

Minimum Tillage: Bodenbearbeitung, Bestellung und Pflege mit geringstem Aufwand ohne Ertragsminderung¹⁾

Von George R. Blake, St. Paul, Minnesota

Die Mechanisierung der Landwirtschaft in den letzten 50 Jahren hat den Landwirt in hohem Maße von harter Arbeit entlastet. Die in der Praxis der Bodenbearbeitung erfolgten Änderungen bestanden hauptsächlich darin, daß zu den in Jahrhunderten entwickelten Geräten die Motorkraft als Antrieb hinzukam. Die Änderungen, die in der Zukunft vor uns liegen, sind demgegenüber noch umwälzender. Die wirtschaftliche Entwicklung in unserer modernen Welt zwingt die Landwirte, die Bodenbearbeitungs- und Bestellungsverfahren neu zu überdenken und Änderungen zu erwägen, wie man größere Leistungen mit weniger Arbeitskräften erzielen und dadurch die Produktionskosten verringern kann. Im Sinne dieser Entwicklungstendenz sollen im folgenden unsere heutigen und die in der Zukunft möglichen Bodenbearbeitungs- und Bestellungsverfahren betrachtet werden.²⁾

Im folgenden soll „Tillage“ im weitesten Sinne des Wortes behandelt werden und neben der eigentlichen Bodenbearbeitung auch alle Arbeitsgänge, die eine Wirkung auf den Boden haben, umfassen. Diese breite Definition schließt also Arbeitsgänge ein wie Saatbettbereitung, Düngerstreuen, Säen, Pflege, Unkrautbekämpfung, Insekten- und Krankheitsbekämpfung, Ernte, Abtransport und Unterpflügen der Ernterückstände.

Die Bodenbearbeitung kann auf doppelte Weise von Nutzen sein:

1. durch direkten Einfluß auf die Erträge durch Änderung der Bodenporosität, des Wasserhaushaltes oder der Wärmeleitung,
2. aber auch indirekt, insoweit sie die Möglichkeit gibt, die Ernterückstände zu beseitigen, zu pflanzen, das Unkraut zu bekämpfen oder — wie bei Hackfrüchten — zu ernten.

Im folgenden sollen in erster Linie die mit der Bodenbearbeitung verbundenen Hilfsarbeitsgänge für den Pflanzenbau betrachtet werden, also die indirekten Arbeitsgänge, die für Drillen, Pflege und Ernte erforderlich sind.

Wenn man auf einem wohl vorbereiteten Saatbett pflanzen, Dünger streuen, Unkraut bekämpfen und ernten könnte, ohne die Bodenstruktur zu beeinflussen, so würden die Pflanzen wahrscheinlich gerade so gut, vielleicht noch besser wachsen. Viele Arbeitsgänge bei der Bestellung und Pflege sind nicht erforderlich, um die physikalische Umwelt der wachsenden Wurzeln zu verbessern. Obwohl diese Arbeitsgänge nur mittelbar mit Bodenkultur zu tun haben, sind sie natürlich oft notwendig, um Nahrungs- und Textilpflanzen anbauen zu können.

Damit ergibt sich die Frage, wie man diese indirekten „Tillage“-Arbeitsgänge, nämlich Bestellung und Pflege, möglichst einfach und mit den geringsten Schäden für die Bodenstruktur sowie mit den geringsten Kosten ausführen kann.

Das Saatbett und die Saateinbringung

Das Pflügen gibt die Möglichkeit, den Boden wieder zu lockern, dessen Dichte durch Wassereinwirkung sowie durch Einflüsse von Mensch und Maschinen zu stark zugenommen hat. Die richtige Art zu pflügen hängt sowohl von der Frucht wie vom Klima ab. Für die Saatbettbereitung der Hackfrüchte in

den feuchten Klimabereichen konnte der Streichblechpflug bisher nicht ersetzt werden [8; 16]. Vielleicht können verbesserte Geräte zur Saatbettbereitung erfunden und entwickelt werden. Der Leser wird auf die ausgezeichneten, kürzlich veröffentlichten Diskussionen über praktische Aspekte des Pflügens in Europa von Experten aus sechs verschiedenen Ländern hingewiesen [18].

Welche Forderungen werden an ein Saatbett gestellt, um die Saat in den Boden einzubringen und zum Keimen zu bringen? Sollen die Bodenschollen fein gebrochen werden? Die meisten Saaten werden in eine Tiefe zwischen 1 bis 5 cm eingebracht. Wenige Zentimeter eines lockeren, fein gekrümelten Bodens sind notwendig, um sicherzustellen, daß die Saat bedeckt ist und daß sie genügend Feuchtigkeit vom Boden erhält.

Es ist denkbar, daß die mechanischen Erfordernisse, um die Saat in den Boden einbringen zu können, nicht identisch sind mit den biologischen Erfordernissen der wachsenden Pflanze. Man sollte erwägen, ob die Anforderungen an den Boden für das Säen nicht andere sind als für das Keimen und Wachsen. Vielleicht kann man daraus den Schluß ziehen, daß das Einbringen der Saat in den Boden auf Kosten guter Bodenweltbedingungen für die Pflanze geschieht. Vielleicht ist eine Heterogenität eines Saatbettes wünschenswerter als eine Homogenität. Vielleicht ist nur eine Krümelung des Bodens bis zu einer Tiefe von etwa 6 cm erforderlich, um die Saat in den Boden zu bringen, und vielleicht braucht die Saat auch in der horizontalen Richtung nur wenige Zentimeter an gekrümelten Boden. Aus Tradition wird jedoch die ganze Bodenoberfläche gekrümelte, auch selbst dann, wenn in Reihenabständen von 100 cm gepflanzt wird wie bei Mais. Larson hat kürzlich einige grundlegende Betrachtungen über das Saatbett für Mais [13] angestellt.

