

# Laboreinrichtung zur Untersuchung von Bodenbearbeitungswerkzeugen

Dipl.-Ing. H. Streitenberger/Dr. agr. Dipl.-Ing. J. Reich/Dipl.-Landw. C. Mäusezahl  
Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR, Bereich Jena

Die umfassende standortspezifische Beurteilung von Werkzeugen und Geräten für die Bodenbearbeitung und -melioration ist sowohl an komplexe bodenphysikalische, biologisch-chemische und pflanzenbauliche als auch an landtechnische Untersuchungen gebunden.

Zur effektiven Durchführung wissenschaftlicher Grundlagenuntersuchungen wurde Ende 1986 im Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Jena, eine Laboreinrichtung geschaffen, die zur Prüfung neuer bodenbearbeitender Werkzeuge bzw. Werkzeugkombinationen und zur Untersuchung werkzeugspezifischer Auswirkungen auf den Boden geeignet ist. Die neue Anlage ist mit niedrigem Energie- und Materialaufwand ganzjährig nutzbar. Sie soll durch eine spezielle Aufbereitung des Modellbodens gute Voraussetzungen zur Einstellung definierter, reproduzierbarer Dichte- und Feuchteverhältnisse bieten und somit aus einer umfangreichen Palette von Untersuchungsvarianten die Ermittlung von Vorzugslösungen für die konzentrierte Felderprobung ermöglichen.

Obwohl zahlreiche mathematische Modellbeziehungen zur Optimierung von Bodenbearbeitungswerkzeugen vorliegen, bereitet die Verallgemeinerung von Untersuchungsergebnissen mit verkleinerten Modellwerkzeugen erhebliche Schwierigkeiten. Dementsprechend wird bei der Durchführung der Experimente zur Ermittlung der Wechselwirkungen zwischen Betriebs-, Konstruktions- und Stoffparametern vornehmlich auf die Verwendung von Werkzeugen in Originalgröße orientiert.

## 1. Prinziplösung der Laboreinrichtung

Nach Recherchen [1, 2, 3, 4] haben viele bekannte Forschungseinrichtungen für die Entwicklung bodenbearbeitender Werkzeuge und Geräte Bodenrinnen mit unterschiedlichem technischen Lösungsprinzip installiert (Tafel 1). Für Anlagen mit ebener Oberfläche eignen sich kreisförmige oder gerade Boden-

rinnen. Die kreisförmige Bodenrinne realisiert über der Arbeitsbreite eines Werkzeugs einen unterschiedlichen Geschwindigkeitsverlauf, der einerseits zu einer differenzierten Werkzeugbeanspruchung und andererseits zu schwer definierbaren seitlichen Kräfteinwirkungen auf das Werkzeug bzw. auf den Boden führt. Sie ist aufgrund ihres kontinuierlichen Betriebsverhaltens vornehmlich für Verschleißuntersuchungen an Bodenbearbeitungswerkzeugen geeignet. Die gerade Bodenrinne bietet dagegen besonders im Hinblick auf geschwindigkeitsabhängige Kraft- und Momentenmessungen an verschiedenartigen Bodenbearbeitungswerkzeugen deutliche Vorteile.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus

der Weltstandsanalyse und der betrieblichen Restriktionen wurden u. a. folgende Anforderungen an die technische Lösung gestellt:

- Untersuchung von Prüfwerkzeugen in Modell- und Originalgröße
- Messung der Horizontal- und Vertikalkraft
- maximale Zugkraft von 10 kN
- stufenlose Einstellung der Arbeitsgeschwindigkeit im Bereich von 0,3 bis 1,65 m/s
- hoher Mechanisierungsgrad der Bodenaufbereitung
- Anpassung der Anlage an die vorhandene Bauhülle.

Der prinzipielle Aufbau einer geraden Bodenrinne ist durch einen Bodenkanal und einen darüber auf Schienen beweglichen Meß-

