

# Arbeitseffekte verschiedener Bodenbearbeitungswerkzeuge auf anlehmigem Sandboden

Dr. O. BOSSE\* / Dr. R. HERZOG\*

Die angestrebte Rationalisierung der Bodenbearbeitung bei gleichzeitiger Erhöhung der Arbeitsqualität in der sozialistischen Landwirtschaft erfordert für den Einsatz technisch verbesserter bzw. neuer Bodenbearbeitungswerkzeuge, die Differenzierung des Aufwandes und die Zusammenlegung mehrerer Arbeitsgänge eine umfangreiche Erarbeitung theoretischer Grundlagen.

Damit für jede Bodenart spezielle Werkzeugkombinationen zusammengestellt oder in einem Aggregat zusammengefaßt werden können, ist es notwendig, daß die Arbeitseffekte der einzelnen Werkzeugformen bekannt sind und neue, günstige Effekte herausgefunden und realisiert werden. Diese Untersuchungen sind gleichzeitig eine Voraussetzung für die Realisierung der gestiegenen Anforderungen an eine fruchtartenspezifische, strukturschonende Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung; denn die Bearbeitungswerkzeuge beeinflussen die Bodenlagerung, Wasserführung und Durchlüftung des Bodens sowie die Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen, sie beeinflussen die Oberflächengestaltung und

\* Institut für Acker- und Pflanzenbau Müncheberg der DAL zu Berlin  
 † s. Deutsche Agrartechnik (1970) H. 2, S. 92, Bild 1 und 2

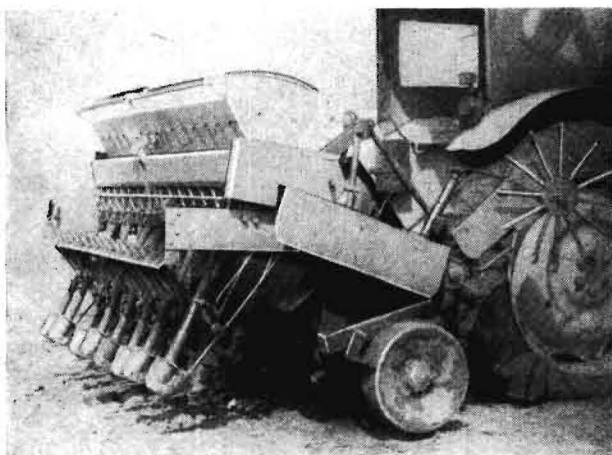


Bild 1. Fräsdrille (Rotaseeder) nach Umbau

formen den Lebensraum der Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen.

## 1. Versuchsdurchführung

In Müncheberg — auf anlehmigem bis lehmigem Sandboden (Tieflehm-Fahlerde) — wurden die Arbeitseffekte verschiedener Werkzeuge zur Grundbodenbearbeitung untersucht [1]. Es kamen der Scharpflug mit 30Z-Körpern, eine Pflug-Fräskombination (Kreiselflug<sup>1</sup>), der Scheibenpflug, der Scheibenschälflug, die Scheibenegge und die Spatenrollegge<sup>1</sup> zum Einsatz. Auf den unbearbeiteten Parzellen erfolgte die Direktsaat mit einer Fräsdrille (Rotaseeder, Bild 1). Beim Scharpflug prüften wir gleichzeitig verschiedene Pflugkörperformen bei gesteigerter Pfluggeschwindigkeit.

Die Auflockerung durch die Werkzeuge sowie die Beschaffenheit der Bodenoberfläche und die Absetzungsvorgänge nach der Bearbeitung wurden mit einer verbesserten Reliefmeßmethode erfaßt [2]. Die Methode eignet sich zur Beurteilung der vertikalen Veränderungen der bearbeiteten Bodenschicht während des gesamten Versuchszeitraumes.

Die Wende- und Mischeffekte der Werkzeuge sowie der Bodentransport bei der Bearbeitung und die Einlagerung auf der Bodenoberfläche ausgebrachter Substanzen wurden mit gekennzeichneten Plastmeßkörpern von 1 cm Dmr. ermittelt.

## 2. Diskussion der Ergebnisse

### 2.1. Auflockerung des Bodens und Erhaltung der Lockerheit

Der anlehmige Sandboden ist von den einzelnen Werkzeugformen unterschiedlich stark aufgelockert und das geschaffene Hohlraumvolumen durch die Saatbettbereitungs- und Saatwerkzeuge bzw. durch Witterungseinflüsse nicht einheitlich reduziert worden (Bild 2).

Mit dem Scharpflug wurde im Durchschnitt aller Untersuchungen ein Lockerungseffekt von 28,2 Prozent erreicht. Leichter Boden wird demzufolge vom Scharpflug nicht so stark aufgelockert wie schwerer; denn FEUERLEIN [3] ermittelte mit vergleichbaren Kulturpflugkörpern auf Löß-

Bild 2. Auflockerung des anlehmigen Sandbodens durch verschiedene Werkzeuge und Absetzen des bearbeiteten Bodens.

