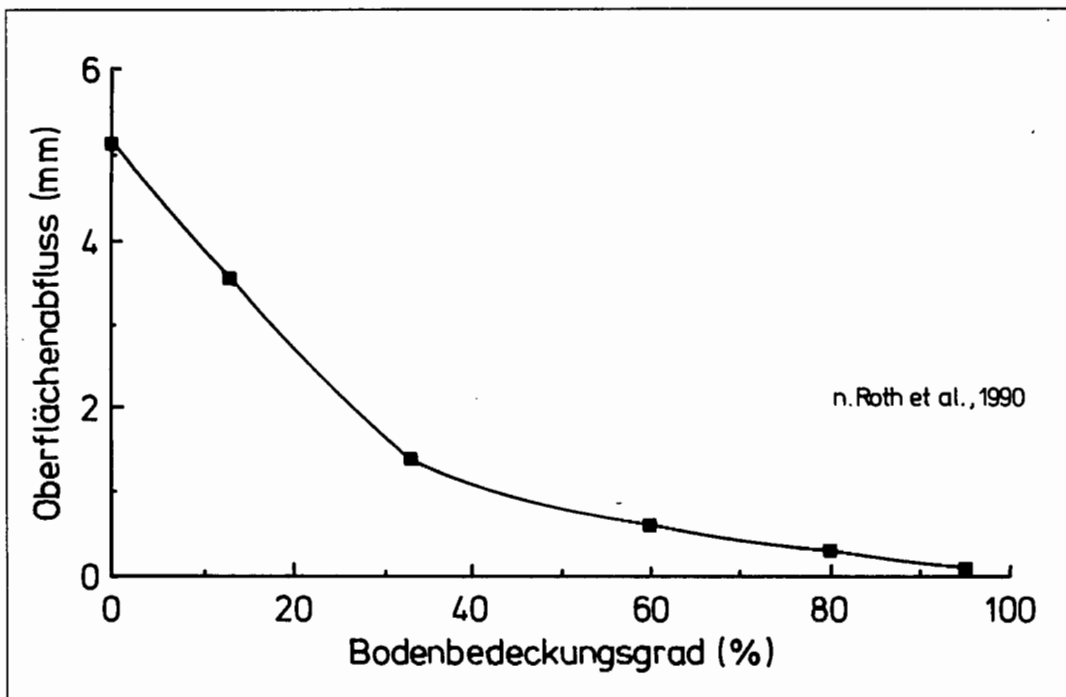
Hierfür spielt die Infiltrabilität des Bodengefüges eine mitentscheidende Rolle (Frielinghaus und Barkusky, 1989). Die höhere Infiltrationsrate nach reduzierter Bodenbearbeitungsintensität

Feldversuch auf lehmigem Sand in Völkenrode, in dem seit 1979 diese Bearbeitungsvarianten untersucht werden, zeigen, daß die Pflugparzelle P ab 15 cm Tiefe deutlich lockerer liegt als die ausschließlich flach bearbeitete S-Parzelle und die Schlepperspur auf Schadverdichtung hindeutet (Abb. 4 links). Gleiches gilt für Versuche auf dem anlehmigen Sand in Müncheberg (Abb. 4 rechts).

Grundlage für das Ziel konservierender/schonender Bodenbearbeitung "Bodenabtrag durch reduzierte Bodenbearbeitungsintensität vorzubeugen" liefert der zahlreich belegte, grundsätzliche Zusammenhang zwischen Abflußrate (entsprechendes gilt für Winderosion) und Bodenbedeckungsgrad bei 'intaktem' Bodengefüge. Werte für den Bedeckungsgrad von mehr als 50 % lassen die Abflußrate stark reduzieren (Abb. 5).

Hierfür spielt die Infiltrabilität des Bodengefüges eine mitentscheidende Rolle (Frielinghaus und Barkusky, 1989). Die höhere Infiltrationsrate nach reduzierter Bodenbearbeitungsintensität ist Hinweis für ein kontinuierliches, vertikal orientiertes Porensystem, das Wasser intensiver Niederschläge schneller in tiefere Bodenzonen abführt und damit in Hanglagen dem Bodenabtrag vorbeugt.

