

## Zur Methodik der Prüfung des Effekts von Bodenbearbeitungsgeräten

*Bayerische Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München*

Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei der Saatbettbereitung schematisch und allzusehr nach Rezepten verfahren wird. Pflug, Grubber und Egge sind die meist gebrauchten Geräte, sie werden in der Mehrzahl aller Fälle ohne größere Rücksichtnahme auf die Strukturansprüche und Düngeransprüche unserer Kulturpflanzen eingesetzt. Neben den Grundgeräten der Bodenbearbeitung gibt es jedoch zahlreiche andere nützliche Geräte. Innerhalb der Gerätefamilien finden sich außerdem zahlreiche Werkzeugformen mit differenzierten Arbeitseffekten.

Die Unsicherheit beim Einsatz der Bodenbearbeitungsgeräte rührt einmal von der noch mangelhaften Kenntnis des Bodens her. Selbst das Fingerspitzengefühl, das dem Landwirt die Handhabe bietet, ohne zeitraubende Untersuchungen das richtige Gerät zur passenden Zeit im richtigen Bodenzustand auf den Acker zu bringen, setzt eine gewisse Kenntnis voraus. Ein Hauptgrund aber liegt darin, daß der Arbeitseffekt der Geräte zu wenig bekannt ist. Durch die ständig fortschreitende Motorisierung finden altbekannte Arbeitsverfahren und zu diesen neue Möglichkeiten der Bodenbearbeitung in der Mehrzahl der Betriebe Eingang. Über den Arbeitseffekt von Bodenbearbeitungsgeräten liegen aber nur wenig Unterlagen vor. Die Meinungen über Bodenbearbeitungsverfahren bildeten sich mehr durch Empirie als auf Grund exakter Untersuchungen. Auf dem Gebiete der Geräte- und Verfahrensprüfung der Bodenbearbeitung ist einiges nachzuholen. Es ist nötig, die Ansichten über altbekannte Verfahren zu festigen, und es wird vor allem erforderlich sein, Schnellmethoden für die Prüfung von neu aufkommenden Geräten auszuarbeiten, mit denen diese sofort „unter die Lupe genommen“ werden können.

### Neue Möglichkeit durch radioaktive Isotope

Zur Prüfung von Bodenbearbeitungsgeräten sind einige Methoden beschrieben. Naheliegender war der Weg, den PUCHNER [1] gegangen ist. PUCHNER verwendete Farbstoffe, um die Wirkung von Werkzeugen im Boden zu markieren. TINNEFELD [2] arbeitete mit fluoreszierenden Stoffen, die ein sehr exaktes Bild von der Arbeit der Bodenbearbeitungswerkzeuge ergaben. Zur Methodik der Prüfung von Bodenbearbeitungsgeräten haben FRESE [3] und SÖHNE [4] berichtet.



Bild 1: Werkzeuge eines Federzahngrubbers neuer Bauart (Feingrubber)

RID und Süß [5] wiesen auf die neue Möglichkeit der Verwendung radioaktiver Isotope zur Prüfung des Geräteeffekts hin. Das Arbeiten mit radioaktiven Isotopen ermöglicht einerseits einen Geräteschnelltest, andererseits ist aber auch die Beobachtung von Fernwirkungen der Bearbeitung gegeben.

Durch die Werkzeuge der Bodenbearbeitungsgeräte entstehen zunächst physikalische Veränderungen im Bodengefüge. Eine Verbesserung der Durchlüftung und Wasserführung hat Auswirkungen auf den Chemismus des Bodens und der Pflanze. Der Arbeitseffekt setzt sich weiter in einer Beeinflussung des Bodenlebens fort. Gerade die auf die mechanische Bearbeitung folgenden chemischen und biologischen Prozesse entscheiden über die Beständigkeit der im Bodengefüge erfolgten Veränderungen. An sich sollte deshalb der Geräteeffekt sowohl durch Sofortuntersuchungen als auch durch Nachuntersuchungen verfolgt werden. Untersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt erfassen bereits chemische und biologische Vorgänge, die sich mit dem Werkzeugeffekt verquicken. Der reine Geräteeffekt ist also jeweils nur sofort nach der Bearbeitung feststellbar. Aus dem reinen Bearbeitungseffekt lassen sich bereits Folgerungen über die zu erwartenden chemischen und biologischen Abläufe vorhersagen.

### Untersuchungen des Effekts von Bodenbearbeitungsgeräten

Der Geräteeffekt ist nicht mit einer einzigen Methode meßbar. Das Gesamtbild der Arbeit eines Geräts setzt sich aus einem Mosaik von Einzeluntersuchungen zusammen. Als Grundlage für die Beurteilung eines Geräts betrachten wir die Kenntnis folgender Faktoren:

1. die Reliefwirkung,
2. die Veränderung der Grobstruktur, den Lockerungseffekt,
3. die erfolgte Krümelung, den Zerteilungseffekt und
4. den Mischeffekt.

Diese Effekte sind methodisch meßbar. Zu ihnen treten in speziellen Fällen, beispielsweise bei der Untersuchung der Pflugarbeit oder bei einer eingehenden Untersuchung einzelner Werkzeuge, noch andere Meßmethoden, wie die Bestimmung der Feinstruktur, der Tensität, des Zugkraftaufwandes und anderer Daten.

Als Beispiel für die Methodik einer Geräteprüfung bringen wir die Ergebnisse der Untersuchung einer Serie von Nachbearbeitungsgeräten. Sie umfaßt die große Familie der Grubber und darf auch deshalb Interesse beanspruchen, weil sich in der Gerätereihe zwei neue, vieldiskutierte Gerätetypen finden, der Feingrubber (Bild 1) und die Grubberegge (Bild 2). Der Grubberreihe sind vergleichbare Nachbearbeitungsgeräte gegenübergestellt.



Bild 2: Infolge der einfachen Anhängung pendelnde Grubberegge

### Die eingesetzten Geräte

Auf einem für Zuckerrüben bestimmten Acker wurden zwölf verschiedene Bodenbearbeitungsgeräte eingesetzt. Sechs davon gehören der Familie der Grubber an. Mit dem Grubber mit halbstarren Zinken (12) wurde die Bearbeitung in gleicher Richtung wiederholt, um den Einfluß eines doppelten Gerätegangs zu untersuchen. Aus Tafel 1 gehen die Daten der verschiedenen Geräte hervor.

### Standortverhältnisse

Als Standort für den Gerätevergleich diente ein schluffiger Lößlehm auf Rißmoräne mit starker Neigung zu Verschlammung. Der Boden gehört zum Typ der mäßig gleyartigen Braunerde. Seine Textur ist aus der Schlämmanalyse nach KOPECKY-KRAUS zu ersehen (Bild 3). Die durchschnittliche Niederschlagshöhe am Standort liegt bei 943 mm.

Charakteristisch für den physikalischen Aufbau des Bodens ist ein Porenvolumen im Unterboden und Untergrund von etwa 45%. Wie bei allen Lößlehm findet sich auch hier eine leichte Pflugsohlenverdichtung. Unterboden und Untergrund sind von Natur aus arm an Nährstoffen. In der Krume sind jedoch die Hauptnährstoffe in ausreichendem Maße vorhanden. Der  $p_H$ -Wert liegt in der Krume bei 6,5, in etwa 40–50 cm Tiefe sinkt er auf 6,0 ab.

### Die Versuchsanstellung

Wie bei Zuckerrüben üblich, war das Versuchsfeld im Frühjahr abgeschleppt worden. Zur Zeit der Versuchsanstellung, am 9. April 1959, fanden sich günstige Bodenverhältnisse vor. Die Werkzeuge der Geräte, die in der Reihenfolge, wie sie Tafel 1 wiedergibt, nebeneinander über den Acker mit einer Geschwindigkeit von 4 km/h gezogen wurden, trafen durchweg normale Bedingungen an.