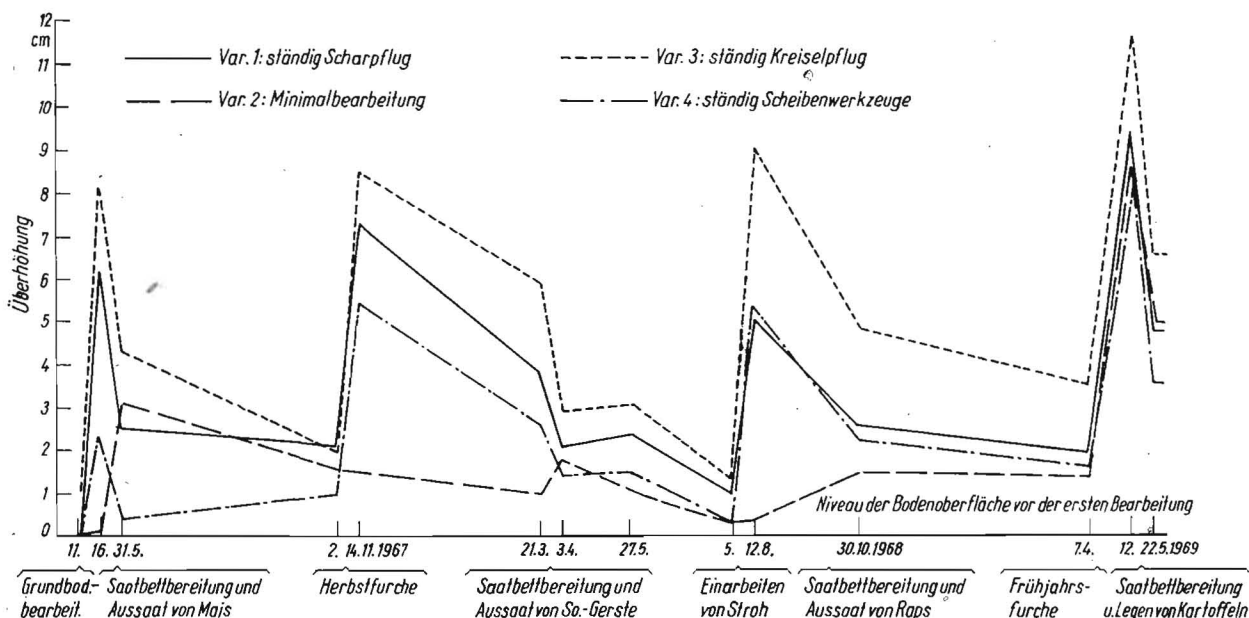
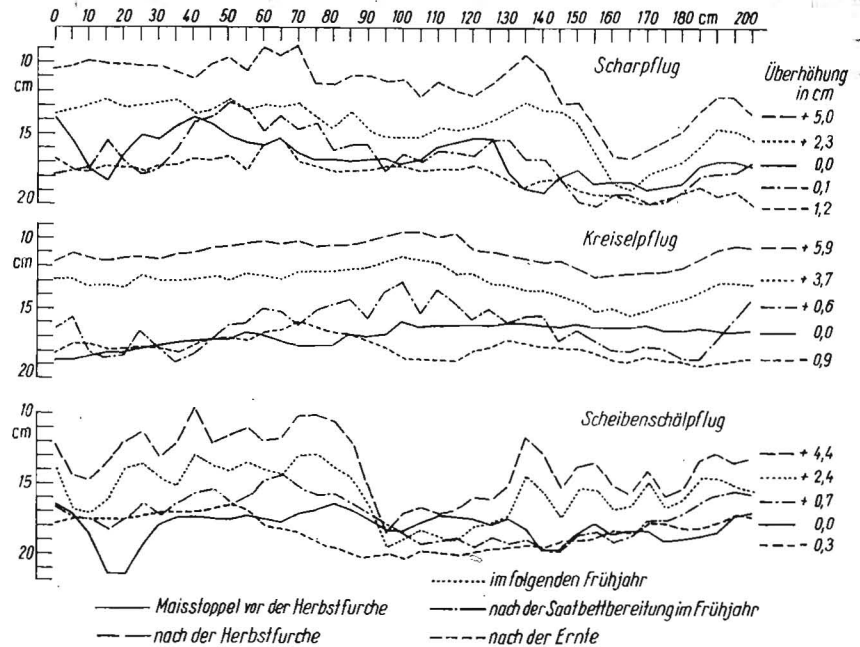


Bild 3

Rauhheit der Bodenoberfläche nach der Grundbodenbearbeitung im Herbst, dem Absetzen über Winter, der Aussaat von Sommergerste und auf der Stoppelfläche



böden einen Lockerungseffekt von 34,5 Prozent und auf lehmigen Tonböden von 37,5 Prozent.