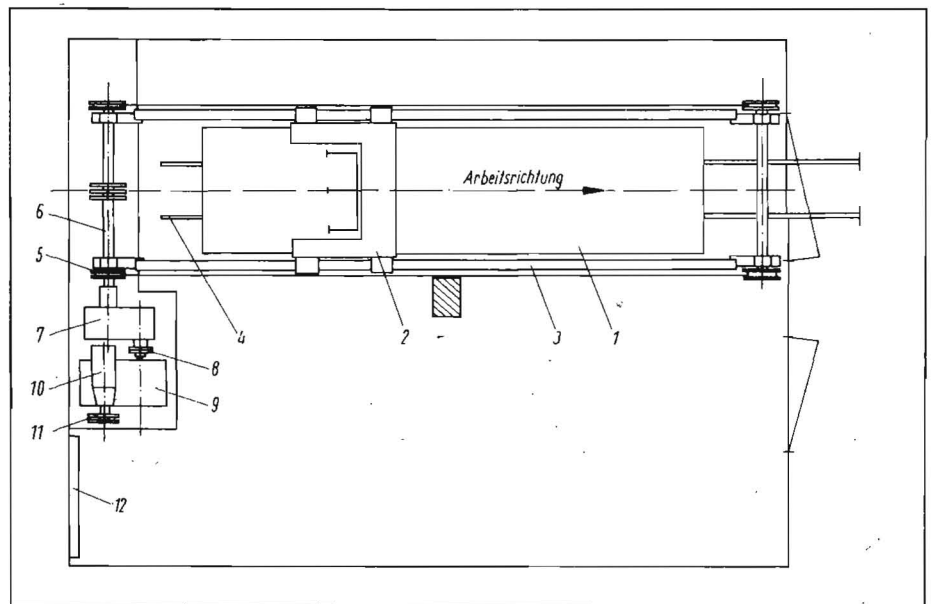


Bild 1. Übersichtsdarstellung der Laboreinrichtung;

- 1 Bodenbehälter, 2 Meßwagen, 3 Laufschiene, 4 Schienenbahn, 5 Seilscheibe, 6 Kettenradwelle, 7 Stirnradwelle, 8 Kupplung, 9 Schaltgetriebe, 10 Getriebemotor, 11 Keilriemenscheibe, 12 Elektroanlage

Tafel 1. Bodenrinnenanlagen

		Forschungseinrichtung			ONIMTSEL MASCh Sofia (Bulgarien)	VISChOM Moskau (UdSSR)	VÜZS Prag (ČSSR)	TU Dresden (DDR)	ONIIMESCh Minsk (UdSSR)	NTML Auburn (USA)	JAM Konosu (Japan)	NIAE <sup>1, 2)</sup> Silsoe (England)	
		RISChM Rostow (UdSSR)	VNIIMESCh Zernograd (UdSSR)	FAL Völknerode (BRD)									
Antriebsleistung	kW	16	30	30	30	40	18,5	20	28	k. A.	k. A.	20	
max. Geschwindigkeit	km/h	15	20	11,8	12	20	13	15	14,3	k. A.	k. A.	20	
Kanalanzahl													
- Freiland										11	6	k. A.	
- Laborhalle		1	2	1	1	1	1	1	1	2	k. A.	k. A.	
Kanallänge	m	20	36/28	16,5	49	60	40	28	41,2	75	45	3,5	
Kanalbreite	m	2	2,1/1,5	2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,85	6	4,5	0,7/0,86	
Antriebsprinzip		geschlossener Zwei-Seil-Zug				selbstfahrend Kraftschluß			Formschluß	Kraftschluß		Formschluß	
Geschwindigkeitsänderung		stufenlos				in Stufen		stufenlos	in Stufen		k. A.	k. A.	stufenlos

k. A. keine Angaben

1) Stafford, 1979, 2) Bodenbehälter (Containerprinzip)

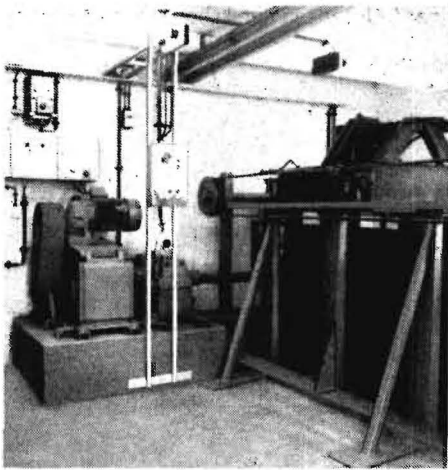


Bild 2. Antriebseinheit und Übertragungsmechanismus

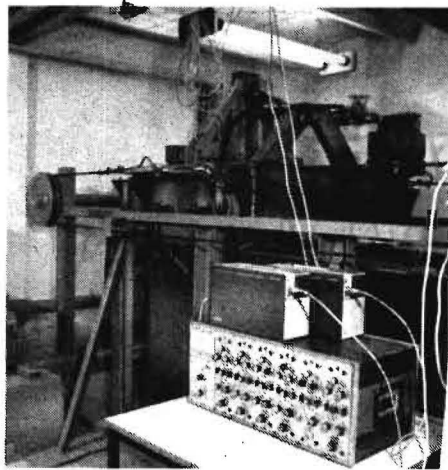


Bild 4. Meßwagen und meßtechnische Einrichtung

wagen mit Werkzeugträger gekennzeichnet. Aus den bekannten Antriebsprinzipien für den Meßwagen wurde der geschlossene Zwei-Seil-Antrieb ausgewählt [2].