Vor der Bearbeitung wurde das radioaktive Superphosphat (90 kg  $P_2O_5$ /ha — 1,0 mC/g  $P_2O_5$ ) auf 2 m<sup>2</sup> großen Parzellen ausgebracht. Sofort nach der Bearbeitung folgten die Probenahmen

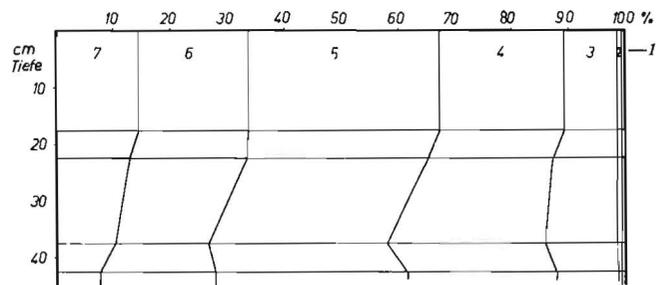


Bild 3: Schlämmanalyse des Versuchsbodens (nach Kopecki-Kraus)  
Fraktionen: 1 = 2 — 1 mm; 2 = 1 — 0,5 mm; 3 = 0,5 — 0,2 mm; 4 = 0,2 — 0,1 mm; 5 = 0,1 — 0,05 mm; 6 = 0,05 — 0,02 mm; 7 = 0,02 mm

für die bodenphysikalischen Messungen. Ein Bearbeitungsstrich mit dem Kombikrümler machte das Feld saarfertig. Gesät wurde am 10. April 1959.

### Die Ergebnisse der Untersuchungen

#### Reliefwirkung

Der Oberflächeneffekt von Geräten besitzt vor allem Bedeutung für die Nacharbeiten. Fällt der Acker hinter einem Geräte eben, dann erübrigen sich die Nacharbeiten, die Saat kann sofort erfolgen. Rauhe Gerätearbeit jedoch macht nochmals Nacharbeit erforderlich. Selbst bei Geräten, die stark wühlen, sollte ein Ziel der Entwicklung darin bestehen, daß die Werkzeuge eine möglichst ebene Ackeroberfläche hinterlassen.

Zur Messung der Oberflächenrauheit verwendeten wir das Gerät von KUIPERS<sup>1)</sup>. Der Reliefmesser von KUIPERS besteht aus Stäben, die an einer zwei Meter langen Platte befestigt sind (Bild 4). Das Gerät wird auf dem Acker aufgebaut, ein Mechanismus löst die Stäbe, die nun auf die Ackeroberfläche herabfallen. An der

<sup>1)</sup> Herrn KUIPERS, Institut für Bodenfruchtbarkeit, Groningen/Holland, sei auch an dieser Stelle herzlich für die Überlassung der Pläne zum Nachbau des Reliefmessers gedankt.

Tafel 1: Zusammenstellung der zu den Versuchen eingesetzten Bodenbearbeitungsgeräte

	Gerät	Arbeitsbreite cm	Werkzeuge	ein- oder mehrteilig	Gesamt- gewicht kg	Fabrikat
1	Fräse	160	48 gebogene Messer	—	280	Eberhardt, Ulm
2	Scheibenegge	300	33 Scheiben mit 47 cm Durchmesser	2 teilig	723	Sack
3	Grubber	230	11 starre Zinken	—	240	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
4	Grubber	230	11 starre, abgefederte Zinken	—	252	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
5	Grubber (Feingrubber)	180	15 schmale Federzinken	—	213	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
6	Grubber	200	9 halbstarre Zinken je 16 cm breit	—	200	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
7	Grubber		11 breite Federzinken	—	173	—
8	Grubbergge	300	28 schmale Zinken	2 teilig	192	Raabewerk, Linne
9	Egge	270	5 Reihen v. Zinken mit 15 cm Länge, vordere Reihe mit Flachzinken	3 teilig	90	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
10	Kombikrümler und Löfflegge	300		3 teilig		Becker, Gieselwerder und Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
11	Löfflegge	300	pro Feld 20 Zinken	3 teilig	150	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg
12	Grubber, 2 Arbeitsgänge in gleicher Richtung	200	9 halbstarre Zinken, je 16 cm breit	—	200	Bayer. Pflugfabrik, Landsberg

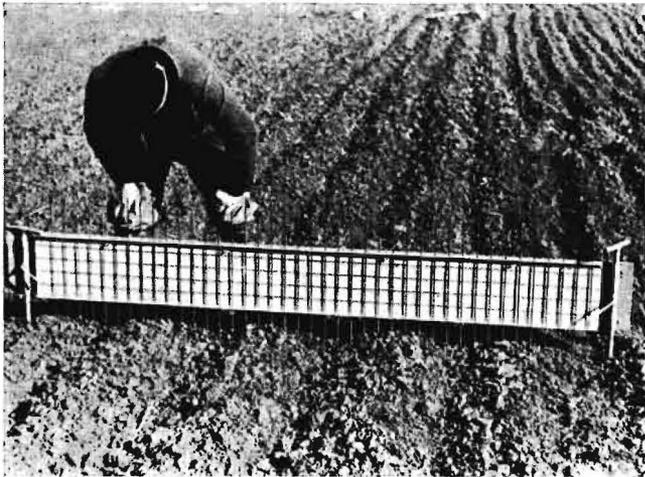


Bild 4: Reliefmesser nach Kulpers

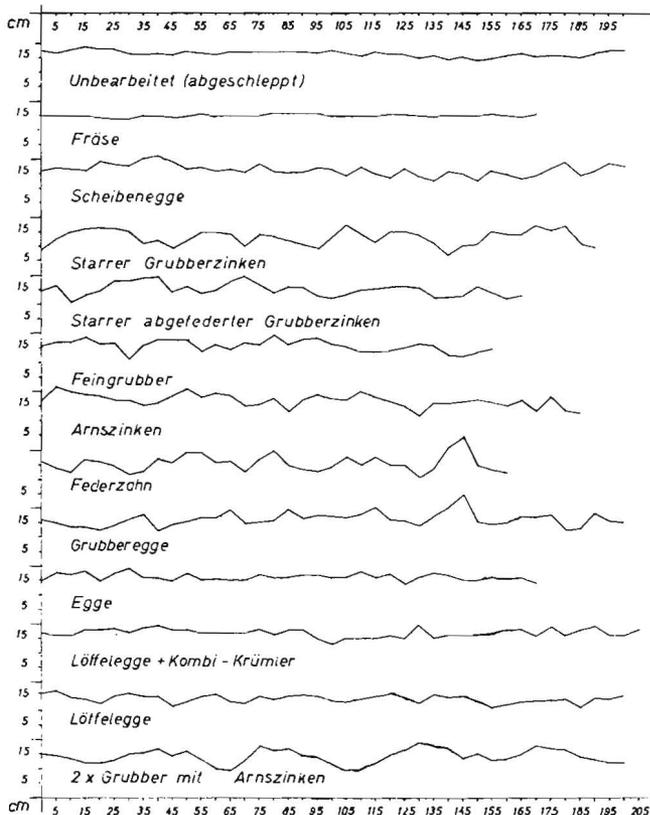


Bild 5: Reliefeffekt der geprüften Geräte

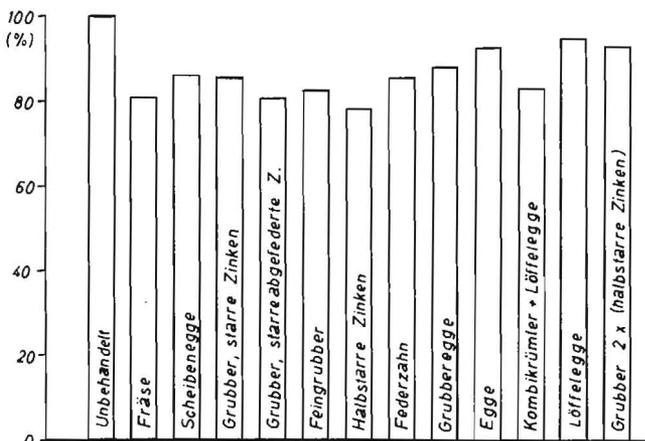


Bild 6: Darstellung des Lockerungseffektes und der Veränderung der Grobstruktur

Platte werden die Fallhöhen abgelesen. Die Darstellung der Ergebnisse kann graphisch oder durch Umrechnung in eine Zahl geschehen. Wir haben die Ergebnisse der Reliefmessung in Bild 5 zeichnerisch dargestellt. Diese Darstellung vermittelt einen guten Überblick über den Reliefeffekt der verschiedenen Geräte.

Zunächst fällt beim Vergleich mit der Parzelle „unbearbeitet“ auf, daß die meisten Geräte die Oberfläche des Ackers wesentlich vergrößern. Vor allem der starre Grubberzinken hat eine ungünstige Reliefeffekt. Mit einer Feder abgestützte Zinken arbeiten weniger rau, hinterlassen jedoch auf dem Acker noch sehr beachtliche Silhouetten von Gebirgsketten. Eine zweimalige Bearbeitung mit dem Grubber mit halbstarren Zinken hatte eine ausgesprochen ungünstige Wirkung.

