

# Hohenheimer Feldtag 1995

## Bodenbearbeitung heute – Mit und ohne Pflug

Prof. Dr. K. Köller, Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen

Die Aufgaben der Bodenbearbeitung, die wichtigsten Geräte sowie deren Arbeitsweise sind oft beschrieben und allgemein bekannt.

Bedingt durch die geänderten ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen, sinkende Einkommen einerseits, zunehmende Gefährdung der Böden durch Erosion und Verdichtung andererseits, gilt es, bisher übliche Bearbeitungsmaßnahmen zu überdenken und, ob mit oder ohne Pflug, auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Auf diese Weise werden gleichzeitig Kosten gespart und die Belastung des Bodens vermindert.

Ziel ist es, den Aufwand für die Bodenbearbeitung zu beschränken, z.B. durch Verzicht auf eine Maßnahme oder durch Einsatz von Geräten, die eine gewünschte Arbeitsqualität in einer Überfahrt erzielen. Dies gilt für sämtliche Teilbereiche, sei es die Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung oder die Saatbettbereitung. Übersicht 1 zeigt die Einordnung von Geräten und Verfahren zur Bodenbearbeitung und Saat.

Bei der Diskussion kostensparender und bodenschonender Bewirtschaftungsmaßnahmen ist die Grundbodenbearbeitung, und hierbei die Frage ob mit oder ohne Pflug von besonderer Bedeutung, da der Verzicht auf eine wendende Lockerung des Bodens mehr ist als nur eine technische Maßnahme. Mit konsequentem Verzicht auf das Pflügen ändert sich das gesamte Bodenbewirtschaftungssystem.

### Konventionelle Bodenbearbeitung (mit Pflug)

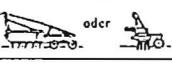
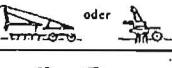
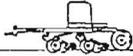
Das wendende Lockern des Bodens mit dem Streichblechpflug ist für die meisten Landwirte noch immer das bevorzugte Verfahren zur Grundbodenbearbeitung.

Gewohnheit, Ertragssicherheit, eine von Ernterückständen freie Feldoberfläche, die den störungsfreien Einsatz herkömmlicher Saatbettbereitungsgeräte und Drillmaschinen ermöglicht, das Vergraben von Unkraut und Ausfallgetreide und nicht zuletzt eine nachhaltige Lockerungswirkung sind die wichtigsten Gründe für die weite Verbreitung.

Als mögliche Nachteile des Pflügens gelten der hohe Energie- und Zeitbedarf für das Pflügen schwerer Böden, der entsprechend hohe Aufwand für die folgende Saatbettbereitung, die Gefahr von Bo-

denverdichtungen im Pflugsohlenbereich und in der intensiv gelockerten Krume durch das folgende Befahren mit schweren Fahrzeugen sowie das Vergraben von bodenbedeckenden Pflanzresten, das unter entsprechenden Bedingungen zu nachhaltigen Schäden durch Boden-erosion führen kann.

Die genannten Nachteile, besonders der hohe Energie- und Zeitaufwand sowie die Förderung der Bodenerosion, sprechen zwar gegen das Pflügen, erscheinen aber für viele Betriebe von untergeordneter Bedeutung, zumal sie sich durch bestimmte geräte- und verfahrenstechnische Weiterentwicklungen zumindest

Bodenbearbeitungs- u. Bestellverfahren	Arbeitsabschnitte			Arbeitsgänge
	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Saat	
Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug		 oder 		getrennt
		 oder 		reduziert Saatbettbereitung u. Saat kombiniert
				reduziert alle Arbeitsgänge kombiniert
Konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug mit Lockerung	 oder 	 oder 		getrennt
	 oder 	 oder 		reduziert Saatbettbereitung u. Saat kombiniert
				reduziert alle Arbeitsgänge kombiniert
ohne Lockerung		 oder  oder 		reduziert Saatbettbereitung u. Saat kombiniert
Direktsaat keine Bodenbearbeitung				nur Saat

Übersicht 1: Einordnung von Geräten und Verfahren zur Bodenbearbeitung und Saat

mildern lassen, sei es z. B. durch Einsatz neuartiger Pflugkörperformen oder durch Anbau überwinternder Zwischenfrüchte nach dem Pflügen.

Abgesehen davon sehen viele Landwirte keine Alternativen zur Wendung des Bodens mit dem Pflug, wenn im Herbst auf nassen Böden mit tiefen Fahrspuren und verbliebenen Ernterückständen ein Saatbett für Wintergetreide bereit werden soll und wenn es gilt, Fremdbewuchs in der Folgekultur möglichst sicher zu vermeiden.

### Drehpflüge haben sich durchgesetzt

Nach ihrer Arbeitsweise werden Pflüge unterteilt in Beet- und Kehr- bzw. Drehpflüge, nach ihrem Anbringen am Traktor in Anhängel-, Anbau- und Aufsattelpflüge, nach ihrer Werkzeugform in Streichblech- und Scheibenpflüge. Die weitaus größte Verbreitung haben Anbau-Dreh-

pflüge mit Streichblechkörpern. Ihr Anteil an den heute verkauften Pflügen liegt bei etwa 90 %. Deshalb bleiben die anderen Bauarten folgend unberücksichtigt. Lediglich in Betrieben mit sehr großen Flächen, besonders in den neuen Bundesländern, haben Beetpflüge (mit Arbeitsbreiten von etwa 3 m und mehr) noch eine gewisse Bedeutung. Obwohl schwerer, teurer und schwerzügiger als Beetpflüge haben sich Drehpflüge wegen ihrer deutlichen arbeitswirtschaftlichen Vorteile weitgehend durchgesetzt. Geringere Wendezeiten und das Entfallen des Auseinander- und Zusammenschlages der Beete steigern besonders auf kleineren und unregelmäßig geformten Feldern die Flächenleistung, verbunden mit einer ebeneren Ackeroberfläche und der Möglichkeit, gleichzeitig (parallel) eine Bestell-

dem Ziel, den Energieaufwand beim Pflügen zu mindern oder um die Arbeitsqualität zu verbessern. Sie werden heute von zahlreichen Pflügerstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten, meistens mit einzeln austauschbaren Streifen, wobei die Formen mit Normalpflugkörpern vergleichbar sind. Ihr Anteil an den in den vergangenen Jahren verkauften Pflügen liegt bei etwa 20 %.