Er bietet gute Voraussetzungen für die Hin- und Rückfahrt des Meßwagens bei Erhaltung des notwendigen Freiraumes für weitere Mechanisierungselemente.

Unter besonderer Berücksichtigung des geringen Platzbedarfs wurde in Anlehnung an eine Lösung des englischen National Institut of Agricultural Engineering Silsoe [3, 4] dem Containerprinzip der Vorzug gegeben, bei dem sich der Meßwagen oberhalb eines transportablen Kleinstbodenbehälters befindet.

## 2. Charakteristik der Gesamtanlage

### 2.1. Laboreinrichtung

#### 2.1.1. Bodenbehälter

Der Bodenbehälter (Abmessungen 5000 mm × 1100 mm × 850 mm) ist auf dem Fahrgestell eines Schienenfahrzeugs befestigt und kann nach Bedarf über einen Gleiskörper aus dem Laborraum gefahren werden (Bild 1). Während die Seitenwände des Bo-

denbehälters aus 50 mm dicken, in U-förmigen Stützen geführten Holzbohlen bestehen, sind die Stirnwände zum ungehinderten Ein- und Ausfahren der Werkzeuge als abnehmbare geschlitzte Bleche ausgeführt.

#### 2.1.2. Antriebseinheit

Die meisten Anlagen realisieren den Antrieb des Meßwagens mit Hilfe eines Gleichstrommotors in direkter Verbindung mit der Getriebeeinheit. Bei dieser Lösung benötigt der Meßwagen bis zum Erreichen der Nenndrehzahl des Gleichstrommotors eine bestimmte Anlauf- und - nach Beendigung des Meßvorgangs - eine entsprechende Bremsstrecke. Beide Vorgänge begrenzen die meßtechnisch nutzbare Länge einer Bodenrinne. Aufgrund des geringen Platzangebots war ein Lösungsprinzip zu wählen, bei dem die Antriebseinheit aus einem Wechselstrom-Getriebemotor (verfügbare Baugruppe mit  $n = 400 \text{ min}^{-1}$ ), einem stufenlos regelbaren Kettengetriebe, einem Stirnradgetriebe und einer zwischen den Getrieben gelagerten Einflächen-Reibscheibenkupplung mit Federdruckbremse besteht (Bilder 1 und 2). Abgestimmte Übersetzungsverhältnisse  $i = 2:1$

bzw. 3:1 zwischen Getriebemotor und Kettengetriebe gewährleisten Arbeitsgeschwindigkeiten des Meßwagens von 0,3 bis 1,65 m/s (1 bis 6 km/h). Bis zum Erreichen der Nenndrehzahl bleiben beide Getriebe durch die Kupplung voneinander getrennt. Erst durch Zuschaltung der Kupplung versetzen zwei starre Seilscheiben über umlaufende Stahlseile den Meßwagen in Bewegung. Die Stahlseile (Durchmesser 16 mm), deren Vorspannung durch Spannschlösser erzielt wird, sind seitlich am Meßwagen befestigt und bewirken durch Drehrichtungsänderung das Fahren in beide Richtungen.

#### 2.1.3. Meßwagen

Der Meßwagen wird auf beidseitig neben dem Bodenbehälter platzierten Laufschiene geführt. Er besteht aus einem U-förmigen Grundrahmen, in dessen Innenraum eine Vorrichtung zum Dreipunktanbau des Meßdreiecks mit Prüfwerkzeug installiert ist (Bild 3). Diese Vorrichtung ist über drei gleich lange, im Dreieck angeordnete Hebelarme hydraulisch höhenverstellbar (maximale Hubhöhe 435 mm). Sie ermöglicht eine stufenlose Einstellung der Arbeitstiefe unter Beibehaltung des vorgegebenen Werkzeugwinkels. Seitlich am Meßwagen angebrachte Distanzrollen verhindern ein Verklemmen der Räder und gewährleisten somit einen ruhigen Lauf.

#### 2.1.4. Meßtechnik

Landtechnische Messungen müssen Aussagen über den Leistungsbedarf von Werkzeugen bzw. Werkzeugkombinationen liefern und gleichzeitig ihre Auswirkungen auf den Boden verdeutlichen.