Günstige Reliefeffekte erzielen lediglich die Fräse, die Egge, die Löffleegge und die Kombination Löffleegge plus Kombikrümler. Bei diesen Geräten verlaufen die Linien annähernd horizontal, sie sind nur wenig von Einschnitten und Bergen unterbrochen. Bei der Scheibenegge tritt die furchenartige Arbeit der Werkzeuge sowie die Beearbeitung sehr deutlich zutage.

Die beiden neuen Geräte, Feingrubber und Grubberegge, zeigen verschiedene Effekte. Der Feingrubber schneidet unter den geprüften Grubbern wohl am günstigsten ab. Er arbeitet eben, ohne Beetbildung, die Höhen und Einschnitte sind nur geringfügig. Durch die Rüttelbewegung der Grubberegge bilden sich doch größere Dämme und Einschnitte in die Ackeroberfläche. Das Bild ähnelt sehr dem der Grubber mit starren und abgefederten Zinken.

#### Lockerungseffekt

Bei der Bestimmung des Lockerungseffektes von Bodenbearbeitungsgeräten haben sich Stechzylindermethoden gut bewährt. Um Fehlerquellen möglichst auszuschalten, wird man jedoch großvolumige Stechzylinder mit Zylinderinhalten zwischen 500 und 1000 cm<sup>3</sup> verwenden müssen. Die direkte Bestimmung des Porenvolumens setzt das Vorhandensein eines Pyknometers voraus.

Auf einfache Weise kann der Lockerungseffekt mit der Bestimmung der Trockengewichte festgehalten werden. Mit Stechzylindern werden aus den bearbeiteten Schichten Proben entnommen. Durch Trocknen der Proben ergibt sich das Trockennettgewicht. Werden die Trockennettgewichte aus den bearbeiteten Schichten dem Trockengewicht von unbearbeitet gegenübergestellt, dann ergibt sich ein anschauliches Bild vom Auflockerungsgrad, wie er durch die verschiedenen Geräte erfolgt (Bild 6). Die Vergleichsparzelle ist dabei gleich 100 gesetzt, die übrigen Parzellen stehen prozentual mit dem Nettogewicht dazu in Beziehung.

Bemerkenswert aus der Darstellung sind folgende Ergebnisse: Löffleegge und Egge heben sich durch einen geringen Lockerungseffekt heraus. Die bekannte Krümelungswirkung beider Geräte führt zu einem Zusammensacken des Bodens, so daß trotz hohen Krümelungseffektes, wie er auch aus der Darstellung der Schollenanalyse ersichtlich ist, die Auflockerung nur eine geringe ist. Die Grubber bewegen sich zwischen den Zahlen 86 und 78. Innerhalb dieser Gruppe von Geräten erreicht der altbewährte halbstarre Zinken den höchsten Lockerungsgrad. Der Feingrubber liegt in der Mitte. Gut kommt der Eggencharakter der Grubberegge in der Zahl 88 zum Ausdruck. Eine Nachbearbeitung hinter dem Grubber mit halbstarren Zinken verringerte den Lockerungsgrad von 78 auf 88. Auch dieses Meßergebnis zeigt wieder, daß ein höherer Krümeleffekt zu einer Verringerung des Porenraumes im Boden führt. Es gibt nun keinen absoluten Maßstab, der es gestatten würde, mit dem Lockerungseffekt die Güte der Bearbeitung zu messen; denn der Lockerungsgrad kann sehr verschiedene Aussagen machen. Einen Maßstab stellt er nur dar, wenn er in Beziehung gebracht wird zum Boden, zur Pflanze und zum Gerät.

#### Krümelungseffekt

Wie einfach eine Methode sein darf, ohne daß ihr Aussagewert und ihre Exaktheit leiden, demonstriert die Schollenanalyse nach PUCHNER [1]. Bei dieser Methode wird der Krümelungseffekt von Werkzeugen durch Absieben bestimmter Mengen Boden mit verschiedenen Siebsätzen festgestellt. SÖHNE [4] hat ein Siebgerät zur Schollen- und Krümelanalyse konstruiert. Durch Drehen an

einer Kurbel werden verschiedene untereinanderliegende Siebsätze mit Rundlochsieben gleichmäßig hin und her bewegt. Für den Siebvorgang empfiehlt SÖHNÉ eine bestimmte Anzahl von Umdrehungen mit der Kurbel und damit Siebbewegungen.

Nach unseren Erfahrungen ist zur Durchführung der Schollenanalyse kein Mechanismus erforderlich, sondern das Absieben geschieht besser unter augenscheinlicher Kontrolle. Es kommt oft vor, daß bei einer festgesetzten Zahl von Siebbewegungen der Siebvorgang noch nicht abgeschlossen ist, daß sich also unter größeren Fraktionen noch feinere Krümel befinden, die noch nicht durch das Sieb gefallen sind. Umgekehrt kann auch der Siebvorgang schon abgeschlossen sein, bevor die Tourenzahl erreicht ist. Weitere Siebbewegungen können dann im Sinne einer Schollenzerkleinerung wirken. Es erscheint uns deshalb günstiger, den Siebvorgang auf den einzelnen Siebsätzen stets unter Kontrolle vorzunehmen, so daß sofort abgestoppt werden kann, wenn alle kleineren Krümel abgesiebt sind. Wir verwenden zur Schollenanalyse Siebsätze, die ineinandergreifen. Auf das oberste Sieb wird jeweils ein Trichter aufgesetzt (Bild 7). Zur Probenahme verwenden wir je nach der Tiefe der zu messenden, bearbeiteten Schicht Stechzylinder mit 1000–3000 cm<sup>3</sup> Inhalt. Bei Verwendung großer Stechzylinder genügen drei Parallelen, um ein repräsentatives Mittel zu erhalten. Je kleiner die Probezylinder sind, desto mehr Paralleluntersuchungen werden erforderlich.

Aus Bild 8 ist der Krümeleffekt aus dem Vergleich der unbearbeiteten Parzelle mit den durch die einzelnen Geräte bearbeiteten Parzellen gut zu ersehen. Den höchsten Anteil an kleinen Krümeln erzielte die Fräse. Die Scheibenegge und die verschiedenen Grubberformen haben die Anteile an mittleren Krümel fraktionen nur wenig verändert. Der Feingrubber bewies keine Überlegenheit. Intensivere Krümelwirkungen stellten sich bei der Grubberregge, der Egge, der Löfflegegge und der Kombination Löfflegegge-Kombikrümler ein. Beim zweiten Grubberarbeitsgang mit halbstarren Zinken wurden nochmals grobe Schollen eingemischt. Erneut bestätigte sich, daß der Federzahn durch seine rüttelnde Bewegung aus der Schicht unter der Bearbeitungsgrenze grobe Schollen nach oben holt.

#### Mischeffekt

Neben dem Lockern, Krümeln und Mischen fällt der Bodenbearbeitung noch die Aufgabe zu, mineralische und organische Düngung in den Boden einzuarbeiten. Die Düngereinarbeitung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, da die einzelnen Geräte und



Bild 7: Siebsatz für die Schollenanalyse mit zwei Probezylindern

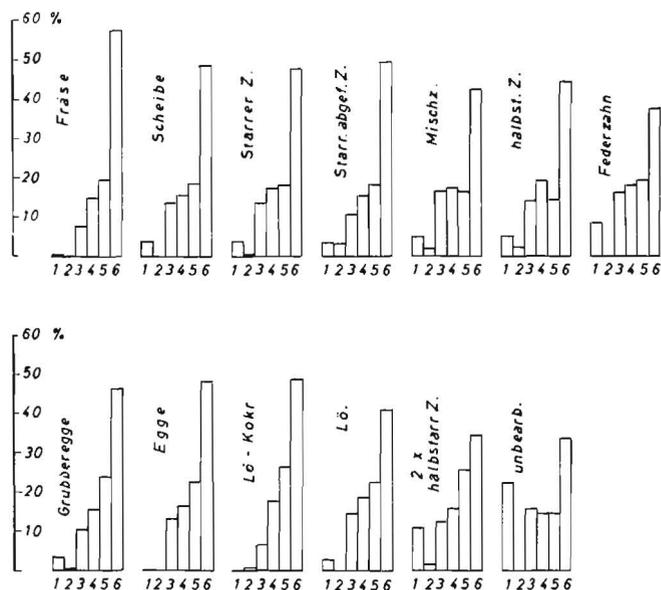


Bild 8: Ergebnisse der Schollenanalysen

Schollengrößen: 1 = über 50 mm; 2 = 50–40 mm; 3 = 40–20 mm; 4 = 20 bis 10 mm; 5 = 10–5 mm; 6 = unter 5 mm