Besondere Vorteile beim Einsatz von Streifenkörpern ergeben sich auf Böden, die zum Ankleben am Streichblech neigen. Auf derartigen Böden, mit entsprechend hohen Anteilen an Ton und organischer Substanz sowie bei hohem Feuchtegehalt, ist eine Verringerung des Energiebedarfs und eine Verbesserung der Arbeitsqualität möglich.

Eine optimale Pflügestellung ist Voraussetzung für eine gute Arbeitsqualität bei geringst möglichem Zugkraftbedarf. Grundsätzlich kann jeder Pflug unterschiedlichen Einsatzbedingungen angepaßt werden. Die entsprechenden Verstellrichtungen unterscheiden sich bezüglich ihrer Ausführung und Handhabung, nicht im erzielbaren Effekt. Moderne Pflüge verfügen über Einstellrichtungen zur schnellen und einfachen Verstellung der Vorderfurchenbreite und des Zugpunktes zur Vermeidung von Seitenzug. Über Spindeln oder Spannschlösser, teilweise auch hydraulisch, lassen sich beide Größen, möglichst unabhängig voneinander, an Schlepper mit unterschiedlichen Spurweiten und Reifenbreiten sowie an unterschiedliche Gelände- verhältnisse (Hanglagen) anpassen.

Seit mehr als 10 Jahren werden neben den Standardausführungen auch Pflüge mit stufenlos variabler Arbeitsbreite, sogenannte Verstellpflüge, von den meisten Pflügerstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten. Die Änderung der Arbeitsbreite erfolgt über eine stufenlose und zentrale Verstellung der gelenkig am Pflugrahmen angebrachten Pflugkörper mittels einer Spindel oder hydraulisch, wobei die Einzelkörperschnittbreite in einem Bereich von 25 bis 50 cm variiert werden kann. Bei der Verstellung sollten sich die Vorderfurchenbreite und der Zugpunkt automatisch anpassen.

**Saatbettbereitung mit gezogenen und zapfwellengetriebenen Geräten**  
Große Betriebe und weite Gebiete mit sandigen Böden in den neuen Bundesländern haben die Diskussion der Frage ge-



*Moderner Volldrehpflug, hier mit angehängtem Packer zur Rückverfestigung des Bodens, ...*

kombination einzusetzen. Anbau-Drehpflüge werden mit bis zu 6 (Doppel-) Pflugkörpern mit unterschiedlichen Arbeitsbreiten, Rahmenhöhe und Körperabständen angeboten. Entsprechend unterschiedlich sind die Gewichte und Anschaffungspreise. Heute werden die meisten Pflüge mit sogenannten Universalkörpern ausgerüstet, die im vorderen Bereich zylindrisch gebogen und nach hinten gewandelt, sowohl auf leichteren als auch auf schwereren Böden verwendet werden können. Bedingt durch die unterschiedlichen Einsatzverhältnisse sind aber auch die Universalformen in zahlreichen Varianten auf dem Markt, so daß je nach Bodenart und gewünschtem Arbeitseffekt (Wendung, Lockerung, Krümelung, Furchenräumen) eine jeweils optimale Form gewählt werden kann. Neben den genannten Pflugkörperformen werden seit mehreren Jahren auch spezielle Ausführungen, wie die sogenannten Streifenkörper, angeboten mit

zogene oder zapfwellengetriebene Geräte für die Saatbettbereitung (nach dem Pflügen) neu belebt. In den alten Bundesländern haben sich zapfwellengetriebene Geräte in den vergangenen 20 Jahren auf breiter Basis durchgesetzt, in vielen Betrieben (leider) auch auf leichten Böden. Gezogene Geräte haben entsprechend an Bedeutung verloren, finden aber mit Blick auf die großen Flächen mit leichten Böden in Ostdeutschland und -europa zunehmendes Interesse bei Landwirten und Herstellern.

Entscheidend für die Wahl des Gerätes ist die Arbeitsqualität. Bei gleicher Arbeitsqualität ist das Gerät mit der jeweils größtmöglichen Flächenleistung, mit dem jeweils geringsten Motorleistungsbedarf und den geringsten Reparatur- und Verschleißkosten die wirtschaftlichste Alternative. Eine Selbstverständlichkeit, die besonders bei der Mechanisierung von Betrieben mit leichten Böden und geringen Erträgen leider zu wenig beachtet wird. Wer bei den zu erwartenden agrar- und preispolitischen Bedingungen glaubt, sich das Pflügen weiterhin leisten zu können, sollte zumindest bei der folgenden Saatbettbereitung die kostengünstigste Lösung wählen.

### Gezogene Geräte

Die gezogenen Geräte für die Saatbettbereitung nach dem Pflügen lassen sich vereinfacht in zwei Gruppen einteilen. Dies sind Packer und Packerkombinationen speziell für die Rückverfestigung, überwiegend als Pflugnachlaufgeräte eingesetzt, sowie Kombinationen, bestehend aus Zinkeneggen und Walzen in unterschiedlichen Ausführungen. Herkömmliche Eggenkombinationen, bestehend aus Zinken- und Wälzeggenfeldern, zeichnen sich aus durch einen geringen erforderlichen Motorleistungsbedarf, eine hohe Flächenleistung sowie durch geringe Verschleiß- und Reparaturkosten. Trotzdem haben sie in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung verloren.

Zur Herbst- und Frühjahrsbestellung werden sie überwiegend auf leichteren Böden eingesetzt, auf mittleren und schweren Böden lediglich zur Frühjahrsbestellung (z.B. von Rüben und Mais), in den meisten Fällen auf lockeren, gepflügten Böden.

In den vergangenen Jahren haben verschiedene Hersteller gezogene Geräte für die Saatbettbereitung weiterentwickelt.

Gegenüber den traditionellen Eggen-Krümler-Kombinationen verfügen sie über zusätzliche Trag- und Packerwalzen und Schleppschiene, um ein gezieltes, flaches Arbeiten zu ermöglichen, das in einer Überfahrt ein ausreichend fein zerkleinertes und rückverfestigtes Saatbett hinterläßt. Durch unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten der Werkzeuge kann der Arbeitseffekt in gewissem Umfang variiert werden und, bedingt durch größere Arbeitsbreiten, lassen sich hohe Flächenleistungen erreichen. Diese Vorteile sind bei einer vergleichbaren Beurteilung mit zapfwellengetriebenen Geräten von besonderer Bedeutung, zumal sich diese Geräte in Verbindung mit einfachen Aufsattelvorrichtungen mit einer Sämaschine kombinieren lassen.