Mit dem Kreiselflug konnte dagegen mit durchschnittlich 34,2 Prozent ein annähernd gleicher Lockerungseffekt wie auf schweren Böden mit dem Scharpflug erreicht werden. Dieser Effekt resultiert im wesentlichen aus der besseren Zerkleinerung der Bodenbalken durch die rotierenden Werkzeuge und der lockeren Aufschüttung des bearbeiteten Bodens. Die geschaffene größere Lockerheit blieb auch über den gesamten Versuchszeitraum erhalten. Das Untersuchungsergebnis deutet eine gleichmäßige, relativ stabile Lagerung der Bodenteile ohne größere Hohlräume nach der Bearbeitung mit diesem Gerät an.

Bedeutend geringer war demgegenüber die auflockernde Wirkung der Scheibenwerkzeuge. Der Lockerungseffekt dieser Geräte betrug im Durchschnitt 25 Prozent. Die geschaffene Lockerheit verringerte sich dann sowohl bei der Saatbettbereitung und Aussaat als auch im Verlauf der Vegetationsperiode etwa im gleichen Verhältnis wie auf den stärker aufgelockerten Parzellen, so daß auf dieser Fläche fast während der gesamten Versuchsdauer die geringste Überhöhung der Bodenoberfläche festgestellt wurde.

Die leichte Überhöhung der Bodenoberfläche auf der Direktsaatparzelle ohne Grundbodenbearbeitung ist vor allem auf das Zerkleinern des Bodens in den Fräsrollen und das Bedecken der unbearbeiteten Bodenstreifen mit aus den Drillreihen heraus gefrästem lockeren Boden zurückzuführen.

Nach der Herbstfurche (1967) verringerte sich die Lockerheitsreserve über Winter im Durchschnitt aller bearbeiteten Varianten um die Hälfte. Durch die unterschiedlichen Arbeitseffekte der Werkzeuge lag auf den gepflügten und gescheibten Parzellen vor der Frühjahrbestellung jedoch nur noch etwa 1/3 der im Herbst geschaffenen Lockerheit vor, auf der mit dem Kreiselflug bearbeiteten Parzelle zeigte sich dagegen auch über Winter eine stabile Bodenlagerung, im Frühjahr wurden noch fast 2/3 der ursprünglichen Lockerheitsreserve ermittelt.

Nach diesen Ergebnissen sind Scheibenwerkzeuge nicht zur Grundbodenbearbeitung auf leichten Böden geeignet, da sie nur ungenügend lockern und keine ausreichende, über längere Zeit anhaltende Lockerheitsreserve für die Entwicklung der Kulturpflanzen schaffen. Vorteilhafter erscheint in dieser Hinsicht der Einsatz des Scharpfluges und vor allem einer Pflug-Fräskombination. Durch eine solche Kombination wird der Boden bei der Saatsfurche ausreichend aufgelockert, ohne Klutenbildung abgelagert und dadurch eine nachhaltige Porenraumvergrößerung geschaffen.

## 2.2. Rauheit der Bodenoberfläche

Die Oberflächengestaltung nach der Grundbodenbearbeitung war vom Bearbeitungswerkzeug geprägt (Bild 3).

Der Scharpflug hinterließ eine wellige Oberfläche mit gleichmäßigen, aber relativ geringen Vertiefungen. Mit dem Kreiselflug wurde eine ebene und feinkrümelige Bodenoberfläche geschaffen. Nach Einsatz der Scheibenwerkzeuge war die Oberflächengestaltung dagegen unregelmäßig, und die Fläche wies z. T. größere Vertiefungen auf. Nach Bearbeitung mit dem Scheibenschälflug (Bild 3) lag eine besonders ebene Fläche vor, die selbst durch Nachbearbeitung nicht vollständig eingeebnet werden konnte. Vom Rotaseeder wurde die Oberflächengestaltung wenig beeinflusst, sein Einsatz erfordert jedoch eine ebene Fläche.

Die Saatbettbereitungs- und Aussaatwerkzeuge ebneten den leichten Boden auf allen Varianten weitgehend ein. Ungünstig auf das Oberflächenrelief wirkten sich hierbei die Radspuren aus. Dieser negative Einfluß zeigte sich vor allem auf den stark aufgelockerten Parzellen und nach tiefer Saatsfurche zu Mais. Nach Herbstfurche (Bild 3) und flacher Saatsfurche im Sommer blieb dagegen die Spurbildung geringer. Die Bodenunebenheiten nach Pflugfurche können zwar auf leichten bis mittleren Böden durch Einsatz des Feingrubbers bzw. von Eggenkombinationen eingeebnet werden, jeder zusätzliche Arbeitsgang schafft jedoch, vor allem auf frisch gepflügtem, relativ feuchtem Boden, schädliche Pressungen in Form von unkontrolliert über die Fläche verlaufenden Radspuren.

