

# Landtechnik

# von morgen

Folge

# 24

Vortrag von Dipl.-Ing. Dr. h.c. Anton Schlüter anlässlich des 80-jährigen Jubiläums des Gerstenbau-Verbandes Moosburg e.V., Seite 2

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern anlässlich der 27. Landtechnischen Informationstagung auf Gut Schlüterhof am 8. Oktober 1985 gehalten wurden.

1. Aspekte der zukünftigen Schlepperentwicklung; von Prof. Dr. Ing. Karl-Theodor Renius, Leiter des Institutes für Landmaschinen der Technischen Universität München, Seite 5
2. Alternativen bei notwendiger Reduzierung der Silomaisanbaufläche; von Prof. Dr. Hugo Steinhauser, Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftslehre des Landbaues der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan, und Dr. Alois Heißenhuber und Dipl.-Ing. agr. Hubert Pahl, Seite 13
3. Bodenbearbeitung mit reduziertem Aufwand, Acker- und pflanzenbauliche Gesichtspunkte; von Prof. Dr. Kord Baeumer, geschäftsführender Leiter des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Georg-August-Universität Göttingen, Seite 20
4. Gerätetechnische Lösungen für die reduzierte Bodenbearbeitung; von Prof. Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan, Seite 31

Herausgegeben von der  
MOTORENFABRIK ANTON SCHLÜTER MÜNCHEN - WERK FREISING



## **Vortrag des Herrn Dr. h.c. Anton Schlüter anlässlich des 80-jährigen Jubiläums des Gerstenbau-Verbandes Moosburg e.V.**

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Es ist für mich eine besondere Ehre, an Ihrer heutigen Jubiläumsfeier teilnehmen zu dürfen, und ich möchte sehr herzlich dafür danken, daß Sie mich eingeladen haben und mir gleichzeitig die Möglichkeit geben, vor einem Kreis so hervorragender landwirtschaftlicher Unternehmer als Vertreter der Industrie zu sprechen.

Bei dieser Gelegenheit darf ich Sie alle auch zum 80-jährigen Bestehen Ihres Gerstenbau-Verbandes beglückwünschen, und ich bin sicher, daß diese Veranstaltung vor allem wegen der vorbildlichen Initiative und Organisation, die sich hier so sichtbar darstellt, allen Teilnehmern in angenehmer und mit gutem Recht auch in stolzer Erinnerung bleiben wird.

Ich freue mich, heute bereits zum zweiten Mal aus Anlaß Ihrer jährlich wiederkehrenden Tagung das Wort ergreifen zu dürfen, und ich erinnere mich gerne an den 14. September 1971 - also morgen vor 12 Jahren - wo ich versucht habe, Ihnen die erfolgreiche Entwicklung Ihrer Betriebe vorauszusagen.

Es befriedigt mich sehr, daß sich diese Hoffnung von damals weitgehend erfüllt hat, und ich bin fest davon überzeugt, daß Ihre Betriebe und die Landwirtschaft insgesamt auch in Zukunft ein erfolgreicher und damit ein besonders sicherer Wirtschaftszweig in unserer Gesellschaft und darüberhinaus bei allen Völkern dieser Welt bleiben wird.

Natürlich kommt das nicht von selbst oder von ungefähr, sondern es liegt allein daran, daß die Bauern, oder heute besser gesagt die landwirtschaftlichen Unternehmer, mit dem Wandel der Zeit, der sich vor allem in den letzten 50 Jahren und besonders schnell in den 30 Jahren nach dem letzten Weltkrieg vollzogen hat, wesentlich besser fertig geworden sind als andere Wirtschaftszweige und ihre Unternehmer.

Dabei waren die Landwirte auf die politischen und wirtschaftlichen Veränderungen viel weniger vorbereitet als die Industrie, die schon 50 Jahre früher mit einer geradezu revolutionären Entwicklung beginnen konnte. Der Landwirtschaft dagegen wurde eigentlich erst in den letzten 30 Jahren von der Industrie die moderne Technologie und von der Wissenschaft die züchterischen Forschungsergebnisse zur Verfügung

gestellt, mit denen sie durch ihr schnelles Zugreifen und mit Hilfe einer höchst intelligenten Verwertung in verhältnismäßig kurzer Zeit eine in unserer modernen Industriegesellschaft einmalige Produktivitätssteigerung erreicht hat.

Nur dadurch konnte die sich rapid verschlechternde Kosten- und Preissituation in der Vergangenheit gemeistert werden.

Der Landwirtschaft allein ist es gelungen, in den letzten 30 Jahren eine doppelt so hohe Produktivitätssteigerung zu erreichen wie die gesamte übrige Wirtschaft.

Aber es gibt auch keine Branche in unserer Gesellschaft, deren Preise für die eigenen Produkte so weit hinter den Preisen zurückgeblieben sind, die sie für den Einkauf fremder Produkte bezahlen müssen.

In den letzten 20 Jahren haben sich die Preise für alle Betriebsmittel, die der Landwirt für seine Produktion einkaufen mußte, doppelt so schnell nach oben entwickelt, wie die Erzeugerpreise für seine eigenen landwirtschaftlichen Produkte.

Das bedeutet, ganz einfach ausgedrückt, daß ein landwirtschaftlicher Betrieb für den Einkauf seiner damals benötigten Technik nur halb so viel Getreide oder, im besonderen Falle, nur halb so viel Gerste oder Hopfen verkaufen mußte als heute, wenn er die für seine hohe Produktivität notwendige Technik investiert.

Auf Ihrer diesjährigen Sonderschau haben Sie selbst überzeugend dargestellt, wie sehr sich die Landtechnik im allgemeinen und die Schleppertechnik im besonderen in den letzten 30 Jahren gewandelt hat. Allein schon das optische Bild zeigt deutlich, daß mit der Technik von damals die heute notwendige Produktivität nicht möglich wäre. Und wenn sich auch die Preise für den technischen Fortschritt, ebenso wie die Kosten für die übrigen Betriebsmittel, in den letzten Jahrzehnten doppelt so stark verteuert haben wie die Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte, so haben doch immerhin die gewaltig gestiegene Leistungsfähigkeit der heutigen Technologie und das durch die Weiterentwicklung von Züchtung und Düngung vermehrte Pflanzenwachstum, und nicht zuletzt auch der verbesserte Pflanzenschutz, dazu geführt, daß die damit verbundenen Kostensteigerungen durch einen noch höheren Zuwachs an Volumen und Produktivität mehr als ausgeglichen werden konnten. Der Wandel der Zeit, mit dem auch die Landwirtschaft konfrontiert wird und leben muß, geht weiter und wird, ebensowenig wie der Fortschritt der Technik und die ständige Weiterentwicklung wissenschaftlicher

Forschungen, nie ein Ende finden.

Von den alten Römern stammt das Wort: „Tempora mutantur“, auf deutsch: Die Zeiten ändern sich.

Schon immer haben die Völker dieser Welt den Wandel der Zeiten als etwas Unausweichliches und Wesentliches empfunden, obwohl sich in Jahrtausenden auf allen Gebieten der Wirtschaft nicht so viel verändert hat, als während der letzten 100 Jahre in der Industrie, und im Zeitraum der letzten 50 Jahre in der Landwirtschaft.

Ein Blick auf die politische Umwelt, in der die Landwirtschaft auch in Zukunft leben und mit der sie aus eigener Kraft fertigwerden muß, sowie ein Ihnen vielleicht nicht so geläufiger Einblick in die Weiterentwicklung des technischen Fortschritts für die Landwirtschaft soll Ihnen die Veränderungen verdeutlichen, mit denen Sie auch in Zukunft rechnen müssen:

Die extrem unterschiedlichen Situationen, in denen sich die Landwirtschaft weltweit befindet, führen überall zu schwerwiegenden Problemen für die Gesellschaft. In drei Viertel aller Länder dieser Welt sind immer noch der Luxus und die Kanonen für die jeweils Mächtigen wichtiger als das tägliche Brot für alle.

Der Grund dafür ist das unverzeihliche Versäumnis, dort den für die Landwirtschaft tätigen Menschen das know-how, das heißt den technischen Fortschritt und die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Verfügung zu stellen, mit denen das natürliche Wachstum so weit verbessert werden kann, daß jeder genügend zu essen bekommt.

Das andere Extrem, mit dem die Mächtigen der sogenannten reichen Länder nicht fertig werden, ist die hochentwickelte Produktion der in der modernen Industriegesellschaft tätigen Landwirtschaft, für deren zukünftige Verwertung der dort im Überfluß lebenden Gesellschaft nichts anderes mehr einfällt, als die Vernichtung oder Entwertung hochwertiger Nahrungsmittel. In einer solchen Industriegesellschaft leben auch wir!

Unsere Gesellschaft, die unbekümmert dazu geführt wurde, heute schon auf Pump das zu verbrauchen, was die nächste Generation eventuell erarbeiten soll, wird immer weniger dazu beitragen können, die Schwierigkeiten eines einzelnen Berufsstandes oder eines ganzen Wirtschaftszweiges dauerhaft zu beseitigen. Die vielen Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit und die drastischen Erlebnisse der Gegenwart sprechen eine harte, aber deutliche Sprache.

Unsere Landwirtschaft wird besonders hart berührt vom politischen

Zwang des gemeinsamen Agrarmarktes in der EG, der an seine finanziellen Grenzen stößt. Wer heute den landwirtschaftlichen Betrieben ehrlich helfen will, muß ihnen offen sagen, daß unter den augenblicklichen Umständen kein Verband, keine Partei und auch nicht die Europäische Gemeinschaft die Einkommensverhältnisse der Landwirtschaft entscheidend verbessern kann.

Sicher könnte sowohl in Brüssel als auch in Bonn für die Landwirtschaft viel Gutes getan werden; aber unsere eine Stimme in der EG und die vielen Stimmen anderer Interessen, auch im bundesdeutschen Parlament, zwingen ständig zu Kompromissen. Den Einfluß aber auf die alles entscheidende Preisentwicklung bei landwirtschaftlichen Produkten hat man auf dem Altar der Europäischen Gemeinschaft geopfert.

Umso mehr müssen alle, die in der Landwirtschaft tätig sind und weiter erfolgreich existieren wollen, ihre Maßnahmen zur Selbsthilfe verstärken. Die Möglichkeiten dazu sind auch in Zukunft so vielseitig wie in der Vergangenheit.

Wir wissen aus den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung, daß Ertrag und Qualität vor allem in der pflanzlichen Produktion noch weiter gesteigert werden können. Im Durchschnitt der letzten 20 Jahre hat sich in der Bundesrepublik Deutschland der Getreideertrag jährlich verbessert, und ebenso war es in der übrigen pflanzlichen Produktion.

Außer dem ständig verbesserten, hochqualifizierten Saatgut und dem wissenschaftlich berechneten Einsatz von Düngemitteln und Schädlingsbekämpfung hat auch die Weiterentwicklung der modernen Landmaschinen- und Schleppertechnik ihren Anteil daran. Das tiefere Pflügen im humusreichen Boden mit stärkeren Schleppern und größeren Geräten schafft der Pflanze einen größeren Lebensraum, der einerseits mehr Nahrungsvorräte bereithält und andererseits die Umwelteinflüsse von Regen und Kälte besser ausgleicht.

Bei Verwendung stärkerer Schlepper und größerer Geräte wird auch die Schlagkraft des Betriebes so groß, daß der Boden während der kurzen Schönwetterzeiten im warmen Zustand vollständig bearbeitet werden kann, wobei das Bodenleben dann selbst wesentlich mithilft, die Bodenfruchtbarkeit zu steigern.

Auch eventuell notwendige Meliorationsarbeiten zur Bodenverbesserung können mit starken Maschinen in Zukunft von jedem Betrieb selbst durchgeführt werden.

Die Betriebsgröße allein wird in Zukunft nicht mehr der bestimmende

Faktor für die Stärke der eingesetzten Maschinen sein; denn das Angebot hochproduktiver Landtechnik wird den landwirtschaftlichen Unternehmer zu Überlegungen anregen, mit welchen strukturverändernden Maßnahmen er die hohe Produktivität solcher Maschinen zur Verbesserung seines Einkommens für sich verwerten kann.

Ein besonders anschauliches Beispiel für den unaufhörlichen und nie zu Ende gehenden Wandel der Zeit, von dem die Landwirtschaft nicht nur betroffen ist, sondern laufend profitieren kann, ist die ständige Weiterentwicklung der Landtechnik, vor allem so weit es die moderne Schlepper-technik betrifft.

Während vor über 100 Jahren der Dampfpflug mit 150 PS bis 250 PS wie ein Wunder aus einer anderen Welt bestaunt wurde, das aus damaliger Sicht nicht mehr zu überbieten war, und obwohl man der Bulldogg-Technik in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts ein ewiges Leben prophezeite, weil man sich Verbesserungen nicht mehr vorstellen konnte, hat sich die moderne Schleppertechnik bis heute in immer kürzeren Zeiträumen ständig weiterentwickelt.

Und trotzdem gibt es immer noch so viele Ideen und Wünsche, mit deren Erfüllung der Schlepper für den Praktiker noch wertvoller werden kann, und es erscheint aus heutiger Sicht nicht absehbar, wann es einmal keine technischen Verbesserungen mehr geben könnte.

Nicht nur die Technologien der Roboter und Mikroprozessoren, sondern auch die gesamte Technik für die landwirtschaftliche Produktion wird sich progressiv weiterentwickeln.

Auch die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse der technischen Perfektion auf den Gebieten der Elektronik, der Elektropneumatik und der Automatik werden dabei vor Ackerschleppern und Landmaschinen nicht mehr Halt machen. Dazu kommt, daß der Zwang zur Energieeinsparung im besonderen Maße die Schleppertechnik noch weiter beeinflussen wird und alle dafür notwendigen Verbesserungen bis hin zur zentralen Computeranlage fördert.

All dies und noch vieles andere mehr ist nur eine Frage der Zeit und der dafür vertretbaren Kosten. Ich bin überzeugt, daß beides schneller kommen wird, als wir alle heute glauben.

Seit dem Tag Anfang dieses Jahrhunderts, an dem Ihr Gerstenbau-Verband Moosburg e.V. vor 80 Jahren gegründet wurde, hat sich viel verändert. Damals in der sogenannten „guten, alten Zeit“, war Landwirtschaft noch eine Lebensform für eine ganze Familie, die hart aufgewach-

sen ist, viel arbeiten mußte, aber trotzdem mit ihrem Leben glücklich und zufrieden war. Der vielzitierte „Wandel der Zeit“ ist aber auch an dieser Landwirtschaft nicht spurlos vorübergegangen.

Die Lebensform ist in ihren Grundwerten - Gott sei es gedankt - geblieben, obwohl sich die Landwirtschaft voll in die moderne Industriegesellschaft integriert hat.

Und gerade, weil der Wandel der Zeit die in der Landwirtschaft tätigen und lebenden Menschen in ihren gesunden und natürlichen Eigenschaften nicht verändert hat, konnte sich die Landwirtschaft im Zeitalter des technischen Fortschritts zu dem entwickeln, was sie heute ist.

Unsere Landwirtschaft wurde durch die gewaltige Steigerung ihrer Produktivität der leistungsstärkste Wirtschaftszweig in der Bundesrepublik Deutschland und gilt als der sicherste, beständigste und beste Investor unserer Wirtschaft.

Auch weltweit ist die Landwirtschaft zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor geworden.

Die landwirtschaftliche Produktion in unserem Lande hat heute einen Gesamtwert von fast 60 Milliarden DM erreicht, was umso mehr Beachtung finden muß, wenn man weiß, daß der Gesamtumsatz der chemischen Industrie und auch die Produktion der ganzen Fahrzeugindustrie und ebenso die Leistungen der eisenschaffenden Industrie weit darunter liegen.

Wenn Sie dann noch dazurechnen, daß unsere Landwirtschaft allein für rund 33 Milliarden DM jährlich Betriebsmittel einkauft, werden Sie mir recht geben, wenn ich sage:

Die deutsche Landwirtschaft ist im Wandel der Zeit zum Spitzenreiter der Volkswirtschaft in unserer modernen Industriegesellschaft geworden!

# Aspekte der zukünftigen Schlepperentwicklung

von Prof. Dr.-Ing. Karl-Theodor Renius  
 Leiter des Instituts für Landmaschinen der Technischen Universität München

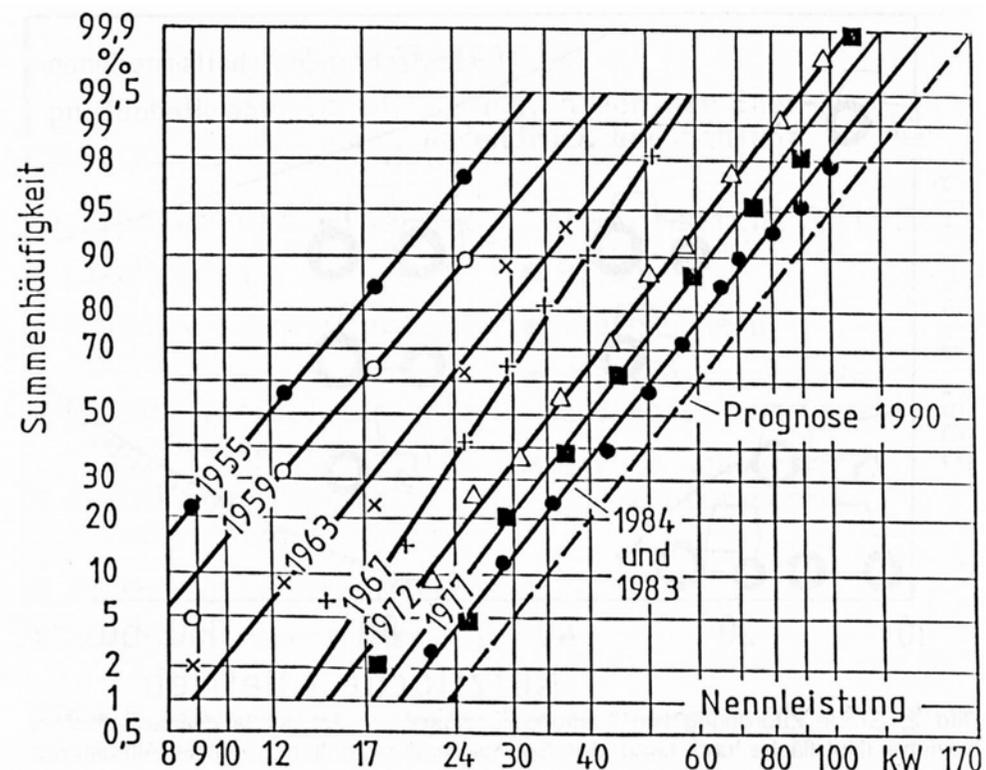
Der Traktor ist die Schlüsselmaschine der Landwirtschaft. Auf ihn entfallen fast 50 % aller Maschineninvestitionen. Die Versorgung mit Traktoren ist nicht nur für den Landwirt, sondern auch für die ganze Volkswirtschaft eine zentrale Lebensfrage: Nur wenige wissen, daß der Lebensstandard der Völker in direktem Zusammenhang mit den TraktorkW je landwirtschaftliche Arbeitskraft steht [1].

Bei uns begann die Vollmechanisierung bekanntlich in den fünfziger Jahren. Die Leistung stieg seitdem etwa auf das Vierfache an und viele wesentliche Funktionen kamen immer wieder dazu - nur wenige konnten entfallen, wie z.B. die Riemenscheibe oder der Zwischenachsanbau [2]. Heute kostet ein Traktor im Hauptstückzahlbereich z.B. 65.000 DM - Großtraktoren über 100.000 DM [3]. Wer sich mit der Technik und ihrer wirtschaftlichen Anwendung auskennt, hat bessere Chancen. Im Interesse einer möglichst ganzheitlichen Sicht sei der Behandlung der technischen Tendenzen eine kurze Darstellung des Traktorenmarktes vorangestellt.

## Marktsituation

Der Markt ist ein sensibler Spiegel dessen, was die Landwirtschaft in nächster Zukunft an Einkommen erwartet. So führte z.B. das Jahr 1984 mit den besonders großen Unsicherheiten des EG-Agrarmarktes zu fühlbarer Kaufzurückhaltung: Mit 34.773 neu zugelassenen Maschinen ergab sich im Inland nicht nur ein neuer Stückzahliefstand, sondern gleichzeitig stiegen auch die seit dreißig Jahren zunehmenden Motornennleistungen erstmalig nicht mehr an, **Bild 1**.

Für 1985 kann man aus den Zahlen des ersten Halbjahres auf eine Erholung sowohl bezüglich Stückzahl wie auch Leistung schließen. Die für 1990 eingetragene Prognose bedeutet z.B., daß 20 % der im Inland zugelassenen Traktoren 74 kW (100 PS) oder mehr Motornennleistung haben werden, wobei die Durchschnittsleistung voraussichtlich auf etwa 60 kW steigen wird.



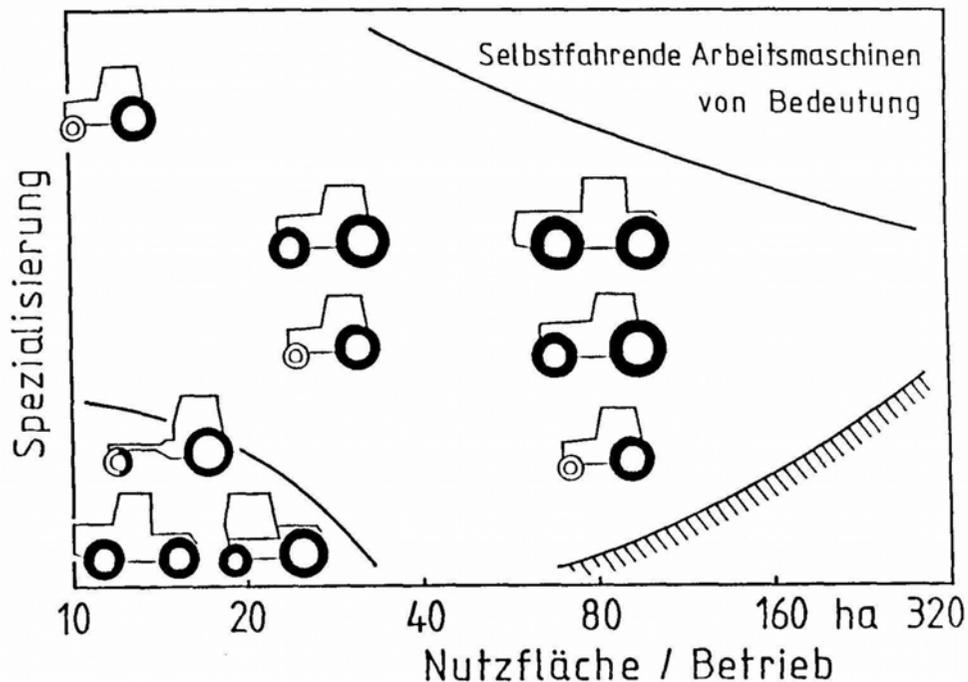
**Bild 1:** Neuzulassungen von Traktoren in der Bundesrepublik Deutschland (nach KBA)

Familie	I	II	III
Nennleist.kW	25 - 45	45 - 70	70 - 130
Motor*)	3 Zylinder	4 Zyl., z.T. ATL	6 Zyl., z.T. ATL, LLK
Techn. Inhalt	einfach mittel	vielfältig	vielfältig, Komfort
Stückzahl**)	24 %	57 %	19 %

\*) ATL Abgasturbolader, LLK Ladeluftkühlung

\*\* ) angelehnt an Gesamtumsatz Inland + Export 1. Halbj. 1985 (LAV)

**Tafel 1:** Typische Grundstruktur einer Europäischen Baureihe von Standardtraktoren (Modell)



**Bild 2:** Grobe Zuordnung von Traktorenkonzepten zur Art der landwirtschaftlichen Betriebe (Nutzfläche und Grad der Spezialisierung). Selten genutzte Alttraktoren weggelassen

**Vorteile:**

- Relativ geringer Kapitalaufwand
- Lenkverhalten wie Selbstfahrer
- Heckanbau hochentwickelt bezüglich Hubkräfte, Kupplungshilfen, Zapfwellenleistung und Regelvorrichtungen
- Hinterachse (mit Reifen) hoch belastbar
- Gute Sicht
- Ältere Traktoren als "Quasi-selbstfahrer" einsetzbar (allerdings mit sehr wenig Komfort)

**Nachteile:**

- Arbeitsgeschwindigkeit nicht stufenlos verstellbar
- Geschwindigkeitsstufung zum Teil noch unzureichend
- Fahrkomfort insgesamt meist geringer als im Selbstfahrer (trotz bedeutender Fortschritte)
- Hersteller muß Dauerrückfahrt bezüglich Getriebehaltbarkeit freigeben
- Rückfahrtraktor gebunden (z. B. nicht für Abtransport der großen Erntemassen einsetzbar)

**Tafel 2:** Anwendungstechnische Bewertung des Rückfahrbetriebes mit großen Traktoren bei Erntearbeiten

Die deutsche Traktorenindustrie wird in diesem Jahr insgesamt etwa 4,5 Mrd. DM umsetzen (1984: 3,8 Mrd. DM, 1983: 4,4 Mrd. DM). Daran hat der Export inzwischen einen Anteil von 67 % (1. Halbj. 85) [4]. Trotz des weltweit außerordentlich harten Wettbewerbs mit spektakulären Schließungen ganzer Werke gelang es unserer Industrie, sowohl im EG-Raum als auch auf dem Weltmarkt einen hervorragenden Platz in der Spitzengruppe der Anbieter zu halten. Diese Leistung sichert nicht nur etwa 34.000 „Export“-Arbeitsplätze, sondern sie bringt auch dem Landwirt Vorteile: Große Stückzahlen ermöglichen günstige Preise und weltweite Einsatzerfahrungen bedeuten gute Produktqualität.