Pflege und Ausdünnen

Das Saatbett wird oft in der Weise vorbereitet, daß es das Unkrauthacken während der Wachstumsperiode erleichtert. Es wird angenommen, daß ein gekrümeltes Saatbett notwendig ist, damit bei Pflegemaßnahmen weder die jungen Pflanzen herausgerissen, noch durch die sich bewegenden, darunter liegenden groben Schollen gestört werden. Es ist auch schwierig, ein grobes Saatbett zu pflegen, ohne daß junge Pflanzen oder Keimlinge durch große Schollen zugedeckt werden.

Es ist allgemein bekannt, daß man nicht hoffen kann, alle Unkrautsamen zum Keimen zu bringen und sie dadurch zu zerstören. Unser Bestellungssystem sollte lieber anstreben, ihr Keimen zu verhindern. Jetzt, wo die Ingenieure in der Lage sind, Maschinen für jeden speziellen Zweck zu entwickeln und ferner genügend motorische Kraft für deren Antrieb zur Verfügung steht, sollten wir nur an solche Bestellungsarbeiten denken, von den unsere Pflanzen Nutzen haben.

Unkraut- und Insektenbekämpfung

Für Unkraut- und Insektenbekämpfung gibt es jetzt eine Menge von chemischen Mitteln, die die Bodenbearbeitung und Pflege unterstützen können. Das sogenannte Bandspritzen mit der Saat verringert die Menge der Unkräuter in unmittelbarer Umgebung der Nutzpflanzen. Ist es möglich, daß man durch eine rauhe, schollige und lockere Bodenoberfläche zwischen

1) Paper No. 5088 of the Scientific Journal Series, Minnesota Agricultural Experiment Station (1963).

2) Für die freundliche Hilfe bei der Übersetzung dieser Arbeit dankt der Verfasser den Herren Dr. Söhne und Dr. Czeratzki.

Dr. George R. Blake ist Professor für Bodenkunde an der Universität von Minnesota, St. Paul, USA. Auf Grund eines Stipendiums der U.S. National Science Foundation weißt er z. Z. als Gastwissenschaftler im Institut für Bodenbearbeitung (Direktor: Prof. Dr. H. Frese) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

den Reihen der Nutzpflanzen und durch ein stärkeres Versprühen von Unkrautbekämpfungsmitteln die Entwicklung der Unkräuter in den Reihen verzögert und dadurch auf einen großen Anteil der Sommerpflgearbeiten verzichten kann? Vielleicht kann man bei einigen Nutzpflanzen alle Pflgearbeiten vermeiden.

Einige Bestells- und Pflgearbeiten dienen zur Insekten- und Krankheitsbekämpfung. Beispiele hierfür sind das Unterpflügen der Pflanzenrückstände, um Weizenschorf, Kohlhernie und Erbsenwurzelfäule zu bekämpfen, sowie Arbeiten zur Pflege der Bodenmikroflora, die in der Lage ist, Kartoffelschorf oder Baumwollwurzelfäule zu bekämpfen. Diese Beispiele zeigen die Notwendigkeit, daß man bei unseren Bodenbearbeitungs- und Pflegemethoden sowohl die Kleinlebewesen wie die höheren Pflanzen im Auge haben muß.

Ernte

Manchmal bearbeiten die Landwirte den Boden nur für den Zweck, sich die Erntearbeiten zu erleichtern. Vielleicht ist dies der Hauptgrund für das Häufeln der Kartoffeln. Als weitere Gründe für das Häufeln werden die bessere Durchlüftung, der Wasserabfluß, das Verhindern des Grünwerdens der Kartoffelknollen und andere angegeben. Aber wissen wir wirklich, daß dieses die Gründe sind, oder nehmen wir es nur an? Vielleicht ist der einzige stichhaltige Grund für das Häufeln der, daß es die Arbeit des Rodeschars in den Kartoffeldämmen erleichtert und die erforderliche Kraft in hohem Maße verringert.

Es sollte nicht notwendig sein, den Boden nur deswegen zu verdichten, damit man die Zugkraft und die Befahrbarkeit verbessern kann. Es ist eine Tatsache, daß bei unverdichtetem Boden die erforderliche Fahrleistung z. B. bei der Ernte größer ist. Aber mit modernen Traktoren ergeben sich hierbei keine großen Schwierigkeiten. Es darf bezweifelt werden, daß ein Mangel an Zugkraft zur Erntezeit eine ausreichende Entschuldigung für eine vorherige Bodenverdichtung ist.

Sonderzwecke der Bodenbearbeitung

In einigen Gegenden der Welt haben gewisse Bodenbearbeitungsmethoden die Priorität. Dies ist vor allen Dingen dort der Fall, wo die Umweltbedingungen ungünstiger sind und wo wir versuchen müssen, diese ungünstigen Bedingungen durch die Bodenbearbeitung auszugleichen.

Ein gutes Beispiel für einen solchen Minimumfaktor ist der Mangel an Wärme in nördlichen Gegenden. Es ist durchaus möglich, daß die Bodenbearbeitung zur Erhöhung der Bodentemperatur besonders im Frühling beiträgt, wie es in Norddeutschland vielleicht der Fall ist. In anderen Gegenden kann die Bodenbearbeitung das Ziel haben, das Wasser zu bewahren oder die Bodenerosion zu verhindern.