.. gefolgt von einer zapfwellengetriebenen Bestellmaschine für die kombinierte Saatbettbereitung und Saat repräsentieren das heute in der Praxis übliche Standardverfahren der konventionellen Bodenbearbeitung.

### Zapfwellengetriebene Geräte

Zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte haben sich seit vielen Jahren in der Praxis bewährt. Sie werden von zahlreichen Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten. Ihr wichtigster Einsatzbereich ist die Saatbettbereitung auf schweren Böden. Hier haben sie gezogene Geräte weitgehend verdrängt. Zur Stoppelbearbeitung und Grundbodenbearbeitung werden sie als Einzelgerät weit weniger verwendet als gezogene Geräte, werden aber in Kombination mit gezogenen Lockerungswerkzeugen auch hierzu eingesetzt.

Gegenüber gezogenen Geräten bietet der Zapfwellenantrieb einige wichtige Vorteile:

- bessere Motorauslastung und Kraftübertragung
- Einstellung eines gezielten Arbeitseffektes

- einfache Kombination mit Sämaschinen.

Eine vergleichbare Arbeitsqualität wird also mit geringeren Leistungsverlusten, weniger Energie, Fahrspuren und Bodendruck erzielt, möglicherweise in nur einer Überfahrt.

Einer guten Arbeitsqualität, verbunden mit einem bodenschonenden sowie energie- und zeitsparenden Einsatz stehen als mögliche Nachteile gegenüber:

- höhere Anschaffungspreise
- größerer Verschleiß
- größere Steinempfindlichkeit.

Verallgemeinernd gilt, daß beim Einsatz zapfwellengetriebener Geräte die Vorteile überwiegen, wenn:

- für die Saatbettbereitung mit gezogenen Geräten mehr als zwei Überfahrten erforderlich sind
- Ernterückstände eine gute Arbeitsqualität und einen störungsfreien Einsatz gezogener Geräte ausschließen, z.B. bei der pfluglosen Zwischenfrucht- oder Getreidebestellung.

tung auf gepflügten Böden kommen Rüttel- und Kreiseleggen sowie Zinkenrotoren in Betracht.

### Fazit

Für die Saatbettbereitung auf gepflügten Sand- und leichten Lehmböden und überall dort, wo die gewünschte Arbeitsqualität in einer Überfahrt erreicht wird, sind gezogene Geräte die wirtschaftlichste Lösung. In den meisten Fällen reichen einfache Eggen-Krümlerkombinationen aus. Zapfwellengetriebene Geräte sind für die Saatbettbereitung nach dem Pflügen nur auf Lehm- und Tonböden wirtschaftlich einzusetzen. Allein zu diesem Zweck eingesetzt, empfehlen sich besonders Rüttel- und Kreiseleggen, erstere lediglich für leichtere Lehmböden, letztere, je nach Ausführung, vom leichten Lehm bis zum schweren Ton. Zinkenrotoren sind bevorzugte Geräte für die Saatbettbereitung nach dem Pflügen auf schweren, trockenen Böden, ihr wichtigster Einsatzbereich ist aber die pfluglose Bodenbearbeitung.

Die Frage, ob gezogene oder zapfwellenbetriebene Geräte, ist weniger eine Frage der Betriebsgröße, sondern mehr die der Bewirtschaftungsintensität und des Ertragsniveaus. Bei einem Ertragsniveau von 8-10 t/ha Getreide und entsprechend schweren Böden sind zapfwellengetriebene Geräte auch auf Betrieben mit mehreren tausend Hektar wirtschaftlich einzusetzen, bei einem Ertragsniveau von 3-5 t/ha ist schon das Pflügen zu teuer.

### Konservierende Bodenbearbeitung (ohne Pflug)

Die wichtigste Maßnahme zur Sicherung des Einkommens in vielen spezialisierten Getreidebaubetrieben ist eine deutliche Senkung der Produktionskosten. Das größte Sparpotential liegt im Bereich der Bodenbearbeitung und Bestellung, wenn man davon ausgeht, daß die entsprechenden Möglichkeiten bei Düngung, Pflanzenschutz, Ernte und Konservierung in den gut geführten Betrieben weitgehend ausgeschöpft sind. Ob mit oder ohne Pflug, durch Verzicht auf Arbeitsgänge und Kombination von Überfahrten lassen sich noch in größerem Umfang Kosten sparen. Eine entscheidende und nachhaltige Kostensenkung ist aber nur bei konsequentem Pflugverzicht zu erwarten.

Wesentliches Kennzeichen der konservierenden Bodenbearbeitung ist die Reduzierung der Bearbeitungsintensität, be-

## Anschaffungspreise



Traktor 150 PS	100 000 DM
Traktor 190 PS	150 000 DM
Traktor 250 PS (Kirovets)	110 000 DM
Traktor 350 PS (Horsch)	200 000 DM
8-Schar-Beetpflug	40 000 DM
7 m Scheibenege	40 000 DM
10 m Saabettkombination	40 000 DM
12 m Drillmaschine (Horsch)	90 000 DM
6 m Bestellkombination, gezogen, konventionell	60 000 DM
6 m Bestellkombination, gezogen, konservierend	90 000 DM
6 m Bestellkombination, Zapfwelle	130 000 DM
4 m Frässaatmaschine (Horsch)	125 000 DM
9 m Grubbersaatmaschine	100 000 DM
9 m Direktsaatmaschine	150 000 DM