**Gesamtkonzepte**

Im Hauptstückzahlbereich des EG-Marktes (Drei- und Vierzylindertraktoren) sind grundsätzliche Konzeptänderungen des Universaltraktors in Standardbauform mittelfristig nicht erkennbar. Dafür werden vor allem folgende Gründe gesehen:

- Alternative Bauarten sind spezifisch teurer (DM/kW)
- Millionen vorhandener Geräte erzwingen Kontinuität
- Viele bisherige Experimente verliefen negativ

Wohl aber verstärkte sich der **Trend zu weiterer Differenzierung der Traktorenfunktionen** über der Nennleistung: Kleinere Maschinen gestaltet man relativ einfach (oft Zweittraktoren) - größere aufwendiger (Ersttraktoren, oft Pilotmaschinen für Neuheiten). Diesen leistungsabhängigen Unterschieden überlagern sich weitere Funktionsdifferenzierungen nach Produktionsschwerpunkten der Betriebe. Trotz dieser vielfältigen Anforderungen ist eine wirtschaftliche Herstellung von Traktoren nur in großen Serien möglich. Der notwendige Kompromiß bedeutet **Baukastenprinzip**. **Tafel 1** zeigt die entsprechende Grundstruktur der typischen europäischen Standardtraktoren-Baureihe [5].

Bekanntlich gibt es neben den Standardtraktoren auch einen gewissen Markt für **Systemtraktoren** - sprich MB-trac, FENDT-Geräteträger und INTRAC. In **Bild 2** habe ich versucht, die verschiedenen Konzepte in Anlehnung an eine Darstellung von Welschhof [6] der betrieblichen Praxis zuzuordnen. Schwerpunkte für die Anwendung von „Systemtraktoren“ als Alternative zu Familie II werden vor allem für kleinere Betriebe mit geringer Spezialisierung gesehen. Im mittleren Hauptfeld besteht eine häufige Motorisierung in der Anwendung von 2 oder 3 Traktoren [7]. Der kleinste hat oft nur Hinterradantrieb, der größte ist nicht immer ein Standardtrak-



**Bild 3:** Moderner Traktor mit Rückfahreinrichtung (Werkbild Schlüter)

tor, sondern relativ oft auch ein MB-trac. Im Grenzbereich zum Selbstfahrer setzt man vor allem für das Maishäckseln und die Zuckerrübenenernte große Traktoren mit **Rückfahreinrichtungen** ein, siehe **Bild 3. Tafel 2** enthält hierzu eine anwendungstechnische Bewertung [5]. Für ein zügiges dreireihiges Maishäckseln braucht man wenigstens etwa 110 kW (150 PS) Motornennleistung.

Über die richtigen **Traktorengewichte** gehen die Meinungen oft sehr auseinander: Leicht oder schwer? **Tafel 3** zeigt auf, daß beides richtig sein kann - je nach Art des Einsatzes [5]. Ein für die Leichtgewichtseinsätze zu schwerer Traktor erzeugt nicht nur einen unnötig hohen Bodendruck, sondern leistet auch weniger bei erhöhtem Kraftstoffverbrauch. Ein

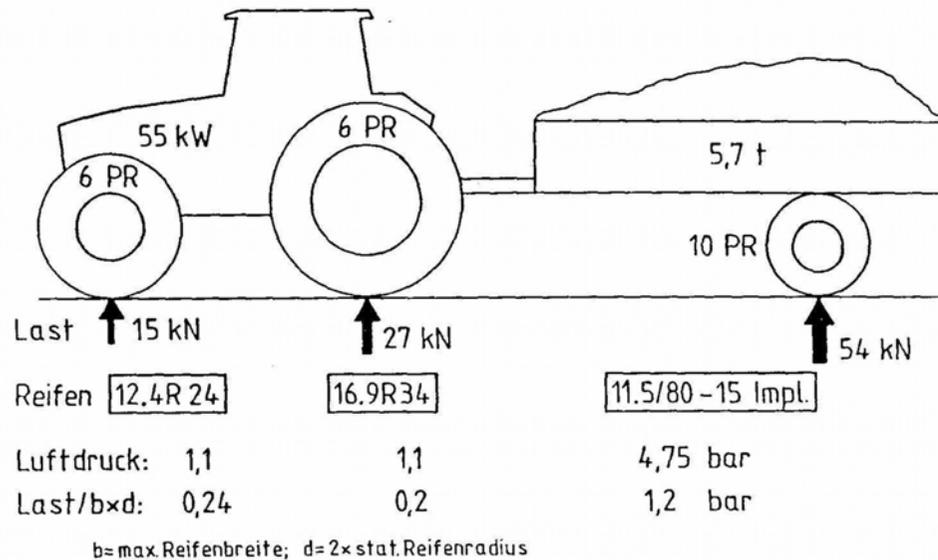
### Einsatzziele:

Hohe Flächenleistung, niedriger Energieverbrauch, Bodendruck und Schlupf

- | Leichtgewichtseinsätze                             | Schwergewichtseinsätze                    |
|--|---|
| ■ Leerfahrten                                      | ■ Pflügen                                 |
| ■ Schnelle Oberflächenbearbeitung                  | ■ Tiefgrubbern                            |
| ■ Einsatz zapfwellengetriebener Bodenbearb.-Geräte | ■ Schwere Transporte auf Acker und Straße |
| ■ Bestellung, Düngung, Pflege, Pflanzenschutz      | ■ Ziehen schwerer Vollerntemaschinen      |
| ■ Futterernte, Heuwerbung                          |   |
| ■ leichte Straßentransporte                        |   |

**Tafel 3:** Bedeutung des Maschinengewichts beim praktischen Einsatz von Traktoren

übergreifendes Ziel bleibt daher die weitere Gewichtsreduzierung - vordringlich bei Kabinentraktoren mit Allradantrieb. Für die Schwergewichtseinsätze muß die Handhabung der Ballastierung weiter verbessert werden. Die Maximalgewichte darf man nicht zurücknehmen. Ein weiterer allgemeiner Entwicklungstrend besteht in der fortentwickelten Ausnutzung des Systems „Traktor-Gerät-Fahrer“ durch gezieltere Kontrolle und Steuerung (bzw. Regelung) des Zusammenwirkens. Erste **Elektronikanwendungen** beziehen sich auf eine bessere Fahrerinformation. Daß man nicht rascher vorankommt, liegt vor allem an den hohen Entwicklungskosten relativ zum Umsatzpotential. Hinzu kommt das Motiv, der Praxis nur ausgereifte Systeme hoher Zuverlässigkeit in die Hand zu geben.



**Bild 4:** Bereifungen beim landwirtschaftlichen Transport. Beim Bezug der Last auf die zugehörige Reifengröße (bxd) schneidet der Traktor um ein Mehrfaches (!) besser ab als der Anhänger

Kostensenkungen strebt man bezüglich der **Reparaturen** und der **Wartung** an. Der Automobilbau zeigt, daß eine derartige Strategie trotz höherer Herstellkosten wirtschaftlich sein kann.

Ein in Veröffentlichungen selten angesprochenes Problem des Konstrukteurs besteht in der **räumlichen Unterbringung** der ständig gestiegenen Zahl der Traktorkomponenten (Frontzapfwelle, Abgasturbolader, Klimaanlage, zusätzliche Hydraulikpumpen, Zusatztanks für Dieselöl bzw. Hydrauliköl, Vielzahl von Hebeln, usw.)

### Komponenten

Das **Traktorfahrwerk** erzeugt auf dem Acker infolge der Bodendrucke mehr oder weniger große Bodenverdichtungen. Die beiden wichtigsten Betriebsparameter sind die Radlast und der mittlere Kontaktflächendruck unter den Reifen. Wir haben in München systematische Vergleiche zwischen den Bereifungen verschiedener landwirtschaftlicher Fahrzeuge

### Vorteile

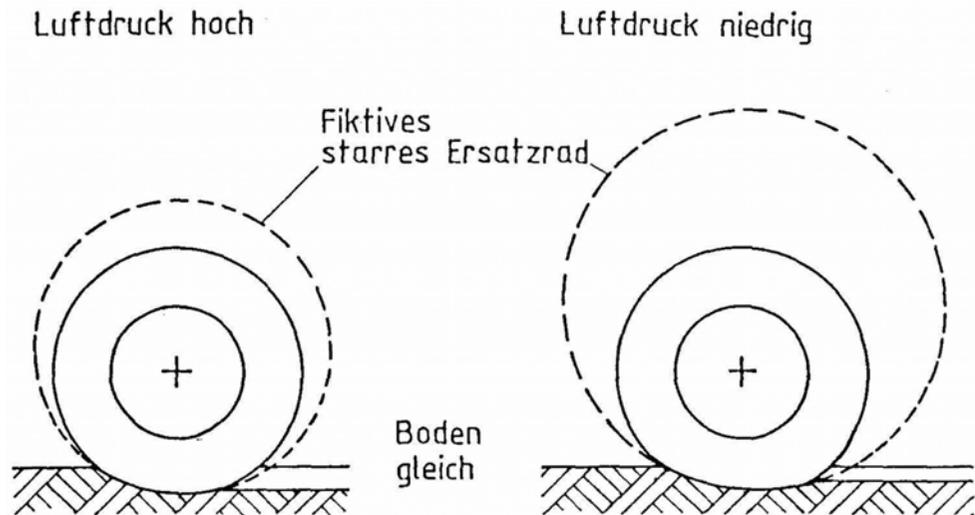
- Sehr geringe Krümmenverdichtung (Vorteil mit steigender Tiefe abnehmend)
- Sehr geringe Spurtiefe
- Schonendes Befahren junger Pflanzenbestände und Wiesen
- Acker eher zu befahren (geringeres Zeitrisko bei Saat, Pflanzenschutz, Düngung)
- Z. T. erhöhter Fahrkomfort
- Verminderte Kippgefahr

### Nachteile

- Hoher Preis
- Zulassungsprobleme (Überbreiten)
- Nicht brauchbar für Straßenfahrt
- Breite zu groß für herkömmliche Furche
- Z. T. Gefahr des Rutschens auf Felge
- Als Universalreifen nicht geeignet

**Tafel 4:** Vor- und Nachteile des extremen Breitreifens (z.B. mit 0,3 - 0,5 bar Luftdruck)

durchgeführt und festgestellt, daß der Traktor zu der am großzügigsten bereiften Gruppe gehört. Schwerwiegende Bodenverdichtungen entstehen häufig durch Anhänger (Gülle, Rübenernter, Düngerstreuer u.a.) sowie durch angehängte oder selbstfahrende Erntemaschinen [8 bis 10]. **Bild 4** zeigt am Beispiel eines Anhängers, daß gegenüber dem Traktor nicht nur höhere Achslasten, sondern auch vielfach höhere Luftdrücke und entsprechend größere Kontaktflächendrucke auftreten (siehe hierzu auch die Ausdrücke „Last/bxd“). Für bestimmte Einsätze ist allerdings auch die Traktorbereifung noch verbesserbar - insbesondere für die Bestellung im Frühjahr. Daher hat ein kleiner Kreis von Praktikern das schon früher von der Wissenschaft bewertete Bauprinzip des extremen Breitreifens (z.B. Marke „Terrareifen“ von Goodyear) [11] wieder aufgegriffen [12]. Eine Spezialfirma liefert komplette Räder zum Umrüsten [13]. **Tafel 4** bilanziert die anwendungstechnischen Vor- und Nachteile. Danach ist eine allgemeine Einführung kaum zu erwarten - die



**Bild 5:** Verbesserung der Reifeneigenschaften auf dem Acker durch Absenkung des Luftdrucks, demonstriert mit dem Prinzip des starren Ersatzrades (nach Bekker und Söhne)

Erfahrungen werden aber wohl die Entwicklung der Universalreifen befürworten: Noch breiter und noch niedrigere Luftdrücke auf dem Acker. Allgemein fördert die derzeit intensive Diskussion auch das Verständnis für wichtige grundlegende Zusammenhänge: Auch aus den heute üblichen Reifen ließe sich nämlich oft noch mehr herausholen.

**Bild 5** demonstriert dazu die große Bedeutung des Luftdrucks - er ist für den Reifen oft die wichtigste Betriebsgröße. Niedrige Werte auf dem Acker ergeben große Durchmesser des äquivalenten starren Ersatzrades: Das bedeutet wiederum niedrigen Bodendruck, gute Traktion, wenig Kraftstoffverbrauch, effektvolle Selbstreinigung und guten Fahrkomfort. Da man auf der Straße hohe Luftdrücke benötigt, wäre eine verbesserte Verstellung vorteilhaft.

Die völlige Trennung des Fahrverkehrs von der Produktionsfläche wird vor allem in den USA erforscht („separated rootbeds and roadbeds“). Nähere Daten hierzu enthält [5].

Der Zentralantrieb, **Bild 6**, ist anwendungstechnisch kaum besser als der Seitenantrieb - jedoch kostengünstiger, leichter, „aufgeräumter“ und platzsparender (mehr konstruktiv nutzbarer Seitenfreiraum am Rumpf).

	Belastung des Fahrers	Berührte Technik
Arbeitsprozeß	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Führen des Arbeitsprozesses: Einleiten, Überwachen, Korrigieren, Beenden. Mindestaufwand: Lenken des Fahrzeugs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Betätigungseinrichtungen, Fahrerinformation, Bordrechner, automatische Regelung</li> <li>■ Sicherheitstechnik</li> </ul>
Arbeitsumgebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Klima</li> <li>■ Schwingungen</li> <li>■ Lärm</li> <li>■ Fremdstoffe in der Luft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Klimatisierung</li> <li>■ Schwingungsdämpfung</li> <li>■ Lärminderung</li> <li>■ Schutz gegen Fremdstoffe</li> </ul>

**Tafel 5:** Fahrerbelastungen und technische Einrichtungen zu ihrer Reduzierung (nach Batel)

Umstellungen sind entwicklungsintensiv (ganzes Fahrzeug betroffen). Die heute überwiegende hydrostatische Hilfskraftlenkung arbeitet zunehmend mit in der Frontachse integrierten Arbeitszylindern an Stelle der Spurstange. Dadurch erreicht man ein vollkommen gleiches Lenkverhalten nach rechts und links in Verbindung mit kompakter Bauweise. Nasse Scheibenbremsen (z.T. in den Hinterachsen oder im Getriebe) bieten dem Landwirt ein nahezu verschleißfreies Konzept mit hoher Konstanz der Wirkung. Die weitere Einführung kommt vor allem wegen der engen konstruktiven Verknüpfung mit dem gesamten Getriebe (einschließlich Hinterachse) und wegen der noch relativ hohen Leerlaufverluste für Straßenfahrt (Restmoment) nur langsam voran. Forschung und Industrie bemühen sich hier systematisch um Verlustminderungen.

Bei den **Dieselmotoren** hat man vor allem die technischen Maßnahmen für eine praxisgerechte Vollast-Drehmomentkennlinie verfeinert. **Bild 7** soll eine Hilfe sein zur anwendungstechnischen Bewertung der in OECD-Testberichten (nach wahlfreier Prüfung) dokumentierten Kennlinien. Verbesserungen sind z.T. bei aufgeladenen Motoren im unteren Drehzahlbereich noch notwendig. Durch Aufladung konnte man die

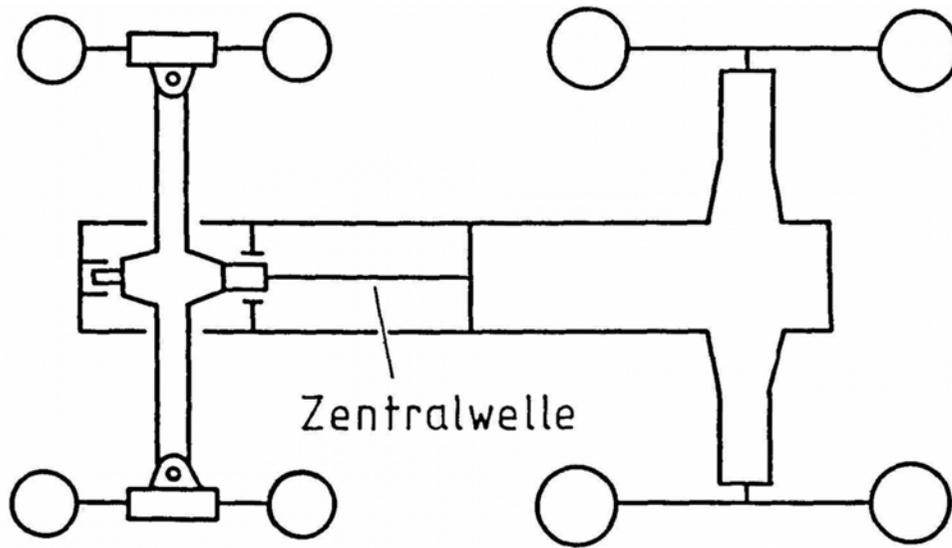


Bild 6: Prinzip des sogenannten „Zentralantriebs“ bei Allradtraktoren

Eckleistung der Vierzylindermotoren auf 65 - 70 kW bringen und so durch vergrößerte Leistungsspannweite bei spezifisch reduziertem Gewicht ihre Wirtschaftlichkeit verbessern. Mit Ladeluftkühlung könnte man weitere Leistungssteigerungen erreichen (bei 6 Zylindern z.T. schon üblich), Hauptproblem: Platz für den Ladeluftkühler. Die Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs berücksichtigt jetzt mehr den Teillastbereich (z.B. durch geregelte Lüfter), nachdem man relativ genau weiß, daß praktische Einsätze im Motorkennfeld oft weit weg von den „Prospektwerten“ liegen. Diese Frage wird ausführlich in [5] behandelt. Die Schadstoffe im Abgas des Traktordieselmotors sind durch die Besonderheiten des Brennverfahrens von vornherein wesentlich niedriger als beim Ottomotor. Die Bundesregierung wird bezüglich der gasförmigen Schadstoffe die ECE-Regelung ECE R 49 als Entwurf einer EG-Richtlinie in Brüssel einbringen. Sie soll vor allem für schwere Nutzfahrzeuge (ab 3,5 t), daneben auch für Traktoren gelten. Die geregelten Grenzwerte für CO, HC und NO<sub>x</sub> können von modernen Dieselmotoren der genannten Fahrzeugarten weitgehend schon heute erfüllt werden. Um vor allem bezüglich NO<sub>x</sub> noch mehr zu tun, hat die

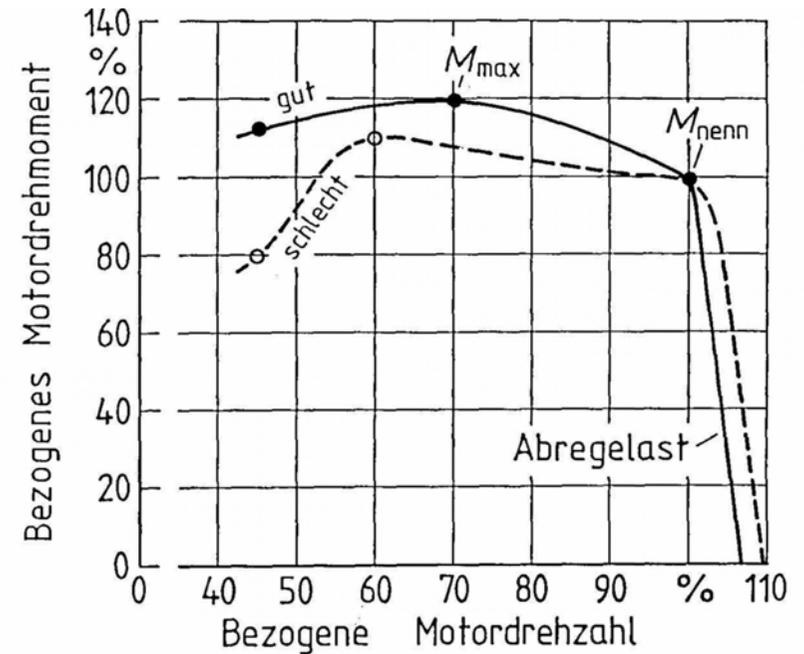
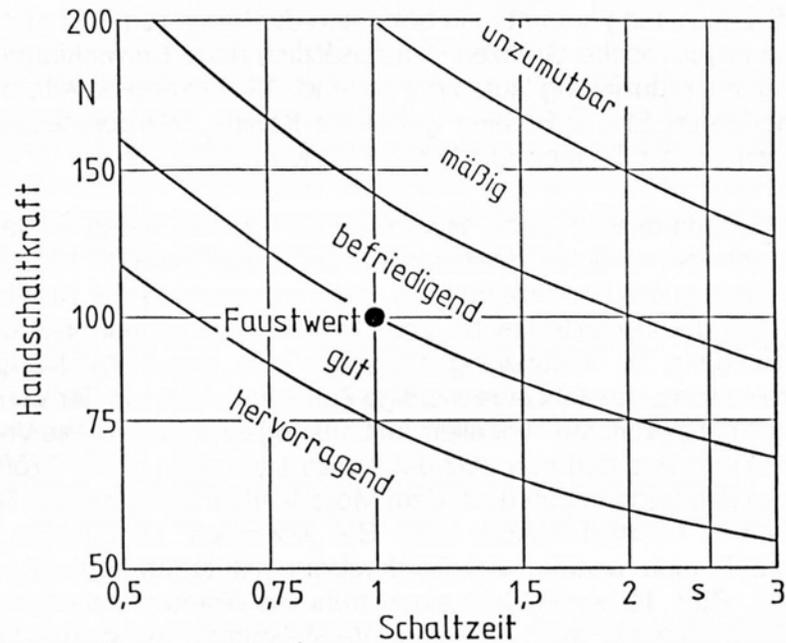


Bild 7: Anwendungstechnische Bewertung des Vollast-Drehmomentverlaufes bei Traktor-Dieselmotoren

Nutzfahrzeugindustrie eine freiwillige Unterschreitung aller Grenzwerte der ECE R 49 um 20 % für Neuabnahmen ab 1. 1. 1986 angeboten (USA-Niveau). Auch dieses erscheint technisch noch möglich ohne Abgasbehandlung und ohne Verlassen der kraftstoffsparenden Direkteinspritzung [14].

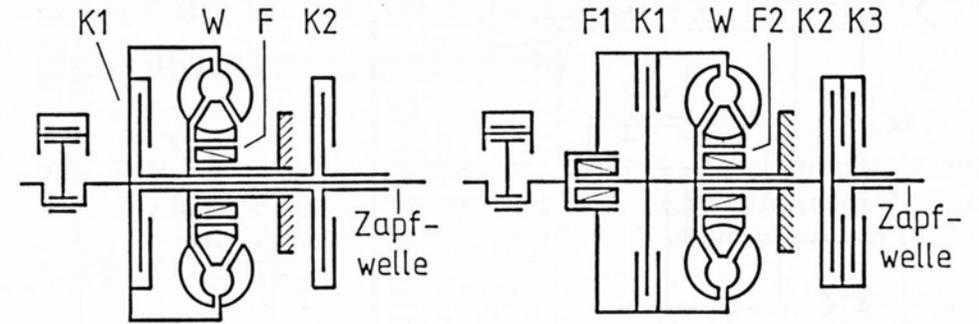
Bezüglich sichtbarer Emissionen gilt in Europa seit längerem die Richtlinie ECE R 24 (= 72/306/EWG). Die zulässigen Werte sind streng (sogar etwas schärfer als vergleichbare Vorschriften in den USA) - daher ist mittelfristig keine weitere Verschärfung zu erwarten. Der TÜV beschäftigt sich allerdings mit der routinemäßigen Nachprüfung der Typgrenzwerte: In einer Testprüfung von 800 schweren Nutzfahrzeugen fielen nicht weniger als 55 % durch. Rußfilter funktionieren übrigens im Prinzip bereits, sind jedoch teuer und sie würden derzeit wegen der häufigen Teillast einen hohen Reinigungsaufwand erfordern. Bei ihrer Diskussion



**Bild 8:** Anwendungstechnische Bewertung der Schaltkräfte und Schaltzeiten bei synchronisierten Schaltstellen

spielt langfristig die technische Möglichkeit eine Rolle, den  $\text{NO}_x$ -Anteil zu Lasten des Rußanteils weiter abzusenken und den Ruß dann herauszufiltern.