Allgemeinübersicht der Bodenbearbeitung

Es ist augenscheinlich, daß außer Pflügen, Fräsen oder Tieflockern auf trockenen Böden alle anderen Bodenbearbeitungsverfahren den Boden nur wenige Zentimeter unter der Bodenoberfläche lockern. Die meisten Arbeitsgänge vergrößern die Bodendichte. Wenn der lockere Zustand des Bodens nach dem Pflügen erhalten bleiben soll, dann muß die Notwendigkeit für alle anderen Arbeitsgänge sehr sorgfältig von dem Forscher geprüft und untersucht werden. Hat das Pflügen zur Lockerung des Bodens überhaupt einen Sinn, wenn derselbe anschließend wieder zur gleichen Dichte wie vor dem Pflügen zusammengepreßt wird?

Viele Methoden, die in Jahrhunderten von Farmern entwickelt und benutzt wurden, basieren auf sehr gesunden Grundsätzen. Aber sehr oft werden Arbeitsgänge nur deswegen ausgeführt, weil wir der Meinung sind, sie wären gut. Der Augenschein ist sehr oft das einzige Kriterium für die Bodenbearbeitung. Die grundlegenden Vorstellungen der Bodenbearbeitung müssen neu durchdacht werden. Und dieses Durchdenken muß stärker auf Versuchsergebnissen als auf Instinkt und Intuition beruhen.

Es muß ernsthaft überlegt werden, warum verschiedene Bodenbearbeitungsoperationen durchgeführt werden. Die Gründe sind in Büchern und Broschüren für jedes Verfahren angegeben und erscheinen logisch und wahr zu sein. Aber wenn sie nicht auf wohl begründeten Forschungsergebnissen beruhen, ist es möglich, daß sie nicht wahr sind. Wenn ein Landwirt gefragt wird, warum er bestimmte Bodenbearbeitungsgänge ausführt, wird er dafür Gründe nennen. Aber der Wissenschaftler muß Fragen stellen und jede Begründung bei sich in Zweifel ziehen. Er muß dann diese Methode untersuchen, und vielleicht wird er herausfinden, daß ein Arbeitsgang in der Tat nützlich ist, aber aus einem ganz anderen Grunde als aus dem angegebenen. Er darf sich nicht mit unbewiesenen Gründen zufriedengeben. Er muß sich bei jedem Arbeitsgang fragen, ob er notwendig ist und ob nicht die Frucht genauso gut oder besser auch ohne diesen Arbeitsgang wachsen würde. Dies ist der einzige Weg, auf dem die Wissenschaftler die Herausforderung, ein Konzept der Bodenbearbeitung zu finden, aufnehmen können, die *Frese* in seinem Vortrag auf der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft im Jahre 1961 aufgestellt hat [9].

Bodenverdichtung

Über Bodenverdichtungen ist viel geschrieben, gesprochen und gestritten worden. Die Bedenken sind durch die zunehmende Größe und das steigende Gewicht der landwirtschaftlichen Maschinen stärker geworden. Die Böden haben die niedrigste Dichte unmittelbar nach dem Pflügen. Die Bodendichte wächst prinzipiell auf zweifache Art an, durch den Einfluß des Wassers auf die Bodenkrümel und durch den Einfluß von Mensch, Tier und Maschinen.

Alle wesentlichen Arbeitsgänge mit Ausnahme des Pflügens und ähnliche Arbeiten vergrößern die Bodendichte. Der Forscher muß vor allem auf diese Arbeitsgänge schauen und sich immer wieder fragen, welche davon wesentlich sind. Er muß die bekannten Nutzeffekte eines Arbeitsganges (die bekannten, nicht die vermuteten Nutzeffekte) gegen seinen nachteiligen Einfluß auf die Bodenporosität abwägen.

Der alarmierende Umfang des „Verkehrs“ auf dem Acker wird durch eine Schätzung dargestellt, daß auf vielen New Jersey-Kartoffelfarmen die Traktoren bis zu 80 km pro ha und Jahr zurücklegten (**Tafel 1.**) Hierdurch werden nicht nur die Erträge verringert, sondern auch direkte Kosten für den Landwirt an Arbeit und Gerät verursacht.

Tafel 1. Arbeitsgänge und zurückgelegte Wegstrecke je ha, wie sie um 1950 beim Kartoffelbau in New Jersey, USA, üblich waren.

Arbeitsgang	Arbeitsbreite in m	Zahl der Fahrten je 100 m Feldbreite
Pflügen	1,22	82
Eggen	2,44	41
Scheibeneggen	1,83	54
Eggen	2,44	41
Pflanzen	3,66	27
Eggen (Unkrautbekämpfung)	2,74	36
Hacken und Häufeln 6 ×	3,66	162
Stickstoffgabe	3,66	27
Spritzen 7 ×	11,0	63
Spurlockern	3,66	27
Spritzen zur Krautabtötung	11,0	9
Krautschlagen	3,66	27
Roden	1,83	54
Kartoffeln abfahren	14,65	7
Scheibeneggen 2 ×	1,83	108
Zwischenfruchtbestellung	2,44	41
Gesamtzahl der Fahrten		806
Zurückgelegter Weg in einer Kulturperiode		80,6 m/ha

Absichtlich herbeigeführte Bodenverdichtungen von Schluff-Lehm-Böden in Minnesota hatten Verringerungen der Erträge bei Zuckerrüben und Weizen von 13 bzw. 10% und bei Kartoffeln von 56% während einer zweijährigen Versuchsdauer zur Folge [1]. Weiterhin hatten die Kartoffelknollen ein geringeres

spezifisches Gewicht, saßen näher an der Bodenoberfläche [3], und der prozentuale Anteil von beinigen Zuckerrüben war auf den verdichteten Böden doppelt so groß [5].