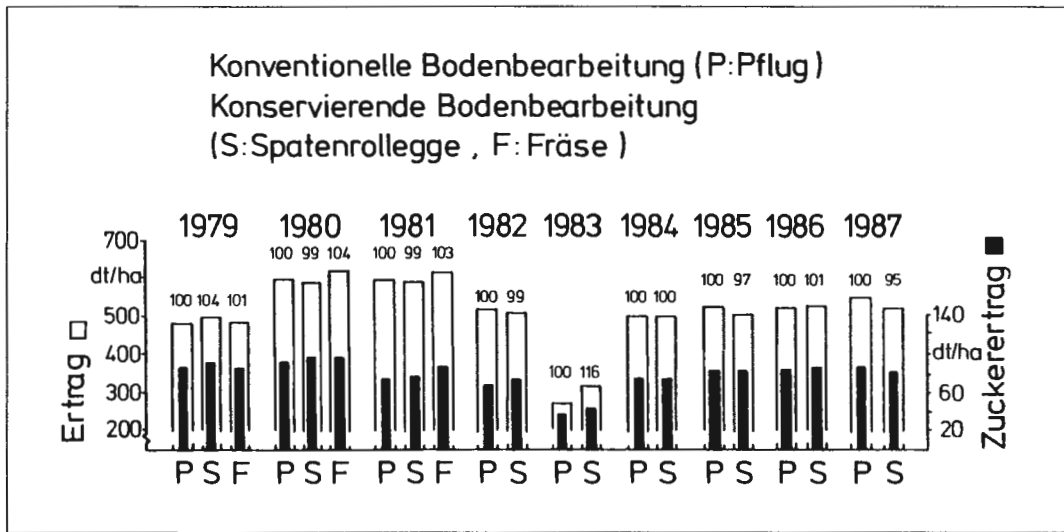
Abbildung 5: Abfluß und Bodenbedeckung auf einem Lößstandort nach Roth et al., 1990



3.2 Auswirkungen auf den Ertrag

Der Pflanzenertrag ist das wichtigste Kriterium für die Übernahme von Verfahren der konservierenden/schonenden Bodenbearbeitung. Um die Ansprüche verschiedener Kulturpflanzen an den physikalischen Bodenzustand zu untersuchen, werden Feld-

Abbildung 6: Zuckerrüben-erträge nach konservierender/schonender und konventioneller Bodenbearbeitung (IS, Braunschweig, Beetsystem nach Zach und Sommer, 1988)



In Tabelle 3 ist die Wirkung einer Sommerdammbegrünung zu Kartoffeln mit Ölrettich in einem Überleitungsbetrieb zusammengestellt (Noatsch et al., 1989).

Der Vergleich zur konventionellen Herbstfurche zeigt einen Mehrertrag von 15 %. Weitere Ergebnisse liegen für Mais (Hofmann et al., 1989) und für Sommergerste (Mauersberger et al., 1989) vor. Insgesamt wird der Schluß gezogen, daß die übliche Bodenbearbeitungsintensität auch unter ganz unter-

versuche in Völkenrode seit 1974 (Zach und Sommer, 1988) und auf Standorten in Müncheberg seit 1981 (Kunze und Noatsch, 1988) durchgeführt. Obgleich sich die konventionellen (Pflugarbeit, P) und konservierenden/ schonenden (ausschließlich flache Bodenbearbeitung mit Spatenrollegge S bzw. Fräse F) Parzellen bodenphysikalisch deutlich unterscheiden (s. Abb. 4), blieben in Völkenrode bei Zuckerrüben Ertragseinbußen bei den dichter liegenden Varianten S, F aus (Abb. 6).

schiedlichen Versuchsbedingungen erheblich eingeschränkt werden kann.

3.3 Auswirkungen auf die Aufwendungen für die Bodenbearbeitung

Durch die Anwendung konservierender/schonender Bodenbearbeitung sind erhebliche Aufwandsverringerungen im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung möglich.

Die Ergebnisse derselben Parzellen bei den Fruchtarten Weizen und Gerste schwanken stärker, die Unterschiede sind jedoch nicht eindeutig (Zach und Sommer, 1988).

In den von Müncheberg koordinierten Versuchen (Autorenkollektiv, 1989) zeigen sich im wesentlichen ähnliche Entwicklungen der Pflanzenbestände auf beiden Varianten (Tab. 1), wie auch die einzelnen Fruchtarten keine signifikanten, bearbeitungsspezifischen Ertragsunterschiede aufweisen (Tab. 2).

Ergebnisse aus relativ kleinparzelligen Feldversuchen sind Voraussetzung, um neue Konzepte für die Bodenbearbeitung zu entwickeln, sie sind jedoch unter Praxisbedingungen zu überprüfen. Deshalb werden Demonstrationsversuche in der Praxis bzw. Produktionsexperimente in Überleitungsbetrieben durchgeführt, die wertvolle Ergebnisse und Erfahrungen bringen. In Abb. 7 sind Erträge von Demonstrationsversuchen 1985 zu Zuckerrüben dargestellt.