Bei den **Getrieben** kam der Anstieg der Arbeitsgeschwindigkeit auf dem Feld zum Stillstand. Demgegenüber etablierte sich die Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h als technischer Stand. Der Trend zu feineren Stufungen und möglichst vollständig synchronisierten Schaltstellen setzt sich immer noch fort. Hinter dieser Entwicklung verbergen sich bemerkenswerte Ingenieurleistungen, weil die Randbedingungen zur (oft nachträglichen) Einführung der Synchronisationen z.T. sehr ungünstig waren. Nachdem man vor allem durch Zwangsschmierung (Ölkühlung!) einen hohen Zuverlässigkeitsgrad erreicht hat, wird man zukünftig vor allem die Schaltkräfte noch senken. Für deren Beurteilung muß man auch die Schaltzeit berücksichtigen, **Bild 8**. Die weitere Entwicklung der Getriebekonzepte wird u.a. durch die mitteleuropäische Forderung



FENDT „Turbomatik E“

Zapfwelle vom Wandler  
unabhängig

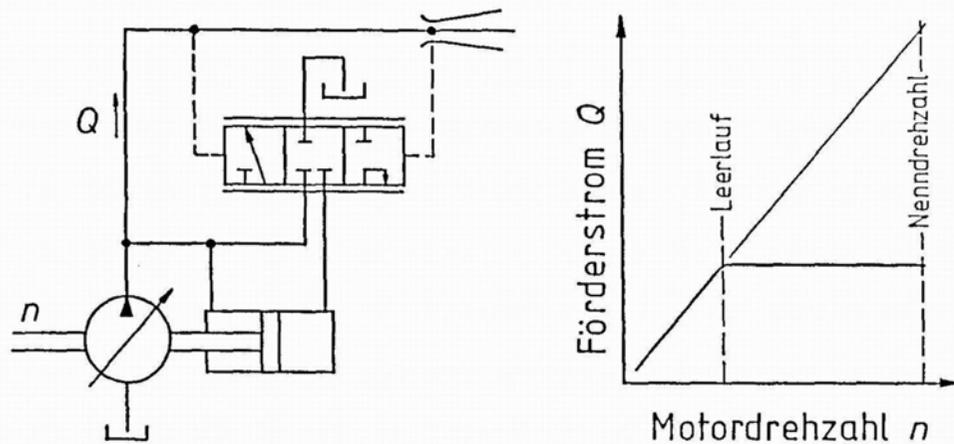
SCHLÜTER „Wandlerschaltkupplung“

Zapfwelle vom Wandler  
abhängig

**Bild 9:** Hydrodynamische Drehzahl-Drehmoment-Wandler mit Überbrückungskupplung bei Fendt und Schlüter

bestimmt, nach dem Anfahren mit einem Hebel möglichst bis auf 40 km/h bequem durchzuschalten (Straßenbetrieb): 4 Stufen reichen dafür nicht mehr aus. Eine Gesamtübersicht über die praxisbezogenen Anforderungen an Traktorgetriebe enthält [5]. Das Schalten einzelner Stufen unter Last kann vor allem für das Arbeiten auf hängigen Ackerflächen vorteilhaft sein. Einerseits die höheren Anschaffungskosten - andererseits auch die Kompromisse bezüglich der Schaltbarkeit der restlichen Stufen bremsen bisher in Europa eine breitere Einführung. Im oberen Leistungsbereich stellte J. Deere in den USA 1982 ein durch 15 Gänge unter Last schaltbares Getriebe vor [5] - ZF zeigte 1984 für Schlüter-Traktoren ein Konzept mit ähnlicher Zielrichtung [15]. Parallel dazu führten Schlüter und Fendt 1984 Strömungswandler für große Traktoren ein, siehe **Bild 9**. Das Problem der an sich zu hohen Verluste löste man durch eine Überbrückungskupplung: Der Wandler arbeitet immer nur kurzfristig (Anfahren, Zugkraftüberhöhungen).

Die Zapfwellen haben bei Traktoren vor allem wegen der Fortschritte in der Futtererntetechnik wie auch der Bodenbearbeitung (rotierende Werkzeuge) noch an Bedeutung gewonnen. Dementsprechend verbesserte man die Technik: Zwei Standarddrehzahlen (vereinzelt drei bzw.



**Bild 10:** Prinzip einer Sparschaltung für die Lenkhydraulik unter Anwendung einer verstellbaren Ölpumpe mit Volumenstrom-Regelung

sogar vier), gegenüber der Norm erhöhte Grenzleistungen, verbesserte Schaltung, Schnellkuppler. Die Praxis bevorzugt bei uns das Einstummelkonzept (ISO-Form 1) - teilweise befürchtete ernste Sicherheitsprobleme traten nicht auf. Daher wurde eine entsprechende Normierung versucht; leider konnte man dafür weltweit (auf ISO-Ebene) bisher keine Mehrheit gewinnen.

Für den **Arbeitsplatz des Menschen** ist der technische Aufwand in den letzten 10 Jahren stärker gestiegen als für jede andere Komponente: Bei einem modernen 60 kW-Traktor mit Allradantrieb und Kabine werden inzwischen etwa 20 % des Anschaffungspreises für den Menschen ausgegeben (Kabine plus alle Hilfen zum Verringern der Belastungen). Das ist schon jetzt mehr als der Motor kostet und wird vermutlich weiter steigen. Geht man die in **Tafel 5** nach [16] wiedergegebene Übersicht durch, so sind für die Zukunft folgende Tendenzen zu erwarten:

- Betätigungskomfort weiter verbessern
- Hilfsmittel zur besseren Kontrolle bzw. Führung des Arbeitsprozesses verbessern (1. Stufe: Fahrerinformation)
- Beherrschung des Kabinenklimas im Sommer kostengünstiger gestalten
- Schwingungsbelastung weiter reduzieren

In der Sitzgestaltung kommt man bezüglich der Eigenfrequenz mehr und mehr an physikalische Grenzen. Grundsätzlich neue Entwicklungen zur Schwingungsreduzierung laufen nur tastend: Alle bekannten Alternativen zum modernen Sitz, z.B. eine gefederte Kabine, werden teurer und beinhalten auch z.T. noch funktionelle Risiken.

Als letzte Komponente ist die **Hydraulik** zu nennen, deren Bedeutung immer noch etwas wächst (Kostenanteile am Traktor etwa 6 - 12 %). Nach der Einführung des Frontkrafthebers, der Verbesserung der Kraftheberregelungen durch elektronische bzw. hydraulische Signalverarbeitung, dem Übergang zu Vierstellungsschiebern und der Entwicklung von Mehrkreisanlagen besteht eine wichtige Zukunftsaufgabe in der Verringerung der Energieverluste - vor allem im Lenkungsreislauf. Diese Verluste entstehen vor allem dadurch, daß der Konstrukteur sich in der Größe der (üblichen) Zahnradpumpen nach dem Motorleerlauf richten muß (Traktor muß auch im Leerlauf lenkbar sein). Bei „normalen“ Drehzahlen liefert dann die Pumpe unnötig viel Förderstrom mit entsprechend hohen Verlusten. **Bild 10** verdeutlicht einen früheren eigenen Vorschlag, die Überschußförderung mit Hilfe einer Verstellpumpe zu vermeiden. In ähnlicher Form wird ein System in die größten Schlüter-Traktoren eingebaut, und es ergaben sich erhebliche Verlustreduzierungen. Die Übertragung des Prinzips auf kleinere Traktoren scheiterte bisher an den zu hohen Pumpenkosten.

Geht man bezüglich der „Intelligenz der Hydrauliksysteme“ noch einen Schritt weiter, gelangt man zu den sogenannten „load-sensing-Systemen“ mit automatisch verstellten Pumpen zur Anpassung von Ölstrom und Öldruck an den Bedarf aller Verbraucher [17]. Ein Durchbruch dieses an sich eleganten Prinzips scheiterte bisher ebenfalls an den beträchtlich höheren Herstellkosten und z.T. auch an den zu hohen Leerlaufverlusten geeigneter Verstellpumpen.

### Zusammenfassung

Nach kurzer Darstellung der wieder etwas entspannten Marktsituation wird gezeigt, daß völlig neue Traktorenkonzepte in größeren Stückzahlen in nächster Zukunft nicht zu erwarten sind, wohl aber ein deutlicher Trend zu weiteren Funktionsdifferenzierungen besteht.

Die Landwirtschaft könnte oft noch weitergehende Spezialisierungen der Traktoren gut gebrauchen - begrenzend wirkt hier die Notwendigkeit, im

Interesse niedriger Herstellkosten ausreichende Stückzahlen für bestimmte technische Grundumfänge zu erreichen.

Bei den Traktorkomponenten ist eine Vielzahl von wichtigen Fortschritten zu beobachten bzw. auch zukünftig zu erwarten, wobei der auf den Menschen bezogene Aufwand am meisten zugenommen hat. Obwohl der Traktor zu den am großzügigsten bereiften Geländefahrzeugen gehört, werden weitere Verbesserungen zur Schonung des Bodens vor allem bei Bestellung, Pflege und Pflanzenschutz versucht.

- [ 1] **Schön, H.:** Technik in der Landwirtschaft - Wegbereiter des Fortschritts. VDI-Berichte 407 (1981), S.1-10. Düsseldorf: VDI-Verlag
- [ 2] **Söhne, W. und K.Th. Renius:** Entwicklung des Ackerschleppers. Festschrift „25 Jahre VDI-Fachgruppe Landtechnik“, S. 16-33. Düsseldorf: VDI-Fachgr. Landt. 1983
- [ 3] ---: Daten - Traktoren - Preise. dlz 36 (1985) Nr. 10, S.1461-1504
- [ 4] ---: Unterlagen der LAV (Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung), Frankfurt/M.
- [ 5] **Renius, K.Th.:** Traktoren. München, Frankfurt/M., Münster-Hiltrup, Wien, Bern: Verlagsunion Agrar 1985
- [ 6] **Welschhof, G.:** Der Ackerschlepper - Mittelpunkt der Landtechnik. VDI-Berichte 407 (1981), S. 11-17, Düsseldorf: VDI-Verlag
- [ 7] **Olfe, G. und H. Schön:** Einsatzzeiten von Schleppern bei unterschiedlichen betrieblichen Verhältnissen. Grundl. Landt. 34 (1984) Nr. 6, S. 236-243
- [ 8] **Renius, K.Th.:** Zum Problem des Bodendrucks von Ackerschleppern und Landmaschinen. Deutz-Fahr Agrarpresse-Tagung. Gütersloh, Parkhotel 25./26.8.1983
- [ 9] **Söhne, W. und K.Th. Renius:** Ackerschlepper 1984. ATZ Automobiltechn.Z. 86 (1984) Nr. 12, 563-575
- [10] **Bolling, I.:** Bodenverdichtung und Bereifung bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Landtechnik 39 (1984) Nr. 10, S. 449-452
- [11] **Söhne, W.:** Wechselbeziehungen zwischen Schlepperleistung, Reifenabmessungen und Ackerboden. Landtechnik 25 (1970) Nr. 10, S. 306-308 und 310-312
- [12] **Lischka, A. und E. Isensee:** Terrareifen. Kiel: Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL) 1985
- [13] ---: Informationen von der Firma Metallbau Grasdorf GmbH, 3201 Holle 1
- [14] ---: Nutzfahrzeug und Umwelt. Verband der Automobilindustrie (VDA) Frankfurt/M.: 1985
- [15] **Renius, K.Th.:** Ackerschleppergetriebe: Anforderungen und neuere Entwicklungen. Landtechnik 39 (1984) Nr. 10, S. 442-446
- [16] **Batel, W.:** Arbeitsplatzgestaltung auf fahrenden Arbeitsmaschinen. Festschrift „25 Jahre VDI-Fachgruppe Landtechnik“, S. 80-89. Düsseldorf: VDI-Fachgr.Landt. 1983
- [17] **Matthies, H.J.:** Einführung in die Ölhydraulik. Stuttgart: B.G. Teubner-Verlag 1984

## Alternativen bei notwendiger Reduzierung der Silomais-Anbaufläche

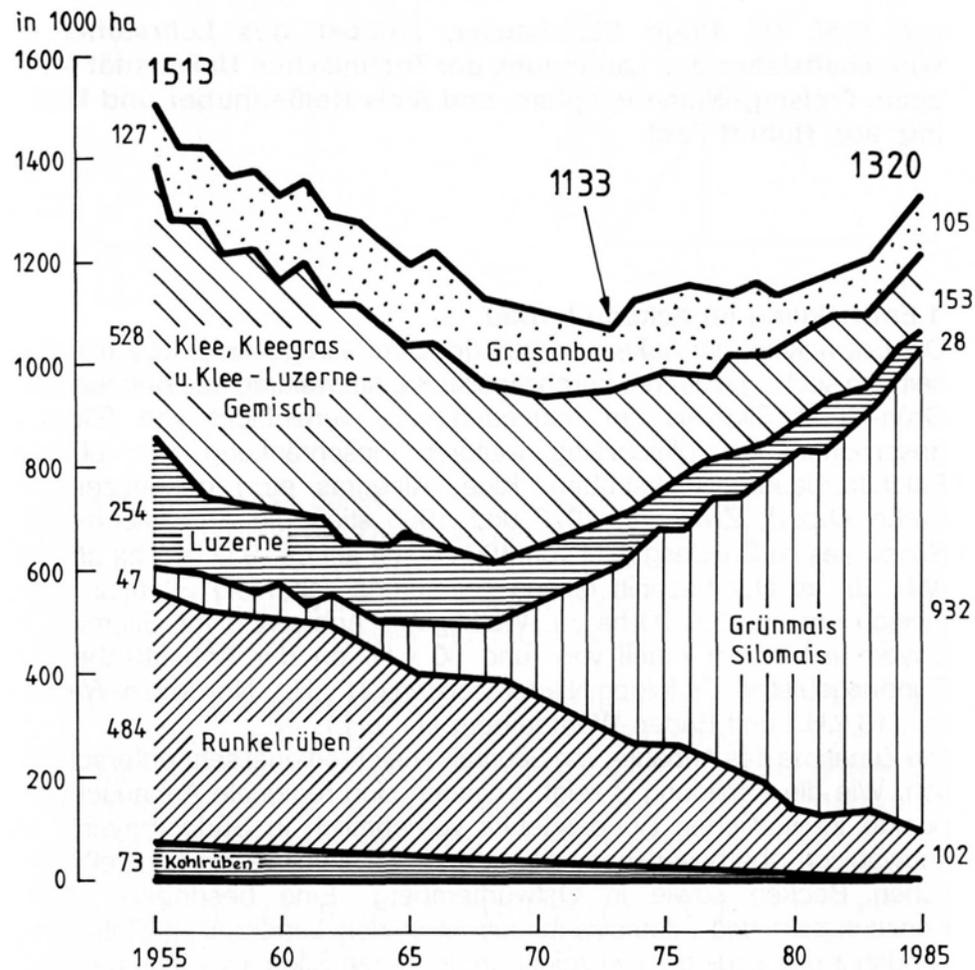
von Prof. Dr. Hugo Steinhauser, Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftslehre des Landbaues der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan, und Alois Heißenhuber und Dipl.-Ing. agr. Hubert Pahl

### 1 Entwicklung im Ackerfutterbau

Die Entwicklung im Ackerfutterbau der Bundesrepublik Deutschland ist seit den sechziger Jahren durch eine starke Ausweitung des Anbaues von Grün- und Silomais (im folgenden wird vereinfacht von Silomais gesprochen) bei gleichzeitig weiterer Einschränkung des übrigen Feldfutterbaues (Runkelrüben, Klee, Klee gras etc.) gekennzeichnet (siehe Abb.1). Zwischen 1970 und 1985 stieg die Anbaufläche des Silomaises im Bundesgebiet von 190 000 ha auf ca. 932 000 ha an (vgl. Abb. 2). Im Durchschnitt dieses Zeitraumes nahm die Silomaisfläche jährlich um ca. 50 000 ha zu. Wichtigstes Anbauland für Silomais ist Bayern mit einem Anteil von rund 40 v.H. an der Anbaufläche des Bundesgebietes. Es folgen Niedersachsen (21 v.H.), Nordrhein-Westfalen (16 v.H.) und Baden-Württemberg (11 v.H.).

Die Zunahme des Anbaues von Silomais verlief regional sehr unterschiedlich. Wie die Abbildung 3 zeigt, befinden sich regionale Anbauschwerpunkte im südlichen Bundesgebiet vornehmlich in Südostbayern, im schwäbisch-oberbayerischen Hügelland, im Neckar- und mittelfränkischen Becken sowie in Ostwürttemberg. Eine besonders starke Konzentration des Silomaisanbaues ist in den Landkreisen Rottal-Inn, Landshut und Erding zu verzeichnen, in denen Silomais vorwiegend als Futtergrundlage für die Bullenmast dient. Im nördlichen Bundesgebiet liegen die Anbauzentren schwerpunktmäßig in der Münsterländer Bucht (Landkreise Borken und Steinfurt) mit Ausläufern in Richtung Emsland und Mittelweser. Auch in diesen Gebieten stellt Silomais eine wesentliche Grundlage der Rinderfütterung dar.

### Entwicklung der Anbauflächen der wichtigsten Ackerfutterpflanzen in der BRD



Quellen: Stat. Jahrbuch ELu.F  
Stat. Bundesamt  
Bodennutzung

Abb. 1

### Entwicklung der Anbauflächen für Grünmais in der BRD und einigen ausgewählten Bundesländern

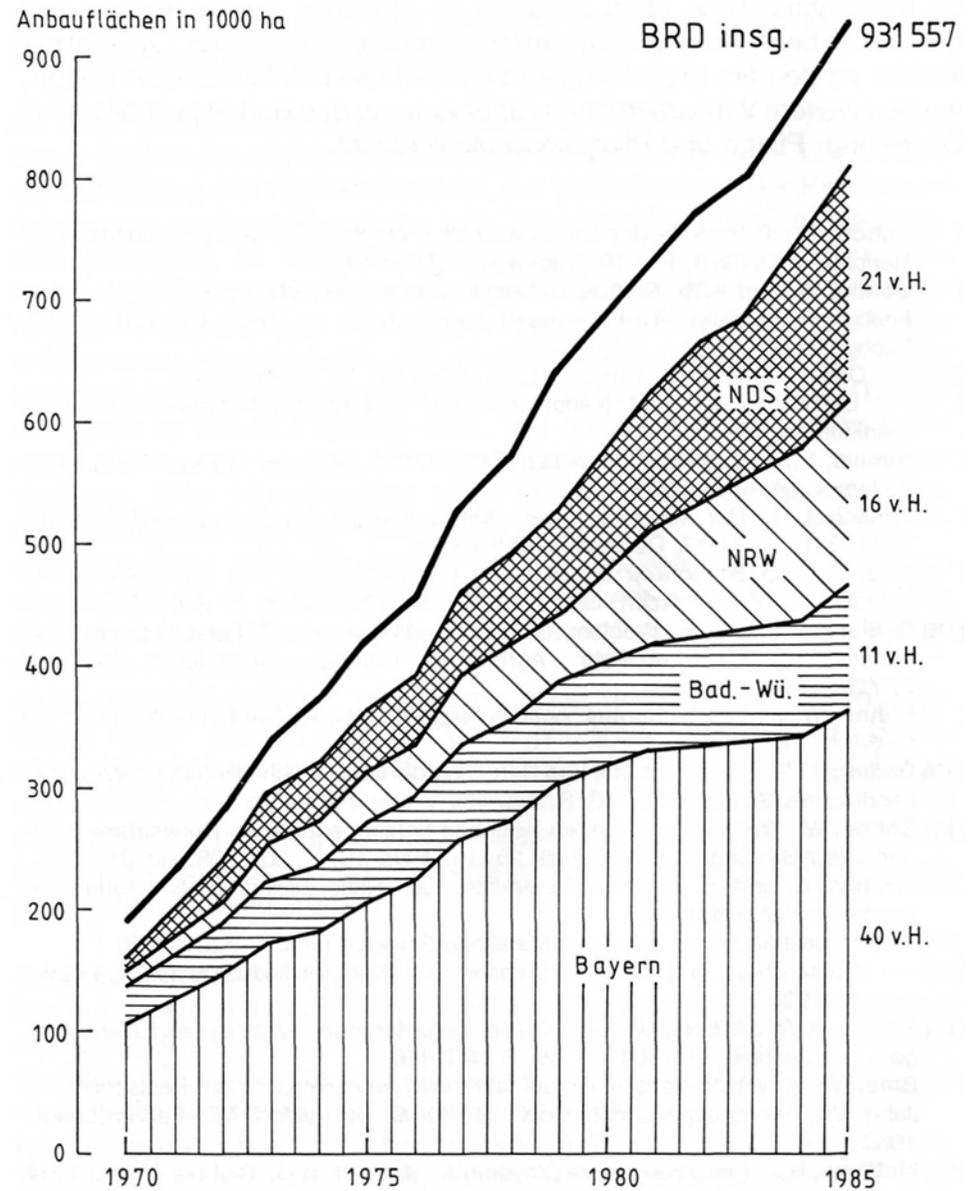
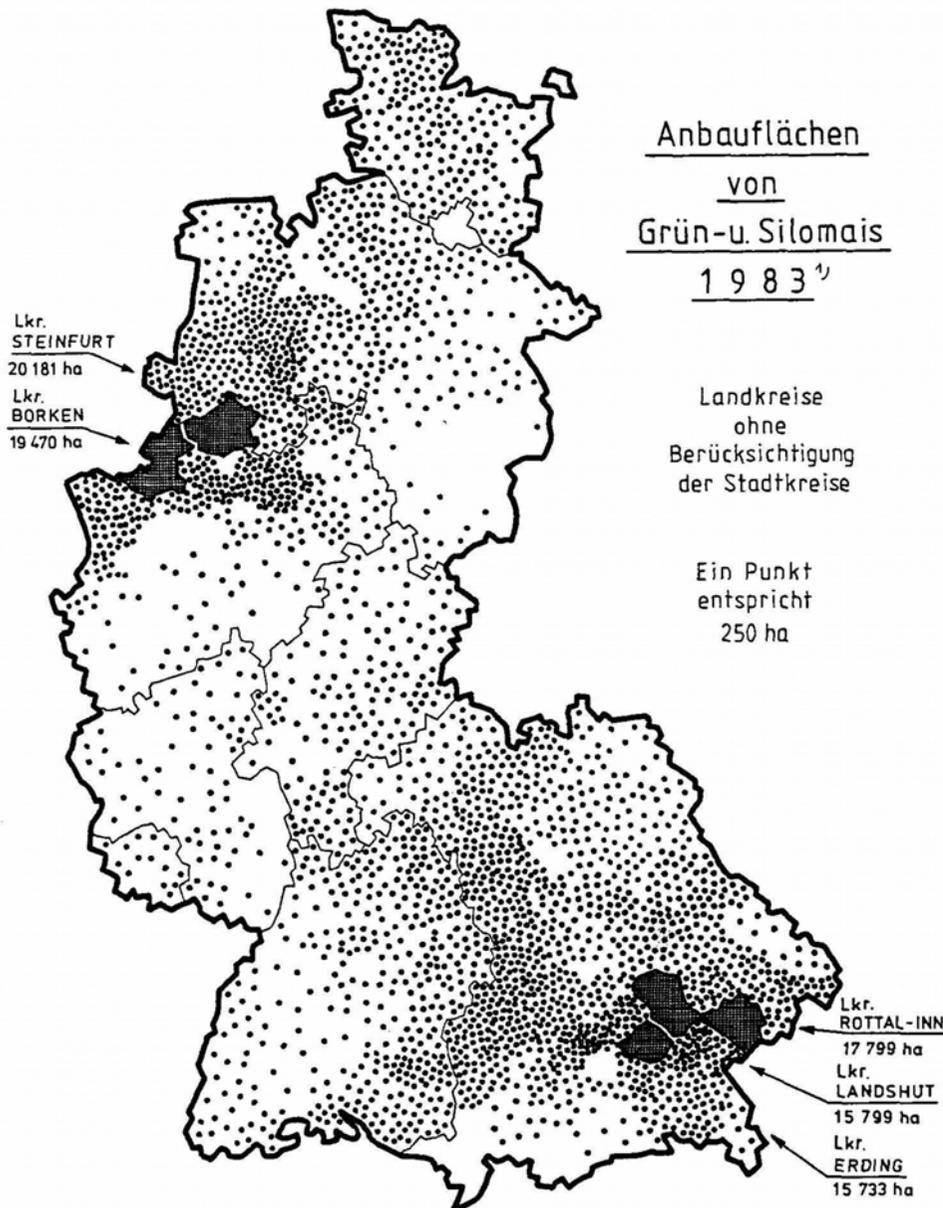


Abb. 2 Quelle: Stat. Bundesamt

Abb. 3



<sup>1)</sup> Nach den letztverfügbaren Landkreiserhebungen des Stat. Bundesamtes

## 2 Probleme im intensiven Maisanbau

Im Zuge der beträchtlichen Ausweitung des Maisanbaues ist Silomais auch auf Standorte vorgedrungen, die für seinen Anbau weniger geeignet sind. Gleichzeitig ist in den für den Maisanbau günstigen Lagen der Anteil des Silomais in der Fruchtfolge zum Teil außerordentlich stark angestiegen. Dies führte zu einer Reihe von Problemen, von denen insbesondere zu nennen sind:

### - Bodenstrukturschäden

Die z.T. bei ungünstiger Witterung durchzuführende Ernte führt über den Bodendruck der Erntefahrzeuge häufig zu beträchtlichen Strukturschäden. Hinzu kommt in Betrieben mit einem umfangreichen Silomaisanbau der meist hohe Gülleanfall, wobei große Güllemengen oft zu ungünstigen Zeitpunkten ausgebracht werden, was wiederum eine Schädigung der Bodenstruktur zur Folge haben kann.