Neue Bearbeitungskonzepte und Methoden

Was kann getan werden, um Schädigungen der Bodenstruktur, insbesondere der Bodenverdichtung durch Maschinen zu vermeiden? Da niemand dem Farmer vorschlagen kann: Weg mit den Maschinen! müssen andere Wege gesucht werden. Zwei seien wenigstens genannt:

1. Vermeidung von nicht unbedingt erforderlichen Fahrten über das Feld;
2. Kombination von Bodenbearbeitungsgängen zur Verminderung der Fahrten über das Feld.

In diesen beiden Richtungen wurden Versuche in den Vereinigten Staaten in den letzten 10 Jahren mit bemerkenswerten Ergebnissen durchgeführt.

Frühere Forscher haben festgestellt, daß die Unkrautbekämpfung durch Handhacken oder Abschneiden gleich gute Maiserträge ergab wie die maschinelle Unkrautbekämpfung [6]. Es war immer eine Frage, ob das Handhacken oder Abschneiden der Unkräuter in der Tat und in der Wirkung eine Bodenbearbeitung gewesen ist. Mit der Entwicklung der Unkrautbekämpfungsmittel wurden Versuche möglich, mit denen die Bodenbearbeitung mit der Hacke vermieden werden konnte. Ein Pflegearbeitsgang wurde als wünschenswert für Mais gefunden; aber mehr als einer hatten nach **Bild 1** keine höheren Erträge zur Folge [2; 19]. Nach den Versuchen können die üblichen 5 bis 7 Pflegearbeitsgänge für Kartoffeln in New Jersey bei sandigem Lehm bis lehmigen Sand bis auf 1 oder 2 verringert werden. Dabei ergaben sich in einigen Jahren sogar Ertragsgewinne, unter der Voraussetzung, daß das Unkraut unter Kontrolle gehalten wurde. Versuche mit schluffig-tonigem Lehm mit einem Humusgehalt von annähernd 6% bestätigten diese Ergebnisse für Kartoffeln [4].

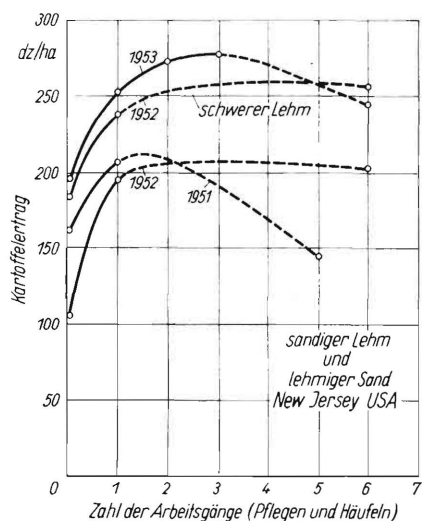


Bild 1. Einfluß der Zahl der Arbeitsgänge für Pflegen und Häufeln auf den Kartoffelertrag.

Viele andere Versuche wurden an verschiedenen Stellen in den Vereinigten Staaten durchgeführt, um Wege zu finden, wie man die Arbeit der Saatbettbereitung und Bodenpflege verringern konnte. Methoden zur Einbringung der Saat auf einem rauen Saatbett sowie die Kombination von verbesserten Maschinen und chemischen Unkrautbekämpfungsmitteln führten zu dem Ergebnis, daß viel weniger Arbeitsgänge notwendig waren. Alle diese Methoden wurden unter dem Begriff „Minimum-Tillage“ zusammengefaßt. Natürlich gibt es viele Variationen des Minimum-Tillage. Zwei der am besten bekannten sind das Pflanzen in den Radschienen und die Kombination von Pflügen und Drillen.

Die Methode des Radschienenpflanzens besteht darin, daß man in den Spuren des Schleppers, der die Pflanzmaschine zieht, pflanzt. Sehr oft wird keine andere Bodenbearbeitung als das Pflügen selbst angewandt. Die Spurweite der Schlepperräder ist dem üblichen 1 m-Abstand für Mais angepaßt. Die einzigen Spuren, die auf dem gepflügten Boden verbleiben, sind die Schlepperspuren und die der Pflanzmaschinenräder, die in denselben Spuren folgen.

Die Schlepperräder zerbrecen die Schollen und geben einen Bodenschluß dort, wo das Saatgut eingebracht wird. Unkrautbekämpfungsmittel werden in einem Streifen mit einer Bandbreite von 20 bis 25 cm gespritzt. Der Dünger wird ebenfalls in einem Streifen 4 cm seitlich von der Saat gleichzeitig eingebracht. So genügen zwei Arbeitsgänge, einer für das Pflügen und einer für das Pflanzen, Dünger einbringen und Unkraut-spritzen. Der 70 bis 80 cm breite Zwischenraum zwischen den gepflanzten Reihen bleibt locker und rauh, wie er sich nach dem Pflügen ergibt (**Bild 2**).



Bild 2. Radschienenpflanzens. Der Boden zwischen den Spurreihen bleibt in rauher Furche liegen.