Zur Messung der zwei am Prüfwerkzeug angreifenden Kräfte [5] kommt ein Meßdreieck mit elastischen Verformungskörpern (Ringkörper) als primäre Kraftmeßfühler zum Einsatz (Bild 3). Die daran angebrachten Halbleiter-Dehnmeßstreifen wurden so in elektrische Vollbrücken geschaltet, daß zwischen den auftretenden Kräften und Momenten keine Beeinflussung erfolgt. Das Meßdreieck

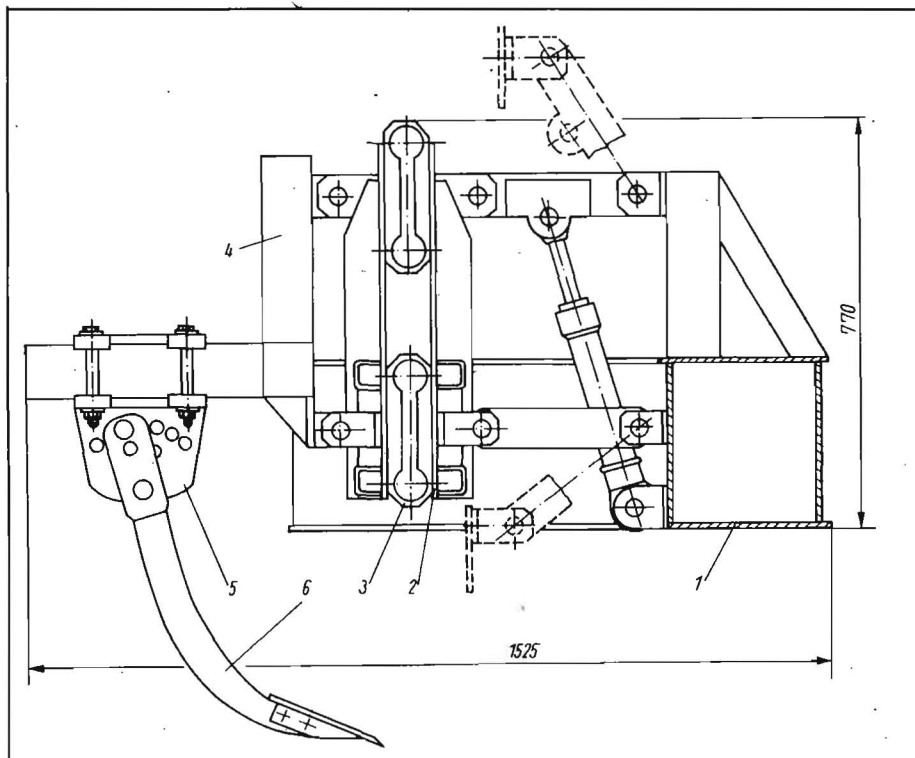
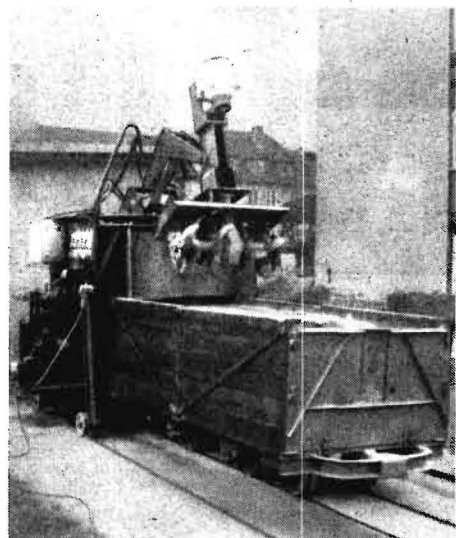


Bild 3. Meßwagen mit Meßdreieck und Prüfwerkzeug;  
1 Grundrahmen mit Dreipunktanbau, 2 Meßdreieck, 3 Kraftmeßfühler, 4 Anbau-rahmen, 5 Werkzeugträger, 6 Prüfwerkzeug

Bild 5. Bodenbehälter sowie Aufbereitungswagen mit Fräse und Vibrationsplatte in Arbeitsstellung



kann somit unabhängig vom Kraftangriffspunkt in x- und y-Richtung Kräfte von rd. 10 kN aufnehmen. Die Kraftmeßfühler sind durch Meßkabel, die über ein seitlich oberhalb des Bodenbehälters gespanntes Drahtseil geführt werden, mit einem Mehrkanalmeßgerät und zwei Schnellschreibern verbunden (Bild 4).

Zur Ermittlung der Arbeitsgeschwindigkeit wird für eine vorbestimmte Meßstrecke, in der eine annähernd gleichbleibende Vorschubgeschwindigkeit des Meßwagens vorliegt, die Zeit elektrisch aufgenommen. Für die Feuchte- und Dichtebestimmung des Modellbodens kommen herkömmliche Verfahren mit Kleinstbodenbehältern und Stechzylindern zur Anwendung.

Die Arbeitseffekte der zu untersuchenden Bodenbearbeitungswerkzeuge werden meßtechnisch ermittelt (z. B. Profilgeometrie) oder bei Bedarf fotografisch aufgenommen.

## 2.2. Boden und Bodenaufbereitung

Für die Durchführung experimenteller Untersuchungen in Bodenrinnen wird ein Modellboden benötigt, der einerseits die Herstellung homogener, leicht reproduzierbarer Bodenzustände gewährleistet und zum anderen gewisse Merkmale des natürlichen Standortes verkörpert.