### - Bodenerosion

Der Mais beläßt den Boden, wie auch einige andere Reihenfrüchte, lange Zeit ungeschützt und begünstigt damit die erodierende Wirkung von Wind und Wasser. Besonders ausgeprägt ist die Erosion in Regionen mit starken Niederschlägen während der Frühsommermonate. Durch die Abschwemmungen gehen Pflanzennährstoffe verloren, treten möglicherweise Gewässereutrophierungen auf, und langfristig kann schließlich die Produktionsgrundlage zerstört werden.

### - Pflanzenbauliche Probleme

Die Zunahme des Maisanbaues in der Fruchtfolge hat zur Verbreitung einer spezifischen Unkrautflora geführt. Daneben sind einige Unkräuter zunehmend widerstandsfähiger gegenüber bestimmten Herbiziden geworden.

Insgesamt gesehen führen die genannten Probleme trotz ansteigenden ackerbaulichen Aufwandes zu teilweise rückläufigen Silomaiserträgen. Aus diesem Grunde werden in jüngster Zeit verstärkt Möglichkeiten diskutiert, durch vorbeugende Maßnahmen die negativen Auswirkungen zu vermindern oder den Silomais teilweise zu ersetzen, um die nachhaltige Ertragsfähigkeit der Böden zu gewährleisten.

Der langfristig vertretbare Silomaisanteil in der Fruchtfolge ist dann gegeben, wenn der Deckungsbeitrag des „letzten“ Hektars (Grenzdeckungsbeitrag) unter Berücksichtigung der Faktoransprüche und Faktorkieferungen höher liegt als der Deckungsbeitrag einer konkurrierenden Futterpflanze (z.B. Weidelgras). Über den Verlauf des Grenzertrages in

Abhängigkeit vom Maisanteil in der Fruchtfolge liegen jedoch nur wenig Daten vor, so daß eine Quantifizierung dieser Werte äußerst schwierig ist. Ein anderer Weg, den langfristig akzeptablen Maisanteil zu ermitteln, führt über die „Universelle Bodenabtragungsgleichung“ (nach SCHWERTMANN u.a.) in Verbindung mit den aus bodenkundlicher Sicht jährlich noch tolerierbaren Abtragungsmengen. Dabei wird davon ausgegangen, daß das Ausmaß der Erosion den für den Maisanbau am stärksten begrenzenden Faktor darstellt.

### 3 Vorbeugende Maßnahmen im Maisanbau

Der Bodenabtrag wird gemäß der „Universellen Bodenabtragungsgleichung“ durch sechs Faktoren beeinflusst. Im einzelnen handelt es sich um:

- Regen- und Oberflächenabflußfaktor (R)
- Bodenerodierbarkeitsfaktor (K)
- Hanglängen- und Hangneigungsfaktor (LS)
- Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (C)
- Erosionsschutzfaktor (P)

Von den genannten Faktoren ist lediglich der Regenfaktor R nicht über Kulturmaßnahmen veränderbar. Er hängt im wesentlichen von den Sommerniederschlägen ab. Neben generellen Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion, wie z.B. Querbearbeitung zum Hang, verstärkte Zufuhr und oberflächliche Einarbeitung organischer Substanzen sowie gegebenenfalls Pflugverzicht sind folgende spezielle Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion zu erwähnen:

#### - Spurlockerung

In den Fahrspuren wird der Boden verdichtet. Eine Lockerung der Fahrspuren mittels geeigneter Geräte verbessert die Wasserabführung und verringert somit den oberflächlichen Wasserabfluß.

#### - Zwischenreiheneinsaat mit Wintergerste

Die Wintergersteneinsaat in die Fahrspuren führt zu einer deutlichen Verringerung der Erosionsgefährdung, ohne dabei den Ertrag an Stärkeeinheiten negativ zu beeinflussen. Dabei bietet es sich an, eine eventuell vorhandene Unterfußdüngungseinrichtung oder umgebaute Rüben-Einzelkornsäaggregate zu verwenden. Im Hinblick auf einen möglichst dichten Getreidestreifen empfiehlt sich eine Aussaatmenge von etwa 180 kg/ha Maisfläche. Die Unkrautbekämpfung ist generell nur im Nachauflauf möglich und sollte möglichst spät erfolgen, damit die Wintergerste noch ausreichend bestockt. Gleichzeitig ist aber eine

übermäßig üppige Entwicklung zu vermeiden, um nicht das Wachstum der Maispflanzen zu beeinträchtigen.

#### - Anbau nicht winterharter Zwischenfrüchte im Herbst und Streifenfräsaat oder Direktsaat im Frühjahr

Nach vorliegenden Untersuchungen führt der Anbau einer nicht winterharten Zwischenfrucht (z.B. Phacelia) im Herbst und die Einsaat des Mais im Frühjahr ohne vorherige intensive Bodenbearbeitung zu einer deutlichen Verringerung des Bodenabtrages. Es ist aber darauf hinzuweisen, daß sich diese Anbautechnik noch in der Erprobung befindet. Vor allem einige landtechnische und ackerbauliche Fragen sind noch eingehend zu untersuchen.

Insgesamt gesehen haben die vorbeugenden Maßnahmen den Vorteil, daß damit in vielen Fällen der Umfang des Maisanbaues beibehalten werden kann, ohne die nachhaltige Ertragsfähigkeit der Böden zu beeinträchtigen. Unter ungünstigen Voraussetzungen aber wird eine Verringerung des Maisanteils in der Fruchtfolge notwendig sein.

### 4 Möglichkeiten zur Verringerung des Maisanteils

Die wichtigste Maßnahme gegen Bodenerosion und Verschlechterung der Bodenstruktur dürfte in einigen Betrieben die Beschränkung des Maisanteils in der Fruchtfolge auf ein aus acker- und pflanzenbaulichen Gründen vertretbares Maß sein.

Durch die Zupacht von Ackerfläche kann der Silomaisanteil in der Fruchtfolge verringert werden. Dies trifft in gleichem Maße für den Zukauf von Grundfuttermitteln zu. Wird ein Maisbestand ab Feld gekauft, so ist zu berücksichtigen, daß zum Kaufpreis noch die Ernte-, Transport- und Lagerungskosten zu rechnen sind, um einen Kostenvergleich mit anderen Zukaufsfuttermitteln durchführen zu können. Für Betriebe im Einzugsbereich einer Zuckerfabrik besteht häufig die Möglichkeit, Preßschnitzel zu erwerben. In Abhängigkeit von Fabrikabgabepreis und Transportentfernung ist unter Berücksichtigung von 10 % Lagerungsverlusten mit Kosten von etwa 0,45 DM/kStE (bis 40 km Transport und Abgabe an Zuckerrübenanbauer) bis 0,55 DM/kStE (71 bis 100 km Transport und Abgabe an Nicht-Zuckerrübenanbauer) zu rechnen. Als nachteilig sind die gegenüber Silomais etwas weniger günstigen Siliereigenschaften zu nennen. Demgegenüber liegt ein Vorteil der Preßschnitzelsilage in der im Vergleich zu Maissilage etwas höheren Energiekonzentration.

Durch den Zukauf von Biertreber besteht eine weitere Möglichkeit, die Grundfutterbasis zu erweitern bzw. Silomais einzuschränken. Die Brauereiabgabepreise bewegen sich zwischen 5,5 und 8 DM/dt. Einschließlich Transportkosten und 10 % Verluste ist mit Kosten von 0,45 bis 0,65 DM/kStE zu rechnen. Allerdings ermöglicht der relativ hohe Proteingehalt von Biertreber, andere Eiweißfuttermittel etwas einzuschränken und damit Kosten zu senken.

Eine weitere Chance, Silomais zu reduzieren, ist u.U. die Erhöhung des Kraftfuttereinsatzes. Die Wirtschaftlichkeit dieser Alternative hängt wesentlich von folgenden Faktoren ab:

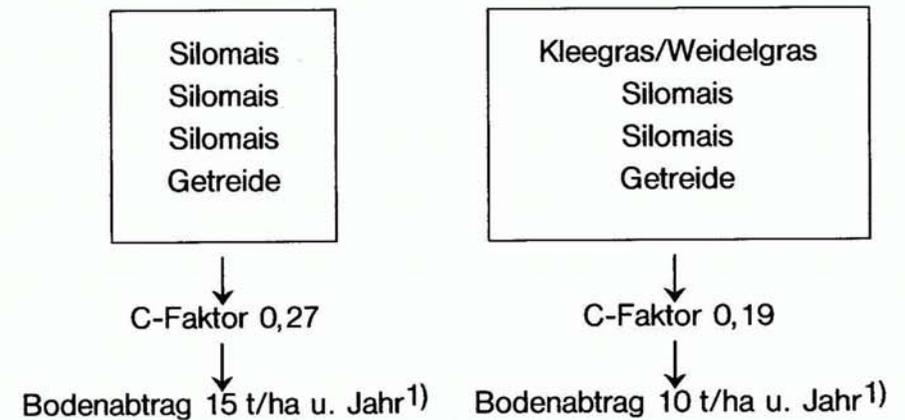
- Qualität der eingesetzten Maissilage (TS-Gehalt, Energiekonzentration)
- momentane Höhe der verabreichten Kraftfuttermenge
- Preisrelation von Kraftfutter zu Grundfutter

Je besser die Qualität der Maissilage, d.h. je kraftfutterähnlicher die Maissilage, desto weniger zusätzliche Nährstoffe bringt eine erhöhte Kraftfuttermenge in das Tier, da die Grundfuttermenge durch Kraftfutter mit zunehmender Maisqualität ansteigt. Bei sehr guter Maissilage verdrängt ein zusätzliches kg Kraftfutter in etwa die gleiche Menge an Grundfutter bei weitgehend konstanter Zuwachsleistung. In diesem Falle sind die Kosten je Nährstoffeinheit im Kraftfutter mit den Kosten der Nährstoffeinheit im Grundfutter direkt vergleichbar. Da aber in der Regel im Getreide trotz derzeit niedriger Preise die Nährstoffeinheit immer noch deutlich teurer ist als im Grundfutter, führt ein teilweiser Ersatz von Grundfutter durch Kraftfutter zu einem Rückgang des Deckungsbeitrages. Falls aber die Notwendigkeit gegeben ist, einen überhöhten Maisanteil in der Fruchtfolge zu reduzieren, müßte man die mit einem erhöhten Kraftfutteraufwand verbundenen Mehrkosten akzeptieren, sofern keine kostengünstigeren Alternativen zur Futterbeschaffung gegeben sind.

Sollten die dargestellten Möglichkeiten zur Verringerung des Maisanteils in der Fruchtfolge nicht in Frage kommen, so ist ein teilweiser Ersatz des Maises durch den Anbau anderer wirtschaftseigener Grundfuttermittel zu überlegen.

Wie das folgende Beispiel zeigt, ist es durch den Anbau von Klee- bzw. Weidelgras möglich, den Bodenabtrag deutlich zu verringern.

### Fruchtfolgen:

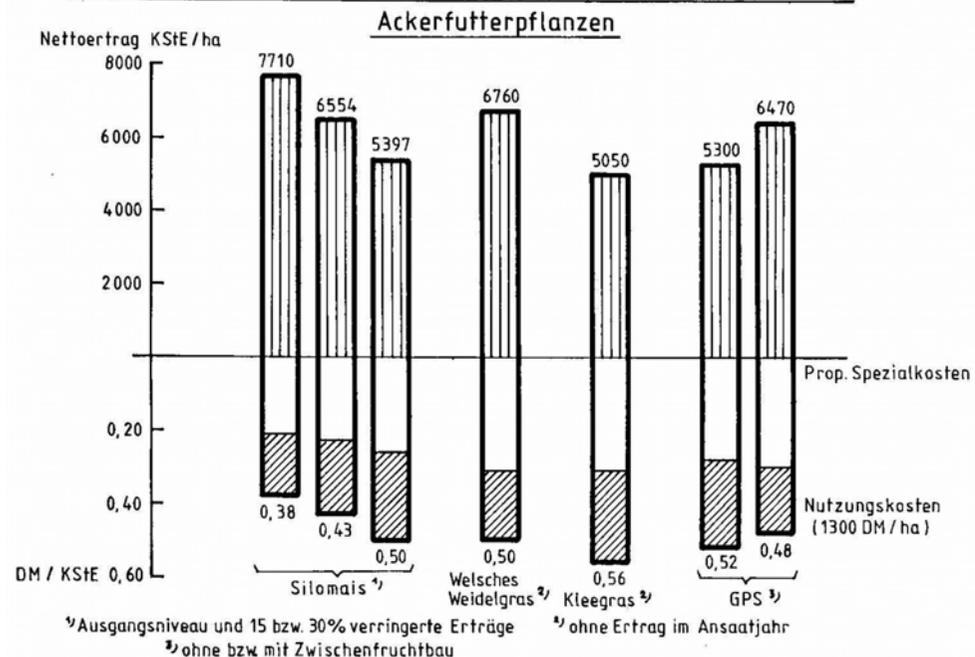


Für einen tiefgründigen Boden liegt der Toleranzwert des jährlichen Bodenabtrages bei maximal 10 t/ha. Dieser Wert wird im ersten Fruchtfolgebeispiel um 50 % überschritten, während durch die Hereinnahme von Klee- oder Weidelgras anstelle von Silomais die genannte Toleranzgrenze noch zu erreichen ist.

Für den Ersatz von Silomais bietet sich neben Klee- und Weidelgras auch die Ganzpflanzensilage in Verbindung mit Lieschkolbenschrottsilage an. Die relative Wettbewerbskraft der genannten Futterpflanzen wird wesentlich von ihrer Ertragsrelation beeinflusst. Abb. 4 zeigt die Nettoerträge und die damit im Zusammenhang stehenden Kosten ausgewählter Ackerfutterpflanzen. Diesen Angaben liegen, soweit vorhanden, die Ertragsverhältnisse der Sortenversuche der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau zugrunde. Dabei zeigt sich, daß ein leistungsfähiger Silomais ertrags- und kostenmäßig durch keine andere Futterpflanze übertroffen wird, was u.a. die hohen Zuwachsraten der Anbauflächen erklärt. Andererseits ist es aber durchaus möglich, daß auf Standorten, die für den Maisanbau weniger günstig sind oder durch einen überhöhten Maisanteil in der Fruchtfolge, deutlich niedrigere Erträge als im dargestellten Ausgangsniveau erzielt werden. Damit steigen die Kosten je Nährstoffeinheit auf ein Niveau, das dem von Weidelgras oder Ganzpflanzensilage in etwa entspricht. In diesem Vergleich wurden jedoch u.a. so wesentliche Einflußgrößen wie Protein- und Energiekonzentration nicht berücksichtigt. Aus diesem

Abb. 4

Nettoertrag, prop. Spezialkosten und Nutzungskosten ausgewählter



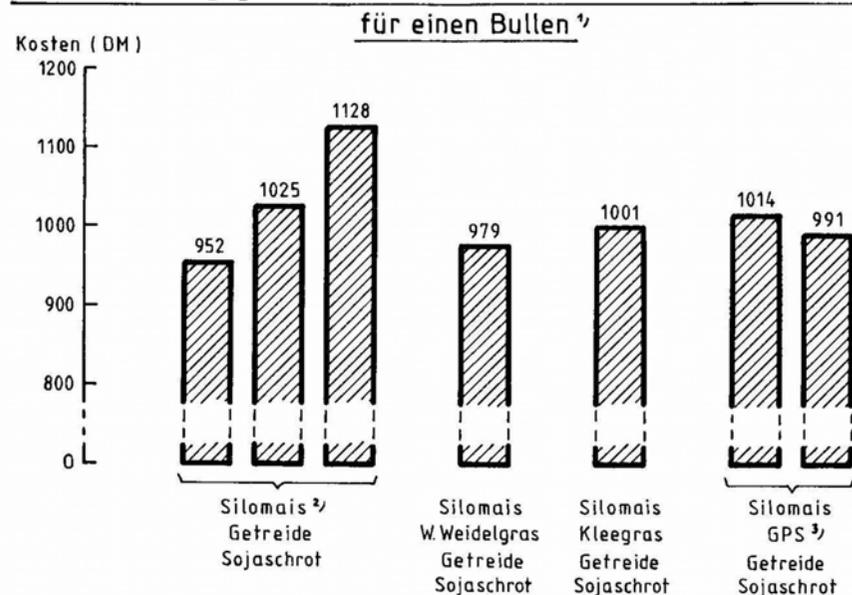
Grunde werden im folgenden rechnerisch wirkungsgleiche Rationen gegenübergestellt, um eine bessere Beurteilung zu ermöglichen. Wie Abb. 5 zeigt, ist auch hier die Silomais-Ration (Ausgangsniveau) mit Futterkosten von ca. 950 DM/Bulle am günstigsten, während die Rationen mit einem weniger ertragreichen Mais deutlich an Wettbewerbskraft verlieren. Für die Rationen mit Weidelgras, Klee gras und Ganzpflanzensilage ist allerdings anzumerken, daß sie noch zu etwa 70 % Maissilage als Grundfutter und nur zu rund 30 % die genannten wirtschaftseigenen Ersatzfuttermittel enthalten. Für den in diesen Rationen eingesetzten Silomais wurde der relativ hohe Ausgangsertrag (ca. 7 700 kStE/ha) unterstellt mit der Begründung, daß in einer geordneten Fruchtfolge auch der Silomaisertrag entsprechend günstig liegt.

Die Angaben in Abb. 5 beziehen sich auf die Produktion eines Mastbullens. Zur besseren Darstellung der Konsequenzen einer notwendigen Reduzierung des Silomaisanteils in der Fruchtfolge erscheint es jedoch angebracht, eine Gesamtbetriebsbetrachtung anzustellen.

Den Daten in Übersicht 1 liegt ein 40 ha-Betrieb zu Grunde, der bislang

Abb. 5

Kosten wirkungsgleicher Rationen bei unterschiedlicher Grundfutterbasis



<sup>1)</sup> Mastabschnitt 125 - 600 kg LG

<sup>2)</sup> bei Ausgangsniveau und 15 bzw. 30% verringerten Erträgen

<sup>3)</sup> ohne bzw. mit Zwischenfrucht

70 % der Ackerfläche (28 ha) mit Silomais bestellt und insgesamt pro Jahr rund 150 Bullen mäset. Ausgehend von der Annahme, daß dieser hohe Maisanteil die nachhaltige Ertragsfähigkeit des Bodens negativ beeinflusst, wird die Notwendigkeit einer Einschränkung des Maisanteils auf 50 % der Ackerfläche angenommen. In einer ersten Variante ist unterstellt, daß das dann fehlende Grundfutter zur vollen Auslastung der vorhandenen Stallkapazität zugekauft werden kann. In Abhängigkeit vom Zukaufspreis (0,55 bzw. 0,45 DM je kStE) ergibt sich ein Gesamtdeckungsbeitrag von 92 000 bzw. 98 000 DM (siehe Übersicht 1). Erfolgt der teilweise Ersatz von Silomais durch Weidelgras (9,1 ha), so errechnet sich unter den angenommenen Bedingungen ein Gesamtdeckungsbeitrag von 98 000 DM. Der Einsatz des etwas weniger leistungsfähigen Klee grasses (12,2 ha) in Kombination mit Silomais (20 ha) erbringt insgesamt einen Deckungsbeitrag von 94 000 DM. Bei der Gewinnung von Ganzpflanzensilage (Wintergerste) ist einmal ohne und einmal mit zusätzlicher Zwischenfruchtnutzung gerechnet worden. Die Gesamtdeckungsbeiträge liegen dann bei 92 000 bzw. 96 000 DM.

Übersicht 1: Ausgewählte Kenndaten eines Bullenmastbetriebes <sup>1)</sup> mit unterschiedlicher Grundfutterbasis

Bezeichnung	Einheit	Grundfutterbasis					
		Silomais	Silomais	Silomais + W.Weidelgras	Silomais + Klee-gras	Silomais + GPS o. Zwfr.	Silomais + GPS m. Zwfr.
Ackerfläche (AF)	ha	40	40	40	40	40	40
Maisanteil an der AF	v.H.	70	50	50	50	50	50
Mais	ha	28,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Welsches Weidelgras	ha	-	-	9,1	-	-	-
Kleegras	ha	-	-	-	12,2	-	-
GPS ohne/mit Zwischenfrucht	ha	-	-	-	-	11,6	9,5
Gemästete Bullen mit wirtschaftseig. Grundfutter	St.	147	105 <sup>2)</sup>	147	147	147	147
Getreide	ha	12,0	20,0	10,9	7,8	8,4	10,5
Gesamtdeckungsbeitrag	DM	- <sup>3)</sup>	92000 98000	98000	94000	92000	96000

1) 180 Mastplätze, 147 gemästete Bullen/Jahr

2) 42 Bullen mit zugekauftem Grundfutter (0,55 bzw. 0,45 DM/kStE) gemästet

3) ursprüngliche Betriebsorganisation soll in diesem Beispiel wegen eines überhöhten Maisanteils nicht mehr realisiert werden

Für den Einzelbetrieb geht es schließlich darum, unter den gegebenen Alternativen die bestmögliche auszuwählen. Dabei ist aber darauf hinzuweisen, daß Unterschiede zwischen den in Übersicht 1 dargestellten Varianten im Arbeitszeitbedarf, im organisatorischen Aufwand und im Ertragsrisiko noch nicht in die Berechnungen einbezogen sind. Der Landwirt muß also im speziellen Fall unter Berücksichtigung der für seinen Standort zutreffenden Ertrags- und Kostenrelationen sowie der sonstigen Faktoransprüche den für ihn günstigsten Weg wählen.

## 5 Zusammenfassung

- Mit der Ausweitung der Silomaisfläche ging eine deutliche Konzentration in verschiedenen Regionen und Betrieben einher. Die in diesem Zusammenhang vermehrt auftretenden Probleme mit der Bodenfruchtbarkeit und der Unkrautbekämpfung erfordern vorbeugende Maßnahmen oder die Reduzierung des Silomaisanteils in der Fruchtfolge, um die negativen Auswirkungen zu vermindern.
- Der langfristig vertretbare Silomaisanteil in der Fruchtfolge ist dann gegeben, wenn der Deckungsbeitrag des „letzten“ Hektars (Grenzdeckungsbeitrag) unter Berücksichtigung der Faktoransprüche und Faktorkontributionen, höher liegt als der Deckungsbeitrag einer konkurrierenden Futterpflanze (z.B. Weidelgras).
- Ein anderer Weg, den langfristig akzeptablen Maisanteil zu ermitteln, führt über die „Universelle Bodenabtragungsgleichung“ in Verbindung mit den aus bodenkundlicher Sicht jährlich noch tolerierbaren Abtragungsmengen. Dabei wird davon ausgegangen, daß das Ausmaß der Erosion den für den Maisanbau am stärksten begrenzenden Faktor darstellt.
- Als vorbeugende Maßnahmen zur Verringerung des Bodenabtrages sind u.a. der Anbau quer zum Hang, der Einsatz von Spurlockerern bei der Saat, die Einsaat von Wintergerste zwischen die Maisreihen und vor allem der Zwischenfruchtanbau im Herbst (z.B. Phacelia) mit Direktsaat oder Streifenfrässaat des Maises im Frühjahr zu nennen.
- In einer Reihe von Betrieben wird ein teilweiser Ersatz von Silomais durch den vermehrten oder zusätzlichen Einsatz von betriebseigenen oder zugekauften Kraft- oder Grundfuttermitteln, wie z.B. Getreide, Preßschnitzel, Birtreber, Silomais (zugekauft), Weidelgras, Kleegras, Ganzpflanzensilage (GPS) notwendig sein.
- Gras und Kleegrasgemische fördern durch Verbesserung der Bodenstruktur und Humusanreicherung die Bodenfruchtbarkeit bei gleichzeitig geringer Anfälligkeit gegenüber der Bodenerosion. Ein wesentlicher Vorteil der Ganzpflanzensilage liegt in der pro Jahr nur einmaligen Ernte begründet.
- Unter durchschnittlichen Bedingungen liegen hinsichtlich des Energieertrages und der Energiekonzentration Weidelgras geringfügig, Kleegras und GPS deutlich niedriger als Silomais. Beim Rohprotein erreichen Gras und Kleegras einen etwa doppelt so hohen Ertrag wie Silomais und GPS.
- Aus betriebswirtschaftlicher Sicht können Weidelgras, Kleegras und

GPS vor allem dann mit Silomais konkurrieren, wenn eine fruchtfolgebedingte Einschränkung der Maisfläche notwendig geworden ist und kostengünstigere Möglichkeiten der Futterbereitstellung nicht gegeben sind.

Insgesamt gesehen bieten Gras, Klee gras und Ganzpflanzensilagen den Betrieben mit einem überhöhten Maisanteil in der Fruchtfolge oder generellen Grenzlagen des Maisanbaues (Klima, Hanglage) die Möglichkeit, bei gleichbleibendem Tierbestand den Silomaisanteil auf ein aus bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Gründen vertretbares Maß zu vermindern, um die nachhaltige Ertragsfähigkeit der Böden zu sichern.