Diese Methode des Maispflanzens hat große Vorteile: Der Zeitaufwand und die Kosten für die Bearbeitung werden verringert. Der lose Boden zwischen den Reihen ist in hohem Maße für Luft und Wasser durchlässig, wodurch die Boden- und Wasserverluste als Folge von intensiven Regenfällen verringert werden. Das Unkraut wächst nur spärlich zwischen den Reihen, da der Boden keinen Bodenschluß hat. Auf diese Weise wird die Notwendigkeit von Pflegearbeitsgängen verringert, während Unkrautbekämpfungsmittel die Pflanzenreihen sauber halten.

Die späteren Pflegearbeitsgänge zur Unkrautkontrolle sind kein Problem, weil diese Arbeitsgänge hinausgezögert werden, bis der Mais 40 bis 60 cm hoch ist. In diesem Zustand aber



Bild 3. Maisfeld, welches durch Pflanzen in den Radschienen und Bandspritzen bestellt wurde. Das Unkrauthacken zwischen den Reihen ist durch ungünstiges Wetter noch nicht erfolgt.

können die Pflanzen nicht mehr durch zur Seite rollende Schollen beschädigt werden.

Auch in den Jahren, in denen durch günstige Regenmenge und Temperatur viele Unkrautsamen frühzeitig keimen, entstehen keine Schwierigkeiten. Da die Unkräuter in der Nähe der Pflanzenreihen durch Unkrautbekämpfungsmittel kontrolliert werden, braucht man mit den Hackwerkzeugen nicht zu nahe an die Reihen heranzugehen.

Bild 3 zeigt ein Feld, welches häufig organisch gedüngt wurde, wobei viele Unkrautsamen mit hineingebracht wurden. Gewöhnlich wartet man mit der Unkrautbekämpfung nicht so lange; aber hier hatten zehn Tage ununterbrochenes Regenwetter die Pflege verzögert. Auch hier stehen die Unkräuter gar nicht so dicht, wie zu erwarten wäre, wenn man die ganze Bodenoberfläche bearbeitet hätte. Man darf auch behaupten, daß ohne Unkraut in der Maisreihe eine erfolgreiche Bekämpfung ohne große Schwierigkeit erzielt werden kann. Jedenfalls stellt **Bild 3** einen Ausnahmefall hinsichtlich des Unkrautstandes dar.

Genau wie eine Bearbeitung des Saatbettes zwischen den Reihen wirkt auch die Verdichtung Unkraut fördernd, die in **Bild 4** durch einen dreispurigen Schlepper hervorgerufen ist.



Bild 4. Stärkere Unkrautentwicklung zwischen den Maisreihen, die durch Radspuren eines Dreiradschleppers verdichtet waren. Der Dreiradschlepper fuhr zwischen den Reihen, d. h., der Mais ist also hier nicht in den Radspuren gepflanzt worden.

Das Pflanzen in den Radspuren ist auf allen Bodenarten erfolgreich. Auf sandigen Böden, die im allgemeinen im Frühjahr gepflügt werden, wird unmittelbar nach dem Pflügen gepflanzt. Dann sind eine genügende Feuchtigkeit und gemäßigte Oberflächentemperaturen vorhanden, Bedingungen, die für das Keimen ideal sind. Auf bindigen, relativ ebenen Böden, die im Herbst gepflügt sind, ist es manchmal notwendig, den Boden vor dem Pflanzen erneut zu bearbeiten, um aufgegangenes Unkraut zu vernichten. Dieser Arbeitsgang kann mit Hilfe eines Anbau-Kultivators mit dem Pflanzen kombiniert werden.



Bild 5. Vierreihiges Radspurpflanzen mit einem Dreiradschlepper.

In der Praxis wird er jedoch sehr häufig allein vorher durchgeführt. Die Benutzung von Scheibeneggen für diesen Zweck wird nicht empfohlen, weil sie den Boden verdichten und somit den Vorteilen des Minimum-Tillage entgegenwirken.

Viele Farmer sind erfindungsreiche Wege gegangen, um die Schlepperspurweite dem 1 m-Reihenabstand für Mais anzupassen. Die meisten Farmer im Mittelwesten ziehen es vor, in einem Arbeitsgang vier Reihen zu pflanzen und zu pflegen. Hierfür wurden viele Variationen zur Anpassung der Schlepperspuren an die Pflanzenreihen entwickelt. Einige dieser Ausführungen sind bereits im Handel erhältlich.

Am einfachsten ist es, die Drillmaschine einen halben Meter seitlich anzuhängen, so daß man gleich in den beiden hinteren und der vorderen Schlepperspur eines Dreiradschleppers drillen kann (**Bild 5**). Die vierte Reihe wird außerhalb einer Radspur gedrillt. Bei einigen Maschinen wird hierfür ein besonderes Rad an die Drillmaschine angebaut.

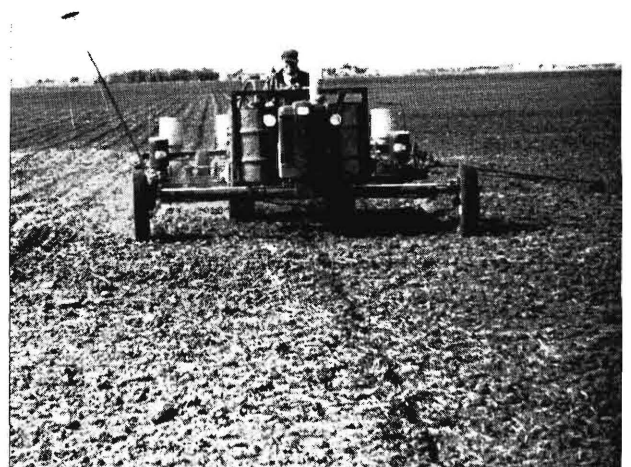


Bild 6. Schlepper für vierreihiges Radspurpflanzen; Spurweite vorn 3 m, Spurweite hinten 1 m.