Das Unterlassen des Einpflügens der Zwischenfrucht, und auf einigen der 16 Standorte zusätzlich der Verzicht auf die Saatbettbereitung zu Zuckerrüben (Mulchsaatvarianten) hatte gegenüber konventioneller Zuckerrübenbestellung (Kontrolle) im Mittel zu keinen Ertragseinbußen geführt.

Tabelle 1: Grundbodenbearbeitung im Feldversuch Müncheberg

Fruchtfolge	Variante I	Variante II
Ölrettich ¹⁾	Saatfurche 20 cm	Zweischichtpflug ³⁾ 15/15 cm Dammformung
Kartoffeln	Herbstfurche 30 cm	-
Winterroggen	Saatfurche 18 cm	Grubber 15 cm
Ölrettich ²⁾	Saatfurche 20 cm	Zweischichtpflug ³⁾ 15/15 cm
Mais	Herbstfurche 25 cm	-
Winterroggen	Saatfurche 18 cm	Grubber 10 cm

1) zuvor Stallmist 30 t/ha
2) zuvor Strohdüngung
3) zur Frage von Art und Ausmaß der notwendigen Bodenlockerung sind auf den Standorten Müncheberg und Braunschweig im Rahmen des Projekts 19 gemeinsame Feldversuche angelegt worden

Abbildung 7: Erträge von Demonstrationsversuchen zu Zuckerrüben 1985 nach Sommer et al., 1985. Der Frischmasse- bzw. Zuckerertrag der Kontrollvariante ist jeweils zu 100 gesetzt.

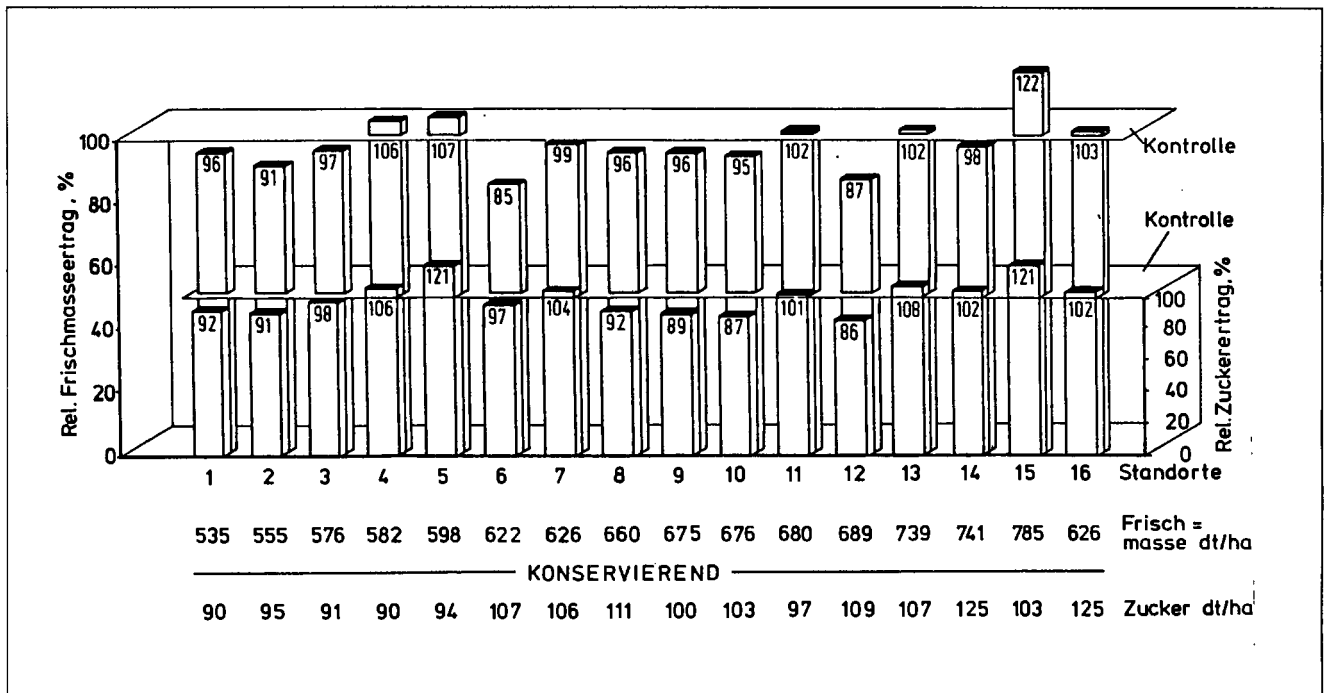


Tabelle 2: Erträge (dt/ha) nach Fruchtarten und Bearbeitungsvarianten (im Mittel der Standorte der 1. Rotation)