#### Literaturverzeichnis

- AUERSWALD, K.: Die Bestimmung von Faktorenwerten der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung durch künstliche Starkregen. Diss. Weihenstephan (1984)
- Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur: Mais - Produktionstechnik und ökonomische Beurteilung. Arbeiten der LBA, Nr. 19, München (1982)
- Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (BLBP): Feldfutterbau. Merkblätter für Pflanzenbau, Nr. 14 (1981)
- Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (BLBP): Versuchsergebnisse Futterpflanzen. Teil I und Teil II (1982)
- Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (BLBP): Versuchsergebnisse der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (1984)
- Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Grundlagen zur Futterberechnung für Milchkühe, Zucht- und Mastriinder, Schafe, Grub (1982)
- BRUNNER, W.: Ökonomische Konsequenzen eines hohen Silomaisanteils in der Fruchtfolge. Diplomarbeit Weihenstephan (1984)
- HEISSENHUBER, A.: Ökonomische Überlegungen zum Preßschnitzeleinsatz in der Rinderfütterung. Das wirtschaftseig. Futter 29, (1983) H. 2, S. 128 - 149
- HEISSENHUBER, A., STEINHAUSER, H. und H. PAHL: Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in der Bullenmast mit Maissilage. Rinderwelt 9, (1984) H. 9, S. 3 - 20
- HEISSENHUBER, A. und DESING, Chr.: Probleme eines hohen Silomaisanteils in der Fruchtfolge und ökonomische Beurteilung ausgewählter Maßnahmen zur Minderung der negativen Auswirkungen. Wirtschaftseig. Futter 31 (1985) H. 2, S. 45 - 66
- PAHL, H., STEINHAUSER, H. u. HEISSENHUBER, A.: Getreide-Ganzpflanzen statt Mais silieren? DLG-Mitt. 100 (1985) H. 4., S. 205 - 208
- SCHWERTMANN, U.: Grundlagen und Problematik der Bodenerosion. Arbeiten der DLG Heft X (1981)

- SCHWERTMANN, U., et. al.: Die Vorausschätzung des Bodenabtrags durch Wasser in Bayern (Verfahren von Wischmeier und Smith). Weihenstephan (1982)
- Statistisches Bundesamt Wiesbaden: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 3.2.1, verschiedene Jahrgänge
- STEINHAUSER, H., HEISSENHUBER, A. u. KLING, A.: Der Silomaisanbau wird weiter zunehmen. DLG-Mitt. 100 (1985) H. 17, S. 955 - 957
- STEINHAUSER, H. u. W. KREUL: Entwicklungen im Ackerfutterbau. Der Tierzüchter 32, (1980) H. 10, S. 418 - 420
- STEINHAUSER, H., KREUL, W. und A. HEISSENHUBER: Stand und neuere Entwicklungstendenzen im Ackerfutterbau. Der Tierzüchter 35, (1983) H. 3, S. 94 - 97.

## Bodenbearbeitung mit reduziertem Aufwand, Acker- und pflanzenbauliche Gesichtspunkte

**Prof. Dr. Kord Baeumer, geschäftsführender Leiter des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Georg-August-Universität Göttingen**

### Ziele der Bodenbearbeitung

Unter dem Druck sinkender Erlöse muß die Bodenbearbeitung als Kostenfaktor der Pflanzenproduktion auf das unbedingt Notwendige beschränkt werden. Der minimale Aufwand wäre der, der zwangsläufig mit Aussaat und Ernte verbunden ist, wenn damit auch noch ausreichend hohe Feldfruchterträge erzeugt werden könnten. In der Regel ist der Landwirt aber zu wesentlich höheren Aufwendungen bereit, weil er mit der Bodenbearbeitung weitergehende Ziele verfolgt (Tab. 1).

Einige dieser Teilziele sind nicht miteinander vereinbar. Für maximales Pflanzenwachstum muß die Bodenstruktur anders beschaffen sein als für stets ausreichende Befahrbarkeit des Ackers mit schweren Lasten. Ein Saatsbett frei von Ernteresten bietet zwar beste Voraussetzungen für die Rübenaussaat auf Endabstand, schützt aber nicht vor Verschlämmung und Bodenerosion.

Die Widersprüche werden noch größer, wenn es um die übergeordneten Ziele der Bodenbearbeitung geht. Sie können vereinfacht mit den Schlagworten Höchstertrag, Rationalisierung durch Kostenersparnis und Bodenschutz umschrieben werden. Sollen Arbeits- und Energiekosten der Bodenbearbeitung gesenkt, die für Höchsterträge erforderliche

## **Tabelle 1: Teilziele der Bodenbearbeitung**

---

### **Schaffen einer optimalen Bodenstruktur für**

- Keimung, Wachstum und Ertragsbildung der Feldfrüchte
- ständige Befahrbarkeit des Ackers mit schweren Lasten
- Verhütung von Bodenerosion

### **Ausformen der Bodenoberfläche zur**

- Anwendung bestimmter Saat-, Pflege- und Erntetechnik
- Be- und Entwässerung

### **Trennen und Einmischen von Stoffen in den Boden**

- Beseitigung der Erntereste von der Bodenoberfläche
- Einbringen von Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln
- Ernte von Wurzel- und Knollenfrüchten

### **Vernichtung unerwünschter Wild- und Kulturpflanzen**

---

Intensität der Bearbeitung aber beibehalten werden, so müssen leistungsfähige Maschinen mit größeren Arbeitsbreiten eingesetzt werden. Diese Geräte sind meist auch schwerer und verursachen unter Umständen Bodenschäden, die einerseits die Ertragsbildung der Feldfrüchte beeinträchtigen, andererseits das Risiko der Bodenverdichtung und der Erosion erhöhen.

Da die genannten Ziele mit den heute üblichen Bearbeitungsverfahren selten zur Deckung zu bringen sind, muß sich der Landwirt entscheiden, welches Ziel er für das wichtigste hält. Ob er z.B. dem Bodenschutz Vorrang gibt, hängt von den jeweiligen Standortbedingungen, der von ihm gewählten Bodennutzung (Art und Umfang der angebauten Feldfrüchte, insbesondere Rüben und Mais), dem Stand der Produktionstechnik und nicht zuletzt von seiner wirtschaftlichen Lage und seiner Einstellung ab.

## **Notwendigkeit eines neuen Konzepts für die Bodenbewirtschaftung**

Obwohl aus wirtschaftlichen Gründen die Aufwendungen für die Bodenbearbeitung zurückgenommen werden müßten, hält die Tendenz an, die Bodenbearbeitung zu intensivieren, d.h. den Aufwand noch zu steigern.

Auf den ackerbaulich benachteiligten Sand- und Tonböden ist das auch angebracht. Sie konnten erst mit den heutigen technischen Möglichkeiten einer intensiveren Bodenbearbeitung an das Ertragsniveau der an sich schon produktiveren Lehmböden herangeführt werden. Aber auch hier wurden durch intensivere Bearbeitung die Erträge noch gesteigert. Diese Erfolge sind die eine Ursache dafür, daß die Bearbeitungsintensität insgesamt wohl noch zunimmt.

Andererseits ist aber auch die Tendenz unübersehbar, die vorhandenen technischen Möglichkeiten in übertriebenem Maße zu nutzen, d.h. die Ackerböden stärker zu lockern als für den beabsichtigten Zweck nötig ist. Vor allem zapfwellengetriebene Geräte verführen zur Überlockerung, mit der Folge, daß der Boden dann zurückverdichtet werden muß. Dieser zusätzliche Bearbeitungsaufwand ist unwirtschaftlich und nur dann zu rechtfertigen, wenn damit auch der Feldfruchtertrag gesteigert werden kann, z.B. dadurch, daß ein günstigerer Aussattermin eingehalten wird. Darüber hinaus hat eine starke, tiefreichende Bodenlockerung nicht selten auch nachteilige Folgen. Ein zu lockeres Saatbett wird bei der nachfolgenden Aussaat in den Fahrspuren übermäßig verdichtet.

Bei Starkregen staut sich hier zuerst das Wasser. In hängigem Gelände sind dann das Vorgewende und die Fahrspuren der Ausgangspunkt für Oberflächenabfluß und Erosion. Abb. 1 zeigt, daß nur ein gelockerter Boden stark verdichtet werden kann. Selbst nach mehrmonatigem Setzen der Ackerkrume verursachte die Überfahrt mit dem Mähdrescher eine signifikante Verdichtung bis an die Bearbeitungsgrenze. Auf dem unbearbeiteten, natürlich dichtgelagerten Boden dagegen wurde die Bodendichte nur nahe der Bodenoberfläche signifikant erhöht. Besonders drastisch sind manchmal diese Spurschäden, wenn Silomais oder Zuckerrüben in einem nassen Herbst geerntet werden müssen.

Eine solche bis in den Unterboden reichende Bodenverdichtung wirkt auf die Nachfrucht ertragsmindernd. Sie muß deshalb wieder beseitigt werden. Das versucht der Landwirt zuerst einmal mit der ihm zur Verfügung stehenden Technik, d.h. mit noch tieferer und intensiverer

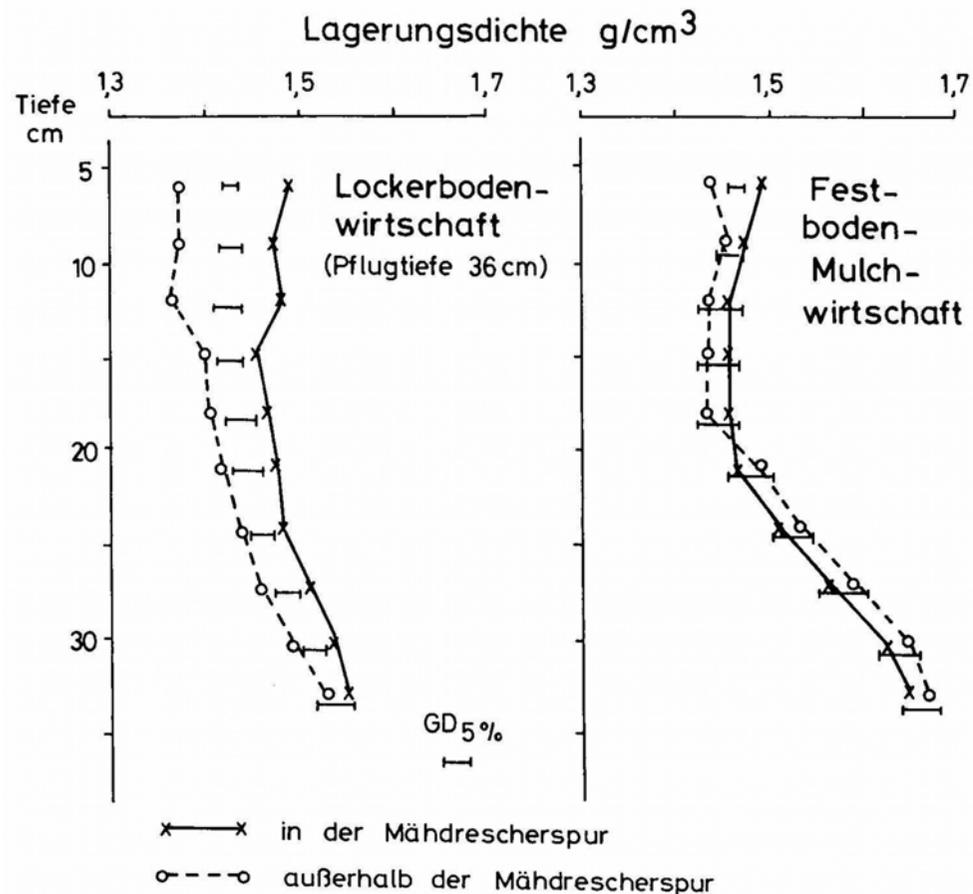


Abb. 1 Verdichtungswirkung einer Mährescher-Überfahrt auf einem gepflügten und einem unbearbeiteten Boden (Pidgeon und Soane 1978)

Bodenbearbeitung. Da die beschriebenen Bodenschäden eine Folge dieses Systems der Bodenbewirtschaftung sind, kann der Landwirt, wenn er dieses System nicht ändert, gegen seinen Willen in eine Spirale steigender Aufwendungen gezwungen werden, ohne daß seine Erträge steigen.

Diesem ökonomisch schädlichen Kreislauf kann sich nur entziehen, wer die Ursachen für den sich selbst verstärkenden Zwang zu intensiverer

Bodenbearbeitung beseitigt. Die eine Ursache, nämlich die Schwertransporte auf dem Acker und die Notwendigkeit, auch unter ungünstigen Witterungsverhältnissen auf dem Acker fahren zu müssen, ist ökonomisch bedingt und vom einzelnen Landwirt kaum zu verändern. Das witterungsbedingte Risiko einer Mißhandlung der Ackerböden muß also hingenommen werden. Nur die Auswirkungen des Fahrverkehrs können abgeschwächt werden. Das ist mit einer Einschränkung des Fahrverkehrs möglich, oder mindestens durch seine Konzentration auf wenige Fahrbahnen. Darüber hinaus sollte der spezifische Bodendruck durch Vergrößerung der Reifenauffläche und Verringerung des Reifeninnendrucks vermindert werden.

Die andere Ursache für den unnötigen, z.T. sogar ertragsmindernden Bearbeitungsaufwand liegt in der Lockerbodenwirtschaft selbst. Die Tragfähigkeit und Befahrbarkeit der Ackerböden kann nur dadurch verbessert werden, daß weniger oder kaum mehr gelockert wird, also die Bearbeitungsintensität vermindert wird. Erosion wird durch fehlenden Oberflächenschutz gefördert. Also darf bei gegebenem Erosionsrisiko der Boden nicht immer wendend bearbeitet werden, damit seine Oberfläche stets ausreichend mit lebenden oder toten Pflanzen bedeckt ist. Das verlangt eine Abkehr vom Prinzip des „reinen Tisches“, nach dem keine Erntereste an der Bodenoberfläche verbleiben.

Ziel eines neuen Konzepts der Bodenbewirtschaftung ist eine Bodenstruktur, die sowohl günstige Voraussetzungen für das Pflanzenwachstum als auch für Erosionsschutz und verbesserte Befahrbarkeit bietet. Unter einer dauernden Grasnarbe ist ein solcher Bodenzustand verwirklicht. Seit es Herbizide gibt, mit denen der Aufwuchs von Unkräutern und unerwünschten Kulturpflanzen vor der Saat ohne schädliche Nachwirkungen für die folgende Feldfrucht beseitigt werden kann, und seit Sämaschinen entwickelt wurden, mit denen in festen, mit Ernteresten bedeckten Boden gesät werden kann, läßt sich ein solcher Bodenzustand auch im Ackerbau verwirklichen.

Mit reduzierter Bodenbearbeitung müßte es möglich sein, die übergeordneten Ziele der Bodenbearbeitung mehr zur Deckung zu bringen. Bodenschutz, Kostenersparnis und Erhaltung der Bodenproduktivität könnten vielleicht gleichermaßen erreicht werden, wenn an die Stelle des bisherigen Leitbildes der Lockerbodenwirtschaft das einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Festboden-Mulchwirtschaft tritt.

Ob und welches Verfahren einer reduzierten Bodenbearbeitung ökonomisch

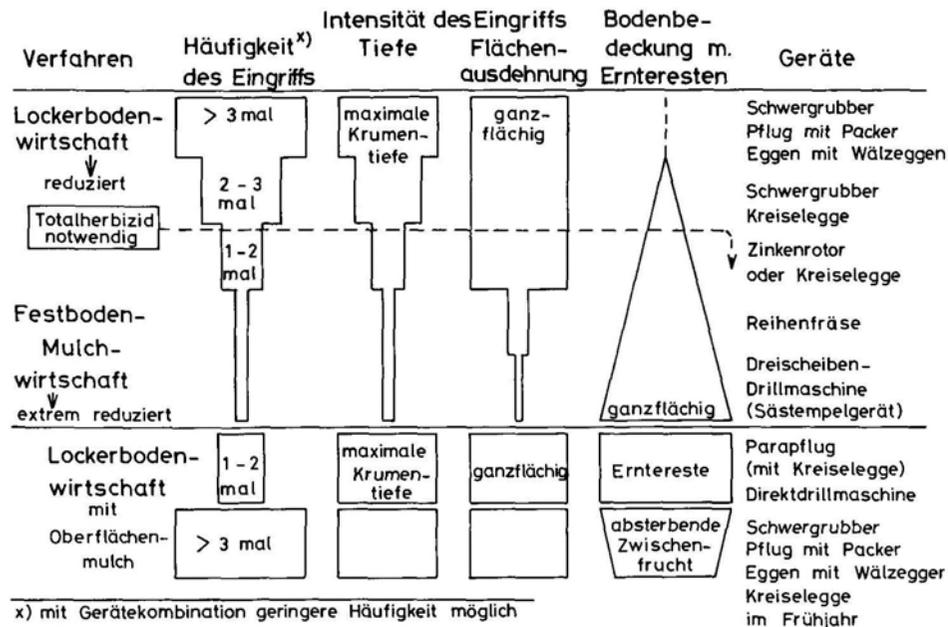


Abb.2 Verfahren der reduzierten Bodenbewirtschaftung

misch interessant und als Lösung der durch Bodenerosion und Schwertransporte entstandenen Probleme angenommen wird, hängt davon ab, ob solche Verfahren überhaupt machbar sind und wo sie mit Erfolg angewendet werden können. Inzwischen liegen auch für unsere Verhältnisse ausreichende Versuchserfahrungen vor, um Aussagen nicht nur über langfristige Entwicklungen, sondern auch über die Grenzen und Risiken dieser neuen Verfahren machen zu können.

### Verfahren mit extrem reduzierter Bodenbearbeitung und ihre Auswirkungen auf den Boden und die Pflanzenerträge

Eine Verminderung der Bearbeitungsintensität setzt in der Regel bei der Grundbodenbearbeitung ein. Wie Abb. 2 zeigt, kann sie erreicht werden durch

1. eine Rücknahme der Häufigkeit der tiefgreifenden Bodenlockerung und -wendung, z.B. dadurch, daß Gründungsfrüchte, die nach einer Saattfurche bestellt werden, nicht eingepflügt, sondern nur oberflächlich eingemulcht werden.

2. eine Verminderung der Bearbeitungstiefe, zum Beispiel anstelle der tiefen Saattfurche eine flachere Wülarbeit mit dem Schwergrubber oder mit mechanisch getriebenen Eggen oder Zinkenrotoren. Am Ende dieser Reihe steht nur noch eine ganzflächige Saattbettbereitung.
3. eine Verminderung der Fläche, auf der die Saattbettbereitung erfolgt. Beim Anbau von Mais und Rüben beschränkt sich der Eingriff dann ausschließlich auf die auszusäende Reihe (Reihenfräse, -meißel). Im Extremfall wird auch die Saatreihe nicht mehr gelockert und die Aussaat, z.B. von Getreide, mit einer Dreischeiben-Drillmaschine vorgenommen.

Eine Kombination von intensiver Bodenlockerung mit einer vollständigen Mulchwirtschaft stellt der Paraplow in Verbindung mit der Dreischeiben-Drillmaschine dar. In ähnlicher Weise wirkt ein absätziges Verfahren. Nach einer tiefgreifenden Lockerung folgt eine Zwischenfrucht, die den Oberflächenmulch schafft. Die Saattbettbereitung beschränkt sich auf die flachste Einarbeitung der abgefrorenen Zwischenfruchtreste.

Mit dem Ersatz der Bodenwendung durch wühlende Bodenlockerung, der Verringerung der Bearbeitungstiefe und der bearbeiteten Bodenoberfläche steigt die Menge der nahe oder auf der Bodenoberfläche verbleibenden Erntereste. Zugleich nimmt aber auch die Notwendigkeit zu, unerwünschte Wild- und Kulturpflanzen, die den Feldaufgang und das Jugendwachstum der anzubauenden Feldfrucht beeinträchtigen könnten, mit geeigneten Herbiziden (Totalherbizide, z.B. Glyphosate) zu beseitigen.

Langjährig betriebene Festboden-Mulchwirtschaft, in abgeschwächtem Maße auch die Lockerboden-Mulchwirtschaft, hat Auswirkungen auf das Bodengefüge und alle davon abhängigen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse im Boden. Zwischen intensiv und reduziert bearbeiteten Böden gibt es Unterschiede in der Regel nur in der Bodenschicht, die üblicherweise bearbeitet wird. Bei anhaltender Bodenruhe sackt der gelockerte Boden und lagert auf natürliche Weise dicht. Daher sind das Gesamtporenvolumen und der Anteil grober Poren in reduziert bearbeiteten Böden auch nahe der Oberfläche geringer als in regelmäßig gepflügten Böden (Abb. 3, oben links). Doch entsteht aus verlassenen Wurzelbahnen, Regenwurmröhren und in tonigen Böden auch aus Schrumpfrissen ein System durchgehender Grobporen, das die Bodenoberfläche ohne Unterbrechung mit dem Unterboden verbindet (Abb. 3, unten links).

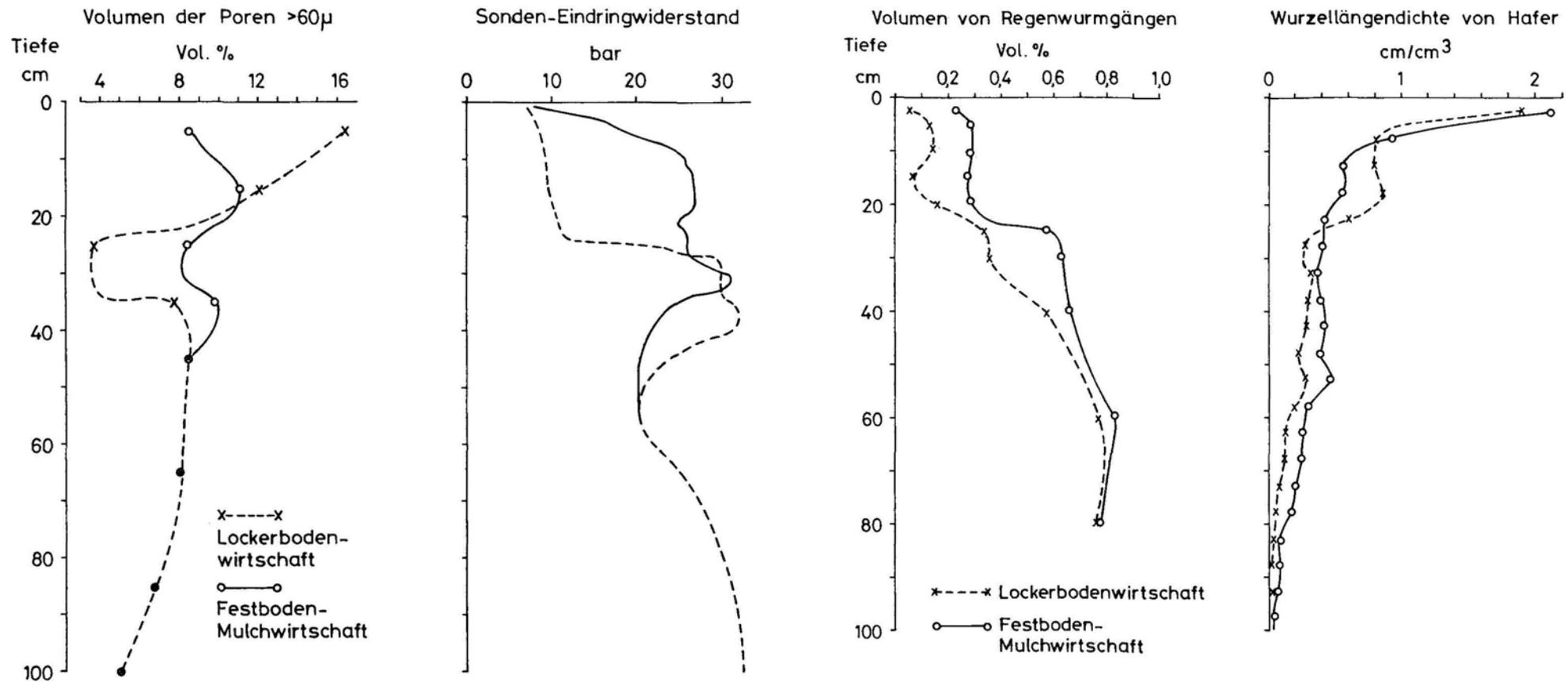


Abb. 3 Kennwerte der Bodenstruktur und Wurzeldichte von Hafer bei unterschiedlicher Bearbeitungsintensität (Ehlers et al. 1980, Ehlers 1975)

Dadurch und als Folge der natürlichen Dichtlagerung ergibt sich die Tendenz, daß früher vorhandene Pflugsohlen und Bearbeitungsverdichtungen verschwinden, bzw. an Wirkung verlieren. Gemessen am Eindringwiderstand ist die Festigkeit des reduziert bearbeiteten Bodens größer als die eines gepflügten Bodens (Abb. 3, oben rechts). Beim Einsatz schwerer Landmaschinen erweist sich der natürlich dichtgelagerte Boden als tragfähiger.