Durch Verwendung eines derartigen Bodens läßt sich der Grad der Abstraktion begrenzen und somit die Übertragung der erzielten Ergebnisse auf natürliche Standortbedingungen vereinfachen. Für die Lösung der aktuellen Aufgabe war für die Anlage zunächst ein steinfreies Unterbodenmaterial in Form eines tonarmen  $C_{cs}$ -Lößbodens auszuwählen.

Vor jeder Versuchsdurchführung ist der Modellboden aufzubereiten. Dazu gehören sowohl die Auflockerung, die Befeuchtung und Verdichtung des Bodens als auch die Kontrolle des geforderten Bodenzustands. In regelmäßigen Abständen werden Bodenproben entnommen und kurzfristig analysiert.

Der Aufbereitungswagen ist außerhalb des Laborraums stationiert. Er besteht im wesentlichen aus einem fahrbaren Grundgestell, einer Fräse und einer Vibrationsplatte (Bild 5). Die Fräse, die sich hydraulisch heben und senken läßt, wird über ein Drehgestell mit einem zweiteiligen Ausleger auf der Plattform des Grundgestells abgestützt. Ihr Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor (3 kW, 920  $\text{min}^{-1}$ ), der bei einem Übersetzungsverhältnis von 1:3,56 zwischen beiden Baugruppen eine Frästrommeldrehzahl von 258  $\text{min}^{-1}$  realisiert. Die Fräse kann den Bodenkörper schrittweise in der gesamten Breite bis auf den Grund des Bodenbehälters bearbeiten. Dabei wird der abgefräste Boden

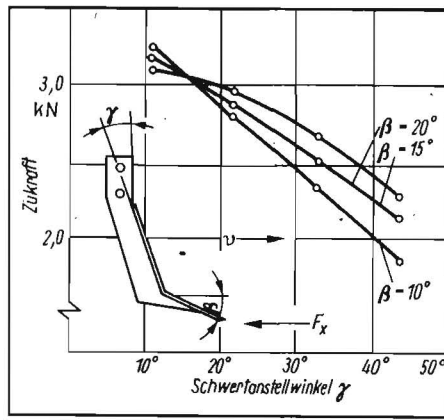


Bild 6. Zugkraftbedarf in Abhängigkeit vom Schwertanstellwinkel  $\gamma$

in den Freiraum hinter der Fräse geschleudert. Nach jedem Fräsvorgang muß der Aufbereitungswagen 20 bis 25 cm vorgefahren werden. Zur wechselseitigen Nutzung des für den Fräsbeginn vorhandenen Freiraums am jeweiligen Behälterende läßt sich die Fräse mit Hilfe der Drehscheibe um 180° verdrehen.

Die Verdichtung des Bodens wird mit einer im Aufbereitungswagen eingebauten Vibrationsplatte vorgenommen. Der über einen Getriebemotor betriebene Aufbereitungswagen gewährleistet unabhängig vom Lockerungsgrad des Bodens eine konstante Vorschubgeschwindigkeit der Vibrationsplatte von 0,083 m/s. Die Vibrationsplatte selbst wird durch einen Elektromotor (3 kW, 3000  $\text{min}^{-1}$ ) in Schwingungen versetzt und verdichtet dadurch den Boden bis in eine Tiefe von 0,4 m.

## 3. Technologie der Werkzeugprüfung

Die Befüllung des Bodenbehälters und die Bodenaufbereitung werden außerhalb der Laboreinrichtung vorgenommen. Dabei ist zu beachten, daß beim Befüllvorgang auf einer Seite des Bodenbehälters ein entsprechender Freiraum verbleibt. Danach erfolgt die vollständige Auflockerung des Modellbodens durch die Fräse. In Verbindung mit dem schrittweisen Vorfahren der Fräse nach jedem Fräsvorgang glättet ein Abstreifer den gelockerten Boden, bevor dieser abschließend durch die Vibrationsplatte verdichtet wird. Die Überfahrt der Vibrationsplatte ist solange zu wiederholen, bis sich die gewünschte Bodendichte einstellt. Die notwendige Anzahl der Überfahrten mit der Vibrationsplatte ist einer Richttabelle mit boden- und feuchteabhängigen Kenndaten zu entnehmen. Nach Beendigung der Bodenaufbereitung wird der Bodenbehälter mit Hilfe ei-

ner Seilwinde in den Laborraum transportiert und dort verankert. Unmittelbar vor der Meßfahrt werden der Meßwagen mit dem Prüfwerkzeug in Ausgangsstellung gebracht, die Arbeitstiefe eingestellt sowie die Antriebseinheit und die Meßtechnik in Betriebsbereitschaft versetzt. Nach Betätigung der Kupplung zieht der Meßwagen das Prüfwerkzeug mit vorgegebener Arbeitsgeschwindigkeit bis zur automatischen Endabschaltung durch den Boden. Das Prüfwerkzeug ist nach der Meßfahrt mit Hilfe der hydraulischen Hebevorrichtung über die Bodenoberfläche auszuheben und in die Ausgangsstellung zurückzuführen. Im Anschluß an die Meßwert-sicherung bzw. -aufnahme erfolgt die Vorbe- reitung der nachfolgenden Bodenaufberei- tungsmaßnahme.

