

Wissenschaftlicher Gerätebau für die landtechnische Forschung

Vom 9. bis 11. November 1988 findet in Potsdam-Bornim eine Fachtagung zum wissenschaftlichen Gerätebau für die Mechanisierungs- und Automatisierungsforschung in der Landwirtschaft statt. Die vom Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft organisierte Vortragsveranstaltung gliedert sich in die Komplexe „Methodisch-technologische Fragen des Geräte- und Musterbaus“ sowie „Geräte- und Experimentiertechnik“. Aus dem zweiten Komplex haben wir einige interessante Beiträge für die Veröffentlichung in diesem Heft ausgewählt.

Zur Untersuchung von Bodenbearbeitungswerkzeugen

Dr.-Ing. H. Domsch/Dipl.-Ing. R.-P. Tressel/Ing. U. Seidenstücker

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Problemstellung

Die Entwicklung von Bodenbearbeitungswerkzeugen allein auf der Basis theoretischer Untersuchungen ist gegenwärtig noch nicht realisierbar. Ergänzende experimentelle Untersuchungen sind und bleiben vorläufig erforderlich. Die Anforderungen an ihre Durchführung wachsen stetig, da nur durch eine hohe Genauigkeit der Messungen die verbliebenen Reserven der weitestgehend optimierten Werkzeuge erschlossen werden können.

Die exakte Bestimmung des Einflusses veränderter Konstruktionsparameter von Werkzeugen bedingt die Einhaltung enger Toleranzgrenzen für die Einstellwerte der Boden- und Betriebsparameter sowie den Einsatz von Meßverfahren und Meßgeräten hoher Genauigkeit zur Ermittlung der Werte der Wirkungs- bzw. Einflußgrößen. Bei Vernachlässigung des Komplexes der Meßverfahrens- und Geräteentwicklung läßt sich die Erfüllung dieser Forderung auf die Lösung folgender Teilprobleme zurückführen:

- Erkennen für die Untersuchungen geeigneter Flächen bzw. Teilflächen, die in bezug auf die Textur und den Bodenzustand relativ homogen sind, oder Bewirtschaften texturhomogener Flächen zur Einschränkung der Bodendichte- und damit der Bodenwiderstandsänderungen
- Erreichen eines hohen Tempos bei der Versuchsdurchführung durch die Nutzung aller Möglichkeiten der statistischen Versuchsplanung zur Vermeidung umfangreicher Meßserien oder durch die Bedeckung bzw. Überdachung der Untersuchungsflächen zur Minderung des Witterungseinflusses, d. h. zur Einschränkung der Änderung des Wassergehalts
- exaktes Führen der Werkzeuge in der Tiefe und Breite sowie Einhalten vorgegebener Geschwindigkeiten
- Vermeiden einer zusätzlichen Belastung des Teiles der Untersuchungsfläche, der für die Folgemessungen benötigt wird.

Die frühen Untersuchungen von Bodenbearbeitungsgeräten und -werkzeugen erfolgten bei üblichen Feldbedingungen unter Nutzung von Tieren und später von Traktoren als Zugmittel. Trotzdem wurden auch schon in diesem Zeitraum mit relativ einfachen Meßgeräten beträchtliche experimentelle Leistungen erreicht. So stützte Gorjačkin [1, 2] die aus der Mechanik abgeleitete und daher allgemeingültige „Rationale Formel“ für den Zugwiderstand von Pflügen bereits in

den zwanziger Jahren durch experimentelle Untersuchungen, die in bezug auf ihren Umfang und auf ihre Genauigkeit bis in die Gegenwart ihre Bedeutung nicht verloren haben.

Ein Durchbruch in der experimentellen Untersuchung von Bodenbearbeitungswerkzeugen wurde mit der Inbetriebnahme des ersten Bodenkanals im Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule München im Jahr 1926 erreicht [3]. Dadurch waren eine einheitliche Bodenvorbereitung möglich und eine unkontrollierte Bodenbelastung ausgeschlossen. Die Geräte zur Bodenvorbereitung und die Versuchseinrichtungen wurden auf den Seitenwänden des Kanals geführt, wodurch gleichzeitig die Werte von Arbeitstiefe und Arbeitsbreite innerhalb enger Toleranzgrenzen gehalten werden konnten. Im Zusammenhang mit der von Marks [4] im Jahr 1926 entwickelten ersten 6-Komponenten-Meßeinrichtung zur Ermittlung des Kräftesystems an einem Bodenbearbeitungswerkzeug waren die Voraussetzungen für spezielle Werkzeuguntersuchungen gegeben.