Bild 6 zeigt eine Versuchsausführung, bei der die hinteren Räder eine Spurweite von 1 m, die vorderen Räder eine Spurweite von 3 m haben. Dadurch entstanden vier Radspuren mit je 1 m Abstand. Das Spritzmittel ist in den Fässern auf dem Schlepper enthalten.



Bild 7. Schlepper mit 4 Hinterrädern zum Radspurpflanzen.

Da der Schlepper nach **Bild 6** schwer zu steuern war, wurde die Variation nach **Bild 7** entwickelt, die jetzt seit vier Jahren erfolgreich benutzt wird. Alle vier Hinterräder haben 1 m Abstand. Die zwei äußeren Räder sind leicht an- und abzubauen.

Eine weitere Eigenbaulösung zum vierreihigen Radspurpflanzen zeigt **Bild 8**. Die Maschine hinterläßt mit zwei Hinter-

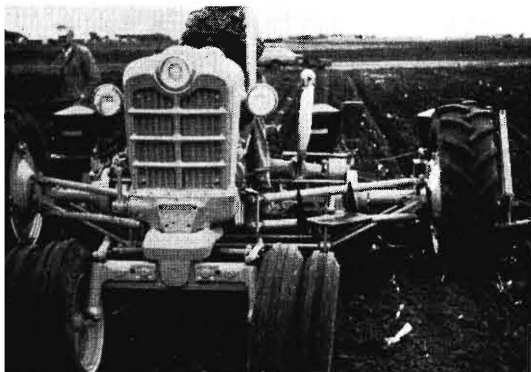


Bild 8. Schlepper mit auf 3 m vergrößerter Hinterradspurweite zum Radspurpflanzen.

und zwei Zwillingsvorderrädern vier Radsuren. **Bild 9** zeigt, wie mit dieser Maschine auf dem vorher gepflügten Feld in einem Arbeitsgang ohne weitere Saatbettbereitung in der Spur gedrillt, Dünger gestreut und Unkraut- und Insektenbekämpfungsmittel gesprüht wird. Der Besitzer hat seine etwa 80 ha Mais selbst bestellt; dabei half ihm nur ein Arbeiter, der einen Tag im voraus pflügte.

Das Pflugdrillen geht einen Schritt weiter als das Radsurpflanzen. Bei dieser Methode wird in einem Arbeitsgang das



Bild 9. Vierreihiges Radsurpflanzen mit Schlepper nach Bild 8 bei gleichzeitigem Ausbringen von Dünger, Unkraut- und Insektenbekämpfungsmitteln.

Saatbett vorbereitet und gepflanzt. *Musgrave* und Mitarbeiter [14] haben Versuche mit einem einreihigen Drillgerät angestellt, das neben einem dreischarigen Pflug angebaud war, welcher einen Streifen von 1 m Breite pflügte. Sie haben ferner auch eine 2-Reihen-Drillmaschine benutzt, die an einem 5scharigen Pflug angebaud ist, welcher wiederum einen 2-m-Streifen pflügt.

Die Farmer sowie die verschiedenen Hersteller von Landmaschinen sind dabei, Maschinen zu entwerfen und mit ihnen die Kombination verschiedener Arbeitsgänge zu erproben. Eine solche Maschine, die von einem Minnesota-Farmer gebaut und verwendet wird, ist in **Bild 10** zu sehen [7]. In einem Arbeitsgang wird das Saatbett bereitet, werden zwei Reihen Mais gedrillt, flüssiger Dünger eingebracht und Unkraut- und Insektenbekämpfungsmittel gesprüht. Ein Mann ist in der Lage, mit dieser Maschine 0,8 ha je Stunde zu bearbeiten. Obwohl im Jahre 1961 nur ein Teil der 92 ha Mais einmal gehackt worden war und der Rest ungehackt blieb, wurden hohe Erträge (56 dz/ha) erzielt [7].

Auf dieser Farm bewirtschaftet der Farmer (Mr. *Schultz*) 610 ha mit Hilfe seines Vaters und eines Arbeiters. Dabei ist allerdings nur die Hälfte Ackerland. Nebenbei melken die drei Männer 75 Kühe und sorgen für 85 Stück Jungvieh.

Es ist nicht allein die Verhinderung der Bodenverdichtung, welche das ungeheure Interesse an Minimum-Tillage hervorgerufen hat; es ist in höherem Maße die Steigerung der Lei-

stungsfähigkeit. In den Vereinigten Staaten, in denen Bodenflächen im Überfluß vorhanden sind und noch nicht intensiv bewirtschaftet werden, ist die Produktivität pro Arbeitsstunde sehr oft wesentlich entscheidender als die Produktivität pro ha Land. Die Farmer sind bereit, verringerte Erträge pro ha zu akzeptieren, wenn die Kosten für Bearbeitung und Arbeitskräfte verringert werden können. Verringerte Erträge wurden jedoch in der Regel beim Minimum-Tillage nicht nachgewiesen. Im Gegenteil zeigten Versuche in einer Reihe von Staaten, daß die Erträge nicht in starkem Maße beeinflußt sind und daß sie sehr oft beim Minimum-Tillage ein wenig höher als bei den herkömmlichen Bodenbearbeitungsmethoden liegen.