Variante	I	II
Kartoffeln	378	392
Zuckerrüben	446	448
Getreide nach Zuckerrüben	72.5	73.8
Mais (Trockenmasse)	132	132
Getreide nach Mais	71.2	71.3
Mittel in GE (dt/ha)	86.0	87.1

Tabelle 3: Wirkung einer Sommerdammbegrünung mit Ölrettich im Vergleich zur Herbstfurche und Saatbettbereitung (Kontrolle) auf den Kartoffelertrag (dt/ha) auf einem D3-Standort (Welsickendorf)

Erntejahr	Kontrolle	Dammbegrünung
1986	231	258
1987	357	404
1988	317	380
1989	209	236
Mittel	279	320
rel.	100	115

Diese resultieren im wesentlichen aus der insgesamt reduzierten Eingriffstiefe in den Boden, dem Wegfall von Bearbeitungsgängen (keine Herbstfurche bzw. Saatfurche nach dem Anbau der abfrierenden Zwischenfrucht zur nächstfolgenden Hauptfrucht, deren Bestellung teilweise ohne Saatbettbereitung erfolgt) sowie dem unterschiedlichen Geräteeinsatz. Gelingt der Zwischenfruchtbestand z. B. auf schwer bearbeitbaren Tonböden nicht in ausreichender Qualität, entsprechen die Aufwendungen infolge zusätzlicher Arbeitsgänge zur Beseitigung von Unkraut und Ausfallgetreide denen der konventionellen Bodenbearbeitung.

Beispielhaft unterstreichen das die in Tabelle 4 ausgewiesenen Ergebnisse eines Dauerversuches (s. Tab. 1). Sie wurden auf der Grundlage der technologischen Richtwerte (Autorenkollektiv, 1985) bei Nutzung eines 20 kN-Traktors unter Berücksichtigung aller Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowie von Zugkraftmessungen bei der Grundbodenbearbeitung (Tab. 5, Bosse et al., 1988) während der 1. Rotation auf den 7 Standorten und den einzelnen Fruchtfolgefeldern ermittelt.

4. Schlußfolgerungen

Vorliegende Ergebnisse aus mehrjährigen Feld- und Demonstrationsversuchen zeigen, daß das Konzept "konservierende/schonende Bodenbearbeitung" ein für die pflanzliche Produktion gangbarer Weg ist, bei der Bearbeitung des Bodens Ökonomie und Ökologie im Gleichklang zu halten. Voraussetzung für die praktische Umsetzung ist die Fortentwicklung und die Einführung der entsprechenden Bearbeitungs- und Bestelltechnik sowie von Konzepten für die Unkrautkontrolle.

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse können für die Praxis folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Die Ertragsergebnisse und die erwiesene Funktionstüchtigkeit von Sägeräten zeigen, daß die Mulchsaat zu Reihenfrüchten und auch zu Getreide heute möglich ist.

Tabelle 4: **Durchschnittliche jährliche Aufwendungen¹⁾ je Fruchtfolgefeld (Mittel aus drei Versuchsjahren 1985/1986...1987/1988)**

Versuchsstandort	Bodenart	NStE	Arbeitszeitbedarf			Kraftstoffverbrauch			Kosten		mögliche Einsparun
			I	II	Diff.	I	II	Diff.	I M/ha	II	
Müncheberg	IS	02/3	3.62	2.66	0.96	37.41	23.01	14.40	152.36	106.32	46.04
Dedelow	sL	04/5	4.07	2.87	1.20	45.05	27.46	17.59	181.44	119.35	62.09
Seehausen	sL	04/5	4.61	3.76	0.85	49.94	36.17	13.77	200.69	166.23	34.46
Klein Wanzleben	L	Lö1/2	5.13	4.06	1.07	59.94	42.35	17.59	234.18	173.93	60.25
Bad Lauchstedt	L	Lö1/2	6.64	5.55	1.09	68.94	56.00	12.94	257.04	204.79	52.25
Großobringen	T	V1/2	6.63	5.93	0.70	71.18	58.00	13.18	289.47	251.84	37.63
Schulzendorf	T	A12	7.41	7.52	-0.11	75.89	73.37	2.52	319.61	320.20	- 0.59
Mittel					0.82			13.14			41.73