ATS Universität Hohenheim 1994

Die wichtigsten Vorteile sind also bei der Saatbettbereitung und im Rahmen pflugloser Bestellverfahren auf Lehm- und Tonböden zu erwarten. Auf leichten Böden und bei der Frühjahrsbestellung auf gepflügtem Acker ist ihr Einsatz nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich zu begründen. Auf sehr steinigen Böden sprechen stärkerer Verschleiß und größere Reparaturanfälligkeit gegen ihre Verwendung, sieht man von Lösungen mit Steinsicherung ab. Für die Saatbettberei-

sonders bei der Grundbodenbearbeitung, sowie das Belassen von Ernterückständen auf oder nahe der Bodenoberfläche. Letzteres setzt den Verzicht auf die tiefe, wendende Bearbeitung voraus – Hauptmerkmal der konservierenden Bodenbearbeitung. Eine maximal krumentiefe Bodenlockerung erfolgt bei Bedarf, z.B. um vorhandene Pflugsohlenverdichtungen zu beseitigen, mit nichtwendenden Lockerungswerkzeugen. Bedingt durch die auf der Bodenoberfläche verbleibenden Ernterückstände, werden für die folgende Saatbettbereitung und Saat vornehmlich zapfwellengetriebene Geräte, verbunden mit einer entsprechend störungsfrei arbeitenden Sämaschine, verwendet. Diese Bestellkombinationen lassen sich bei Bedarf mit Lockerungswerkzeugen koppeln, um Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat in einer Überfahrt zu erledigen.

#### **Nichtwendendes Lockern**

Um den Aufwand für die Grundbodenbearbeitung und die folgende Saatbettbereitung zu reduzieren, empfiehlt es sich, besonders auf tonreichen Böden, auf eine wendende Lockerung mit dem Pflug oder eine mischende Lockerung mit dem herkömmlichen Grubber zu verzichten. Nichtwendende und -mischende Lockerungsgeräte heben den Boden an, brechen ihn auf, belassen ihn aber in natürlicher Schichtung, deshalb „Schichtengrubber“. Sämtliche Ernterückstände verbleiben auf der Bodenoberfläche (Erosionsschutz) und die oberste Bodenschicht wird kaum zerstört (Erhalt der natürlichen Krümelstruktur). Um eine möglichst ebene und schollenfreie Bodenoberfläche zu hinterlassen, werden die Zinken zunehmend mit breiten, gänsefuß- oder flügelartigen Scharen ausgerüstet. Daneben werden auch spezielle Lockerungsgeräte, wie z.B. der sogenannte Parapflug, angeboten, sei es in Solobauweise oder kombinierbar mit einem zapfwellengetriebenen Folgergerät. Bis heute gibt es keine für den Landwirt meßbaren und quantitativ rele-

vanten Kennwerte zur Beurteilung und exakten Festlegung des Lockerungsbedarfes von Böden im Hinblick auf eine Optimierung der bodenphysikalischen Voraussetzungen für die Pflanzenentwicklung. Er bleibt dabei auf seine eigenen Erfahrungen angewiesen. Ist es danach im Einzelfall notwendig, den Boden auf Krumentiefe zu lockern, sollte diese Maßnahme möglichst im Sommer auf trockenen Böden mit nichtwendenden Werkzeugen erfolgen und nicht am Saattag in Verbindung mit der Bestellkombination.



*Auch auf dem Hohenheimer Feldtag vorgeführt, ein russischer Großtraktor mit achtscharigem Aufsattelpflug als Beispiel für die Mechanisierung im Rahmen der konventionellen Bodenbearbeitung in Ostdeutschland und -europa.*

#### **Verzicht auf tieferes Lockern**

Verfahren ohne tieferes Lockern des Bodens bieten besondere Vorteile dann, wenn entsprechend günstige Bodenstruktur- und Vorfruchtbedingungen gegeben sind, die selbst bei einer nur oberflächennahen Bearbeitung eine ausreichende Durchwurzelung und Wasserdurchlässigkeit des Bodens gewährleisten. Abgesehen von einer möglichst durchgehend verdichtungsfreien Bodenstruktur werden derartige Verfahren begünstigt durch eine ebene, feste und möglichst trockene Bodenoberfläche ohne tiefe Fahrspuren. Werden die genannten Voraussetzungen erfüllt, kann ohne Steigerung des Ertragsrisikos auf eine tiefere Bodenlockerung verzichtet werden, verbunden mit dem Vorteil einer deutlichen Erhöhung der Schlagkraft bei der Bestellung. Derartige Bedingungen sind in Trockengebieten häufig gegeben. Für eine flache, mulchende Oberflächenbearbeitung können zwar auch gezogene Geräte wie Grubber, Scheibeneggen usw. eingesetzt werden, aber für die überwiegenden Einsatzbereiche entsprechender Verfahren, sei es die Winterweizenbestel-

lung nach Mais, Raps oder Rüben oder die Zwischenfruchtbestellung nach Getreide, werden bevorzugt zapfwellengetriebene Geräte, häufig in Kombination mit einer Sämaschine, verwendet, wie z.B. Frässaatmaschinen. Die Saatablage erfolgt meistens über einfache Saatrohre in den abfließenden Erdstrom. Schwierigkeiten bei der Einhaltung einer exakten Saattiefe und die Ablage der Samen in die Mulfschicht haben zur Entwicklung von Frässaatmaschinen mit der sogenannten Säschiene geführt. Das pneumatisch zugeführte Saatgut wird mit Hilfe der Säschiene über die gesamte Arbeitsbreite breitflächig auf der festen Bearbeitungsgrenze des Fräsrotors abgelegt und anschließend von dem aufgeworfenen Boden-Stroh-Gemisch bedeckt. Die Ablage auf der festen Bodenschicht ermöglicht eine gleichmäßige Saattiefe,

teil dieser Kombinationen gilt für viele Landwirte die Verwendung einer herkömmlichen Sämaschine, die bei Ausrüstung mit Scheibenscharen einen verstopfungsfreien Einsatz auf ungepflügten Flächen ermöglicht, aber auch ohne Probleme nach herkömmlicher Bearbeitung eingesetzt werden kann. Der erforderliche Motorleistungsbedarf der genannten Bestellmaschinen beim Einsatz auf nicht gelockerten Böden liegt bei etwa 37 kW (50 PS) je Meter Arbeitsbreite.