## 2.3. Wende- und Mischeffekte der Werkzeuge sowie Bodentransport bei der Bearbeitung

Der Scharpflug wendete den Boden vollständig, die einzelnen Furchenbalken wurden jedoch nicht durchmischt (Bild 4). Die relativ geringfügige Verlagerung des Bodens, sowohl zur Seite als auch nach vorn, führte ohne Verschiebungen im Furchenbalken zum gleichmäßigen Ablegen der einzelnen Pflugbalken. Die oberste Krumschicht und auf der Bodenoberfläche liegende Substanzen legte der Scharpflug zusammenhängend auf einem relativ kleinen Querschnitt der Furchensohle ab (Bild 5).

Der Kreiselflug wendete den leichten Boden ebenfalls ausreichend gut (Bild 6).

Der Wendevorgang erfolgte aber auf andere Art und Weise als beim Scharpflug. Die einzelnen Bodenschichten werden von den Messerwerkzeugen nacheinander von oben nach unten abgetragen und in umgekehrter Reihenfolge wieder übereinander gelagert. Der Vorteil dieser Arbeitsweise ist das

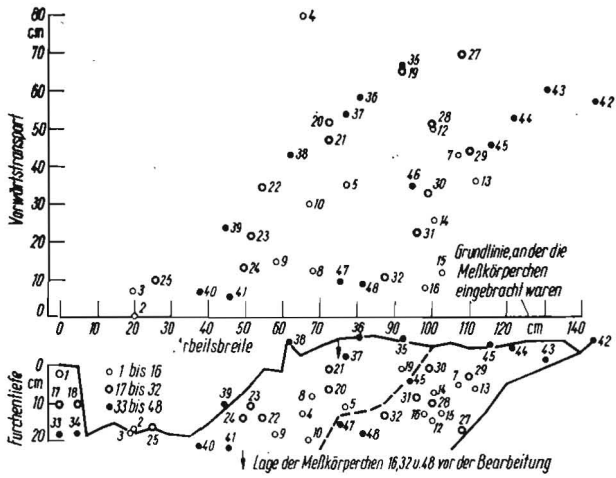


Bild 4. Einlagerung von Meßkörpern durch einen zweifurchigen Scharpflug mit Vorschälern (6,5 km/h).

Im unteren Teil der Abbildung ist die Lage der Meßkörper nach der Bearbeitung sichtbar (Seitenansicht). Ganz links ist zu erkennen, daß 5 Körperchen nicht vom Pflug erfaßt worden sind. Die durchgezogene Linie gibt das Relief von Pflurfurche und Furchenrücken nach der Bearbeitung an, während die gestrichelte Linie die Grenze zwischen dem ersten und zweiten Pflugbalken andeutet. Im oberen Bildteil ist die Verteilung der gleichen Meßkörper in horizontaler Lage veranschaulicht (Draufsicht).

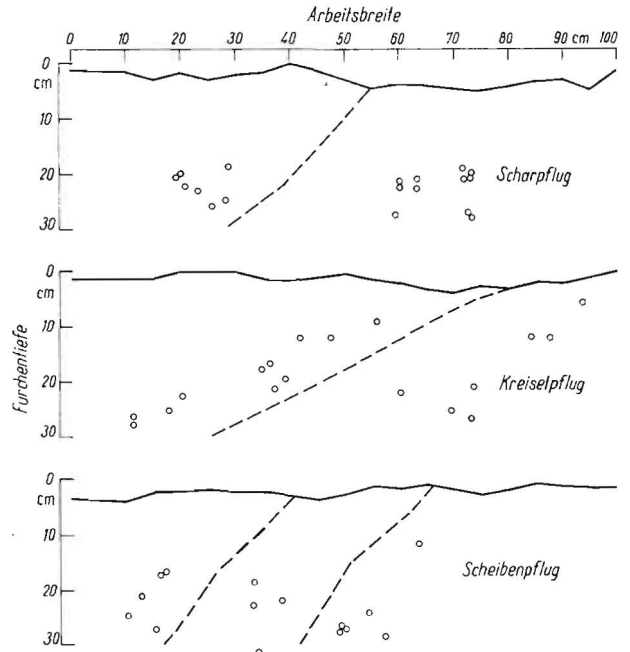


Bild 5. Einlagerung auf der Bodenoberfläche ausgelegter Meßkörper durch verschiedene Grundbodenbearbeitungswerkzeuge (6,5 km/h)