Wegen der höheren Dichte der Krumschichten ist der Wassergehalt im reduziert bearbeiteten Boden meist höher als im intensiv gelockerten Boden. Doch ist der Gang der Bodenfeuchte ausgeglichener als im gepflügten Boden, der in Trockenperioden stärker austrocknet und nach Starkregen mehr Wasser in der Krume zurückhält als ein reduziert bearbeiteter Boden (Abb. 4). Der Niederschlag dringt in den gepflügten Boden zunächst nur bis zur Bearbeitungsgrenze ein, wo er von einer wenig durchlässigen Verdichtungsschicht gestaut werden kann. Im reduziert bearbeiteten Boden dagegen wird ungespanntes Oberflächen-

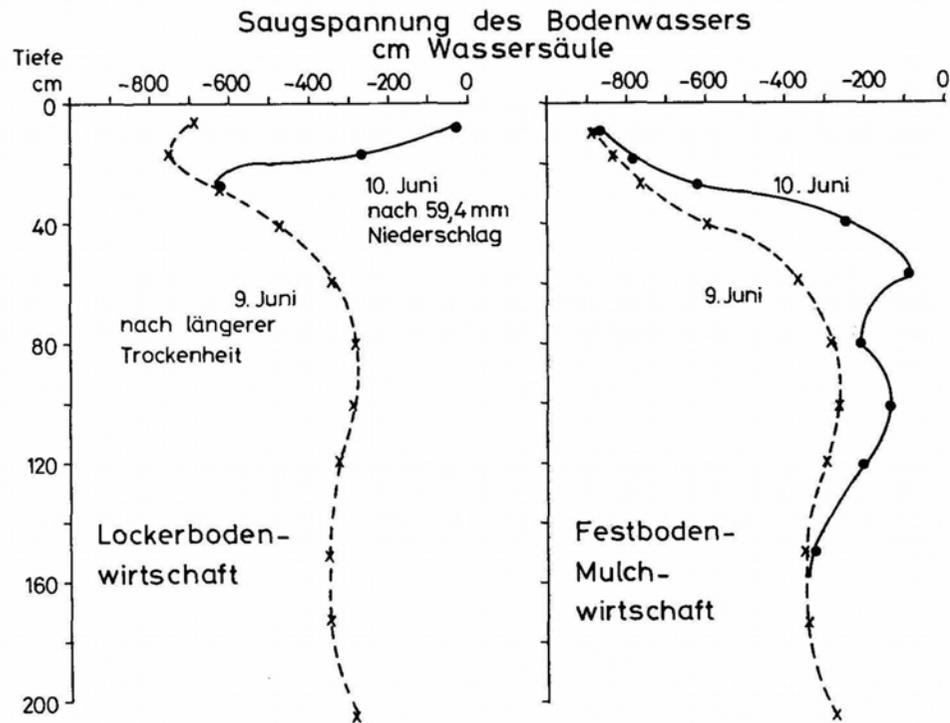


Abb. 4 Eindringen von Niederschlagswasser in einen gepflügten und einen langjährig nicht bearbeiteten Boden (Ehlers 1975)

wasser in den kontinuierlichen, rasch dränenden Grobporen (Regenwurmröhren) sofort in größere Bodentiefen abgeleitet. Diese erhöhte „Regenverdaulichkeit“ führt dazu, daß nach unseren Beobachtungen in Göttingen auf einer gepflügten Fläche bis zu 30 mal mehr Oberflächenwasser abfließt als auf einer langjährig direktgedrillten Fläche. Bodenerosion und Austrag von Agrochemikalien werden dadurch erheblich vermindert. Wie wirkungsvoll die Festboden-Mulchwirtschaft den Bodenabtrag hemmt, zeigen die Ergebnisse eines langjährigen Versuchs auf einem lößbürtigen Boden in den USA (Tab. 2). Der luftgefüllte Porenraum der Krumschicht ist in reduziert bearbeiteten Böden meist geringer als in intensiv gelockerten Böden, manchmal auch unterhalb der für ausreichende Durchlüftung als notwendig angesehenen Grenze von 10 % Porenvolumen. Doch sorgt die Kontinuität der Grobporen für einen ausreichenden Gasaustausch in reduziert bearbeiteten Böden.

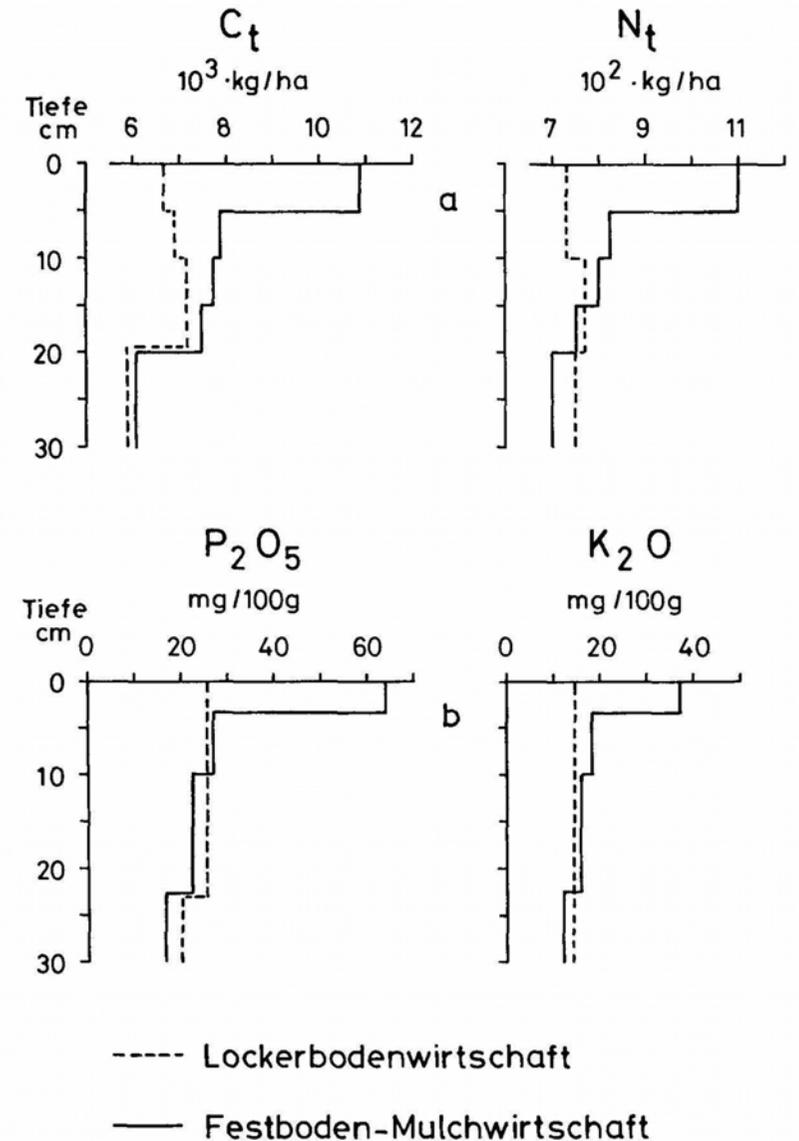


Abb. 5 Menge und Verteilung der organischen Substanz sowie von pflanzenaufnehmbarem Kali und Phosphat in gepflügten und langjährig nicht bearbeiteten Böden (a: Fleige und Baeumer 1974, b: Bakermans und de Wit 1970)

Erntereste an der Bodenoberfläche schirmen den Boden vor der Einstrahlung ab und hemmen die Evaporation. Höhere Wassergehalte und geringere Luftgehalte verzögern den Transport von Wärme in tiefere Bodenschichten. Deshalb erwärmt sich ein unbearbeiteter Boden im Frühjahr langsamer, kühlt aber auch im Herbst und Winter langsamer aus. Andauernde Bodenruhe und Ausbildung einer Streudecke an der Bodenoberfläche fördern die Tätigkeit von streuzersetzenden, wühlenden Bodentieren. So nimmt die Menge der Regenwürmer im Vergleich zur intensiven Bodenbearbeitung bis auf das Dreifache zu. Entsprechend steigt die Anzahl der Regenwurmgänge, die an der Bodenoberfläche enden. Zusammen mit anderen Bodentieren bewirken die Regenwürmer eine Einmischung von oberirdischen Pflanzenresten in den Boden. Selbst wenn die ganze Strohernte auf dem Acker belassen wird, sind nach unseren Beobachtungen in Göttingen fast alle Pflanzenreste > 1 cm am Ende der Vegetationszeit von der Bodenoberfläche verschwunden. Nach sechsjähriger Versuchsdauer konnte keine Anhäufung von Streu auf der Bodenoberfläche festgestellt werden.

Dagegen reichert sich in den oberflächennahen Bodenschichten humusähnliche organische Substanz an (Abb. 5, oben). Einmal ist das eine Folge der fehlenden tiefgreifenden Einmischung von Ernteresten, zum anderen werden Wurzeln und Streu in und auf dem unbearbeiteten Boden langsamer abgebaut als in einem gepflügten Boden. Die Mineralisierung der organischen Substanz wird gebremst und der Aufbau von Humus gefördert. Die relative Anreicherung der organischen Substanz könnte auch eine Folge nicht eingetretener Verluste, z.B. durch Bodenabtrag sein. Als Folge dieser Veränderungen ergab sich in den Göttinger Versuchen während der ersten fünf Jahre mit Ackerbau ohne Bodenbearbeitung im Vergleich zu intensiver Bodenbearbeitung eine jährliche Zunahme von 0,6....1,3 t/ha organisch gebundenem Kohlenstoff und 54....72 kg/ha Stickstoff in der Bodenschicht von 0-30 cm.

Ähnlich wie die organische Substanz werden auch schwer bewegliche, mit der Düngung zugeführte Pflanzennährstoffe nahe der Bodenoberfläche angereichert (Abb. 5, unten). Das gilt besonders für Phosphat. Bei ausreichender P-Konzentration im Boden wird die Tiefenverteilung von P jedoch nicht zum ertragsbegrenzenden Faktor. Deutlich negativ können sich aber bei fehlendem Abbau oder fehlender Tiefenverlagerung die Rückstände von persistenten Herbiziden auswirken, die durch Bodenbearbeitung nicht verdünnt werden.

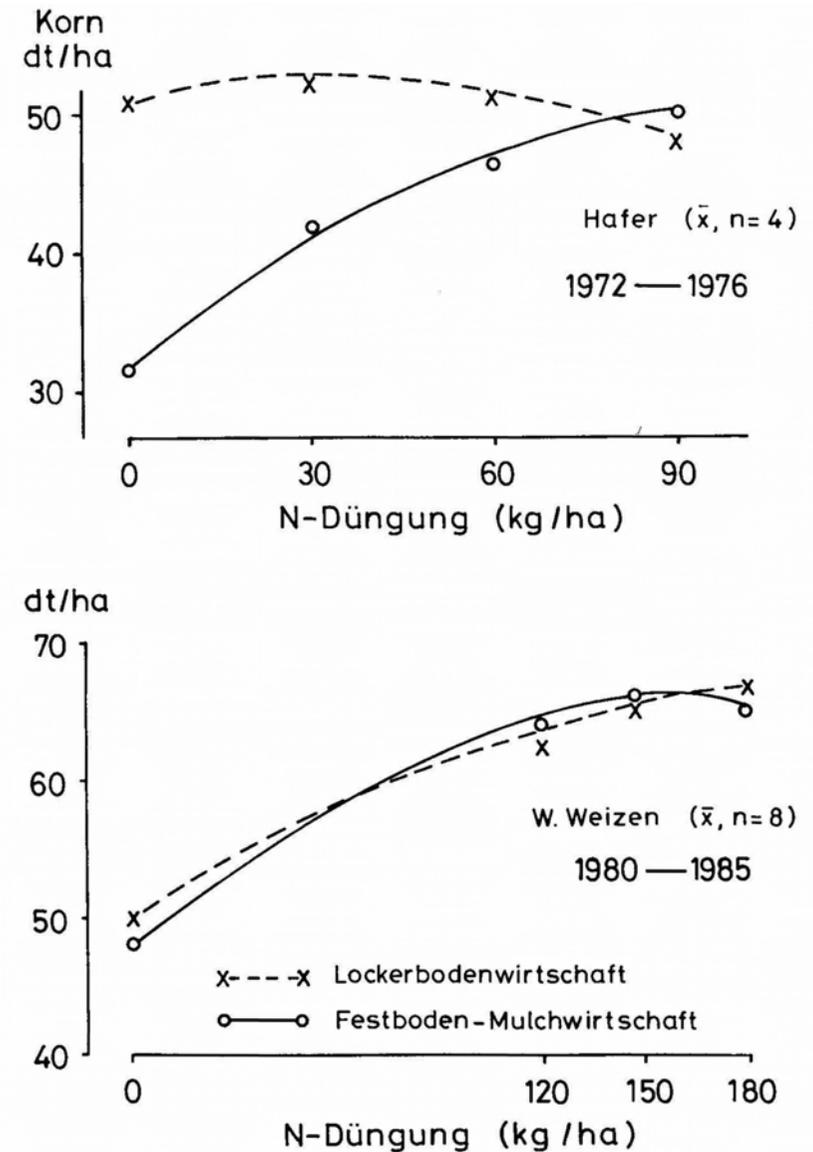


Abb. 6 Änderung der N-Düngungswirkung zu Getreide mit der Versuchsdauer auf gepflügten und langjährig unbearbeiteten Böden (Parabraunerde) bei Göttingen

Obwohl die oberflächennahe Anreicherung von organischer Substanz günstigere Voraussetzung für die Aktivität von Bodenmikroorganismen schafft, bewirken verminderte Einmischung und begrenzte Durchlüftung auch eine geringere Freisetzung von bodenbürtigem Stickstoff in reduziert bearbeiteten Böden. Im Vergleich zu gepflügten Böden ist nach unseren Erfahrungen die  $N_{\min}$ -Menge zum Vegetationsbeginn um etwa 30 kg/ha N vermindert. Erst bei länger fortgesetzter Anwendung von reduzierter Bodenbearbeitung, d.h. nach Erreichen eines neuen Fließgleichgewichtes des Auf- und Abbaus von organischer Substanz, ist zu erwarten, daß der N-Umsatz im Boden wieder steigt. Die Ergebnisse eines langjährigen Vergleichs der Festboden-Mulchwirtschaft mit der üblichen Lockerbodenwirtschaft in Göttingen zeigen diesen Sachverhalt sehr deutlich (Abb. 6).

Unterschiede in der Bodenstruktur, in der Nährstoffverteilung und im Nährstoffumsatz müssen sich auf das Wurzelwachstum der Feldfrüchte auswirken (Abb. 3 rechts). In reduziert bearbeiteten Böden ist die oberflächennahe Bodenschicht meist stärker durchwurzelt als in gepflügten Böden. Dafür fehlt die relative Zunahme der Wurzelmenge an der Bearbeitungsgrenze, die sich in gepflügten Böden häufig als Folge des hohen mechanischen Widerstandes an der Pflugschalenverdichtung ausbildet. In mehreren Untersuchungen in Göttingen konnte nicht nachgewiesen werden, daß sich reduzierte Bodenbearbeitung nachteilig auf die Durchwurzelung der Ackerkrume und des Unterbodens auswirkt.

Die in einer Festboden-Mulchwirtschaft veränderten Standortseigenschaften beeinflussen je nach Standortgunst mehr oder weniger auch die Ertragsbildung der Feldfrüchte. Unter Bedingungen, in denen intensive Bodenbearbeitung zum „Ackeraufbau“, d.h. zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit nicht mehr nötig ist, wie z.B. auf den lößbürtigen Böden unserer Versuchsorte in Göttingen, konnten im langjährigen Mittel keine Ertragsunterschiede zwischen stets intensiv bearbeiteten und unbearbeiteten Böden festgestellt werden. Für einzelne Feldfrüchte fanden wir mit Festboden-Mulchwirtschaft folgende relative Kornerträge bei ortsüblicher N-Düngung (gepflügt = 100, 1968-1984): Winterweizen 103, Wintergerste 99, Hafer 99, Körnermais 108, Ackerbohnen 108, Zuckerrüben (ber. Zuckerertrag) 98, Silomais (Ges. TM) 99. Die Ertragsunterschiede sind nur bei Weizen und Ackerbohnen signifikant. Diese Ergebnisse stellen im Vergleich zu den unter anderen Bedingungen

erzielten eine Ausnahme dar. In England z.B. wurden in umfangreichen Versuchen an vielen Orten über mehrere Jahre hinweg bei Wintergetreide (hauptsächlich Weizen) relative Ertragsdifferenzen zwischen intensiv und reduziert bearbeiteten Varianten von - 7 % bis + 3 % gefunden. Sommergerste reagierte auf reduzierte Bodenbearbeitung meist mit Mindererträgen zwischen 1 und 9 %. Kartoffeln sind allein schon wegen der intensiven Bodenbewegung bei der Ernte für eine fortgesetzte Festboden-Mulchwirtschaft nicht geeignet. Rüben versagten auf tonigem, schlecht durchlüftetem Boden und erbrachten einen Minderertrag von 25 % im Vergleich zur gepflügten Variante.

Aus den dargestellten Sachverhalten geht hervor, daß sich nicht alle Feldfrüchte für eine extreme Festboden-Mulchwirtschaft eignen. Noch ausgeprägter gilt diese Feststellung für die Standortbedingungen.

Auch in Göttingen ergaben sich in den einzelnen Versuchsorten und Jahren sehr viel größere Ertragsdifferenzen zwischen den Bearbeitungsvarianten, nämlich zwischen 31.....151 %. Bemerkenswert ist, daß diese Unterschiede je nach Jahr und Versuchsort sowohl zugunsten der intensiv bearbeiteten wie der unbearbeiteten Variante eintraten. Es besteht daher eine ausgeprägte Wechselwirkung zwischen der Bearbeitungsintensität und den jeweiligen Standortbedingungen (Boden, Jahreswitterung). Daraus ist zu folgern, daß nicht alle Standorte im Wechsel der Jahre gleich gute Voraussetzungen für die reduzierte Bodenbearbeitung (umgekehrt aber auch für die übliche intensive Bodenbearbeitung) bieten. Überall dort, wo mit intensiver Bodenbearbeitung für die Ertragsbildung begrenzende Faktoren, wie z.B. Bodendurchlüftung, Durchwurzelbarkeit, Pflanzenverfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen, verbessert werden können, ist eine Reduzierung der Bearbeitungsintensität im Hinblick auf die Ertragsleistungen der Feldfrüchte nicht angebracht. Ungeeignet sind alle Böden und Lagen mit stauender Nässe (schwere Tonböden in Flußniederungen mit zeitweiliger Überstauung). Ebenso wenig eignen sich Sandböden mit hohem Schluff- und Feinsandanteil, die wegen Tiefenverlagerung der feinen Bodenteilchen zu extremer Dichtlagerung an der ehemaligen Bearbeitungsgrenze neigen.

### **Risiken einer extrem reduzierten Bodenbearbeitung und Möglichkeiten für ihre Überwindung**

In unseren Göttinger Versuchen wurden während der vergangenen

**Tabelle 2:**

Wirkung einer extrem reduzierten Bodenbearbeitung bei Daueranbau von Körner- und Silomais auf die Bodenerosion eines schluffigen Lehms in Hanglage (5 % Neigung) in Mississippi (USA). Mittelwerte der Jahre 1975, 1976, 1977. Durchschnittlicher Niederschlag: 1222 mm je Jahr (McDowell und McGregor 1984)

Verfahren	Bodenabtrag t/ha Jahr	
	Körnermais <sup>1</sup>	Silomais <sup>2</sup>
Lockerbodenwirtschaft	24,1	17,5
Festboden-Mulchwirtschaft	0,7	0,8 <sup>3</sup>

1) Ernterückstände 62,8 dt/ha

2) 21,9 dt/ha

3) Mittelwerte nur von 1975 und 1976

**Tabelle 3:**

Einfluß der Bearbeitungsintensität und der Strohbehandlung auf den Feldaufgang von Getreide (Mittelwerte von 2 Versuchen über 4 Jahre (1975 - 1979) auf lößbürtigen Böden bei Göttingen)

Bearbeitung	Anzahl Keimpflanzen/m <sup>2</sup>		
	Pflügen (28 cm)	Grubbern (2 mal, 18 cm)	ohne jegliche Bearbeitung
Stroh			
beseitigt	321,7	292,7	256,3
eingearbeitet oder an der Ober- fläche belassen	306,8	276,8	191,3

18 Jahre auch noch andere Grenzen einer Festboden-Mulchwirtschaft sichtbar. Eine kritische Phase ist immer der Feldaufgang. Sieht man von groben technischen Fehlern ab - z.B., wenn es nicht gelingt, das Saatgut tief genug in den Boden zu bringen und es vor Austrocknung und Vogelfraß zu schützen -, so bleibt immer noch der Sachverhalt, daß Keimung und Jugendentwicklung von Getreide in Gegenwart von frischen, unverrotteten Ernteresten gehemmt wird.

Große Mengen von Reststoffen im Saatbett, z.B. mehr als 20-30 dt/ha Stroh, erschweren eine exakte Saatgutablage und sind von daher schon eine Ursache für einen verminderten Feldaufgang (Tab. 3). Zusätzlich können unter bestimmten Witterungsbedingungen auch aus den Ernteresten selbst Stoffe freigesetzt werden, die toxisch auf das Wurzelwachstum der nachfolgenden Feldfrüchte wirken. Wenn zwischen Ernte und Aussaat Trockenheit geherrscht hat und die toxischen Stoffe (Phenolderivate) aus den Ernteresten weder ausgewaschen noch abgebaut wurden, trat diese Hemmwirkung besonders deutlich in Erscheinung. Nach längeren Regenperioden vor der Herbstsaat oder bei Anbau von Sommerung konnte keine Hemmwirkung mehr beobachtet werden.

Als Gegenmaßnahme hilft:

1. die örtliche Konzentration der Reststoffe so gering wie möglich zu halten, d.h. Stroh mit kurzer Stoppel zu mähen (vor allem Lagergetreide) und nach Möglichkeit abzufahren. Zumindestens sollte das Stroh kurz gehäckselt und gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt sein. Das gilt auch für das Rübenblatt.
2. den mikrobiellen Abbauprozess der toxischen Stoffe sowohl frühzeitig in Gang zu setzen als auch so zu steuern, daß wegen Sauerstoffmangels keine für die Nachfrucht schädlichen Gärungsprodukte (Essigsäure) entstehen können.

Daraus folgt, daß eine extreme Festboden-Mulchwirtschaft, bei der die gesamte Strohmenge auf der Bodenoberfläche verbleibt, in der Aufeinanderfolge von zwei Winterungen ein erhebliches Risiko birgt. Deshalb müssen in einem solchen Fall die Erntereste ohne Aufschub intensiv in die obersten 5 cm der Ackerkrume eingearbeitet werden, damit die Wochen zwischen Ernte und Aussaat für die Rotte des Getreidestrohs genutzt werden können. Kommt der Abbau während dieser Zeit wegen Trockenheit nicht in Gang, ist es u.U. vorteilhafter, eine Sommerung folgen zu lassen.

Ein weiteres Risiko entsteht bei naßkalter Witterung im Frühjahr, wenn

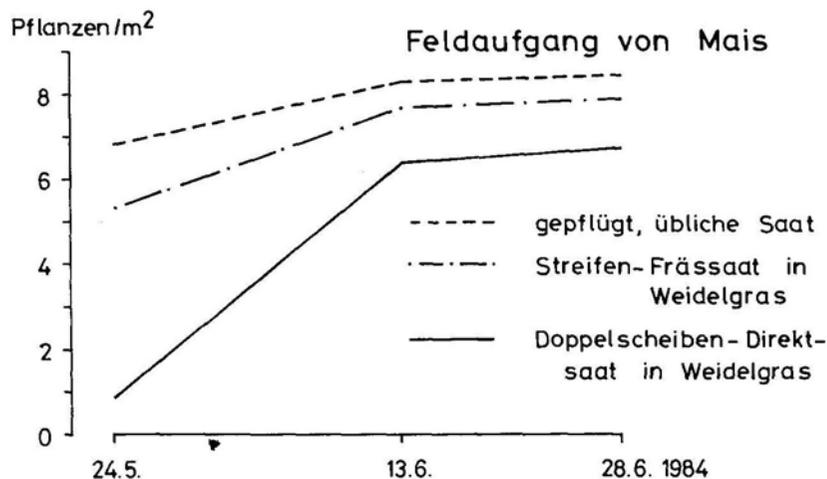
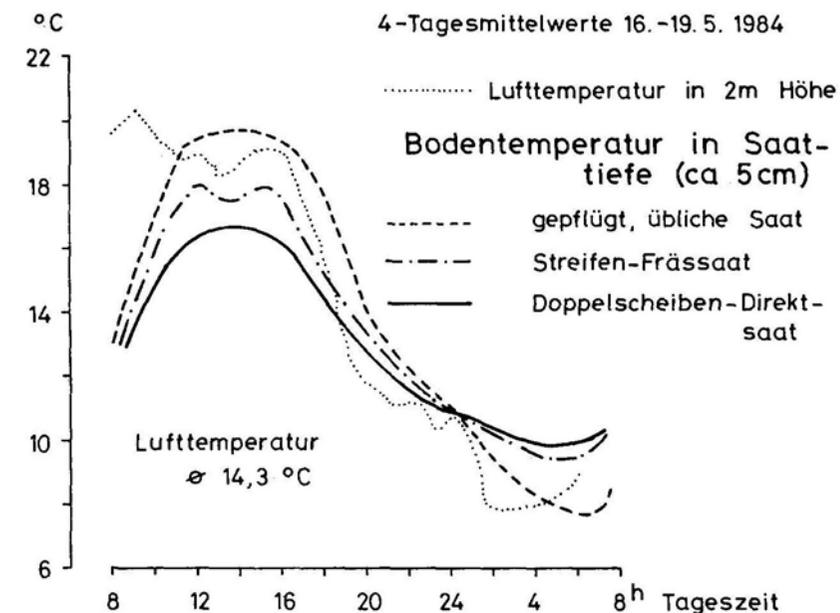


Abb. 7 Einfluß von Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung auf die Bodentemperatur und auf den Feldaufgang von Mais (Estler 1985)

wärmebedürftige Feldfrüchte wie Mais und Zuckerrüben in einen mit Pflanzenresten bedeckten, natürlich dichtgelagerten Boden gesät werden sollen. Wie Messungen an einem Grenzstandort für Mais ergaben, lag die Bodentemperatur in Saattiefe an strahlungsreichen Tagen nach extrem reduzierter Bearbeitung bis zu 4°C niedriger als nach intensiver Bearbeitung. Dementsprechend verzögerte sich der Feldaufgang des Mais mit der Folge, daß schließlich nur eine geringere Keimdichte erreicht wurde (Abb. 7). Abhilfe schaffte eine intensive Lockerung des Saatbettes innerhalb der künftigen Maisreihe, also eine Streifen-Frässaat. Die Bodentemperaturen und der Feldaufgang näherten sich den Ergebnissen an, die bei ganzflächiger intensiver Bearbeitung gegeben waren.