## 4. Funktionsüberprüfung

Zur funktionellen Überprüfung und Eignung der Laboreinrichtung für Untersuchungen zu bodenbearbeitenden Werkzeugen wurde ein einfaches Hobelwerkzeug mit Schar- und Schwertplatte (Tafel 2) zur Lockerung des verdichteten Bodens eingesetzt.

Der „Modellboden“ wies, unabhängig von der Anzahl der Aufbereitungsgänge, nur geringe Abweichungen in der Korngrößenzusammensetzung auf (Tafel 3).

Trotz der Vielzahl von Bearbeitungsgängen waren in ausreichendem Maß unregelmäßige Bodenkrümel dominant, so daß bodenstrukturell günstige Voraussetzungen zur Wiederherstellung der geforderten Bodendichte und -feuchte vorlagen. Mit einer durchschnittlichen Feuchte  $\bar{w} = 13\%$  und einer Dichte  $\rho_d = 1,8 \dots 1,5 \text{ g/cm}^3$ , bis auf eine Tiefe von 35 cm nach unten abnehmend, entsprachen diese Bedingungen verdichtem Unterboden.

Erst bei morphologischen Veränderungen des „Modellbodens“, die zu nicht gewollten Krümelstrukturen mit immer gleichen geometrischen Formen führen (z. B. kugelförmige Krümelverbindungen), ist das Boden-substrat für Vergleichsuntersuchungen nicht mehr geeignet.

Zur Veranschaulichung der Arbeitsweise der Laboreinrichtung werden nur die direkt wirkenden Zugkräfte  $F_x$  vorgestellt. Das im Bild 6 dargestellte Ergebnis wurde mit 6 Wiederholungen je Ausgangsgröße erzielt. Dabei beziehen sich die ermittelten Zugkräfte auf die Scharspitze und sind einem zur Meßeinrichtung gehörigen Kraft-Dehnung-Diagramm entnommen.

Der Kurvenverlauf zeigt, daß mit Zunahme des Schwertanstellwinkels  $\gamma$  eine Zugkraftabnahme zu verzeichnen ist. Damit entspricht der Einfluß des Schwertanstellwinkels auf die Zugkraftänderung qualitativ den aus der Literatur [6, 7, 8] bekannten Ergebnissen.

Beim Scharanstellwinkel  $\beta$  besteht dagegen eine umgekehrte Abhängigkeit.

Mit Zunahme von  $\beta$  ist eine Erhöhung des Zugkraftaufwands verbunden.

Tafel 3. Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des Modellbodens

Bodentyp	Tonkorn			Schluffkorn			Sandkorn			Kieskorn		
	0,002 mm	0,002 ... 0,006 mm	0,006 ... 0,02 mm	0,02 ... 0,06 mm	0,06 ... 0,2 mm	0,2 ... 0,6 mm	0,6 ... 2 mm	2 ... 6 mm	6 ... 20 mm	20 ... 60 mm	60 ... 200 mm	> 200 mm
tonarmer Schluff-Lehm, steinfrei	12,9	4,4	12,2	27,5	32,2	8,1	2,6	1,9	-	-	-	-
Bodenzustand unbehandelt	12,9	4,4	12,2	27,5	32,2	8,1	2,6	1,9	-	-	-	-
behandelt	13,3	4,9	15,6	25,5	28,0	9,6	3,0	1,3	-	-	-	-
30 Aufbereitungsgänge	12,3	5,2	14,5	28,9	26,7	9,5	2,9	1,5	-	-	-	-
70 Aufbereitungsgänge	12,0	4,8	14,7	26,7	30,4	8,5	2,9	1,7	-	-	-	-

Tafel 2. Werkzeug- und Betriebsparameter

Werkzeugparameter	
Schar- bzw. Schwertplattenbreite	b = 60 mm
Scharlänge	l = 150 mm
Scharanstellwinkel	$\beta = 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$
Schwertanstellwinkel	$\gamma = 11^\circ, 22^\circ, 33^\circ, 44^\circ$
Betriebsparameter	
Arbeitstiefe	t = 200 mm
Arbeitsgeschwindigkeit	v = 3 km/h



## 5. Zusammenfassung

Zur effektiven Durchführung wissenschaftlicher Grundlagenuntersuchungen wurde eine Laboreinrichtung entwickelt, die zur Prüfung neuer bodenbearbeitender Werkzeuge bzw. Werkzeugkombinationen und zur Untersuchung werkzeugspezifischer Auswirkungen auf den Boden geeignet ist. Unter besonderer Beachtung der vorhandenen Bauhülle wurde dem Containerprinzip der Vorrang gegeben.