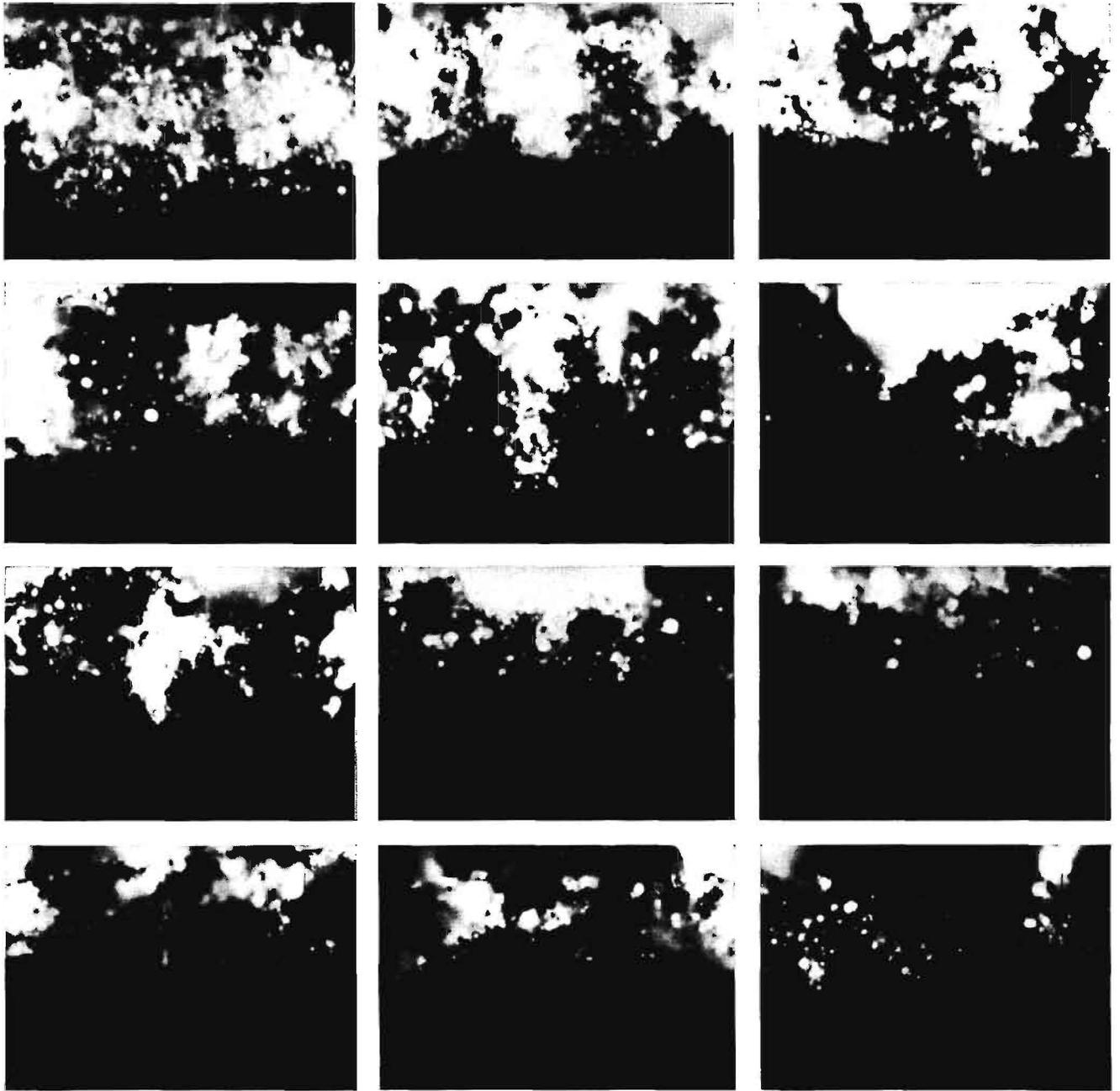
Werkzeuge einen verschiedenartigen Mischeffekt besitzen. Wir verwenden zur Bestimmung des Mischeffektes Radio-Isotope. Bei der hier mitgeteilten Geräteprüfung wurde radioaktives Superphosphat in  $2 \times 1 \text{ m}^2$  großen Teilstücken auf den Acker gebracht. Jedes Gerät wurde über eine derartig markierte Parzelle gezogen. Beim Überfahren der Parzelle erfassen die Werkzeuge der Geräte das aktive Phosphat und mischen es in den Boden ein. Die Feststellung des Mischeffektes kann radiographisch und quantitativ erfolgen. Beide Methoden haben ihre Eignung für die Prüfung von Bodenbearbeitungsgeräten in früheren Untersuchungen [6] erwiesen.

#### Autoradiographische Auswertung

Nach dem Überfahren der mit aktivem Superphosphat markierten Parzelle durch das Bodenbearbeitungsgerät wurden je zwei Röntgenfilme von  $30 \times 40 \text{ cm}$  Größe nebeneinander und quer zur Fahrtrichtung senkrecht in den Boden eingegraben. Die Filme selbst werden wasserdicht in Cellophan eingeschlagen und oberflächlich gegen Niederschläge abgedeckt. Nach drei Tagen hat das radioaktive Phosphat die Röntgenfilme soweit bestrahlt, daß der Mischeffekt der Werkzeuge auf ihnen fotografisch dargestellt ist. In den Bildern 9 bis 20 sind die Reproduktionen der Filme wiedergegeben. Die weißen Stellen auf den Fotos rühren von der Strahlung des aktiven Phosphats her.

Eine vollendete Verteilung der Düngung konnte lediglich die Fräse erzielen. Wenn man die Fräsarbeit mit den Autoradiogrammen der übrigen Geräte vergleicht, dann ist am besten der Arbeitseffekt der einzelnen Werkzeuge zu ersehen. Dem Fräseffekt kommen noch am ehesten nahe, allerdings in flacheren Schichten, die Löfflegegge, die Kombination Kombikrümler-Löfflegegge, die Grubberregge und letzten Endes auch die Egge selbst. Bei der Scheibenegge und bei den verschiedenen Zinkenformen von Grubbern ist in jedem Fall die streifenweise Einbringung auffällig. Eine bessere Mischwirkung zeigt sich beim Feingrubber. Die beiden Autoradiographien der Werkzeuge mit stark gefederten Zinken geben deutlich das Eingreifen von einzelnen Werkzeugen in tiefere Schichten wieder, das sich in den beiden Fotos durch einen tiefen Zinkenstrich, dem die Düngung nachgefolgt ist, äußert.

Man darf also von der Arbeit der Scheibengeräte und der Grubber, mit Ausnahme des Feingrubbers, keine allzu große Mischwirkung erwarten. Die Düngung wird zwar eingearbeitet, sie findet sich jedoch im Boden nicht gleichmäßig verteilt, sondern zeigt sich in Streifen in der Fahrtrichtung über den Acker. Die Düngung fällt hinter den Grubberwerkzeugen in die stark geöffneten Furchen und erfährt nur eine sehr unbefriedigende Verteilung. Zweimalige Grubberbearbeitung hat dann bereits eine bessere Durchmischung zur Folge. Sie wirkte im Sinne der Verdünnung der Isotopen, so daß der Film nicht mehr so intensiv bestrahlt wurde wie bei den einmaligen Bearbeitungen.