### Ökonomische Vorteile

Abgesehen von der bodenschonenden Wirkung haben Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung deutliche ökonomische Vorteile, die allein schon ausreichen, um ihren Einsatz besonders in Trockengebieten zu begründen. Der Verzicht auf das Pflügen führt zu einer deutlichen Minderung des Arbeitszeit- und Energiebedarfes um etwa 50 bis 70 %. Je nach Boden, Wahl des Verfahrens (ob mit oder ohne tiefere Lockerung) und eingesetzter Schleppermotorleistung erfordert die Getreidebestellung im Mittel etwa 2 AKh/ha) von der Stoppelbearbeitung bis zur Saat. Der entsprechende Kraftstoffbedarf beträgt dabei etwa 35 l/ha (20 bis 50 l). Bei einer monetären Bewertung ergibt sich eine Minderung der variablen Kosten in einem Bereich von etwa 50 bis 120 DM/ha. Den geringeren Werten für den Arbeitszeitbedarf entsprechend, verdoppelt sich die Flächenleistung, wenn anstelle des Pfluges z.B. ein nichtwendendes Lockerungsgerät eingesetzt wird, und kann sich verdreifachen, wenn die Bestellung ohne tiefere Lockerung, z.B. mit einer Frässaatmaschine, in einer Überfahrt erledigt wird. Bedingt durch diese deutliche Steigerung der Schlagkraft lassen sich bei konsequentem Pflugverzicht im Einzelfall einer oder mehrere Schlepper und eine oder mehrere Arbeitskräfte einsparen. Die damit verbundene Minderung der Festkosten liegt deutlich über dem genannten Betrag für die variablen Kosten. Je nach Standort und Fruchtfolge lassen sich heute 200 bis 300 ha mit einer ständigen Arbeitskraft bewirtschaften. Bei entsprechenden Voraussetzungen, ob einzelbetrieblich oder bei gemeinschaftlicher Bewirtschaftung, gelingt es, den Arbeitsaufwand von der Saat bis zur Ernte auf 4 AKh/ha und den Motorleistungsbedarf auf 1 PS und weniger zu reduzieren. Aus zahlreichen praktischen Beispielen ist bekannt, daß sich auf diese Weise der Nettoaufwand für Maschinen und Geräte um etwa 250 DM/ha und die Kosten für die Arbeiterledigung insgesamt um

Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren Leistung: 8 ha pro Stunde		
	leichte Böden	schwere Böden
<b>Konventionell</b>		
getrennt	2 x 8-Scharbestpflug, 250 PS * 1 x 10 m Kombination, 250 PS 1 x 12 m Drille, 150 PS = 4 AK	2 x 8-Scharbestpflug, 250 PS * 2 x 10 m Kombination, 250 PS 1 x 12 m Drille, 150 PS = 5 AK
kombiniert	2 x 8-Scharbestpflug, 250 PS * 2 x 6 m Bestellkombination, konv., 190 PS = 4 AK	2 x 8-Scharbestpflug, 250 PS * 3 x 6 m ZW-Bestellkombination, 250 PS = 5 AK
<b>Konservierend</b>		
mit Lockerung	2 x 7 m Scheibenegge od. Grubber, 250 PS 2 x 6 m Bestellkombination, konserv., 190 PS = 4 AK	2 x 7 m Scheibenegge od. Grubber, 250 PS 3 x 6 m ZW-Bestellkombination, 250 PS = 5 AK
Frässaat	---	4 x 4 m Frässaatmaschine, 250 PS = 4 AK
Grubbersaat	1 x 9 m Grubbersämaschine, 350 PS = 1 AK	1 x 9 m Grubbersämaschine, 350 PS = 1 AK
<b>Direktsaat</b>	1 x 9 m Direktsaatmaschine, 250 PS = 1 AK	1 x 9 m Direktsaatmaschine, 250 PS = 1 AK
ATS Universität Hohenheim 1994		* 50% Vorarbeit

verbunden mit einer gesicherten Wasserversorgung für die Keimung. Da die Samen nicht in, sondern unter die Mulfschicht plaziert werden, ist auch nicht mit schädlichen Auswirkungen des Strohs auf die Keimlinge zu rechnen. Als Alternative zur genannten Frässaat bietet sich auch der Einsatz von Fräsen, Zinkenrotoren oder entsprechend geeigneter Kreiseleggen, kombiniert mit Scheibensämaschinen, an. Derartige Lösungen haben, ausgelöst durch die Entwicklung spezieller Einscheibenschare, die eine bandsaatartige Kornverteilung in Verbindung mit exakter Tiefenablage ermöglichen, bereits eine vergleichsweise weite Verbreitung in der Praxis gefunden. Als besonderer Vor-

etwa 500 DM/ha mindern. Entscheidend ist, daß diese Kostensenkung ohne Mehraufwand an Chemie und ohne Mindererträge erreicht wird.

### **Kostensparende Bodenbearbeitungssysteme für Großbetriebe**

In Betrieben mit mehreren tausend Hektar läßt sich mit der genannten Technik, unter Verwendung 3 – 4 m breiter, zapfwellengetriebenen Maschinen bei den geforderten täglichen Flächenleistungen keine wirtschaftliche Körnerfruchtproduktion realisieren. Abgesehen vom Übergang auf größere Arbeitsbreiten und leistungsstärkere Traktoren führt auch in Großbetrieben der Verzicht auf das Pflügen zu deutlichen Kosteneinsparungen, wie der folgende Kostenvergleich mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren zeigt.

Auf einem Standort mit „leichtem Boden“ und einem Standort mit „schwerem Boden“ werden verglichen:

### **Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug**

- Pflügen/Saatbettbereitung/Saat, 3 getrennte Arbeitsgänge
- Pflügen/Saatbettbereitung und Saat kombiniert, 2 Arbeitsgänge

### **Konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug**

- Grubber bzw. Scheibenegge/ Saatbettbereitung und Saat kombiniert, 2 Arbeitsgänge
- Frässaat, 1 Arbeitsgang
- Grubbersaat (Airseeder), 1 Arbeitsgang

### **Direktsaat (verzichtet auf jegliche Bodenbearbeitung)**

- Spezielle Scheibensämaschine, 1 Arbeitsgang. Ziel dieses Vergleiches ist eine Kostenbewertung der genannten Verfahren unter der Vorgabe, in einem 12-Stunden-Tag 100 ha Getreide zu bestellen (Preise und Leistungen, die diesen Berechnungen zugrunde liegen, finden sich in Tabelle 1 und 2). Für eine abschließende Bewertung dieser Verfahren werden gleiche Pflanzenerträge und gleiche Kosten für Düngung, Unkrautkontrolle und Pflanzenschutz unterstellt. In den Bildern 1 und 2 sind die Verfahrenskosten der genannten Varianten dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, daß es zu dem traditionellen Pflugverfahren in Großbetrieben nur die Alternative Grubbersaat (Airseeder) und Direktsaat gibt. Die in den alten Bundesländern verbreiteten pfluglosen Verfahren, basierend auf zapfwellengetriebenen Bestellmaschinen, sind auf Betrieben mit mehreren tausend Hektar deutlich

teurer als die konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug, sofern diese auf gegebener „Alttechnik“ oder preiswertester „Neutechnik“ basiert.