Charakteristische Ausrüstungsgegenstände der Laboreinrichtung sind die Antriebseinheit mit Wechselstrommotor, Getriebe und Kupplung, der Meßwagen mit dazugehöriger Meßtechnik, der Bodenbehälter und die Aufbereitungstechnik.

Anhand erster Messungen wurde die Funktionssicherheit der Laboreinrichtung nachgewiesen und gleichzeitig die vielseitige An-

wendbarkeit einer Bodenrinne demonstriert.

## Literatur

- [1] Kalk, W.-D.: Die neue Bodenrinnenanlage der TU Dresden. Dt. Agrartechnik, Berlin 21 (1971) 7, S. 337-338.
- [2] Möller, R.: Überlegungen beim Aufbau einer Bodenrinne. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 17 (1967) 5, S. 175-179.
- [3] Stafford, J. V.: A Versatile High-speed Soil Tank for Studying Soil and Implement Interaction (Ein vielseitiger Hochgeschwindigkeits-Bodenbehälter zum Studium der Boden-Werkzeug-Wechselwirkung). Journal of Agricultural Engineering Research, London 24 (1979) 1, S. 57-66.
- [4] Godwin, R. J.; Spoor, G.; Kilgour, J.: The Design and Operation of a Simple low Cost Soil

Bin (Gestaltung und Betrieb eines einfachen Bodenbehälters). Journal of Agricultural Engineering Research, London 25 (1980) 2, S. 99-104.

- [5] Bernhardt, K.: Eine Meßeinrichtung zur Bestimmung von Kräften zwischen Traktor und Arbeitsgerät. Dt. Agrartechnik, Berlin 22 (1972) 5, S. 220-221.
- [6] Schulte, K.-H.: Wissenschaftlich-technische Untersuchungen zur Entwicklung effektiver Geräte und Werkzeuge mit geringem Zugkraftbedarf zur Tieflockerung und gleichzeitigen Einbringung bodenverbessernder Materialien. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Dissertation B 1972.
- [7] O'Callaghan, J. R.: Der Bruchmechanismus des Bodens bei der Bodenbearbeitung. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 17 (1967) 4, S. 187-190.
- [8] Vornkahl, W.: Beitrag zur Gestaltung von zinkenartigen Bodenbearbeitungswerkzeugen. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 17 (1967) 3, S. 95-98.

A 5265

# Zur Anwendung von Nachtropfsicherungen und Kontrolleinrichtungen für Düsen an Pflanzenschutzmaschinen

Dr. sc. agr. K. Berndt, KDT, Institut für Rübenforschung Klein Wanzleben der AdL der DDR  
Dr. agr. A. Jeske, KDT, Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow der AdL der DDR  
Dr.-Ing. D. Artymiak, KDT, VEB Anwendung Mikroelektronik Erfurt

## 1. Problemstellung

Mit der stürmischen Entwicklung der Mikroelektronik gewinnt ihr Einsatz für Kontroll-, Überwachungs- und Steueraufgaben auch in der Landtechnik eine immer größere Bedeutung [1]. Ihre Anpassung an die landwirtschaftlichen Besonderheiten (u. a. Temperatur, Feuchtigkeit, Licht, mechanische Belastungen, Staub als kritische Schwerpunkte der Applikation) gelingt immer besser, und damit werden ihre Verfügbarkeit und ihre Zuverlässigkeit erhöht.

Auch in der Pflanzenschutztechnik nimmt der Einsatz der Mikroelektronik ständig zu, da bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln die Probleme der Quantität und der Qualität zunehmend an Bedeutung gewinnen. Diese Zunahme resultiert hauptsächlich aus einer höheren Ökonomie, aber auch aus der Anforderung des Umweltschutzes.

Hauptursachen für die mangelnde Qualität bei der Ausbringung von Agrochemikalien sind der ungleichmäßige Durchsatz der Einzeldüsen, die Veränderungen des Abstandes zwischen Düsen und Pflanzenbestand, die Veränderungen des Verhältnisses von Agrochemikaliendurchsatz und Fahrgeschwindigkeit sowie die Ungenauigkeiten beim Anschlußverfahren. Dazu gibt es international und national eine Reihe technischer Lösungen. Unabhängig für den effektiven Einsatz der Pflanzenschutzmittel sind das Kalibrieren der Düsen, das Stabilisieren der Ausleger sowie das Anwenden von Spurleitsystemen. International hat sich darüber hinaus der Aufwandmengenrechner in der Pflanzenschutztechnik durchgesetzt [2]. Perspektivisch werden aber auch Verbesserungen an den Düsen sowie ihre Funktionskontrolle während der unmittelbaren Applikation selbst an Bedeutung gewinnen. Nachfolgend soll auf Nachtropfsicherungen und Kontrolleinrichtungen für Spritzdüsen näher eingegangen werden.