Bilder 9—20: Autoradiographien vom Mischeffekt der Geräte

Erste Reihe von links nach rechts: Fräse; Scheibenegge, Grubber mit starren Zinken. Zweite Reihe von links nach rechts: Grubber mit starren, abgederteten Zinken; Feingrubber; Grubber mit halbstarren Zinken. Dritte Reihe von links nach rechts: Grubber mit Federzahn; Grubberegge; Egge. Vierte Reihe von links nach rechts: Kombikrümler und Löfflegge; Löfflegge; Grubber mit halbstarren Zinken, zweimal bearbeitet

### Quantitative Auswertung

Neben der optischen Darstellung mit Autoradiographien läßt sich der Mischeffekt auch in Zahlen erfassen. Durch zentimeterweise Probenahmen aus den einzelnen Bodenschichten und Messung der Aktivität im Methandurchflußzähler kann die Düngerverteilung prozentual dargestellt werden. In den Bildern 21 bis 32 sind die Ergebnisse der quantitativen Auswertung der Untersuchung des Mischeffektes wiedergegeben. Es sind die Prozentgehalte an markiertem Phosphat in den einzelnen Bodenschichten aufgezeichnet. Aus den Aufzeichnungen ergibt sich der Mischeffekt der Werkzeuge.

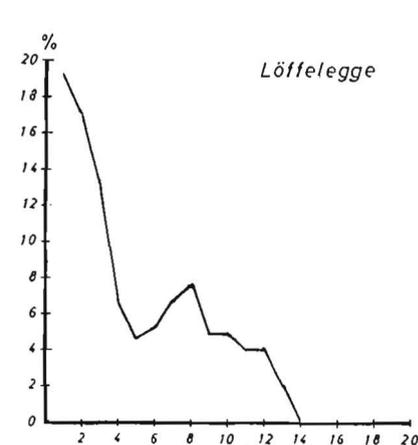
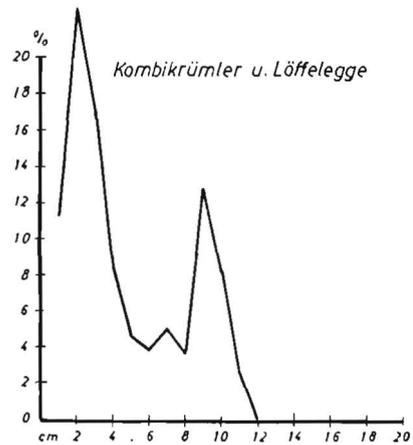
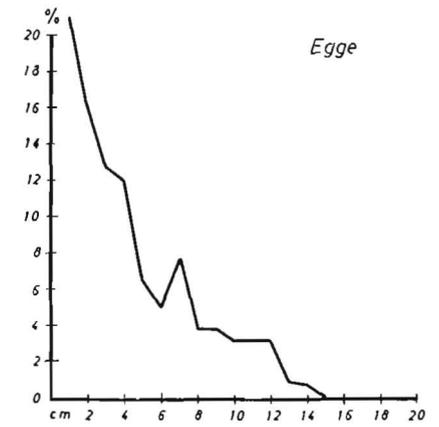
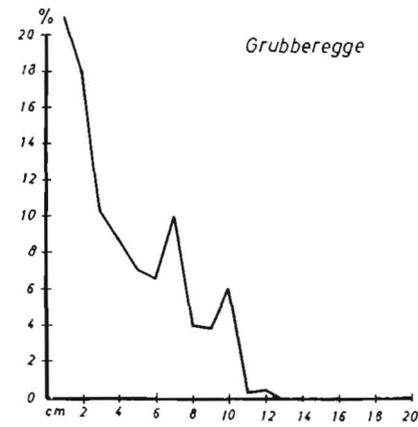
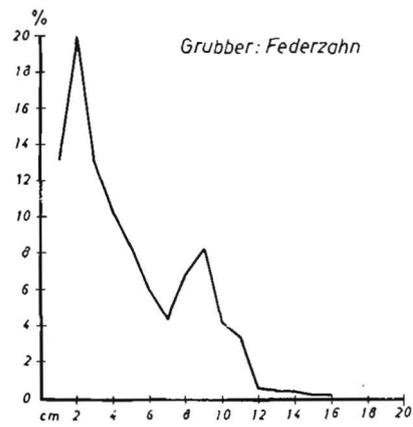
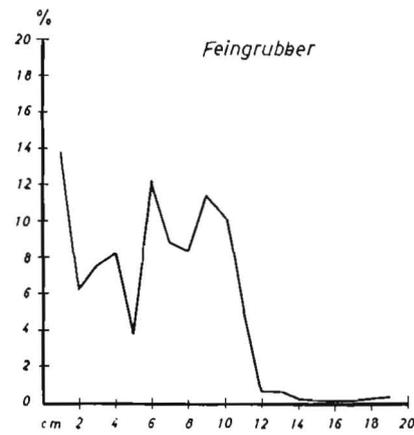
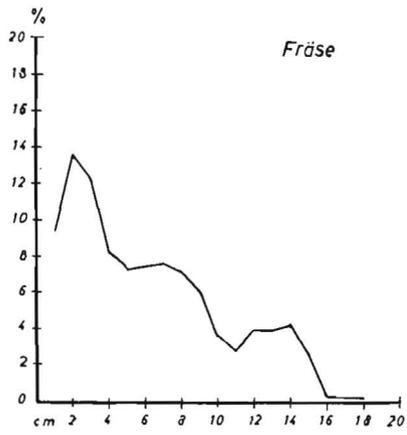
Die gleichmäßige Düngerverteilung durch die Fräse tritt auch im Diagramm zutage. Verhältnismäßig gute Mischeffekte zeigen die Diagramme der Scheibenegge und des Feingrubbers. Bei den übrigen Grubberformen fällt wieder der Steilabfall nach rechts auf, das heißt in den obersten Zentimetern der Krume wurde viel Dünger eingebracht, nur wenig gelangte dagegen in die Mittelkrume. Steile Zacken zeigen außerdem Düngernester und Düngestreifen an. Im allgemeinen stellt man sich wohl die Arbeit des Grubbers etwas anders vor. Nach unseren bisherigen Untersuchungsergebnissen mit radioaktiven Isotopen muß eine Korrek-

tur der Vorstellung von der guten Mischwirkung des Grubbers erfolgen. Kulturen, die eine gute Vermischung des Düngers verlangen, dürfen nicht mit dem Grubber oder allein mit dem Grubber behandelt werden.

Das Bild der Grubberegge ähnelt sehr demjenigen der Egge. Der Hauptanteil der eingebrachten Düngung liegt in den obersten Krumentimetern. Einen guten Mischeffekt erzielt die Löfflegge. Für sie ist typisch, daß sie dort, wo das Gänsefußschar läuft, nochmals einen Düngestreifen zieht. Beim Kombikrümler fällt auf, daß er den Hauptteil der Düngung in den obersten Teil der Krume ablegt. Die Kombination mit der Löfflegge macht sich wieder in dem Düngerberg nahe der Bearbeitungsgrenze bemerkbar.

### Düngerverschleppung

Jedes Gerätewerkzeug erfaßt beim Zug Boden- und Düngerteilchen und legt sie an anderer Stelle wieder ab. Ein typisches Beispiel dafür bildet die Entstehungsgeschichte der „Ackerberge“ [7]. SCHMITT und BROUWER haben die Tatsache der Vertragung von Dünger durch die Gerätearbeit mit chemischen Methoden nachgewiesen [8].



Bilder 21—32: Quantitative Darstellung des Mischeffekts

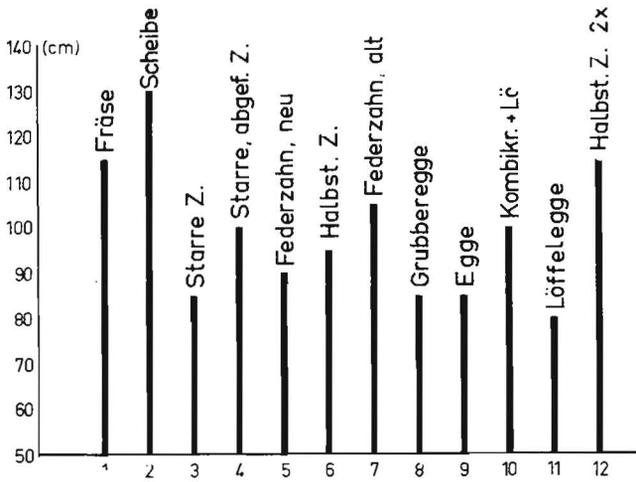
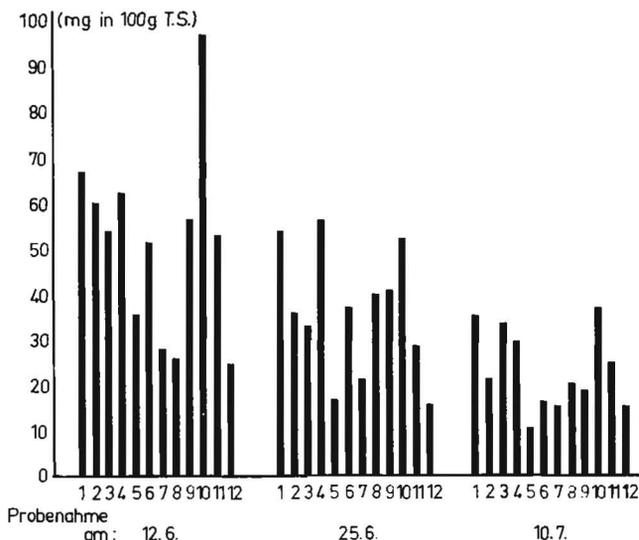