Schließlich muß noch einmal auf den in Abb. 6 dargestellten Sachverhalt hingewiesen werden: In den ersten Jahren einer fortgesetzten Festboden-Mulchwirtschaft muß die gehemmte Freisetzung von bodenbürtigem Stickstoff durch zusätzlichen Düngerstickstoff ausgeglichen werden, wenn bei reduzierter Bodenbearbeitung gleich hohe Erträge erzeugt werden sollen wie bei intensiver Bodenbearbeitung. Zwar kann der relative N-Mangel leicht mit zusätzlicher N-Düngung ausgeglichen werden, doch sind die vermehrten Kosten ein nicht zu übersehender Nachteil des Verfahrens.

Anhand dieser Beispiele wird deutlich, daß eine extreme Festbodenmulchwirtschaft unter unseren Bedingungen hinsichtlich der Produktion von sicheren und hohen Feldfruchterträgen zumindest mit höheren Risiken behaftet ist. Deshalb werden nur solche Verfahren Aussicht auf weitere Verbreitung haben, in denen ein Kompromiß zwischen den Extremen angestrebt wird. Das ist die Lockerbodenwirtschaft mit Oberflächenmulch (Abb. 2). Sie bietet sowohl günstige Voraussetzungen für das Pflanzenwachstum als auch für den Bodenschutz.

Bei unseren Untersuchungen in Göttingen zeigte sich, daß schon unter einer überwinternden Zwischenfrucht die Bodenstruktur sich einstellt, die hohe Wasserinfiltration (Regenwurmgänge bis an die Bodenoberfläche) verbesserte Befahrbarkeit und Erosionsschutz bietet. Von dieser Erfahrung ausgehend wurde folgendes Verfahren für den Anbau von Zuckerrüben entwickelt. Nach der Ernte der Getreidevorfrucht wird das gehäckselte und gleichmäßig verteilte Stroh flach, d.h. weniger als 10 cm tief, eingearbeitet. Sobald die erste Welle des Ausfallgetreides aufgelaufen ist, wird die Ackerkrume tief gelockert (Pflügen oder Grubbern),

spurenfrei eingeebnet und mit einer Zwischenfrucht bestellt, die bei Frost sicher abstirbt.

Zur Unterdrückung des Getreide- und Unkrautwuchses sollte die Zwischenfrucht den Boden rasch und lückenlos decken. Das verlangt sorgfältige Bestellung und, wenn nötig, zur Förderung ihrer Wüchsigkeit eine N-Düngung von etwa 50 kg/ha N. Ist die Unkrautunterdrückung nicht gelungen oder wegen eines zu milden Winters der Bestand nicht vollständig abgestorben, muß der Gründungsbestand im Frühjahr mit einem Totalherbizid abgetötet werden. Um Spuren im künftigen Saatbett der Rüben zu vermeiden, geschieht das am besten bei hartgefrorenem Boden.

Die Frühjahrsbestellung beginnt mit dem flachen Einmulchen der abgestorbenen, trockenen Pflanzenreste. Dazu eignen sich am besten mechanisch getriebene Eggen, Zinkenrotoren und Feingrubber, weniger Fräsen, weil durch ihren Einsatz im feuchten Boden leicht eine verdichtete Schmierohle entsteht. Die Bearbeitungstiefe sollte die Ablagetiefe der Rüben nicht überschreiten, das heißt, es sollte so flach wie möglich gemulcht werden, damit eine ausreichende Menge an bodenbedeckenden Pflanzenresten erhalten bleibt. Dazu ist eine völlig ebene, spurfreie Ackeroberfläche notwendig. Die Aussaat erfolgt mit einer üblichen Einzelkorn-Sämaschine. Die abgestorbenen Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche stopfen nicht, wenn der Boden im flachen Saatbett abgetrocknet ist und die einzelnen Pflanzenteile kürzer als 10 cm sind. Das ist nach einem Kreiselegenstrich in der Regel der Fall.

Schlüssel zum Anbauerfolg bei Feldfrüchten, die auf Endabstand gedrillt werden, ist der Feldaufgang. Tab. 4 zeigt, daß in Göttingen im Mittel von zehn Versuchen keine signifikanten Unterschiede im Feldaufgang zwischen den beiden Bearbeitungsverfahren festzustellen waren. In sieben Versuchen wurden auch die Erträge gemessen. In dem Verfahren mit Oberflächenmulch wurden etwa gleich hohe Rüben- und bereinigte Zuckererträge produziert. Lediglich der Blattertrag war nach üblicher Bestellung höher, weil in einem gelockerten Boden mehr bodenbürtiger Stickstoff freigesetzt wird als in einem natürlich dichtgelagerten Boden. Zu ähnlichen Ergebnissen führten auch Versuchsreihen in Bonn und Braunschweig-Völkenrode. Bei Zuckerrüben ist es daher wohl möglich, mit dem beschriebenen Verfahren der Lockerbodenwirtschaft mit Oberflächenmulch einen wirksamen Erosionsschutz zu erreichen, ohne diesen Vorteil mit Ertragseinbußen bezahlen zu müssen. Gleiches gilt

**Tabelle 4:**

Wirkung einer teilweise reduzierten Bodenbearbeitung (Mulchen der Zwischenfrucht) auf den Feldaufgang und Ertrag von Zuckerrüben (Lößbürtige Böden bei Göttingen)

Verfahren	Feldaufgang <sup>1</sup> %	Rübenmasse <sup>2</sup> dt/ha TM	Blattmasse <sup>2</sup> dt/ha TM	ber. Zucker <sup>2</sup> dt/ha
Lockerbodenwirtschaft	62,3	108,1	75,1	74,6
Lockerbodenwirtschaft mit Mulch	65,0	107,8	71,0	74,5
signifikante Differenzen ( $\alpha = 5\%$ )				
Pflügen mehr	-	1 mal	3	-
Mulchen mehr	-	2	1	2

1) 1972 - 1983

2) 1973 - 1982

auch für Mais, sofern seine Temperaturansprüche während der Jugendphase auch in dem mit Mulch bedeckten Boden befriedigt werden. Vor allem in Bayern hat eine intensive Versuchstätigkeit mit Mais eingesetzt, um für die jeweiligen Standortbedingungen geeignete Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung zu entwickeln.

### Schlußfolgerungen

Die extremste Form der reduzierten Bodenbearbeitung, die Festboden-Mulchwirtschaft, ist zwar auch machbar, wie die Ergebnisse unserer langjährigen Feldversuche beweisen, doch wohl ohne Ertragseinbußen nur auf Böden mit an sich schon hoher Produktivität. Wegen der vermehrten Risiken ist aber dieses Verfahren bisher für eine breitere Anwendung in der Praxis nicht geeignet. Die positiven Erfahrungen mit weniger extremen Formen der reduzierten Bodenbearbeitung sollten aber die Landwirte anregen, zu überlegen, ob unter ihren Bedingungen

die bisher übliche hohe Intensität der Bodenbearbeitung unbedingt notwendig ist. Die mögliche Kostenersparnis und die langfristige Aussicht auf bessere Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, als Folge der Erosionsverhütung und der Minderung des Risikos von Unterbodenverdichtungen nach Schwertransporten, rechtfertigen jeden Schritt hin zu einer rationelleren, auf Mäßigung bedachten Bodenbewirtschaftung.

#### Literatur

- BAKERMANS, W.A.P. and de WIT, C.T. (1970): Crop husbandry on naturally compacted soils. *Neth. J. agric. Sci.* **18**, 225-246
- EHLERS, W., KHOSLA, B.K. KÖPKE, U., STÜLPNAGEL, R., BÖHM W. und BAEUMER, K. (1980): Tillage effects on root development, water uptake and growth of oats. *Soils Tillage Res.* **1**, 19-34
- EHLERS, W. (1975): Observation on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Sci.* **119**, 224-249
- EHLERS, W. (1973): Strukturzustand und zeitliche Änderung der Wasser- und Luftgehalte während der Vegetationsperiode in unbearbeiteter und bearbeiteter Löß-Parabraunerde. *Z. f. Acker- und Pflanzenbau* **137**, 213-232
- ESTLER, M. (1985): Erfolgreiche Ansätze in der Entwicklung umweltgerechter Anbauverfahren. *Mais* **13**, Heft 2, 9-13
- FLEIGE, H. and BAEUMER, K. (1974): Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* **1**, 19-25
- McDOWELL, L.L. and McGREGOR (1984): Plant nutrient losses in runoff from conservation tillage of corn. *Soil and Tillage Res.* **4**, 79-91
- PIDGEON, J.D. and SOANE, B.D. (1978): Soil structure and strength relations following tillage, zero-tillage and wheel traffic in Scotland. In: Emerson, W.W., Bond, R.D. and Dexter, A.R. (Ed.): *Modification of soil structure*. John Wiley, Chichester, pp. 371- 379

## Gerätetechnische Lösungen für die reduzierte Bodenbearbeitung

von Prof. Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan

#### Einführung

In jüngster Zeit stehen alle Fragen, die den Boden, seine bestmögliche Bearbeitung und die dafür geeignete Gerätetechnik anbetreffen, wiederum im Mittelpunkt des Interesses. Und dies nicht nur bei den praktischen Landwirten, sondern in gleichem Maße auch bei der einschlägigen Industrie, bei Beratung und Wissenschaft.

Eine der Ursachen hierfür ist sicherlich darin zu sehen, daß die permanente Diskussion über Fragen der Umwelterhaltung und des Umweltschutzes nicht vor den landwirtschaftlichen Betrieben Halt gemacht hat. Alle produktionstechnischen Maßnahmen stehen heute im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit und bisweilen auch der Kritik, vor allem auch von nicht-landwirtschaftlichen Kreisen. Dabei wird vor allem befürchtet, ein überzogener produktionstechnischer Aufwand in jeder Hinsicht könne nachhaltig zu einer negativen Beeinflussung der Bodenfruchtbarkeit führen.

Es gibt einen weiteren, wichtigen Punkt. Die Aufgaben der Bodenbearbeitung haben sich unter dem Einfluß neuer Bewirtschaftungssysteme, von spezialisierten und damit oft einseitigen Fruchtfolgen und auch als Folge eines erweiterten Standes des Wissens vielleicht nicht grundlegend geändert, aber doch ganz wesentlich erweitert. Zwar haben die bisher bestehenden Forderungen nach wie vor einen hohen Stellenwert (z.B. Ausnutzen des günstigsten Bearbeitungszeitpunktes, hohe Schlagkraft, das Erzielen sicherer und hoher Ernteerträge etc.). Daneben wird heute der Aufbau bzw. das Erhalten eines Bodengefüges, welches den ungehinderten und bestmöglichen Ablauf aller biologischen und wachstumsfördernden Vorgänge im Boden sicherstellt, als eine der zentralen Aufgaben angesehen.

#### Aktuelle Bodenbewirtschaftungs-Systeme

Wohl selten zuvor ist aber auch die Frage, welches die zweckmäßigste Form der Bodenbewirtschaftung darstellt und welche Bodenbewirtschaftungs-

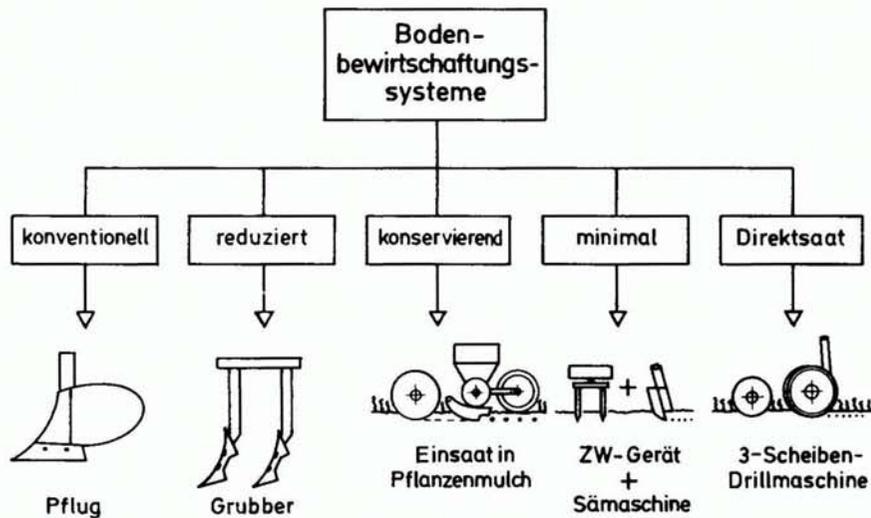


Abb. 1 Übersicht über die aktuellen Bodenbewirtschaftungssysteme

tungssysteme in der Lage sind, langfristig und nachhaltig die Forderungen zu erfüllen, die aus aktueller Sicht von Seiten des Ackerbaues, des Pflanzenbaues und der Verfahrenstechnik gestellt werden, derart leidenschaftlich und oft konträr diskutiert worden. Leider oftmals mit Argumenten, die mehr von weltanschaulichen Gesichtspunkten und weniger von echter Sachkenntnis geprägt sind.

Die Bandbreite der Auffassungen über zweckmäßige Bodenbewirtschaftung, aber auch der bereits angebotenen, gerätetechnischen Lösungen ist außerordentlich weit gespannt und vielfältig. Die beiden wesentlichen Eckpfeiler stellen einerseits die konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug und andererseits die Direktsaat mit Spezial- Drillmaschinen dar (Abb. 1). Zwischen beiden besteht jedoch eine Vielzahl von Zwischenlösungen, die einen fließenden Übergang zwischen diesen beiden Extremen schaffen. Jedem dieser einzelnen Systeme lassen sich bestimmte und charakteristische Kennzeichen zuordnen:

- Die konventionelle Bearbeitung ist dadurch gekennzeichnet, daß

Primär-Bearbeitung, Sekundär-Bearbeitung und Aussaat in getrennten, nacheinander ablaufenden Arbeitsgängen durchgeführt werden.

- Bei der reduzierten Bearbeitung wird angestrebt, den gesamten Bearbeitungs- und Energieaufwand gezielt zu verringern. Dies gilt vor allem für die Primär-Bearbeitung, wo zumindest ein zeitweiser Ersatz des Pfluges durch Schichten- oder Schälgrubber als zweckmäßig angesehen wird.
- Bei der konservierenden Bodenbearbeitung wird die Primär-Bearbeitung mit Pflug oder Grubber direkt nach der Getreideernte durchgeführt (ähnlich der früheren „Sommertief Furche“). Danach erfolgt eine hauptfruchtmäßige Zwischenfruchtbestellung und im darauf folgenden Frühjahr die Einsaat der Reihenfrüchte in den abgestorbenen oder abgetöteten Pflanzenmulch.
- Bei der Minimal-Bodenbearbeitung besteht das Ziel, den gesamten Bearbeitungs- und Energieaufwand auf das je nach Standort und Fruchtart zulässige Minimum zu reduzieren. Spezielles Kennzeichen dieser Bearbeitungsvariante ist die konsequente Gerätekombination, vor allen Dingen bei Saatbettvorbereitung und Saat.
- Bei Verfahren ohne gezielte Bodenbearbeitung (Direktsaat) wird auf Primär- und Sekundär-Bearbeitung generell verzichtet. Die Saatgutablage erfolgt in Saatschlitz einer Spezial-Sämaschine.

### Kennzeichen der Verfahren

Um eine Wertung und Einordnung dieser Verfahren vornehmen zu können, ist es erforderlich, vorab die Forderungen aufzuzeigen, die aus heutiger Sicht an moderne Bodenbewirtschaftungssysteme zu richten sind (Abb. 2).

Dieser außerordentlich umfangreiche Katalog wichtiger Forderungen aus den Bereichen Ackerbau, Pflanzenbau und Verfahrenstechnik läßt bereits erwarten, daß die vorher genannten Verfahren in unterschiedlicher Weise in der Lage sein werden, diese vorrangigen Forderungen zu erfüllen. Deshalb sollen nachfolgend die Vorteile und Probleme der vorgenannten Verfahren einander gegenübergestellt werden (Abb. 3).

Aus diesen Gegenüberstellungen wird deutlich, daß eine besonders hohe Effizienz im Hinblick auf die Reduzierung des Aufwandes bei der Bodenbewirtschaftung, vor allem im Bereich der Grund-Bodenbearbeitung und hier vor allem beim Einsatz des konventionellen Streichblechpfluges zu erwarten ist. Überlegungen in Richtung „reduzierter Boden-

### Forderungen – Ackerbau

- geringstmöglicher Eingriff in Bodengefüge und Bodenstruktur
- Erhalten oder Verbessern der Bodenfruchtbarkeit
- konsequentes Ausnutzen der biologischen Regenerationsfähigkeit des Bodens
- Einmischen von Pflanzenresten etc. in umsetzungsaktive Bodenschichten
- Schutz des Bodens vor Erosion, Verdichtung und Verschlammung

### Forderungen – Pflanzenbau

- beste Voraussetzungen schaffen für hohen und sicheren Feldaufgang
- sicheres Erreichen der angestrebten Pflanzenbestandzahlen
- ungehinderte Pflanzenentwicklung während der gesamten Vegetationsperiode
- Reduzieren des Aufwandes für Düngung und chemische Unkrautbekämpfung

### Forderungen – Verfahrenstechnik

- Konsequente Kombination von Einzelgeräten und Arbeitsgängen
- Reduzieren des Aufwandes für Arbeitszeit und Energie
- termingerechte Arbeiterledigung durch hohe Schlagkraft
- schonendes Bearbeiten des Bodens, Vermeiden unnötiger Fahrspuren und Verdichtungshorizonte
- vielseitiger Einsatz der Gerätetechnik
- hohe Funktionssicherheit, auch bei Vorhandensein von voluminösen Pflanzenrückständen
- kostengünstiger Maschineneinsatz

Abb. 2 Ackerbauliche, pflanzenbauliche und verfahrenstechnische Forderungen an die Bodenbewirtschaftungssysteme

Verfahren	Vorteile	Probleme
<b>konventionell</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● gezielte Bodenwendung (mech. Unkrautbekämpfung.)</li> <li>● „reiner Tisch“, Bodenoberfläche frei von Pflanzenrückständen</li> <li>● ungehinderter Einsatz der Bestelltechnik</li> <li>● langjährig gewohnte Gerätetechnik mit bekannten Effekten</li> <li>● gute Anpassung der Gerätetechnik an vorhandene Schlepperleistung möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pflanzenreste tief und schichtenförmig untergebracht</li> <li>● oft „Überlockerung“, erhöhte Erosionsgefahr</li> <li>● intensiver Eingriff in das Bodengefüge</li> <li>● höhere Zahl von Arbeitsgängen = mehr Fahrspuren und Verdichtungshorizonte</li> <li>● bei Grund-Bodenbearbeitung geringe Schlagkraft, hoher Leistungsbedarf</li> </ul>

Verfahren	Vorteile	Probleme
<b>Reduziert</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● keine gezielte Bodenwendung (Strukturhaltung)</li> <li>● intensiveres Mischen, Lockern und Krümeln</li> <li>● Senken des spezifischen Leistungsbedarfes</li> <li>● höhere Flächenproduktivität (Schlagkraft)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● keine gezielte Bodenwendung (Unkrautbekämpfung)</li> <li>● erhöhter Aufwand für Oberflächen-Nachbearbeitung</li> <li>● geringere Bearbeitungstiefe</li> <li>● organische Rückstände nur flach eingearbeitet (Saattechnik)</li> </ul>
<b>Konservierend</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● günstige Beeinflussung der Bodenstruktur</li> <li>● wirksamer Erosionsschutz</li> <li>● günstigeres Kleinklima für keimende Pflanzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● geeignete Zwischenfruchtarten</li> <li>● funktionssichere Saattechnik erforderlich</li> <li>● exakte Saatgutablage erschwert</li> <li>● verzögerter Saattermin (langsamere Bodenerwärmung)</li> </ul>

Verfahren	Vorteile	Probleme
<b>Minimal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● insgesamt verringerter Bearbeitungs- und Energieaufwand</li> <li>● Kombination von Arbeitsgängen = weniger Fahrverkehr (Fahrspuren, Verdichtungshorizonte)</li> <li>● Schonung der Bodenstruktur</li> <li>● termingerechte Arbeitserledigung, Risikoabbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● hohe Anforderungen an Kombinierbarkeit und vielseitige Verwendbarkeit der Einzelgeräte</li> <li>● höhere Ansprüche an Motorleistung und Hubkraft des Schleppers</li> <li>● steigende Anforderungen an Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen</li> </ul>
<b>Ohne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● geringster Bearbeitungsaufwand</li> <li>● niedrigster Arbeitszeitbedarf</li> <li>● kein mechanischer Eingriff in die Bodenstruktur</li> <li>● geringe Ansprüche an Schlepper-Motorleistung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Spezialmaschinen erforderlich</li> <li>● keine ordnungsgemäße Saatbettbereitung</li> <li>● Feldaufgangsprobleme</li> <li>● hohe Ansprüche an Aufwand und termingerechten Einsatz der Pflanzenschutzmaßnahmen</li> </ul>

Abb.3 Vorteile und Probleme, die bei Anwendung der aktuellen Bodenbewirtschaftungssysteme zu verzeichnen sind

bearbeitung" haben sich also auch daran zu orientieren, ob es zulässig und zweckmäßig ist, auf die wendende Arbeit des Pfluges (zumindest zeitweise) zu verzichten, den Lockerungseffekt aber aufrecht zu erhalten, z.B. durch Einsatz des Grubbers.

Allerdings müssen derartige Überlegungen auch die Tatsache berücksichtigen, daß der zunehmende Anfall von Pflanzenrückständen dazu zwingt, diese nicht einfach im Boden unterzubringen, sondern als wertvolle organische Substanz sehr gezielt dem Boden zuzuführen. Aus

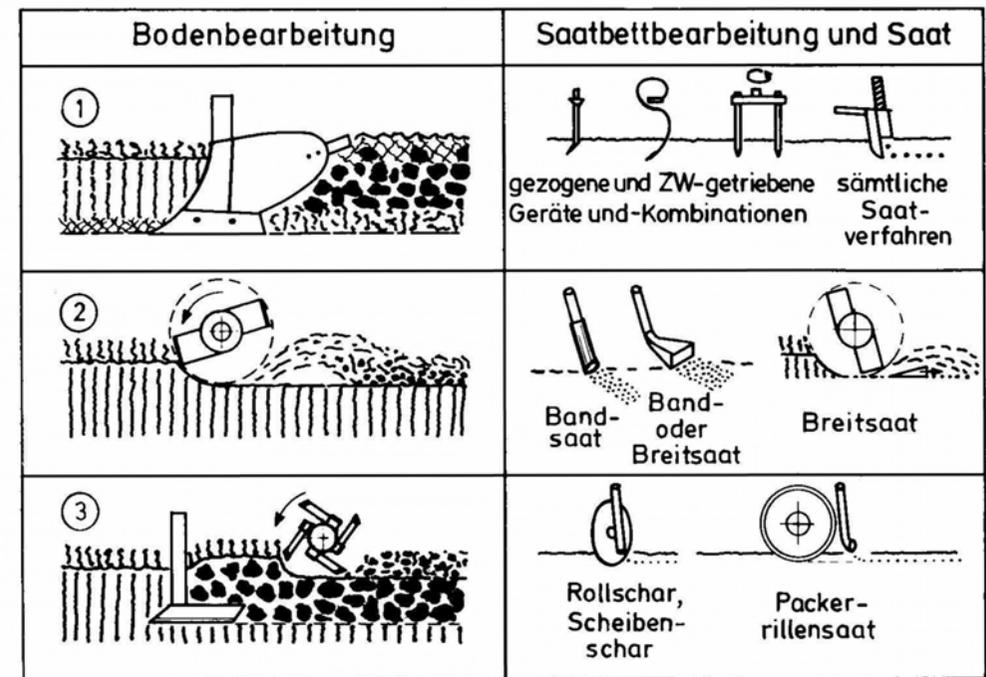


Abb. 4 Die Form der Grundboden- und Oberflächen-Nachbearbeitung übt direkten Einfluß auf die verwendbare Saattechnik aus

ackerbaulicher Sicht wird heute das gleichmäßige Verteilen und Einmischen von Ernterückständen, Pflanzenresten etc. in oberflächennahe Bodenschichten gefordert, um einen raschen, intensiven und bodenbiologisch vorteilhaften Abbau zu gewährleisten. Aus dieser Aufgabenstellung resultieren jedoch wiederum direkte Auswirkungen auf die verwendbare Drilltechnik (Abb. 4).