### **Direktsaat**

Ackerbau ohne Pflug wird inzwischen von vielen Landwirten erfolgreich praktiziert. Bei weiter sinkenden Marktpreisen wird allerdings immer häufiger die Frage gestellt, ob der Aufwand für die Bodenbearbeitung nicht noch weiter zu senken sei oder ob nicht ganz auf Bodenbearbeitung verzichtet werden kann.



*Für die konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug haben sich in Deutschland zapfwellengetriebene Bestellkombinationen mit nichtwendenden Lockerungswerkzeugen weitgehend durchgesetzt.*

Direktsaat, d.h. der Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung, ist kein neues Verfahren. Mit dem Aufkommen wirksamer Herbizide Anfang der 60er Jahre begann in einigen Ländern eine rasche Entwicklung der Direktsaat. So werden in den Vereinigten Staaten inzwischen mehr als 15 Millionen Hektar, in Australien und Südamerika ebenfalls mehrere Millionen Hektar in Direktsaat bestellt. Die ökonomischen und standortlichen Bedingungen, insbesondere auch die klimatischen, sind in diesen Regionen zumeist recht verschieden von denen in Deutschland. Ein Höchstmaß an Erosionsschutz, sparsamer Umgang mit Bodenwasser sowie die Möglichkeit, große Flächen in kürzester Zeit arbeits-, energie- und kostensparend zu bestellen, sind die wichtigsten Gründe für die Verbreitung der Direktsaat in diesen Kontinenten.

Zwar haben in Deutschland mehrjährige Versuche auch hier die ökonomischen und ökologischen Vorteile der Direktsaat bestätigt, aber die Einführung in die Praxis läßt, von wenigen Betrieben abgesehen, noch auf sich warten. Umso wichtiger

sind rechtzeitige Informationen über dieses System, da viele Landwirte, die auf den Pflug verzichten wollen, vor der Frage stehen, ob sie in konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat investieren sollen.

### Was ist Direktsaat?

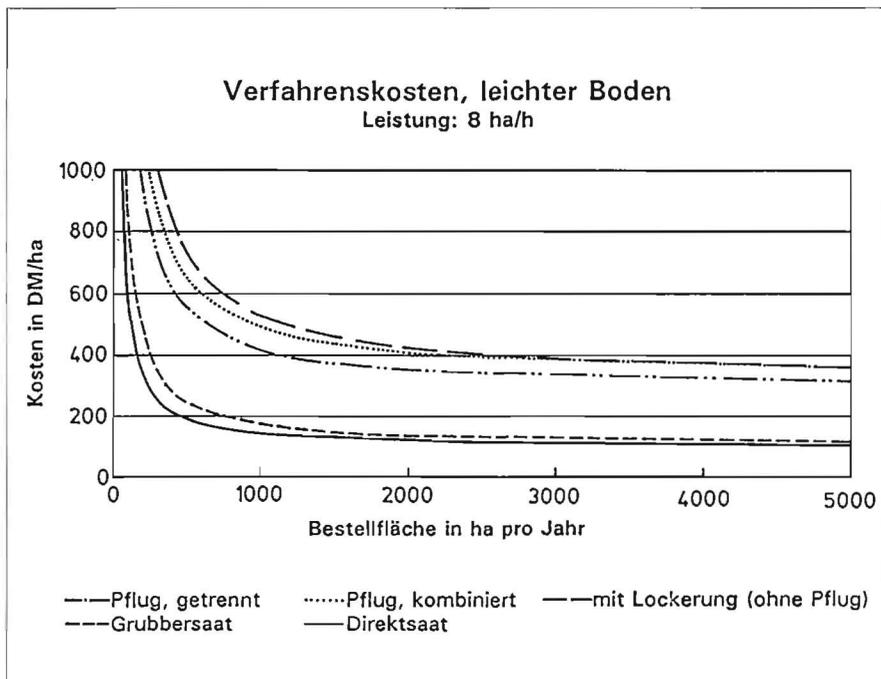
„Direktsaat“ bedeutet Ablage des Saatgutes in unbearbeiteten Boden, also Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung. Wird der Boden zur Saat, wenn auch nur flach, bearbeitet (etwa Frässaat), ist dies keine Direktsaat. Dennoch werden Direktsaatmaschinen auch häufig nach einer vorhergehenden flachen Bodenbearbeitung eingesetzt, d.h. der Einsatz dieser Maschinen ist durchaus flexibel. Definitionsgemäß entspricht eine derartige Handhabung nicht einer Direktsaat sondern einer Mulchsaat im Rahmen der konservierenden Bodenbearbeitung.

die Direktsaat in Ackerbaubetrieben mit Körnerfruchtfolgen („Mähdruschfrüchte“).

Zahlreiche Feldversuche mit einer Laufzeit von mehr als zehn Jahren und umfassende praktische Erfahrungen zahlreicher Landwirte weltweit haben gezeigt, daß Direktsaat gegenüber anderen Bodenbearbeitungsverfahren mit vergleichbaren Erträgen und ohne zusätzlichen Dünger- und Pflanzenschutzmittelaufwand möglich ist. Die fachlichen Anforderungen an den Landwirt sind bei Direktsaat aber höher als bei Anbauverfahren mit Pflug. Es ist weit schwieriger, Anbaufehler zu korrigieren und diese führen meist zu empfindlichen Verlusten. In der Umstellungsphase ist Direktsaat mit einem höheren Risiko verbunden.