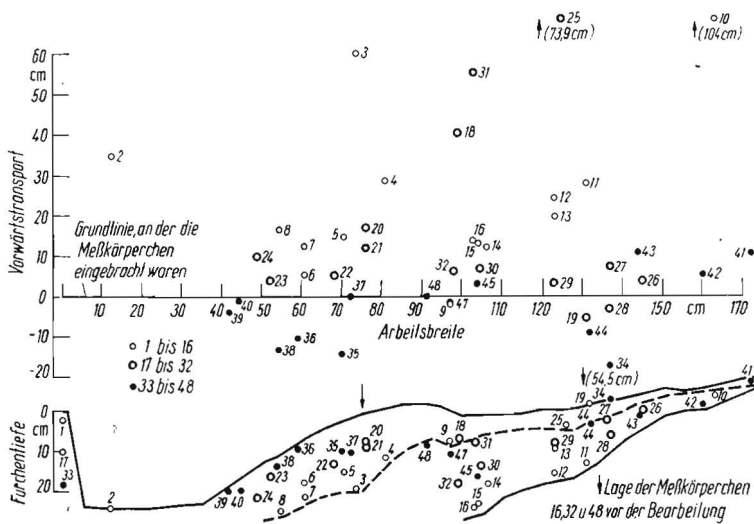


Bild 6. Einlagerung von Meßkörpern durch einen zweifurchigen Kreiselpflug (6,5 km/h)

gleichzeitige intensive Vermischen des Bodens. Die Mischwirkung wird noch dadurch vergrößert, daß die Bodenteile aus den 35 cm breiten Furchenbalken auf einer Breite von 70 bis 90 cm verteilt werden. Durch diesen Effekt war der Seitwärtstransport des Bodens um etwa 30 cm größer und die Furchenräumung breiter als beim Scharpflug, der Vorwärtstransport dagegen ungefähr gleich.

Auf der Bodenoberfläche ausgelegte Meßkörper wurden vom Kreiselpflug am besten in den Boden eingemischt (Bild 5). Quer zur Arbeitsrichtung war die Verteilung etwa gleichmäßig.

Der Wendeeffekt des Scheibenpfluges war völlig unzureichend (Bild 7).

Die geringe Arbeitsbreite der Scheiben führte im Vergleich zum Scharpflug zu einem besseren Durcharbeiten des Bodens und Einmischen auf der Oberfläche ausgebrachter Substanzen (Bild 5). Die Tiefenlage und das zusammenhängende Ablegen der als Meßkörper verwendeten Samen [4] war in den einzelnen Furchen ähnlich wie beim Scharpflug. Der Mischeffekt des Kreiselpfluges wurde aber nicht erreicht. Der Vorwärtstransport des Bodens durch die Scheiben war

durchschnittlich um 80 bis 100 cm, der Seitwärtstransport um ungefähr 20 cm größer als beim Scharpflug.

Von der flach arbeitenden Scheibenegge wurde die oberste Krumenschicht nicht gleichmäßig abgetrennt und durchgearbeitet. Die Verteilung auf der Bodenoberfläche ausgebrachter Meßkörper war nach der Bearbeitung sehr ungleichmäßig, denn in der Mitte des bearbeiteten Streifens lag nach Durchgang des Gerätes fast die doppelte Anzahl Meßkörper wie an den Rändern (Bild 8).

Bei der Bearbeitung mit der Spatenrollegge traten diese negativen Erscheinungen nicht auf (Bild 9).

Die Scheibenegge sollte daher nicht zum Einarbeiten mineralischer und anderer Dünger eingesetzt werden. Zum Einmischen und Verteilen größerer Düngermengen in den gesamten Krumenbereich erscheint der Kreiselpflug anhand der Untersuchungen zweckmäßiger als der Scharpflug, da die Substanzen besser in den Boden verteilt werden. Zum flachen Einmulchen von Mineraldünger und organischem Material sind eine Pflug-Fräskombination, die Spatenrollegge und Scheibenpflüge besser geeignet als die Scheibenegge. Trotz der höheren Arbeitsproduktivität und geringeren Störanfälligkeiten ist der Einsatz der z. Z. in der Praxis