1) Die Aufwendungen für Zweischichtarbearbeitung sind auf D-Standorten entsprechend Zugkraftmessungen (sh. Tab. 5) 10 % geringer und auf Lö- und V-Standorten 27 % höher als für eine Saatzfurche

- Damit kommt dem Anbau von Zwischenfrüchten mit anschließender pflugloser Bestellung der erosionsgefährdeten Reihenkulturen wie Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben besondere Bedeutung zu.
- Nichtwendende Bodenlockerung (Grubbereinsatz) ist besonders vorteilhaft zu Winter- und Sommergetreide nach Hackfrüchten oder Leguminosen.
- Die Kombination von Geräten und Arbeitsgängen kann konsequent weiterentwickelt werden.
- Die Verringerung der Arbeitstiefensumme in der Fruchtfolge ist möglich.

Ausgehend von den Rahmenbedingungen, daß der Landwirt unter immer stärkeren Kostendruck gerät und neben der ökonomischen Bewertung von Bodenbearbeitungsverfahren ökologische Aspekte an Bedeutung zunehmen werden, kann mit Verfahren der konservierenden/schonenden Bodenbearbeitung einem Teilbereich des Bodenschutzes Rechnung getragen werden, ohne daß Ertragssicherheit verloren ginge.

So sehr nämlich dem Landwirt daran liegt, mit gezieltem Bearbeiten und Befahren Gefahren zu vermeiden, so unbestrit-

ten ist, daß der Ertrag bzw. der Gewinn wichtigstes Kriterium für eine Änderung der Bewirtschaftungsform bleiben wird. Andererseits ist der Pflanzenertrag nicht in eindeutiger Weise mit der Intensität der Bodenbearbeitung korreliert. Vielmehr sind es andere pflanzenbauliche Maßnahmen (Fruchtfolge u.a.), die deutlichere Auswirkungen zeigen.

Sind die Vorteile der konservierenden/schonenden Bodenbearbeitung im Hinblick auf Aspekte des Bodenschutzes heute schon eindeutig erwiesen, so werden Antworten auf noch offene Fragen bezüglich der fruchtfolgespezifischen Bodenlockerung (je nach Standort, Nährstoffdynamik, Wirkung von Herbiziden u.ä.) und die notwendige ökonomische Gesamtbewertung Hinweise dafür geben, daß ihr auch insgesamt Chancen einzuräumen sind. Jahrzehntelange Erfahrungen mit der konventionellen Bodenbearbeitung sollten neue Wege in der pflanzlichen Produktion nicht verschließen. Diese bedürfen der Unterstützung seitens der Forschung.

Die Vielfalt der Standorte, Fruchtfolgen und Betriebsgegebenheiten werden auch für die konservierende/schonende Bodenbearbeitung Rezepte ausschließen. Letztlich sind Möglichkeiten und Grenzen, durch Bodenbearbeitung Einfluß auf Ertrag und Bodenschutz zu nehmen, von sehr komplexer Natur und nur im Rahmen des Gesamtsystems "Integrierte Landwirtschaft" zu analysieren (Dambroth, 1989; Kundler, 1989).

Tabelle 5: **Ergebnisse von Zugkraftmessungen beim Pflügen mit dem Scharpflug B201 mit B603 im Vergleich zum Zweischichtpflügen (Mittelwerte aus 6 Einzelmessungen)**

Standort	Scharpflug	Zweischichtpflug	Differenz	
	kN/m	kN/m	kN/m	%
D	16.35	14.61	- 1.62	- 10
Lö, V	12.74	16.16	+ 3.42	+ 27