### Vergleich Pflug – Direktsaat

Böden, die mehrere Jahre lang in Direktsaat bestellt, also nicht bearbeitet worden sind, unterscheiden sich erheblich von gepflügten Flächen. Sie bekommen grundähnliche Eigenschaften. So steigt der Humusgehalt an, da die Mineralisation nach Bodenbearbeitung entfällt. Die Bodenstruktur verbessert sich. Die biologische Aktivität und damit auch die Zahl der nützlichen Bodenlebewesen nimmt um ein Mehrfaches zu. So haben Messungen ergeben, daß auf Direktsaatflächen drei bis vier Jahre nach der Umstellung bis zu zehnmals mehr Regenwürmer zu finden sind. Die Lagerungsdichte erhöht sich zwar, weil das Grobporenvolumen abnimmt. Durch Wurzeln und Regenwürmer bildet sich aber ein stabiles Grobporensystem mit hoher Porenkontinuität, so daß die Durchlüftung des Bodens gewährleistet ist. Der Mittelporenanteil steigt hingegen an, so daß die Feldkapazität zunimmt. Auf Grund der fehlenden Bodenbearbeitung und der Mulchschicht auf der Bodenoberfläche sind die Wasserverluste deutlich verringert, so daß auf Direktsaatflächen mehr pflanzenverfügbares Wasser vorhanden ist. Dadurch werden Trockenperioden besser überbrückt und in Trockengebieten höhere Erträge erzielt. Der höhere Bodenwassergehalt und die Mulchschicht sind allerdings auch Ursache für die langsamere Erwärmung der Böden im Frühjahr. Durch das stabile, kontinuierliche Grobporensystem ist die Wasserinfiltration auf Direktsaatflächen etwa doppelt so hoch wie auf gepflügten Flächen, was die oberflächlich abfließende Wassermenge erheblich verringert. Außerdem verhindern die Mulchschicht und die hohe Aggregat-



Direktsaat ist ein anderes Anbausystem, und nicht lediglich eine andere Bestelltechnik. Das bedeutet, daß sämtliche ackerbauliche Maßnahmen, beispielsweise Unkrautbekämpfung und Düngung, auf dieses System abgestimmt werden müssen. Bleibt dies unberücksichtigt, so sind Fehlschläge die Konsequenz.

Grundsätzlich ist der Anbau fast aller Feldfrüchte einschließlich Zuckerrüben in Direktsaat möglich. Nahezu aussichtslos sind die Chancen bei Kartoffeln, intensivem Feldgemüsebau und einigen Sonderkulturen. Die größten Vorteile bietet

stabilität eine Verschlämmung der Bodenoberfläche und bieten ein Höchstmaß an Erosionsschutz.

Die Befahrbarkeit von Direktsaatflächen ist im Vergleich zu bearbeiteten Flächen wesentlich besser, da die Bodenstruktur stabiler ist. Damit verringert sich die Gefahr von Fahrspuren und Bodenverdichtungen erheblich. Trotzdem ist auf bodenschonende Fahrwerke und Bereifungen, vor allem bei Erntefahrzeugen, zu achten, da Bodenverdichtungen nur durch Bodenbearbeitung beseitigt werden können. Die stabilere Bodenstruktur führt auch zu geringeren Pflanzenschäden durch Auffrieren im Frühjahr und verminderten Erdanhang bei Zuckerrüben.

Schließlich kann Direktsaat eine Reihe entscheidender ökologischer Vorteile aufweisen. So ist die Belastung des Grundwassers durch Nitratauswaschung unter Direktsaatflächen deutlich geringer. Auch führt die Direktsaat im Vergleich zur konventioneller Bodenbearbeitung zu einer deutlichen Reduzierung des erforderlichen Energieaufwandes und könnte damit, verbunden mit dem ansteigenden Humusgehalt, einen Beitrag zur Verringerung des Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre leisten.

#### Technik der Direktsaat

Eine Direktsaatmaschine soll den Boden so wenig wie möglich lockern und durchmischen und dabei gleichzeitig das Saatgut so ablegen, daß es optimale Keim- und Wachstumsbedingungen findet. Sie muß so konstruiert sein, daß sie sowohl auf trockenen und feuchten Böden mit großen Pflanzenrestmengen störungsfrei arbeitet. Für die Funktion der Direktsaatmaschine ist es wichtig, daß Pflanzenreste in Längs- und Querrichtung gleichmäßig verteilt werden. Bei der Ernte mit dem Mähdrescher ist die Verwendung rotierender Spreuverteiler empfehlenswert.

#### Maschinen mit Scheiben-Säscharen

Es wird hauptsächlich zwischen Direktsaatmaschinen mit Scheibenscharen und mit Zinkenscharen unterschieden. Bei Direktsaatmaschinen mit Scheibenscharen werden je nach Typ ein bis drei Scheiben pro Säorgan verwendet. Die Scheiben sind glatt, gezahnt oder gewellt. Während gewellte Scheiben den Boden erheblich lockern und durchmischen, lockern glatte Scheiben den Boden im Saatreich fast nicht. Teilweise wird der Boden unter der Saatrille sogar verdichtet. In Trockengebieten ist dies vorteilhaft, da

die geringe Bodenstörung kaum zusätzliche Wasserverluste verursacht und der feste Boden unter der Saatrille die Wasserversorgung gewährleistet. So weist von Scheiben-Direktsaatmaschinen gedülltes Getreide unter trockenen Bedingungen im Vergleich zu anderen Verfahren meist einen besseren Feldaufgang auf. Unter feuchten Bedingungen hingegen ist der feste Boden unter der Saatrille eher nachteilig, da die Wasserinfiltration in der Saatrille verringert werden kann. Dadurch kann es nach starken Niederschlägen zu Sauerstoffmangel in der Saatrille kommen, wodurch das Pflanzenwachstum stark beeinträchtigt wird. Bei feuchten und bindigen Böden steht auf Grund der geringen Bodenlockerung durch Scheibenschare häufig nicht genug lockere Feinerde zu Verfügung, um das Saatgut abzudecken, so daß die Saatrillen teilweise offen stehen bleiben.



Maschinen für die Direktsaat, hier eine spezielle Scheibensämaschine, ermöglichen eine Saat ohne jegliche Bodenbearbeitung und gewährleisten damit ein Höchstmaß an Bodenschutz bei geringsten Kosten.