Bei der konventionellen Bodenbearbeitung mit dem Streichblechpflug wird durch das Wenden des gesamten Erdbalkens eine Umschichtung im Bereich der bearbeiteten Krume erreicht. Pflanzenreste, aber auch Ausfallgetreide, Unkrautsamen und wachsende Unkräuter werden tief im Boden untergebracht. Der dadurch entstehende, berühmt-berüchtigte „reine Tisch“ bereitet weder den nachfolgend eingesetzten Geräten für die Saatbettbereitung, noch beim Einsatz der Drillmaschinen nennenswerte Schwierigkeiten.

Bodenfräsen bewirken nach wie vor eine sehr intensive Krümelung des Bodens und Einmischung der Pflanzenrückstände in den bearbeiteten Bodenhorizont. Je nach Bearbeitungstiefe kann ein mehr oder minder großer Anteil der Pflanzenrückstände auf der Bodenoberfläche oder in der obersten Bodenschicht verbleiben. Dies zwingt im Hinblick auf eine störungsfreie und ordnungsgemäße Saatgutablage zur Anwendung von Band- oder Breitsaatverfahren (Saatgutablage in den vom Rotor abfließenden Erdstrom oder mittels „Säschiene“ auf den frei gefrästen Bodenhorizont).

Eine Zwischenstellung zwischen diesen beiden Verfahren nimmt die Kombination von Schichtengrubber mit nachgeschalteter Rotoregge oder Bodenfräse ein. Dabei sollen die Grubberschare den Boden lediglich grob aufbrechen, das nachgeschaltete Zapfwellengerät übernimmt in einem flachen, oberen Bodenhorizont die intensive Lockerung, Krümelung und Mischung. Dabei kann die Arbeitstiefe des Rotors tiefer gewählt werden, als später die Saatgutablagertiefe betragen soll. Da aber auch hier ein relativ großer Teil der Pflanzenreste nur sehr flach eingearbeitet wird, empfiehlt sich zum Vermeiden von Verstopfungen an den Sägeräten die Verwendung von Rollscharen, Scheibenscharen oder der Packerrillensaat.

### **Schichtengrubber-Kombinationen**

Betrachtet man aus der Sicht der vorher genannten Aufgaben und Forderungen die vorliegenden maschinentechnischen Alternativen, dann bietet die Kombination eines Schichtengrubbers mit zapfwellengetriebenem Nachlaufgerät einen günstigen Kompromiß. Der Hauptvorteil besteht bei dieser Kombination ohne Zweifel darin, daß nicht vollständig auf eine tiefergreifende Bodenlockerung verzichtet wird. Daß aber die Frage des zweckmäßigsten Lockerungswerkzeuges noch nicht eindeutig entschieden ist, läßt sich unschwer an der Vielzahl heute angebotener, unterschiedlicher Werkzeugvarianten ablesen. Ein- oder zweibalkige Kurzgrubber mit abgewandelten Doppelherzscharen nutzen den Mischereffekt dieser Scharform noch konsequent aus. Allerdings auf Kosten eines entsprechenden Leistungsbedarfes und eines unebenen Bearbeitungshorizontes. Dagegen brechen die breitschneidenden Flügelschargrubber den Boden lediglich grob auf, die intensive Krümelung und Mischung der oberen Bodenschichten wird eindeutig dem nachgeschalteten Zapfwellengerät zugeordnet.

Die Erfahrungen zeigen, daß der Arbeitseffekt des Flügelschargrubbers und damit auch seine Verwendbarkeit bei unterschiedlichen Einsatzzeitpunkten in hohem Maße von der jeweils vorliegenden Bodenfeuchte, weniger von der Bodenart bestimmt wird. Je trockener der Boden, desto eher läßt sich ein befriedigendes Aufbrechen des Bodens erwarten. Auf trockenen, verhärteten Böden kann allerdings das Einzugsvermögen dieser breit schneidenden Flügelschare sehr unbefriedigend sein. Je feuchter die Einsatzbedingungen, desto größer ist nicht nur die Gefahr, daß der Boden lediglich plastisch verformt und nicht ausreichend gebrochen wird, sondern daß zusätzliche Verdichtungsschichten im Bereich der Arbeitstiefe erzeugt werden. Dies gilt im übrigen auch für den Einsatz von Lockerungspflügen oder Tiefgrubbern, die häufig bei reduzierten Bodenbewirtschaftungssystemen oder bei der Minimalbestelltechnik zum Aufbrechen des Bodens bis in Tiefen von ca. 40 bis 50 cm verwendet werden.

Die Zukunft wird deshalb solchen Scharformen gehören, die bei tragbarem Zugkraftbedarf eine möglichst geringe Abhängigkeit von unterschiedlichen Bodenfeuchtebedingungen aufweisen und dennoch einen befriedigenden Arbeitseffekt erzielen.

Ein weiterer Aspekt wird künftig bei Auswahl und Einsatz der Geräte einen hohen Stellenwert einnehmen, nämlich die Kombinierbarkeit der vorhandenen Gerätetechnik. Derzeit lassen sich bei den Grubber-Zapfwellengerät-Kombinationen zwei typische Varianten unterscheiden:

- Kompaktgeräte, d.h. Spezialmaschinen, bei welchen die Werkzeuge für mitteltiefe Lockerung (Schichtengrubber) sowie flache Krümelung und Mischung (Zapfwellengerät) in einem gemeinsamen Geräterahmen angeordnet, fest zusammengebaut, teilweise sogar integriert sind.
- Universalkombinationen, bei welchen die Einzelgeräte in genormten Dreipunkt-Anschlüssen gekoppelt sind und im Bedarfsfalle auch getrennt verwendet werden können.

Zielvorstellung muß sein, aus einer relativ sparsamen gerätetechnischen Grundausstattung möglichst viele Gerätekombinationen mit unterschiedlichen Bearbeitungseffekten zusammenstellen zu können. Kombinationen, die dann auch in der Lage sind, sehr spezielle, auf Standort und Fruchtart optimal abgestimmte Arbeitseffekte zu erzielen.

Je sicherer die angestrebten Bearbeitungseffekte bei allen vorliegenden Einsatzbedingungen zu erreichen sind, umso eher besteht auch die Chance, konsequent den nächsten Schritt zu tun: Zusätzlich eine

Sävorrichtung anzubringen und damit die Brücke zwischen reduzierter Bodenbearbeitung und Minimalbestelltechnik zu schlagen.

Dieser Trend zu einer noch konsequenteren Kombination von Einzelgeräten hat zweifellos auch Rückwirkungen auf Bauart und Ausstattung der Ackerschlepper. Um eine bessere Gewichtsverteilung, Funktionssicherheit und ungestörte Überwachung zu erreichen, wird in zunehmendem Umfang ein Verteilen der Einzelgeräte auf den Front- und Heckanbaubereich angestrebt. Voraussetzung dafür ist jedoch nicht nur das Vorhandensein entsprechender Krafthebergestänge, sondern auch von Zapfwellenanschlüssen und gegebenenfalls Schnellkupplungen.

Allerdings darf man sich nicht darüber hinwegtäuschen, daß jede weiterführende Kombination von Geräten auch eine zunehmende Beanspruchung für den Schlepperfahrer bedeutet. Deshalb müssen im selben Maße, wie die Anforderungen an die Schlagkraft bei gleichbleibender Qualität der Arbeitserledigung in allen Bereichen der Bodenbearbeitung gesteigert werden, durch wirksame, technische Hilfsmittel künftig dem Schlepperfahrer Möglichkeiten gegeben werden, Geräteeinstellungen und Bearbeitungseffekte exakt zu kontrollieren, die tatsächlichen Betriebszustände von Schlepper und Gerät zu überwachen und gegebenenfalls entsprechende Korrekturen vorzunehmen. Ähnlich wie in anderen Bereichen der landtechnischen Entwicklung ist deshalb damit zu rechnen, daß die Agrarelektronik auch den Bereich der Bodenbearbeitung und Feldbestellung erfassen wird. Funktionsüberwachungs- und Einstellsysteme können nicht nur eine Arbeitserleichterung für das Bedienungspersonal gewährleisten, sondern auch wesentliche Hilfestellungen bei Entscheidungsprozessen bieten.

### Frässaat ohne Grund-Bodenbearbeitung

Sehr unterschiedliche Überlegungen waren es, die das Anwenden von Bodenbewirtschaftungssystemen ohne jegliches tiefes Lockern sinnvoll und zweckmäßig erscheinen ließen (Abb. 5):

- In erster Linie sicherlich das Ziel, durch einen Verzicht auf besonders arbeits- und energieaufwendige Arbeitsgänge den Aufwand und die Kosten für die Bodenbearbeitung möglichst weitgehend zu reduzieren.
- Zum anderen aber ackerbauliche Überlegungen und hier vor allem das Bestreben, die natürliche Struktur des Bodens zu erhalten, bodenbiologische und -physikalische Vorgänge zu aktivieren, die Tragfähigkeit und das Regen-Schluckvermögen der Böden zu verbessern sowie die Gefahr der Bodenerosion zu vermindern.

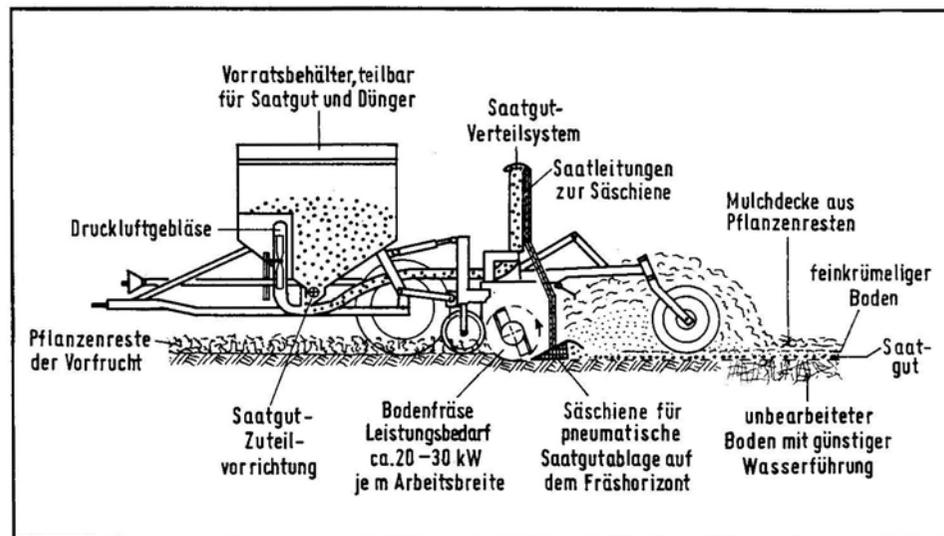


Abb. 5 Schematische Darstellung des Frässaatverfahrens mit Saatgut-Breitablage über eine Säschiene (System Horsch)

Trotz dieser unbestreitbaren Vorteile muß man bei objektiver Analyse dieses Systemes klar erkennen, daß die Verringerung der Bearbeitungsintensität und der Verzicht auf eine tiefere Bearbeitung (vor allem Wendung) des Bodens einen konsequenten Einsatz chemischer Wirkstoffe zur Unkrautbekämpfung notwendig macht. Hinzu kommt, daß die Ackerböden in der Regel mehrere Jahre brauchen, um sich auf die geänderte Bewirtschaftungsform einzustellen und zudem in der Fruchtfolgeplanung gewisse Zugeständnisse gemacht werden müssen (ausschließlich Anbau flachwurzelnder Fruchtarten).

### Mulchsaatverfahren

Der Haupteinsatzbereich aller bisher geschilderten Gerätetechniken ist ohne Zweifel im Getreidebau zu sehen. Andererseits ist zu erkennen, daß in letzter Zeit auch beim Anbau von Reihenfrüchten (vor allem Zuckerrüben und Mais) als Folge der veränderten Fruchtfolgen und Betriebsorganisationen gewisse ackerbauliche Probleme auftreten. Als Stichworte seien nur genannt: Strapazierung der Bodenstruktur, Gefahr

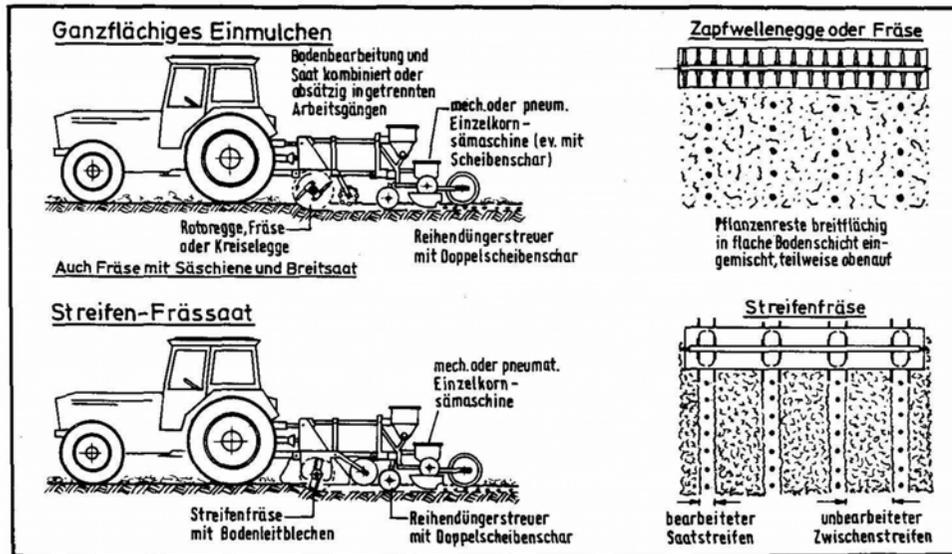


Abb. 6 Ganzflächige und streifenförmige Mulchsaatverfahren

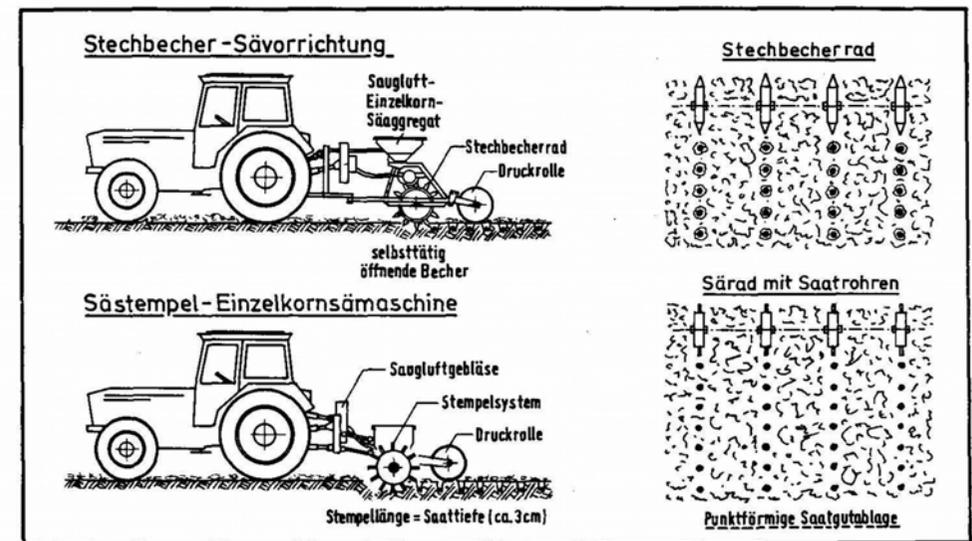


Abb. 8 Punktförmig arbeitende Mulchsaatverfahren

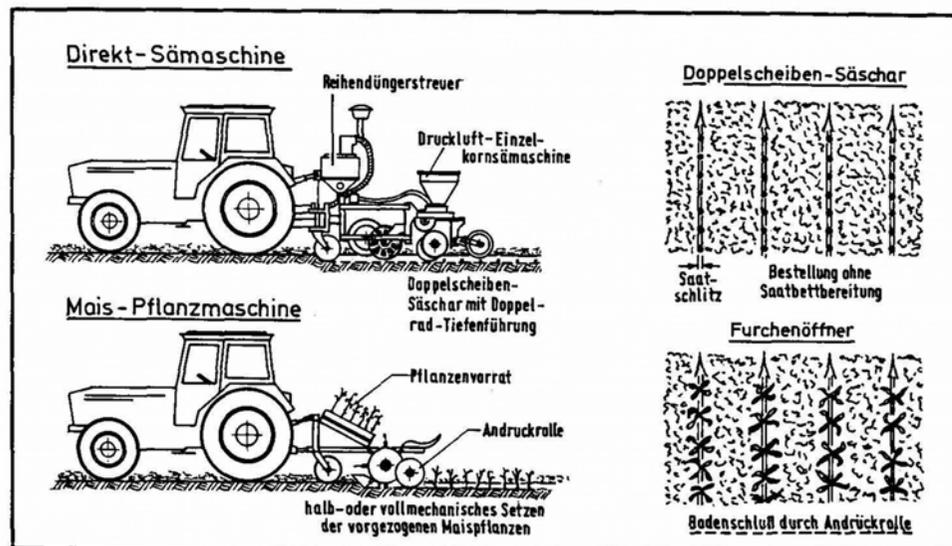


Abb. 7 Mulchsaatverfahren mit Einbringung des Saat- bzw. Pflanzgutes in Saatschlitze

von Bodenverschlammung und -verkrustung, zunehmende Erosionsprobleme. Neuere anbautechnische Überlegungen für Reihenfrüchte sind daher ebenfalls von dem Bestreben geprägt, eine Reduzierung des Aufwandes zu erreichen. Gleichrangig, oft sogar vorrangig ist aber auch hier die Zielsetzung, durch neue kombinierte pflanzenbaulich-landtechnische Anbauverfahren langfristig eine günstige Bodenstruktur zu schaffen, einen wirksamen Erosionsschutz zu gewährleisten und insgesamt eine bestmögliche Bodenfruchtbarkeit sicherzustellen.

Einen praktikablen Weg in diese Richtung stellt die Anwendung von „Mulchsaatverfahren“ dar. Hierbei werden die Reihenfrüchte in einen abgestorbenen oder chemisch abgetöteten Zwischenfrucht-Pflanzenmulch eingesät. Während für die Zuckerrübensaat in Pflanzenmulch schneidende oder räumende Zusatzeinrichtungen vor den Säegeräten angebracht werden, haben sich bei der Mulchsaat von Mais vor allem neu entwickelte Streifenfräs- und Direktsaat-Verfahren im rauen Praxis-einsatz bewährt (Abb. 6, 7 und 8).

## Ausblick

Welches Fazit kann man aus diesen Überlegungen ziehen? Einmal sicherlich, daß bereits heute eine umfangreiche Palette von Verfahren zur Verfügung steht, mit denen sich eine gezielte Reduzierung des Aufwandes bei der Bodenbewirtschaftung sicherstellen läßt. Dabei kann ein zeitweiser Verzicht auf das Pflügen sowohl aus betriebswirtschaftlichen Gründen, als auch aus ökologischer Sicht diskutabel sein. Ob und in welchem Umfang die damit verbundenen Vorteile, wie z.B. Einsparungen an Arbeitszeit, Energie und Kosten oder eine Verminderung der Bodenerosion auch tatsächlich ausgeschöpft werden können, hängt entscheidend von den Standortvoraussetzungen, aber auch von der Qualifikation und der persönlichen Einstellung des Betriebsleiters ab. Auf Standorten mit sehr tonhaltigen Böden und ungünstigen klimatischen Voraussetzungen schafft häufig erst der Pflugverzicht die Voraussetzungen für einen termingerechten und wirtschaftlichen Anbau von Wintergetreide. Hier stellt die hohe Schlagkraft ein wichtiges Argument für den langfristigen Einsatz reduzierter Bodenbearbeitungssysteme dar. Aber auch auf erosionsgefährdeten Standorten kann ein Verringern des Bodenabtrages durch pfluglose Bearbeitung wichtige Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Ackerbau schaffen.

Für die meisten Betriebe, die auf vergleichsweise weniger problematischen Standorten wirtschaften, bietet sich zur Zeit wohl nur ein sinnvoller Wechsel zwischen Bodenbewirtschaftungsverfahren mit und ohne Pflug an. Das Ziel sollte darin bestehen, den Pflug nur noch dann einzusetzen, wenn sich die tiefe, wendende Lockerung des Bodens in echten Vorteilen bei der angebauten Fruchtart auswirkt (z.B. im Zuckerrübenanbau). Wenn immer möglich, sollten aber die arbeitswirtschaftlichen Vorteile einer pfluglosen Bodenbearbeitung stärker genutzt werden.

Langjährige Erfahrungen mit Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung lassen erkennen, daß neben einer Verbesserung der Bodenstruktur auch eine deutliche Verringerung der Erosionsgefahr zu erwarten ist. Negative Auswirkungen auf den Ertrag sind dann nicht zu befürchten, wenn das Instrument der Aufwandsreduzierung sehr vorsichtig angewandt wird.

Es darf auch kein Zweifel daran bestehen, daß aufgrund der aktuellen Kenntnisse über Anwendung und Auswirkung moderner Bodenbewirtschaftungsmaßnahmen in Zukunft vielfach ein Umdenken notwendig sein wird, auch aus gerätetechnischer Sicht. In Zukunft wird eine möglichst

große Flexibilität in der Bodenbewirtschaftung erforderlich sein, sowohl was die Bearbeitungstiefe, als auch die Einbringung organischer Substanzen und die Kombination von Arbeitsgängen anbetrifft. In einer Zeit, in der kein Zweifel daran bestehen kann, daß auch das Instrument der Kostenreduzierung ganz konsequent zur Verbesserung des betriebswirtschaftlichen Ergebnisses in den landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden muß, erhalten ökonomische Gesichtspunkte auch im Bereich der Bodenbearbeitung einen besonderen Stellenwert. Investitionen auf dem Landmaschinen Sektor werden künftig vorrangig nach echten betriebswirtschaftlichen Analysen und Überlegungen vorgenommen werden müssen. Aber auch beim Maschineneinsatz dürften ökonomische Überlegungen eine gewichtige Rolle spielen, z.B. die Frage der wirtschaftlichen Nutzungsdauer der Gerätetechnik, der Reparaturkosten und des Treibstoffverbrauches. Kostengünstige Arbeitserledigung - darin besteht die Zielsetzung, unter unseren Strukturverhältnissen aber auch die Problematik.

Ein Senken des Aufwandes, quasi „um jeden Preis“ kann sich jedoch als ein recht fragwürdiges Instrument erweisen, wenn nicht dessen Auswirkungen bekannt sind und sorgfältig berücksichtigt werden. Jede Reduzierung des Bearbeitungsaufwandes hat zwangsläufig Auswirkungen im gesamten Bodenbewirtschaftungssystem zur Folge. Beispielsweise höhere Aufwendungen für die chemische oder mechanische Unkrautbekämpfung, entsprechend hohe Düngeraufwendungen, geringere Ertragshöhe oder -sicherheit. Echte Kosten-Nutzen-Analysen für komplette Produktionssysteme werden demzufolge in allen landwirtschaftlichen Betrieben ein unerläßlicher Bestandteil der Betriebsplanung und Betriebsführung sein müssen.

Eine objektive Einordnung und Wertung der neueren Bearbeitungssysteme hat sicherlich primär unter dem Problem zu leiden, daß umfassende Kenntnisse und Untersuchungsergebnisse über das „wie, wo, wann, wie lange und wie teuer“ also über die Möglichkeiten und Grenzen einer langfristigen Anwendbarkeit und auch der ökonomisch-ökologischen Auswirkungen noch weitgehend fehlen. Versucht man dennoch abschließend einige ausgewählte Beurteilungskriterien für die wichtigsten Bodenbewirtschaftungssysteme einander gegenüberzustellen, dann ergibt sich doch ein relativ klares Bild (Abb. 9)

Letztendlich muß man sich darüber im klaren sein, daß die Technik nicht isoliert betrachtet werden darf, sondern daß sie eingebunden ist in ein

Beurteilungskriterien	Bodenbewirtschaftung		
	konventionell	reduziert	minimal
Eingriff in das Bodengefüge			
Erosionsgefahr			
Anforderungen an die Fruchtfolgegestaltung			
Anforderungen an die Funktionssicherheit der Saattechnik			
Aufwand	Arbeitsgänge		
	Arbeitszeitbedarf		
	Investitionen		
	Kosten		
	Treibstoff, Energie		
	chemische Unkrautbekämpfungsmittel		
	hoch groß		niedrig gering

Abb.9 Wichtige Beurteilungskriterien für die Bodenbewirtschaftung mit konventionellen, reduzierten und Minimal-Verfahren

Faktoren-Viereck, dessen Eckpunkte von Boden, Pflanze, Technik und Mensch gebildet werden. Die Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren möglichst optimal zu gestalten, wird künftig eine der vorrangigen Aufgaben im Bereich der gesamten Bodenbewirtschaftung darstellen. Denn nur dann wird es möglich sein, langfristig und nachhaltig einen erfolgreichen und dennoch schonenden Ackerbau zu betreiben.

Abbildung Umschlagseite

Der Schlüter Super Trac 1600 TVL eignet sich mit seinen gleichgroßen Rädern hervorragend für den Einsatz mit Terra-Reifen. Diese überbreiten Reifen vermeiden schädlichen Bodendruck und steigern die Traktion.