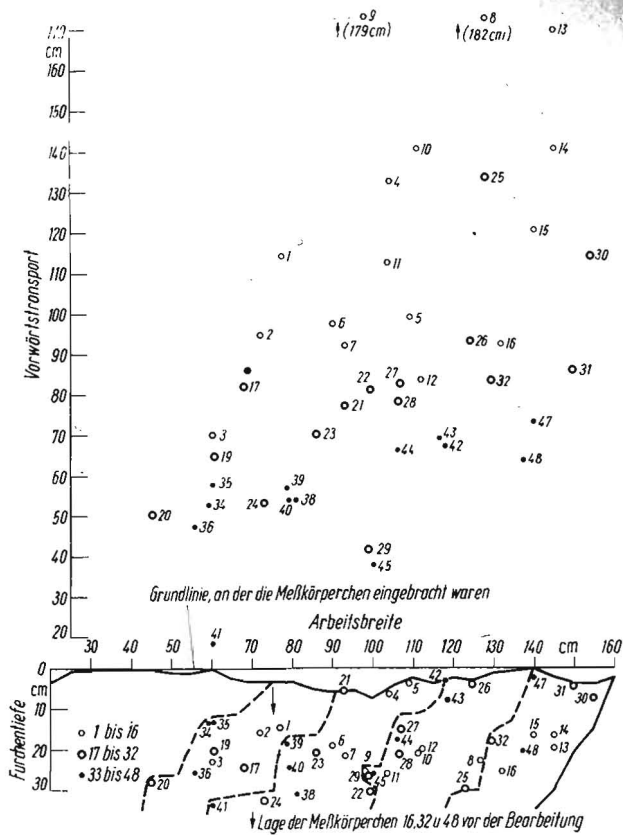


Bild 7. Einlagerung von Meßkörpern durch einen dreifurchigen Scheibenpflug (6,5 km/h). Wegen geringer Arbeitsbreite wurden mit dem Scheibenpflug zwei Durchfahrten nebeneinander durchgeführt. Aus diesem Grunde ist links keine Furche zu sehen, und es sind 4 Pflugbalken angedeutet.

Tafel 1. Lockerungseffekt verschiedener Pflugkörperformen in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit in %

Arbeitsgeschwindigkeit	Z-Körper	sowjetischer Schnellpflugkörper	25-H-8-Körper
4 km/h	27	28	19
8 km/h	24	22	17
12 km/h	24	19	16

vorhandenen Scheibenwerkzeuge zur Grundbodenbearbeitung, auch in Kombination mit der Saatbettbereitung infolge der unbefriedigenden Einebnung und vor allem der fehlenden Bodenwendung, die zu starker Verunkrautung führt, abzuweichen.

#### 2.4. Einfluß erhöhter Pfluggeschwindigkeiten beim Einsatz unterschiedlicher Pflugkörperformen auf einige Bodenparameter

Bei den drei verwendeten Pflugkörperformen wurde bei erhöhten Pfluggeschwindigkeiten infolge der größeren Bodenbeschleunigung jeweils ein geringerer Lockerungseffekt festgestellt (Tafel 1).

Der Einsatz des Schnellpflugkörpers 25-H-8 führte bei allen Geschwindigkeiten zu einem geringeren Lockerungseffekt gegenüber dem sowjetischen Schnellpflug- und dem Z-Standardkörper. Die gemessenen Unterschiede waren aber nicht si-

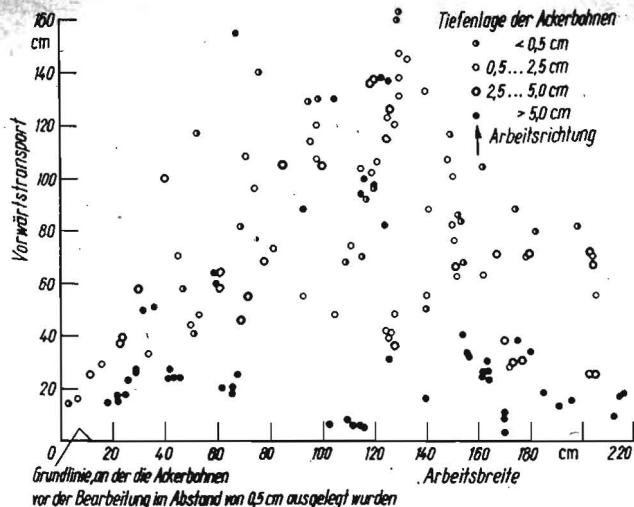


Bild 8. Verteilung auf der Bodenoberfläche ausgelegter Meßkörper nach Bearbeitung mit der Scheibenegge (7,5 km/h)

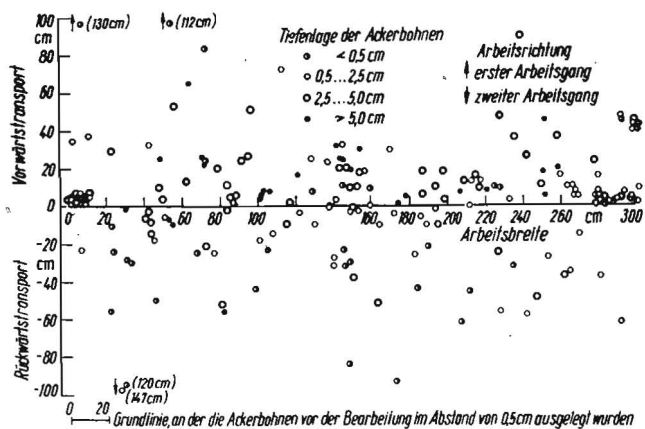


Bild 9. Verteilung auf der Bodenoberfläche ausgelegter Meßkörper nach Bearbeitung mit der Spatenrolle (12 km/h)

gnifikant. Durch den größeren Seitentransport des Bodens war gleichzeitig die Furchenräumung verbessert.