## 2. Nachtropfsicherungen für Spritzdüsen

Beim Einsatz der Pflanzenschutzmaschine kommt der exakten Einhaltung der Ausbringungsmenge eine besondere Bedeutung zu. Sie ist abhängig von der Düsenanzahl und -größe sowie vom Arbeitsdruck. Entsprechend den spezifischen Anforderungen können sowohl die Düsenanzahl und -größe als auch der Arbeitsdruck verändert werden. Darüber hinaus kann auch die Nachtropf- oder Nachlauf-sicherung die Ausbringungsmenge einer Düse beeinflussen. Einer Nachtropf- oder Nachlauf-sicherung kommt die Aufgabe zu, das Leerlaufen des Leitungssystems bei Arbeitsunterbrechungen (z. B. beim Wenden) zu verhindern. Nachtropf- oder Nachlauf-sicherungen werden deshalb einer jeden Düse vorgeschaltet. Insgesamt wurde eine Reihe technischer Lösungen zur Verhinderung des Nachtropfens bzw. Nachlaufens für Düsen an Pflanzenschutzmaschinen entwickelt.

Bei einer älteren, aber häufig noch heute angewendeten Lösung befindet sich im Düsenstock eine Ventilkugel, die der Spritzdüse vorgeschaltet ist. Durch Federkraft verschließt die Kugel den Zulauf zur Düse, der erst ab einem bestimmten Arbeitsdruck freigegeben wird. Diese federbelasteten Kugelventile sind stör anfällig. Besonders bei Niederdruck-Pflanzenschutzmaschinen und bei der Arbeit mit Suspensionen ist die Schließfunktion beeinträchtigt. Aus diesem Grund werden federbelastete Kugelventile als Nachtropfsicherung in der Pflanzenschutztechnik mehr und mehr verdrängt.

Ähnliche Nachteile wie das federbelastete Kugelventil weist auch der Drallkörper einer Kegelstrahldüse auf, der mit Hilfe eines federbelasteten Kolbens hydraulisch verschoben wird. Der Kolben gleitet in einem kleinen Zylinder, der an die Zuflußleitung der Spritzdüse über einen Zweivegehahn angeschlossen ist. Über den Zweivegehahn wird

der Zylinder wahlweise mit der atmosphärischen Luft bzw. mit der Zuflußleitung verbunden. Der Kolben und mit ihm der Drallkörper können sich dadurch verschieben. Da die Funktionssicherheit dieser Nachtropfsicherung letztlich wiederum von einer Feder beeinflusst wird, kann es Probleme beim sicheren Verschließen der Düse geben.

Eine in der Spritztechnik auch angewendete Lösung besteht aus einem in der Zuflußleitung eingefügten Umschlagventil. An ihm ist die Rückflußleitung angeschlossen, die eine Injektordüse aufweist, deren Sauganschluß ebenfalls zum Umschlagventil führt. Wird nun mit dem Umschlagventil der Flüssigkeitszufluß gesperrt, so strömt das Pflanzenschutzmittel durch die Injektordüse und die Rücklaufleitung zum Behälter zurück. Mit dem Umschalten des Ventils wird gleichzeitig erreicht, daß die Zuflußleitung zu den Düsenrohren mit den Saugstutzen der Injektordüse verbunden wird. Dadurch wird das in den Düsenrohren befindliche Pflanzenschutzmittel abgesaugt. Nachteilig wirkt sich aus, daß beim Einschalten der Spritzmaschine anfänglich eine geringere Ausbringungsmenge ausgebracht wird.

Vereinzelt werden als Nachtropfsicherungen an Düsen von Pflanzenschutzmaschinen Magnetventile angewendet [3], die auf dem Spritzrohr direkt über den Düsenstöcken angebracht werden (Bild 1). Über einen Kabelanschluß wird jedes Magnetventil mit seinem Ventilgestänge und Ventilkörper betätigt. Der Eingang des zugeordneten Düsenstocks ist als Ventilsitz ausgebildet. Dadurch wird der Zufluß des Pflanzenschutzmittels zum Düsenstock freigegeben oder unterbrochen. Jedes Magnetventil ist über seinen Kabelanschluß mit einer Steuereinrichtung verbunden, an der die Bordspannung angelegt ist und die Bedienelemente befestigt sind. Die Schaltzustände der Magnetventile wer-