5. Ausblick

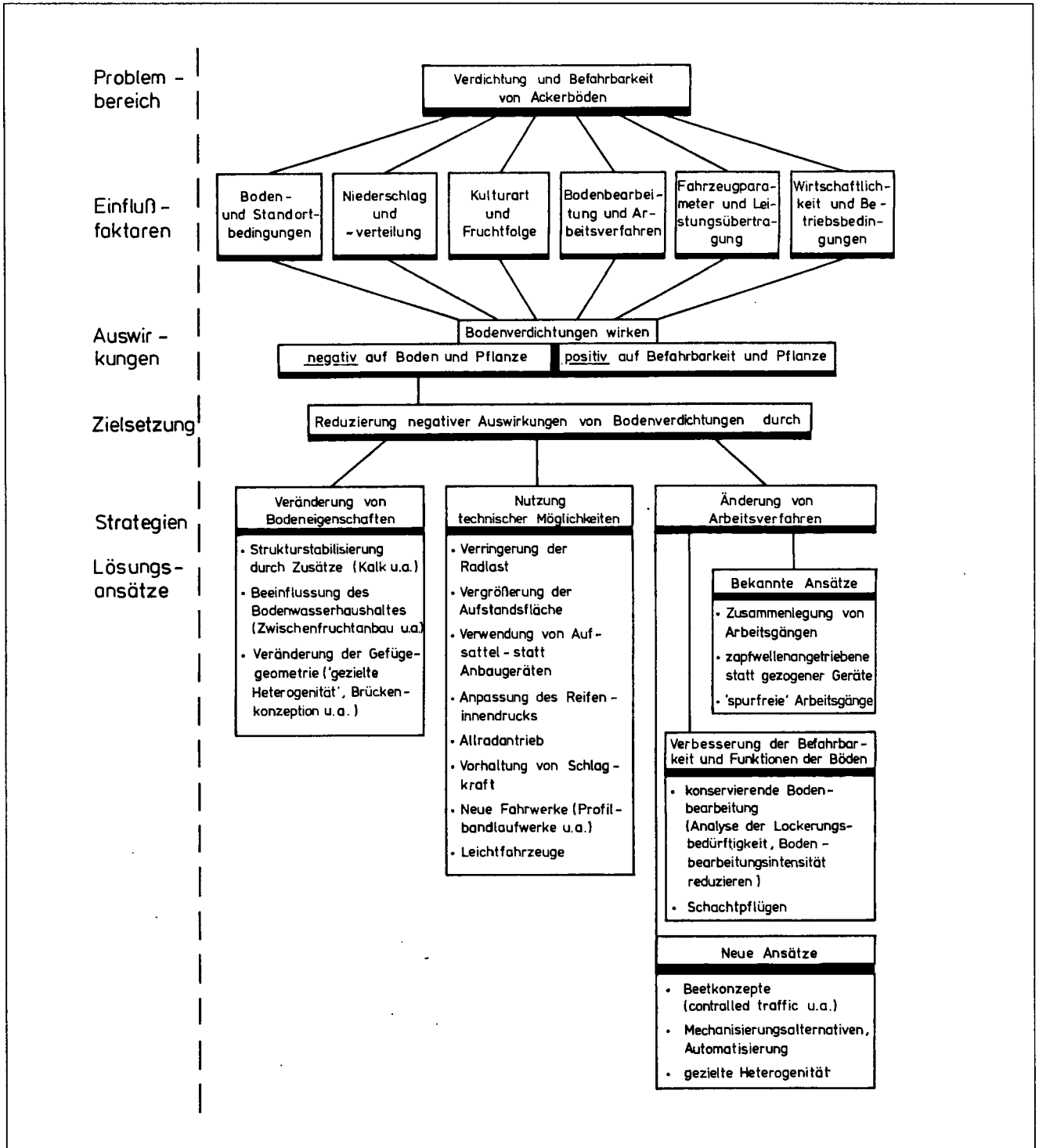
Für ein zukünftiges Bodenbearbeitungskonzept ist die Stabilisierung des Bodengefüges durch Verringerung der

Bearbeitungsintensität (Abb. 8) und das ganzflächige Belassen von Reststoffen an bzw. nahe der Bodenoberfläche (Abb.9) von ausschlaggebender Bedeutung.

Zur Klärung noch offener Fragen sind einheitliche Feldversuche in Braunschweig-Völkenrode und Müncheberg angelegt worden, in denen die fruchtartenübergreifende Reduzierung von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung nach Art, Tiefe und Häufigkeit untersucht werden. Diese Untersuchungen zur konservierenden/schonenden Bodenbearbeitung zielen auf:

- Die Auswirkungen langjähriger reduzierter Bearbeitungsintensität auf
 - die Bodenstruktur, besonders im Hinblick auf Bodenverdichtungen und bedarfsweise Einordnung von Lockerungsmaßnahmen;
 - die Veränderung der Dynamik der organischen Bodensubstanz und der Nährstoffe im Boden;
 - die Entwicklung der Unkrautflora und
 - die Vertiefung vorhandener Kenntnisse und deren Überprüfung auf unterschiedlichen Standorten.
- Die Bekämpfung von Ausfallgetreide und Unkräutern ohne

Abbildung 8: Der Problembereich Bodenverdichtung und Lösungsansätze



zusätzliche und nach Möglichkeit mit reduziertem Herbizideinsatz.
 - Die Verbesserung der Anbausicherheit von Zwischenfrüchten.