Bild 33: Verschleppung des Phosphats durch die Gerätewerkzeuge

Mit Hilfe der Isotopen war die Vertragung des Düngers durch die einzelnen Geräte aus der Parzelle erfaßbar. Vom Parzellenrand aus wurde über dem Boden die Aktivität des von den Geräten mitgenommenen aktiven Phosphats gemessen. Dadurch ergaben sich die Verschleppungstrecken, die in Bild 33 in Zentimetern für die einzelnen Geräte dargestellt sind. An der Spitze liegt die Scheibenegge, dann folgen die Fräse, sowie die zweimalige Bearbeitung mit dem halbstarren Grubberzinken. Nach zweimaliger Bearbeitung wurde das Phosphat wesentlich weiter vertragen als bei nur einmaliger Bearbeitung. Es folgen dann der Federzahnkultivator, der starre, abgefederte Zinken und die Kombination von Kombikrümler und Löfflebbe. Am Ende rangiert die Löfflebbe.



Probenahme am: 12.6. 25.6. 10.7.

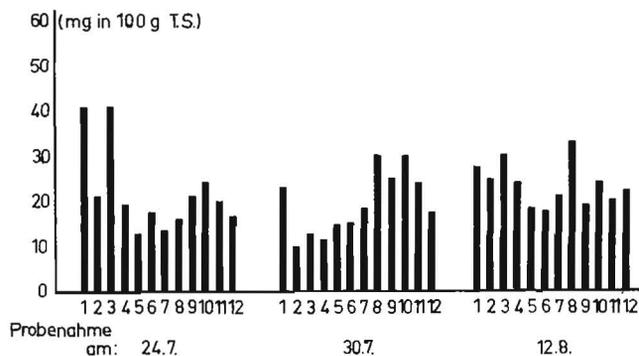


Bild 34: Phosphataufnahme, geordnet nach Probenahmen

1 = Fräse, 2 = Scheibe, 3 = Starre Z., 4 = Starre, abgef. Z., 5 = Federzahn, neu, 6 = Halbst. Z., 7 = Federzahn, alt, 8 = Grubberegge, 9 = Egge, 10 = Kombikr. + Lc., 11 = Löfflebbe, 12 = Halbst. Z. 2x

Die Düngerverschleppung ist ein wichtiger Faktor der Gerätearbeit, sie stellt eine Komponente der Düngerverteilung dar. Ihre Bedeutung ergibt sich daraus, daß die Geräte mit weitem Verschleppungsweg auch eine gute Mischwirkung besitzen. Eine praktische Nutzenanwendung dieser Feststellungen ergibt sich beim Einsatz des Schleuderdüngerstreuers. Bekanntlich erzielen diese Geräte nicht die gleichmäßige Düngerverteilung wie beispielsweise die Tellerdüngerstreuer. Es sollten deshalb dem Schleuderdüngerstreuer Geräte mit besonders ausgeprägter Mischwirkung folgen, die gegenüber der ungleichmäßigen Düngerverteilung ausgleichend wirken können.

### Bearbeitung und Nährstoffaufnahme

Einige Effekte der Gerätearbeit lassen sich auch mit der schon von PUCHNER [1] entwickelten Farbstoffmethode nachweisen. Der wesentliche Fortschritt in der Methodik besteht nun darin, daß mit Hilfe der Isotopen auch die Fernwirkung der Gerätearbeit untersucht werden kann. Endlich ist neben der physikalischen auch die chemische Komponente der Gerätearbeit erfaßbar. Methodische Schwierigkeiten verhinderten bisher das Studium der Beziehungen zwischen Gerät, Boden und Pflanze, das deshalb zwangsweise vernachlässigt werden mußte. Mit der neuen Methodik eröffnen sich bisher nicht gekannte Einblicke in die auf den Eingriff eines Werkzeuges in den Boden folgenden Prozesse. Ohne ihre Kenntnis wird die Beurteilung eines Geräts unvollkommen bleiben.

Einen Überblick über die Intensität der Nährstoffaufnahme der Rüben während zweier Monate bieten die Bilder 34 und 35. Zunächst, bei der ersten Probenahme, liegen die krümelnden Geräte mit guter Mischwirkung einschließlich des halbstarren Grubberzinkens an der Spitze. Aus den Säulen ragt die Koppelung von Kombikrümler und Löfflebbe hervor. Bei der nächsten Probenahme zeigt sich eine ähnliche Tendenz; die Grubberegge tritt jetzt zu den Geräten mit guter Nährstoffaufnahme.

Vom 10. Juli ab läßt allgemein die Intensität der Nährstoffaufnahme nach. Der Tendenz nach besteht jedoch ein ganz ähnliches

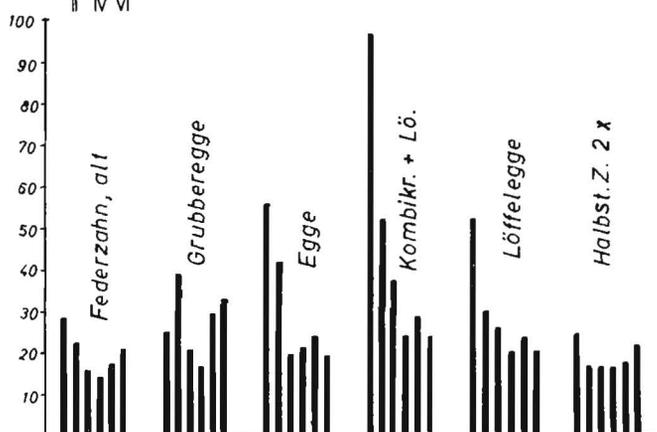
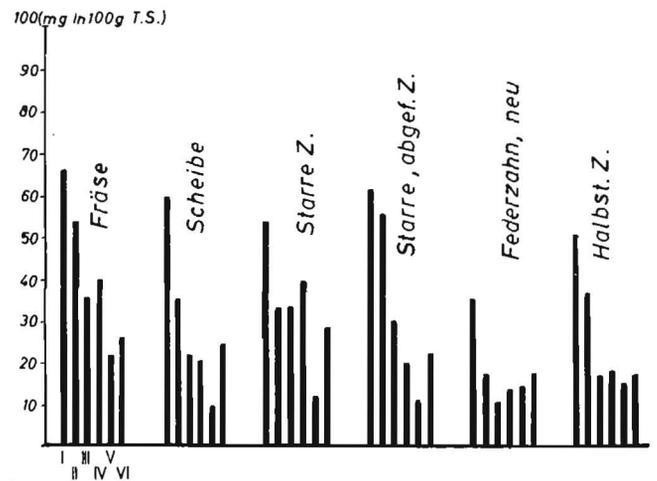


Bild 35: Phosphataufnahme, geordnet nach Geräten  
Probenahmen: I = am 12. 6. 59, II = 25. 6., III = 10. 7., IV = 24. 7., V = 30. 7., VI = 12. 8.

Bild wie bei den ersten Probenahmen. Nach der vierten Probenahme liegen die Fräse und der Grubber mit starren Zinken an der Spitze. Dann folgt eine Gruppe von verwandten Geräten, nämlich Egge, Kombikrümler-Löfflegge und Löfflegge. Nach dem Bild bei der fünften Probenahme halten die Fräse sowie die Familie der Eggen, zu denen sich noch die Grubbergge gesellt, weiterhin die Spitze.

Nach der Schlußmessung am 12. August schiebt sich die neue Grubbergge weiter in den Vordergrund. Es folgen Fräse, Scheibengge, die Grubber mit starren, sowie starren, abgefederten Zinken, Kombikrümler und Löfflegge und dann die übrigen Geräte.