Die Oberflächengestaltung war nach dem Pflügen mit Geschwindigkeiten von 8 km/h ebener und nicht so rau wie bei 4 km/h Arbeitsgeschwindigkeit. Bei 12 km/h trat vor allem bei dem für diese Geschwindigkeit ungeeignetem 30Z-Körper ein ungleichmäßiges Ablegen des Bodens ein, und größere muldenartige Vertiefungen waren die Folge.

Auch die Aggregatgrößenverteilung wurde von der Körperform und Arbeitsgeschwindigkeit beeinflusst (Tafel 2).

Während bei der niedrigen Geschwindigkeit der Schollenanteil bei beiden Körperformen in allen drei Tiefen etwa gleich war, nahm der Schollenanteil in 15 bis 25 cm Tiefe besonders auf feuchtem, bindigem Böden beim Z-Körper vor allem bei 8 km/h und beim 25-H-4-Körper bei 12 km/h stark zu, wobei jedoch in der mittleren und unteren Krumschicht ein geringerer Anteil festgestellt wurde als in der oberen. In 5 bis 15 cm Tiefe stieg der Schollenanteil nach Einsatz beider Körper bei 8 und 12 km/h gegenüber 4 km/h in gleichem Maße an, an der Oberfläche wurde er geringer.

Tafel 2. Einfluß von Pfluggeschwindigkeit und Körperform auf die Schollenbildung (Anteil der Schollen >30 mm in %)

Arbeitsgeschwindigkeit km/h	0...5		5...15		15...25	
	25-H-4-Körper	Z-Körper	25-H-4-Körper	Z-Körper	25-H-4-Körper	Z-Körper
4	22	18	5	5	5	5
8	29	16	14	11	9	9
12	20	15	13	12	22	10

## 3.4. Meßgeräte für Geräusch- und Schwingungsuntersuchungen

Bei der Messung von Schwingungen (und den oft daraus resultierenden Geräuschen) bedient man sich bereits der vorgestellten Meßprinzipien für die Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsmessung. Da der Schwingweg hierbei auf eine bestimmte Amplitude begrenzt bleibt, ergeben sich gewisse Vereinfachungen einerseits und zum anderen kann man die mathematischen Umrechnungen benutzen.

Da es sich hierbei um echte dynamische Messungen handelt, muß man auf das Verhalten — beginnend bei den Meßwertaufnehmern bis zu den Auswerteinrichtungen — achten, um Fehler zu vermeiden. Besonders auch unter diesen Gesichtspunkten sollen die Verfahren nochmals dargelegt werden. Bedeutung haben für diesen Zweck natürlich elektrische Verfahren, aber es gibt hierfür auch einige recht weit entwickelte mechanische Meßgeräte mit Registrierung, die noch genannt seien. Zur Schwingweganalyse hat sich der Tastograf recht gut bewährt, er gestattet es, durch Zwischenschalten von Getriebenen Wege von 0,0025 mm bis 20 mm auf Wachspapieren, die durch federgetriebene oder elektrisch getriebene Laufwerke bewegt werden, aufzuzeichnen. Die obere Grenzfrequenz für eine fehlerfreie Abbildung wird mit 250 bis 300 Hz angegeben. Die Dynamik läßt sich durch Annahme einfacher Feder-Masse-Systeme annähernd erfassen, auf Einzelheiten kann hier nicht weiter eingegangen werden, es sei auf die Fachliteratur verwiesen [20] [21].

Ähnlich aufgebaut, aber noch mit vielen Zusatzeinrichtungen ausgerüstet, ist die Universalmeßeinrichtung der Metallwerker KG Meerane. Für den rauen praktischen Betrieb sind derartige Meßeinrichtungen nicht immer

geeignet und die Dynamik ist vielfach nicht ausreichend (Eigenfrequenzen liegen schon bei einigen Hz), so daß auch diese Geräte an Bedeutung verloren haben.

Wenden wir uns den elektrischen Meßverfahren zu. Die ältesten arbeiten mit piezoelektrischen Beschleunigungsmeßgebern und hierzu entwickelten Verstärkern bzw. direkt hierfür vorgesehenen Schwingungsmeßplätzen. Sie haben entsprechende Ausgänge für Meßschleifen- und Filteranschluß (600 Ohm) und sind mit Effektivwertmessern und Kathodenstrahloszilloskopen zum Auswerten ausgerüstet.