- lack of accurate information due to the nutrition dynamic in the soil
 - lack of weed, insect, and disease management programmes.

Long-term preservation of soil fertility by conservation tillage

Reducing tillage intensity to prevent soil compaction and having crop residues on or near the soil surface to eliminate soil erosion are the basic ideas of a future concept of soil tillage (conservation tillage).

However, there are obstacles to adoption of conservation tillage system which require further clarification. Field experiments at Braunschweig-Völkenrode and Müncheberg are carried out to solve open questions:

- lack of research data for site-specific soil types and crops
- lack of soil loosening management programmes regarding different crop rotations

Literatur

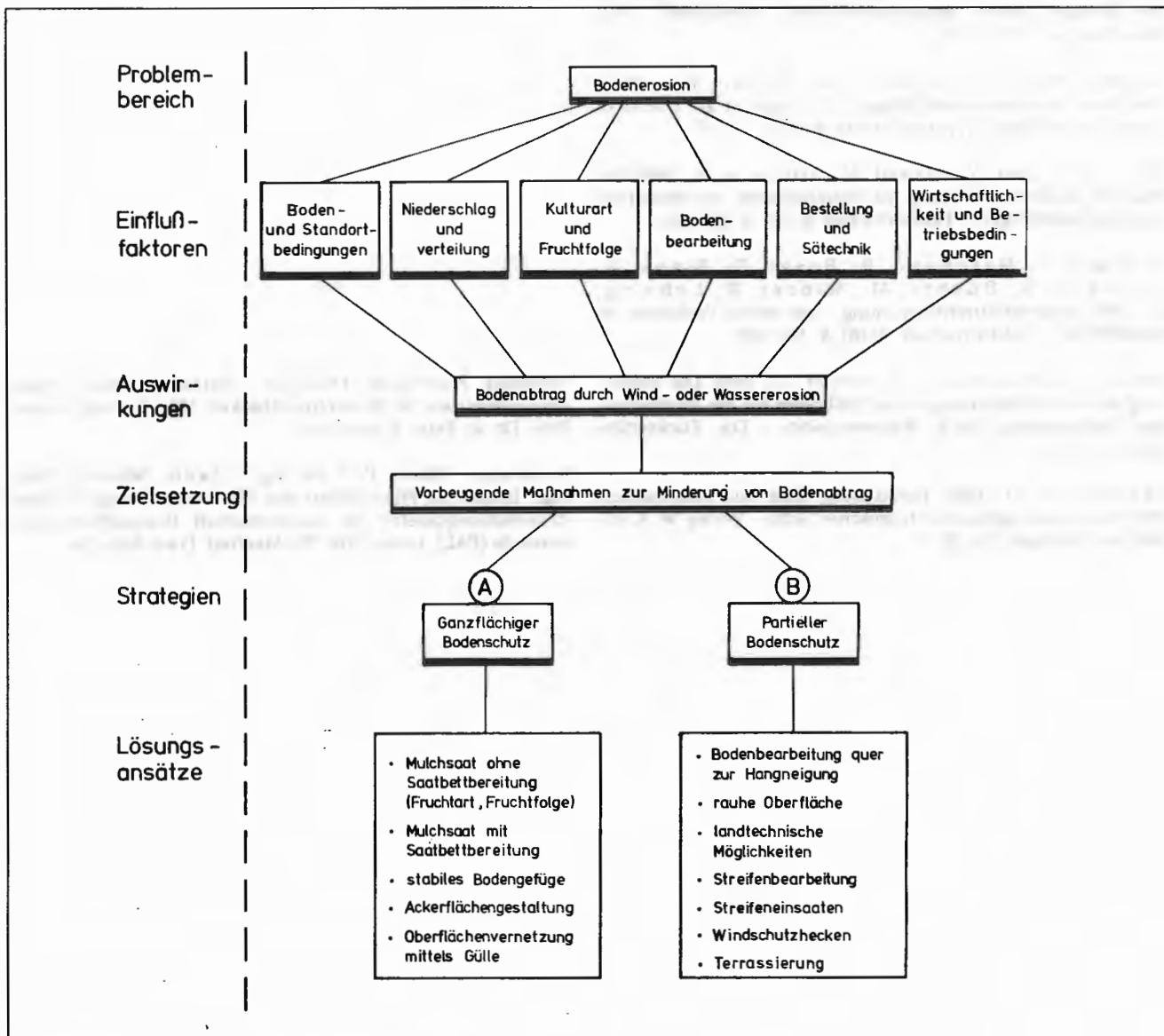
Autorenkollektiv, 1989: Strukturschonende Bodenbearbeitung - ein Beitrag zur langfristigen Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. - Feldwirtschaft 30 (8), S. 355-357.