Auffällig ist die durch die zweimalige Bearbeitung mit dem halbstarren Grubberzinken ausgelöste geringe Nährstoffaufnahme während der drei ersten Probenahmen. Der neue Feingrubber liegt bis zur letzten Probenahme am Ende.

Es scheint, als ob die Zuckerrübe in der Jugendentwicklung für eine gute Düngerverteilung dankbar wäre. Mit der fortschreitenden Ausbildung eines Wurzelwerkes ist sie später auch in der Lage, die in Streifen und Nestern abgelegte Düngung nutzbar zu machen. In früheren Arbeiten [5] hatten wir ähnliche Ansprüche von Sommergerste und Raps an die Düngerverteilung im Boden festgestellt.

Bei der langen Vegetationszeit der Zuckerrübe ist die Nährstoffaufnahme sicher stark abhängig vom Witterungsrhythmus. Die kurze Halbwertszeit des  $P^{32}$  ließ nach dem 12. August weitere Messungen der Nährstoffaufnahme nicht mehr zu. Bei derartigen Versuchsanlagen im Freiland müssen stets die Strahlenschutzbestimmungen eingehalten werden, eine längere Beobachtung der Nährstoffaufnahme mit  $P^{32}$  war deshalb nicht möglich. Grundsätzlich kann jedoch bei Bereitstellung entsprechender Isotopen auch die Nährstoffaufnahme von Pflanzen mit langer Vegetationszeit vom Pflanzenaufgang bis zur Ernte verfolgt werden.

#### Zusammenfassung

Den Geräten der Bodenbearbeitung fallen Aufgaben zu, wie Lockern, Mischen und Wenden. Sie sind identisch mit der Bearbeitung des Saatbetts sowie dem Aufbau des Durchwurzelungsraums der Pflanzen und des Lebensraums der Bakterien und Bodentiere. Sie stellen die physikalische Komponente der Bodenbearbeitung dar. Ebenso von Bedeutung wie der mechanische Teil der Bearbeitung ist die Einbringung der Düngung in den Bodenraum, mit der die chemische Komponente der Bodenbearbeitung beginnt. Die Bereitstellung der Nährstoffe verknüpft die physikalische mit der chemischen Komponente der Bodenbearbeitung, da diese mit den Werkzeugen der Geräte erfolgt. In neueren Arbeiten zeigte sich, daß die Einbringung des Düngerphosphates besser in Schichten und Streifen als in feiner Verteilung geschieht. Neben der Herstellung eines Saatbetts, die allgemein als Hauptaufgabe der Bodenbearbeitung betrachtet wird, wird man deshalb der Art der Bereitstellung von Düngern durch die Geräte wohl mehr Aufmerksamkeit schenken müssen.

Es wird eine Methodik zur Prüfung von Geräten der Bodenbearbeitung und Saatenpflege aufgezeigt, mit der sowohl die physikalische wie die chemische Komponente des Arbeitseffekts der Geräte erfaßbar ist. Beschrieben werden Methoden zur Feststellung der Reliefwirkung, des Lockerungs-, Zerteilungs- und Mischeffekts. Letzterer wird durch Einarbeiten radioaktiven Superphosphats mit Autoradiographien und quantitativen Auszählungen im Methandurchflußzähler bestimmt.

Mit dieser Methodik wurde der Einfluß von zwölf Nachbearbeitungsgeräten auf die Physik und den Chemismus des Bodens und der Pflanze untersucht. Als Versuchsergebnis fanden Zuckerrüben Verwendung.

Wie die Auswertungen der Untersuchungen zeigen, kann die Düngung in Streifen, Nestern, Schichten, in grober oder feiner Verteilung durch den Einsatz entsprechender Geräte in den Acker eingearbeitet und in dieser Form den Pflanzen dargeboten werden. Zunächst ist die Nährstoffaufnahme bei feiner Verteilung besser. Mit fortschreitender Entwicklung der Pflanze nimmt jedoch die Intensität der Nährstoffaufnahme durch die Zuckerrüben bei den Geräten mit grobem Mischeffekt zu.

Die acker- und pflanzenbaulichen Folgerungen aus derartigen Untersuchungen wurden an anderer Stelle [5] dargestellt, im Rahmen dieser Mitteilung ging es darum, die bodentechnologische Seite darzulegen. Die Bedeutung jeder Erweiterung und Verbesserung der Methodik von Geräteprüfungen liegt darin, daß die Konstruktion von Bodenbearbeitungsgeräten aus dem Stadium der Empirie in ein Stadium der kontrollierten Entwicklung eintreten kann.

#### Schrifttum

- [1] PUCHNER, H.: Bodenkunde für Landwirte. Stuttgart 1923
- [2] TINNEFELD, L.: Die Düngerverteilung im Boden durch die verschiedenen Ackergeräte. Archiv für Landwirtschaft 7 (1931), S. 1—38
- [3] FRESE, H.: Aussichten für eine exakte Beurteilung des Arbeitserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten. In: 13. Konstrukteurheft. Düsseldorf VDI-Verlag, 1956. S. 5—10. (Grundlagen der Landtechnik Heft 7)
- [4] SÖHNE, W.: Krümel- und Schollensiebanalyse als ein Mittel zur Beurteilung der Güte der Bodenbearbeitung. Landtechnische Forschung 4 (1954), S. 79—81
- [5] RID, H., und H. SÜSS: Der Mischeffekt verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte und sein Einfluß auf die Phosphataufnahme von Sommergerste und Lihoraps nachgewiesen durch  $P^{32}$ . Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 109 (1959), S. 229—254
- [6] RID, H.: Bodenbearbeitung und Bodenpflege. München 1958
- [7] KOHL, F.: Ackerberge auf diluvialen Terrassen. Geologica Bavarica 14 (1952), S. 156—165
- [8] SCHMITT, L., und A. BROUWER: Untersuchungen über die gegenseitige Randbeeinflussung verschieden gedüngter Teilstücke bei langjährigen Feld- und Wiesenversuchen. Landwirtschaftliche Forschung 11 (1958), S. 10—18

#### Résumé

*Heinrich Rid and Adalbert Süß: "Methods adopted in the Examination of the application and utilisation of Soil-Cultivating Implements."*

*Soil cultivating implements are used in operations such as loosening, mixing and turning-over of the soil. They are identical with those used in the preparation of seed beds and the preparation of the root sub-soil of plants and the living space for soil bacteria and insect life, and form the physical components of soil cultivation. Of equal importance is the introduction of fertilizer in the soil, whereby the chemical action in the soil begins. The preparation of nutritive substances connects the physical and the chemical components of soil cultivation, since they are performed by the use of the same implements. Modern methods have proved that the addition of phosphate manures is better made in layers and strips than in finely dispersed form. In addition to being utilised in making the seed bed, which is usually considered as being the principal task of soil cultivation, the fact that these implements are also used for the introduction of fertilizers, should cause more attention to be paid to this phase of the operation.*

*Methods employed in the testing of implements used for soil cultivation and seed care are set up and described, and which enable the physical and chemical components of the effect of the application of these implements to be grasped. Methods of ascertaining the effect of loosening, distributing and mixing operations are given. The latter is ascertained by the introduction of radio-active superphosphate coupled with the use of auto-radiographs and quantitative counts with methane flow-meters.*

*The influence of twelve different implements used for supplementary operations on the physics and chemistry of the soil and plant life was examined by the use of methods described in this paper. All tests were made on sugar-beet plants.*

*As evaluation of the results of these examinations proved, manuring in strips, rests, layers and in fine or coarse distribution can be performed by the use of suitable implements. In the early stages the absorption of nutritive substances is better when the manure is finely distributed. With increasing growth of the sugar-beet plants their intensity of absorption of nutritive substances was increased when implements having a coarse mixing effect were used.*

*Heinrich Rid et Adalbert Süß: «Les méthodes de détermination de l'effet de travail des outils des machines agricoles.»*

*Les outils des machines agricoles doivent effectuer des opérations comme l'ameublissement, le mélange et le retournement de la terre. Ces opérations visent à la préparation de la couche de semence ainsi qu'à la constitution de la zone d'enracinement et du milieu de vie des bactéries et animaux et représentent le facteur physique du travail du sol. L'amendement du sol qui a la même importance que le travail mécanique constitue le facteur chimique du travail du sol. L'apport des éléments nutritifs des plantes est une opération qui unit le facteur chimique et le facteur physique étant donné que cette*

opération doit être réalisée à l'aide des outils des machines. Les nouvelles recherches ont montré que l'incorporation de phosphate en couches et en bandes est préférable à une répartition fine. On considère généralement la préparation du lit de germination comme la partie essentielle du travail du sol. Cependant on ne doit pas négliger les méthodes d'incorporation des engrais à l'aide des outils des machines.