Bei Vergleichsversuchen auf 49 einzelnen Versuchsfeldern ergaben sich in Minnesota 1956 und 1957 Maiserträge, die bei Radsurpflanzen und Minimum-Tillage um 3% höher waren als mit konventionellen Methoden [15]. Die Ergebnisse in **Tafel 2** stammen von wiederholten und mehrjährigen Versuchen in Minnesota; sie sind typisch für Versuche, die in verschiedenen anderen Staaten durchgeführt wurden.

Tafel 2. Maiserträge bei verschiedenen Bodenbearbeitungsmethoden.

Zeitpunkt der Bodenbearbeitung	Methode der Saatbettbearbeitung	relative Maiserträge bezogen auf den Durchschnitt von 1958—61
Frühjahr einen Tag vor dem Säen bzw. am gleichen Tage	„Minimum Tillage“ einmalige Bearbeitung mit Feingrubber am Tage der Einsaat	100
Herbst Winterfurche pflügen d. h. ohne Nacharbeit		102,6
Herbst Winterfurche pflügen d. h. ohne Nacharbeit	„Conventional“ Bearb. mit Scheibnegge 2× u. mit Saategge 1× innerhalb 2—3 Wochen vor der Einsaat	95,9
Herbst und Frühjahr je 1× tiefgrubbern	„Field Cultivate“ Einmalige Bearbeitung mit dem Tiefgrubber im Herbst und am Tage der Einsaat	94,3

Der Anbau von Mais ist im Mittelwesten der Vereinigten Staaten in revolutionierender Weise geändert worden. Viele Farmer verwenden die Methode des Radsurdrillens oder des Pflügens und Drillens; jedoch ist bis jetzt der prozentuale Anteil der Fläche, der in dieser Weise bestellt wird, noch nicht groß. Nichtdestoweniger hat die große Mehrzahl der Farmer die Bodenbearbeitungsgänge vor dem Pflanzen auf die Hälfte oder ein Drittel des früher üblichen verringert.



Bild 10. Saatbettbereitung, Bestellung, Düngung, Unkraut- und Schädlingsbekämpfung in einem Arbeitsgang. (Bild von Mr. *Tom Doughty* aus der Zeitschrift „The Farmer“.)

So zeigt **Bild 11** das Maispflanzen außerhalb der Schlepperspuren und das Ausbringen von Dünger- und Unkrautbekämpfungsmitteln auf den im Herbst gepflügten, schweren Boden, der einen Tag vorher mit der Federzahnegge auf der ganzen Fläche bearbeitet wurde.

Die Farmer selbst befinden sich in einem Wettbewerb, um herauszufinden, mit welchem Minimum an Arbeitsstunden je ha Land sie ihre hohen Erträge halten können. Einige wenige Farmer brüsten sich damit, daß sie in der Lage sind, einen ha Mais mit einem Gesamtzeitaufwand von 2,5 bis 3 Stunden von der Saatbettbereitung bis zur Ernte anzubauen.



Bild 11. Gleichzeitiges, vierreihiges Maispflanzen und Ausbringen von Dünger- und Unkrautbekämpfungsmitteln außerhalb der Schlepperspuren.

Zuerst wird der Dünger in trockener oder flüssiger Form seitlich und tiefer als die Saat eingebracht. Dann folgt das Maispflanzen und zum Schluß das bandförmige Ausbringen der Unkraut- und Insektenbekämpfungsmittel in granulierter oder auch flüssiger Form. Dahinter folgen die Räder zum Andrücken der Saat.

In einem Durchgang drillt der Farmer in **Bild 12** einen 8 m breiten Streifen. Von seinem Bruder war vorweg auf einem schweren Schlepper mit der Federzahnegge ebenfalls ein 8 m breiter Streifen bearbeitet worden. In zwei Durchgängen nach dem Herbstpflügen bestellt er also den Mais.

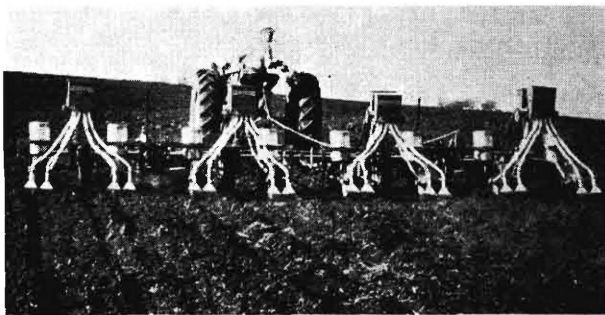


Bild 12. Achtreihiges Maisdrillen, Düngen und Unkrautbekämpfen.

Die Forscher in den Vereinigten Staaten sind nicht sicher, wie weit ihre Resultate auf andere Bodentypen, klimatische Bedingungen und andere Früchte erweitert werden können. Es wurde jedoch berichtet, daß die Methoden des Minimum-Tillage bei Zitrusfrüchten in Australien [11] und Kalifornien [10], Pflaumen in Palästina [17] und Kopfsalat in Kalifornien [20] günstig sind.