Autorenkollektiv, 1985: Betriebswirtschaftliche Richtwerte für die Pflanzen- und Tierproduktion. - Agrar-Buch, Marktleberg.

Bosse, O.; Noatsch, F.; Christoph, M.; Graul, W.; Voegler, W.; Otto, R., 1988: Der Einsatz von Schwergrubberkombinationen bringt beim Stoppelumbruch und bei der Stoppelfruchtbestellung Vorteile. - Feldwirtschaft 29 (8), S.363-365.

Capelle, A., 1990: Die erosionsgefährdete Landesfläche in

Abbildung 9: Der Problembereich Bodenerosion und Lösungsansätze



- Niedersachsen und Bremen. - Z. Kulturtechnik und Landentwicklung (im Druck).
- Dambroth, M., 1989: Integrierte Landbewirtschaftung - Basis zum Erhalt der agrarisch betonten Ökosysteme. - Agrar-Übersicht 10, S. 65-73.
- Frielinghaus, M.; Barkusky, D., 1989: Wassererosion auf Moränenstandorten infolge intensiver Bodenbearbeitung und Belastung durch Mechanisierungsmittel. - In: Tagungsbericht zur wiss. Tagung des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit, S. 133-141.
- Hofmann, B.; Georg, R.; Günther, J., 1989: Erfahrungen in der LPG Pflanzenproduktion Querfurt mit der Silomaisbestellung in überwinterte Phacelia. - Feldwirtschaft 30 (8), S. 375-377.
- Kundler, P., 1989: Ziele und Aufgaben einer ökonomisch und ökologisch begründeten Pflanzenproduktion. - Feldwirtschaft 30 (8), S. 339-341.
- Kunze, A.; Noatsch, F., 1988: Verfahren schonender Bodenbearbeitung und Bestellung in Boden mit Pflanzenresten. - Bericht zur Tagung "Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und der Erträge durch wissenschaftlichen Fortschritt", FZB Müncheberg, S. 401-409.
- Mannering, J.V.; Schertz, D.L.; Julian, B.A., 1987: Overview of conservation tillage. - In: Logan et al., Effects of conservation tillage on groundwater quality, S. 3-17.
- Mauersberger, V.; Graul, W.; Butzert, R., 1989: Reduzierte Bodenbearbeitung zu Sommergerste in intensiven Getreidefruchtfolgen. - Feldwirtschaft 30 (8), S. 357-359.
- Noatsch, F.; Marchand, P.; Bosse, O.; Blank, B.; Hofmann, B.; Büchte, M.; Winzer, R.; Lehsing, B., 1989: Sommerdammbegrünung - ein neues Verfahren im Kartoffelbau. - Feldwirtschaft 30 (8), S. 321-323.
- Roth, C.; Brunotte, J.; Sommer, C., 1990: Die Bedeutung von Verschlammungen an Lössböden für die Ausbildung von Bodenabtrag durch Wassererosion. - Die Zuckerrübe (1), S. 50 - 53.
- Sauerbeck, D., 1985: Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. - Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 10, 257 S.
- Sommer, C., 1985: Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen sowie Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. - Landtechnik 9, S. 378-384.
- Sommer, C.; Hartge, K.H., 1990: Verdichtung und Befahrbarkeit von Ackerböden - Probleme und Auswege. - In: Berichte über Landwirtschaft (im Druck).
- Sommer, C.; Zach, M.; Dambroth, M., 1985: Konservierende Bodenbearbeitung, Ergebnisse und Erfahrungen aus der Praxis. - Agrar-Übersicht 5, S. 14-18.
- Steinkampf, H.; Sommer, C., 1989: Druck- und Verdichtungsmessungen im Feld unter großvolumigen Reifen. - In: Reifen landwirtschaftlicher Fahrzeuge, Tagungsbericht VDI/MEG Kolloquium, Heft 7, S. 156-170.
- Zach, M.; Sommer, C., 1988: Gezielte Bodenbearbeitung im Hinblick auf Ertragssicherheit und Bodenschutz. In: KTBL-Arbeitspapier 133, S. 7-20.
- Verfasser: Noatsch, Frank, Dr.; Bosse, Otto, Dr.; Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Leiter: Prof. Dr. sc. Peter Kundler.
- Sommer, Claus, Prof. Dr.-Ing.; Zach, Miloslav, Dipl.-Ing.; Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. Manfred Dambroth.