Les auteurs ont étudié des méthodes d'essai des outils de préparation et d'entretien des cultures qui permettent de déterminer aussi bien le facteur physique que le facteur chimique de l'effet de travail des outils. Ils décrivent les méthodes destinées à déterminer l'influence du travail des outils sur le profil, l'ameublissement, l'effritement et le mélange de la terre. Le dernier facteur a été déterminé par autoradiographies es par dénombrement au moyen d'un compteur au méthane des particules de superphosphate radioactif incorporées préalablement à la terre. Les auteurs ont examiné à l'aide de ces méthodes l'influence de douze outils d'entretien sur l'état physique et la constitution chimique du sol et de la plante. La plante choisie pour les essais a été la betterave sucrière.

Ces essais ont montré que les produits d'amendement peuvent être incorporés au sol et offerts à la plante sous forme de bandes, nids, couches, répartition fine et grossière à l'aide d'outils appropriés. Au premier stade de son développement, les éléments nutritifs répartis finement sont mieux assimilés par la plante que ceux répartis grossièrement, mais au fur et à mesure que la betterave se développe, elle assimile mieux les éléments nutritifs incorporés par des outils réalisant une répartition grossière.

Heinrich Rid y Adalbert Süß: «Método para la comprobación del efecto útil de aparatos de labranza.»

Los aparatos para labrar la tierra cumplen varias funciones, como las de alfojar, de mezclar y de voltear. Son las que sirven para la

preparación del terreno para la siembra, o sea de la capa que penetran las raíces de las plantas y en la que viven las bacterias y los animales que influyen en su crecimiento, siendo ésta la componente física del laboreo. Otro factor importante consiste en el abono de esta capa, con lo que empieza la componente química del laboreo. La aportación de los abonos combina la componente física con la química, ya que ésta se efectúa con las herramientas de los aparatos. Investigaciones recientes han demostrado que el abono con fosfato resulta más conveniente que se efectúe en capas y en franjas, en vez de en distribución fina. Es por lo tanto preciso prestar mayor atención a la forma de introducir los abonos por las máquinas, además de la preparación de la camilla que se ha considerado generalmente como objeto principal del laboreo.

Se presenta un método para la comprobación de los aparatos de labor que indica tanto el efecto físico, como también el químico. Se describen los métodos para la determinación de los efectos de relieve, de porosidad, de distribución y de mezcla. Esta última se determina por radiografía automática con la aportación de superfosfato radioactivo y por recuento cuantitativo en el contador de circulación a metano.

Con este método se ha ensayado la influencia de doce aparatos de laboreo ulterior en cuanto a las condiciones físicas y las químicas del terreno y de las plantas, empleándose como fruto de ensayo la remolacha azucarera.

La evaluación de los ensayos ha demostrado que el abono puede introducirse en el campo en fajas, nidos, capas, en reparto basto y fino, con el empleo de aparatos convenientes, ofreciéndoselo en esta forma a las plantas. Al principio la planta lo aprovecha mejor en reparto fino, pero a medida que la planta vaya desarrollándose, la intensidad de aprovechamiento del alimento por la planta aumenta, empleándose aparatos que procuran una mezcla más basta.

Walter G. Brenner und Klaus Grimm:

## Kartoffelernte im zweigeteilten Verfahren

Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Wesen und Eigenart des zweigeteilten Kartoffelernteverfahrens<sup>1)</sup> besteht darin, daß die Kartoffeln in einem ersten Arbeitsgang gerodet, abgesiebt und auf einen Schwad gelegt werden, um eine gewisse Zeitspanne an der Luft zu trocknen, das heißt schalenfester zu werden. In einem zweiten Arbeitsgang wird die Trennung und Bergung vorgenommen.

Während man heute bei der Kartoffel-Sammelernte im allgemeinen einen Arbeitsgang anstrebt (Roden, Absieben, Trennen von Kraut, Steinen und Kluten, Sammeln in Bunkern oder nebenherfahrenden Wagen), ist in bestimmten Kartoffelanbaugesieten beispielsweise der USA auch das zweigeteilte Ernteverfahren stark verbreitet und hat sich als vorteilhaft erwiesen. Hauptsächlich für besonders schwierige Verhältnisse, also bei Vorhandensein von Unkraut oder schwer siebfähigen Böden sowie für die Gewinnung von Speisekartoffeln, wird dieses Verfahren angewandt. Vorteilhaft ist, daß die Kartoffeln schalenfester werden und dadurch mechanisch leichter bearbeitet werden können. Es ist bekannt, daß eine Kartoffel im Damm durch die größere Feuchte weicher ist und daß sie, ein bis zwei Stunden an der Luft getrocknet, schon eine härtere Schale aufweist. Amerikanische Untersuchungen [1], Feststellungen vom Institut für Landmaschinenforschung, Völknerode, [2] und der Versuchsstation Dethlingen des Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft (KTL) [3] haben die Zusammenhänge geklärt. Sie ergaben, daß die Schalenfestigkeit beim Liegen in Schwaden zunimmt, daß aber längere Trocknungszeiten als ein bis zwei Stunden keine größere Schalenhärtung bringen.

Das zweigeteilte Verfahren ist ferner für schwer siebfähige Böden und stark verunkrautete Felder aussichtsreich; denn man hat zwei Sieb-Prozesse, und vor dem zweiten trocken die Erde ab. Auch das Unkraut wird leichter verarbeitbar. Eine Parallele findet sich in der Getreideernte, wo sich unter schwierigen Verhältnissen

ebenfalls die Zweiteilung des Mähdrescher-Ernteverfahrens eingebürgert hat.

Auf stark mit Steinen durchsetzten Böden wie in den großen Kartoffelanbaugesieten der Bayerischen Schotterebene könnte man den Kartoffeldamm einschließlich der Steine zunächst roden und auf einen Schwad legen, abtrocknen lassen und dann mit einer Aufnahmevorrichtung durch einen Sammelroder mit erweiterten und leistungsfähigeren Trennorganen schicken.

### Durchführung des zweigeteilten Verfahrens

Beim zweigeteilten Kartoffelernteverfahren muß erreicht werden, daß der Schwad sauber, etwa 40 cm breit abgelegt wird, damit die nachfolgende Aufsammlmaschine genau arbeiten kann und die ganze Vorrichtung nicht zu breit wird. Eine Aufsammlvorrichtung, die bei den amerikanischen Vorläufern aus einer rotierenden, runden Welle (mit 30 mm Durchmesser) vor einer normalen Siebkette besteht, wurde im Jahre 1957 bereits vom Institut für Landmaschinenforschung, Völknerode, ersten Einsatzversuchen unterworfen. Sie erwies sich dabei als grundsätzlich brauchbar [4]. Die übrigen Vorrichtungen können beliebig gestaltet sein: Sie können aus den üblichen, mit Gummi bewehrten Siebkettentrennorganen in Form von Taster-Bändern oder Bürsten bestehen, um das ankommende Gemisch aus Kartoffeln und Steinen oder Kluten mechanisch zu trennen beziehungsweise vorzutrennen, oder aber aus Verlesebändern, auf welchen die Fehler der Trennorgane durch das menschliche Auge und die menschliche Hand endgültig ausgemerzt werden.

Bei den Einsatzversuchen des Institutes hat sich bald ergeben, daß das zweigeteilte Verfahren in schwierigen Verhältnissen auch zweckmäßig durch ein Schlagen des Krautes vor dem Roden ergänzt wird, damit das Härten an der Luft nicht durch Beschattung gehindert wird und ferner die Trennorgane der Maschine nicht unnötig durch Kraut und Unkraut belastet werden. Die Versuche zielten daher darauf ab:

<sup>1)</sup> Im Institut für Landtechnik, Weihenstephan, wurden im Sommer 1958 und 1959 Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten — gefördert vom Bayerischen Landwirtschaftsministerium — am sogenannten zweigeteilten Kartoffelernteverfahren, durchgeführt