Der große Vorteil von Scheibenscharen ist, daß auch bei starker Strohaufgabe kein Verstopfen der Schare auftritt. Bei zähem Getreidestroh und weichem Boden wird allerdings das Stroh von den Scharen nicht durchtrennt, sondern überrollt und in die Saatrille gedrückt. Das Saatgut wird dann ohne Bodenkontakt in das Stroh gelegt. Bei ausreichend und anhaltend feuchten Bedingungen ist keine Beeinträchtigung der Keimung und des Wachstums zu erwarten. Bei Trockenheit hingegen tritt Wassermangel auf, solange die Wurzeln noch nicht durch das Stroh hindurchgewachsen sind. Die Folgen sind schlechter Feldaufgang und ein ungleichmäßiger, lückiger Bestand. Diese Probleme treten vor allem dann auf, wenn bei feuchten Bodenverhältnissen mit schlecht verteiltem, frischem Getreidestroh gesät wurde, und es dann nach der

Saat trocken wird. Bei Maisstroh treten diese Probleme weniger stark auf, vor allem wenn es gut abgereift und brüchig ist. Bei anderen Pflanzenresten, beispielsweise Rübenblatt oder Sonnenblumensengel, treten keine Schwierigkeiten auf.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Scheiben nur auf Grund von Gewichtbelastung in den Boden eindringen. Um unter praktischen Bedingungen die gewünschte Saattiefe zu erreichen, muß jede Scheibe je nach Bodenfestigkeit mit bis zu 2000 N belastbar sein. Das bedeutet, daß eine Direktsaatmaschine mit Scheibenscharen bei 3 m Arbeitsbreite und 19 cm Reihenabstand mindestens ein Leergewicht von 3 t haben muß.

### Maschinen mit Zinken-Särscharen

Die Alternative zu Scheibenscharen sind starre Zinken in unterschiedlichen Formen. Durch die Auswahl von geeigneten Zinkenformen kann gezielt die Intensität der Bodenlockerung und -durchmischung beeinflusst und eine Saatrillenform gewählt werden, die für den jeweiligen Standort die günstigsten Bedingungen bietet. Zinkenschare mischen und lockern den Boden deutlich stärker als Scheibenschare, was gegenüber Scheibenscharen zu höheren Wasserverlusten führt. In Trockengebieten ist dies nachteilig. In Gebieten mit guter Wasserversorgung führen Direktsaatmaschinen mit Zinkenscharen hingegen teilweise zu besseren Ergebnissen als Scheibenmaschinen, da sich durch die stärkere Durchmischung und -lockerung die Erwärmung, Infiltration und Durchlüftung des Bodens verbessern.

Durch die intensivere Durchmischung läuft aber auch mehr Unkraut auf. Schließlich ist bei größeren Strohmassen auf der Bodenoberfläche ein störungsfreier Einsatz oft nicht gewährleistet. Zwar verstopfen moderne Direktsaatmaschinen mit Zinkenscharen selten. Sie hinterlassen aber meist eine recht ungleichmäßige Bodenoberfläche, was häufig mit einer ungleichmäßigen Saatgutablage und entsprechend ungleichmäßigen Beständen verbunden ist. Da Zinkenschare keine so hohe Gewichtbelastung wie Scheibenschare benötigen, um in den Boden einzudringen, können die Maschinen entsprechend leichter sein. Allerdings ist auch hier eine Belastung von bis zu 800 N pro Schar nötig, um immer die gewünschte Saattiefe zu erreichen.

### Festzuhalten bleibt:

Zur Zeit gibt es noch keine Direktsaatmaschine, die unter allen Bedingungen in der Lage ist, eine gleichbleibend gute Arbeitsqualität zu leisten. Vor allem feuchte Böden und große Mengen von frischem Getreidestroh bereiten den Maschinen Probleme. Es wird voraussichtlich immer unterschiedliche Direktsaattechniken geben, so daß der Landwirt die für seinen Standort am besten geeignete Maschine auswählen muß.

Nach Umstellung auf Direktsaat wird deutlich weniger Arbeitskraft benötigt: Während bei der Bodenbearbeitung und Bestellung mit Pflug zwischen 2 und 3 Arbeitskraftstunden pro Hektar erforderlich sind, fallen bei Direktsaat mit einer 3 m-

Maschine nur noch etwa 0,5 Akh/ha an. In Betrieben mit Lohnarbeitskräften entsteht dadurch unmittelbar eine Kosteneinsparung. In anderen Betrieben ist durch Arbeitszeiteinsparung nur dann ein ökonomischer Vorteil zu erzielen, wenn die freigesetzte Arbeit anderweitig, beispielsweise in der Tierhaltung oder bei Direktvermarktung eingesetzt werden kann. Ohne diese Möglichkeiten kann aber auch zusätzliche Freizeit ein Gewinn an Lebensqualität bedeuten.

Diesen Einsparungen stehen aber auch mögliche Mehrkosten gegenüber. Eine vielseitige Fruchtfolge, möglichst mit Zwischenfrüchten oder Untersaaten, ist bei Direktsaat sehr vorteilhaft. Zwischenfrüchte oder der Anbau einer Sommerung anstelle einer Winterung verursachen zunächst Mehrkosten bzw. geringere Markterlöse. Dem stehen aber ein geringerer Pflanzenschutzaufwand und ein deutlich verringertes Anbaurisiko bei Direktsaat gegenüber. Schließlich kann es in speziellen Fällen notwendig sein, an Stelle von billigen Standardherbiziden teure Spezialherbizide einzusetzen.

Die erhöhten fachlichen Anforderungen bei Direktsaat können zusätzliche Aufwendungen für Weiterbildung erforderlich machen. In großen Betrieben ist es eventuell erforderlich, Mitarbeiter mit höherer Qualifikation einzusetzen, so daß höhere Lohnkosten anfallen können.

Mindererträge sind nach einer Umstellungsphase bei richtiger und konsequenter Durchführung der Direktsaat nicht zu erwarten. Bei einer Gesamtbetrachtung des Anbausystems stehen den Mehrkosten Einsparungen und zusätzliche Einnahmen an anderer Stelle gegenüber. Eine besondere Bedeutung hat dabei die Senkung der fixen Maschinenkosten. Auswertungen bei Praktikern haben gezeigt, daß bei konsequenter Umstellung und Durchführung von Direktsaat insgesamt Mehrgewinne von 200 bis 400 DM pro Hektar zu erwarten sind.