Da beim piezoelektrischen Effekt entsprechend einer mechanischen Belastungsänderung eine proportionale Ladungsmenge erzeugt wird, ist bei der Messung der ladungsbedingten Spannung einiges zu beachten. Da jeder Meßvorgang mit Verbrauch von Energie verbunden ist, wird auch bei der Messung der Ladung proportionale Spannung auf einem Kondensator eine bestimmte Ladungsmenge verbraucht (d. h. die Messung ist also nicht rückwirkungsfrei!). Bei der Schwingbewegung werden jedoch im Gegensatz zu statischen Messungen bei jedem Lastwechsel neue Ladungen erzeugt. Eine seismische Masse erzeugt die Lastwechsel, die den Trägheitskräften bei Beschleunigungen entsprechen. Es gilt nun darauf zu achten, daß die Schwingfrequenz höher ist als die Geschwindigkeit des Ladungsabfalls, das ist gewährleistet, wenn die Zeitkonstante  $\tau = RC$  viel größer ist als die Schwingungsdauer  $T = 1/f$ . Hierbei ist  $R$  die Größe des resultierenden Widerstands und  $C$  die resultierende Schaltkapazität entsprechend Bild 27 und  $f$  die Frequenz der untersuchten Schwingung. Es gibt somit eine durch den Geber und das Gerät bedingte untere Grenzfrequenz, oberhalb der erst fehlerfrei gemessen werden kann. Eine obere Grenzfrequenz ergibt sich aus dem Schwingungsverhalten der Geber. Solange die Ladung proportional der Kraft der seismischen Masse und damit der Beschleunigung ist, haben wir es mit einem echten Beschleunigungsgeber zu tun.

Da die seismische Masse mit ihrer Befestigung, die ja elastisch ist, ein Schwingungssystem darstellt, gilt der Zusammenhang  $U_M = Kma$  nur unterhalb der Eigenresonanz

$$f_e \approx \sqrt{\frac{1}{mc}}$$

wenn  $c$  die Federsteife der Aufhängung der Masse ist. Die Resonanzfrequenz als obere Frequenzgrenze und die untere Frequenzgrenze aufgrund des Isolationswiderstands werden vom Hersteller angegeben. Die Frequenzgrenzen können jedoch auch durch die weiteren Meßeinrichtungen bestimmt sein. Da ist zunächst der notwendige Verstärker mit seinem endlichen Eingangswiderstand  $R_e$ . Um diesen Widerstand recht hoch zu halten und um eine niederohmige Registrierung aussteuern zu können, sind für diese Aufgaben bestimmte elektronische Baustufen im Verstärker üblich,

\* Sektion Landtechnik der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)

<sup>1</sup> Teil I H. 5, S. 223; Teil II H. 6, S. 291; Teil III H. 7, S. 338; Teil IV H. 8, S. 382; Teil V H. 9, S. 432

(Schluß von Seite 535)

Das Luftvolumen der bearbeiteten Schicht wurde sowohl durch den Z- als auch durch den 25-H-8-Körper bei einer Pfluggeschwindigkeit von 12 km/h gegenüber 4 km/h verringert. Während es jedoch beim Z-Körper um etwa 9 Prozent abnahm, betrug die Verringerung beim 25-H-8-Körper nur  $\approx 5$  Prozent. Das Feuchtevolumen war nicht eindeutig beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen, daß sich eine erhöhte Arbeitsgeschwindigkeit beim Einsatz spezieller Pflugkörperformen vorteilhaft auf die Bodenlagerung und Oberflächengestaltung einer Saatzfurche auswirken kann. Es wird jedoch gleichzeitig deutlich, daß höhere Fortschrittsgeschwindigkeiten eine bessere Krümelung des Bodens durch den eintretenden Sortiereffekt vortäuschen können. Die für das Pflügen mit erhöhten Geschwindigkeiten zu entwickelnden Pflugkörperformen müssen auch bei 10 bis 12 km/h die gleichen Arbeitseffekte erreichen wie die Standardkörper bei der bisher in der Praxis üblichen Fortschrittsgeschwindigkeit von 5 bis 7 km/h.

## Literatur

- [1] BOSSE, O. / R. HERZOG / K. SEIDEL: Einarbeitung von Stroh und Pflanzenmaterial mit verschiedenen Werkzeugen. Dtsch. Agrartechnik, 20 (1970), H. 2, S. 92 bis 95
- [2] BOSSE, O.: Untersuchung der Arbeit verschiedener Bodenbearbeitungswerkzeuge auf anlehmigem Sandboden. Dissertation, Berlin (1969)
- [3] FEUERLEIN, W.: Die Beurteilung des Pflügens. Landbauforsch. Völkensrode 16 (1966), H. 1, S. 31 bis 36
- [4] BOSSE, O. / R. HERZOG / K. SEIDEL: Untersuchung der Arbeitseffekte verschiedener Bodenbearbeitungswerkzeuge. Albrecht-Thaer-Archiv, 14 (1970), H. 7, S. 677 bis 690 A 7989

Bild 27. Schaltbild einer piezoelektrischen Meßeinrichtung zur Bestimmung der Zeitkonstanten des Ladungsabfalls: a Geber, b Leitung, c Meßgeräteingang