Eine bemerkenswerte Serie von Versuchen mit Zuckerrüben, Kartoffeln und Kohl wurde auf zwei verschiedenen Bodentypen in England durchgeführt und von Keen [12] in folgender Weise zusammengefaßt:

„Das Ergebnis aller dieser Arbeiten zeigt, daß unter der Voraussetzung eines einigermaßen anständigen Saatbettes und eines Hackarbeitsganges in einem frühen Stadium und unter der weiteren Voraussetzung, daß die späteren Unkräuter im wesentlichen niedergehalten werden können, irgendeine Bearbeitung des Bodens, ob vor dem Säen oder während des Wachstums, mit Ausnahme dieser minimalen Bearbeitung wenig direkten Nutzen für das Pflanzenwachstum hat.“ Keen führt

weiter aus, daß das frühe Hacken nur den Zweck hat, Unkräuter zu bekämpfen. Er schloß, daß die Pflanzen bemerkenswert unempfindlich gegenüber dem Saatbett sind.

Die große Anzahl von Versuchen mit Mais, Sojabohnen und Kartoffeln in den Vereinigten Staaten bestärken in hohem Maße die Erkenntnisse, die bei diesen britischen Versuchen gefunden worden sind.

Vielleicht hat die Umwälzung in der Praxis der Bodenbearbeitung und Pflege erst begonnen. Die modernen Maschinen in einer modernen, hochorganisierten Gesellschaft geben die Möglichkeiten, mit phantastischen Anbauverfahren zu experimentieren. Konventionelle und traditionelle Wege und Praktiken des Anbaues sind in Frage gestellt. Dabei wird der Forscher herausgefordert. Die Ergebnisse von fortdauernden Versuchen lassen erwarten, daß weitere Vorteile durch eine Weiterentwicklung der Anbaumethoden gewonnen werden können.

Schrifttum

- [1] Adams, E. P., G. R. Blake, W. P. Martin and D. H. Boelter: Influences of soil compaction on crop growth and development. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. 1:607. 1960.
- [2] Blake, G. R., and R. J. Aldrich: Effects of cultivation on some soil physical properties and on potato and corn yields. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:400, 1955.
- [3] Blake, G. R., D. H. Boelter, E. P. Adams and J. K. Aase: Soil compaction and potato growth. Am. Pot. Jour. 37:409. 1960.
- [4] Blake, G. R., G. W. French and R. E. Nylund: Seedbed and cultivation studies with potatoes. Am. Pot. Jour. 39:227. 1962.
- [5] Blake, G. R., D. B. Ogden, E. P. Adams and D. H. Boelter: Effect of soil compaction on development and yield of sugar beets. Jour. Am. Soc. Sugar Beet Techn. 11:236. 1960.
- [6] Cates, J. S., and H. R. Cox: The weed factor in the cultivation of corn. U.S. Dept. Agr. Bul. 257. 1912.
- [7] Doughty, Tom: Here's one-operation corn growing. The Farmer (Minnesota, USA), p. 11, June 2, 1962.
- [8] Feuerlein, W.: Kann der Pflug ersetzt werden? Landw. Wochenblatt, Westf.-Lippe, Folge 19, S. 1029. Mai 1959.
- [9] Frese, H.: Haben wir ein Konzept für eine Wissenschaft von der Bodenbearbeitung? 7th Int. Congr. Soil Sci. Gen. 6, Vol. I, p. 54—66. 1960.
- [10] Johnston, J. C. and W. Sullivan: Elimination tillage in citrus soil management. Calif. Ext. Serv. Circ. 150, 1949 (Soils and Fertilizers 12:1880).
- [11] Kebby, R. G. and A. H. Shepper: Citrus fruit quality, what are the main considerations? N. S. W. Agric. Gaz. 59:357. 1948 (Soils and Fertilizers 12:265).
- [12] Keen, B. A.: Physical research on problems of soil cultivation. Endeavour 1:52. 1942. S. auch B. A. Keen. Soil Physics: Theory and Practice, Lecture 3 Cultivation and Crop Yields. J. Roy. Soc. Arts. 90:569. 1942.
- [13] Larson, W. E.: Tillage Requirements for Corn. J. Soil and Water Conservation. 17:3. 1962.
- [14] Musgrave, R. G., P. J. Zwerman and S. R. Aldrich: Plow-planting of corn. Agr. Eng. (Mich.) 36:593. 1955.
- [15] Overdahl, C. J., G. R. Blake, C. A. van Doren and R. F. Holt: Where do we stand on minimum tillage? Minnesota Farm and Home Science. 16:14. 1959.
- [16] Page, J. B., C. J. Willard and C. W. McCuen: Progress report on tillage methods in preparing land for corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 11:77. 1947.
- [17] Samisch, R. M.: Plum growing in the Jewish settlements of Palestine. Ag. Res. Sta. Rehovot, Bull. 50. 1949 (Soils and Fertilizers 12:326).
- [18] Symposium. Der Pflug in internationaler Sicht. Contributors: K. Graf, W. Feuerlein, V. Olson, A. Njös, G. Torstensson, E. R. Fountaine, W. Czeratzki, H. Kuipers and H. Frese. Mitt. d. Deutschen Landw. Ges. Heft 13. 1959.
- [19] Swanson, C. L. W., and H. G. M. Jacobson: Effect of adequate nutrient supply on soil structure and corn yields. Agron. Jour. 49:571. 1957.
- [20] Veihmeyer, F. J., and A. H. Holland: Irrigation and cultivation of lettuce. Calif. Ag. Expt. Sta. Bull. 711. 1949. (Soils and Fertilizers 12:1904).