Der Aufbau weiterer Bodenkanalanlagen in der Folgezeit und ihre breite Nutzung offenbarten aber auch typische Nachteile dieser Versuchsdurchführung unter Dach:

- Ein Bodenkanal kann nur mit einem Bodensubstrat gefüllt werden. Ein Bodenaustausch wird aufgrund der Aufwendungen nur selten verwirklicht. Die Untersuchungsergebnisse einer Institution beziehen sich infolgedessen häufig auf das gleiche Bodensubstrat.
- Die begrenzten Abmessungen der Bodenkanäle führen zu einer Beschränkung der Untersuchungsfläche, einem Nachteil, der nur durch eine immer wieder neue Bodenvorbereitung ausgeglichen werden kann. Dabei lassen sich zwischen mehreren, nacheinander hergestellten Bodenzuständen trotz gleicher Technologie der Bodenvorbereitung Unterschiede nicht vermeiden.
- Der Zwang der häufigen Bodenvorbereitung ohne Ruhepausen für eine Pflanzen- und besonders eine Wurzelentwicklung führt zu einer Bodenveränderung in Richtung eines Modellbodens, der durch Bruchbedingungen gekennzeichnet ist, die nicht mit denen landwirtschaftlich genutzter Böden übereinstimmen. Infolgedessen ist das gemessene Zerkleinerungs-

ergebnis von Bodenbearbeitungswerkzeugen nur bei frisch gefüllten Kanalanlagen auf Feldbedingungen übertragbar.

Um einen Teil dieser Mängel zu umgehen, wurden im Nationalen Bodenbearbeitungsmaschinenlaboratorium Auburn (USA) im Jahr 1935 mehrere große Bodenkanäle mit unterschiedlichen Bodensubstraten im Freiland verwirklicht. Während des Untersuchungszeitraums wurden diese Freilandbodenkanäle abgedeckt, so daß trotz fehlender Überdachung der Einfluß der Witterung eingeschränkt werden konnte [5].

Neben der Schaffung von Bodenkanalanlagen gab es auch weiterhin Bemühungen, die Genauigkeit bei Messungen unter Feldbedingungen zu erhöhen. So bereitete Pollitz [6] durch Pflügen, Grubbern, Eggen und eine variable Anzahl von Überfahrten mit Walzen eine Ackerfläche vor, die er nach einigen Tagen Ruhezeit für seine Untersuchungen nutzte. Der verwendete zweischarige Pflug mit Zugkraftmeßeinrichtung wurde mit einer Seilwinde über die Versuchsfläche gezogen, um den Boden nicht zusätzlich durch den Zugtraktor zu belasten.

Zur besseren Einhaltung einer gewählten Arbeitstiefe und Arbeitsbreite eines Pflugkörpers verwendete Clyde [7] einen speziellen Werkzeuggester. Dieser Werkzeuggester wurde seitlich über zwei Teleskopausleger mit Rollen entlang einer umsetzbaren Schienenbahn und in der Tiefe über zwei auf dem ungepflügten Land rollende Gummireifen geführt. Durch die Teleskopausleger konnte eine Fläche mit einer Breite von 6 m bearbeitet werden, ehe die Schienen umgesetzt werden mußten. Der Werkzeuggester wurde von einem Traktor gezogen.

Trotz solcher Lösungsansätze konnte der Grundwiderspruch bei der experimentellen Untersuchung von Bodenbearbeitungswerkzeugen nicht aufgehoben werden. Genaue Ergebnisse sind an die degradierten Bodensubstrate in Bodenkanälen gebunden. Untersuchungen auf natürlichem Boden mit Pflanzenbewuchs sind mit Bodendichteänderungen aus vorangegangenen Arbeitsgängen verknüpft und führen zu stärker streuenden Meßergebnissen. Diesen Widerspruch zu mindern, war das Ziel einer speziellen Arbeit im Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft (FZM) Schlieben. Folgende Forderungen sollten erfüllt werden:

- Die Werkzeuge sind auf natürlichem Bo-

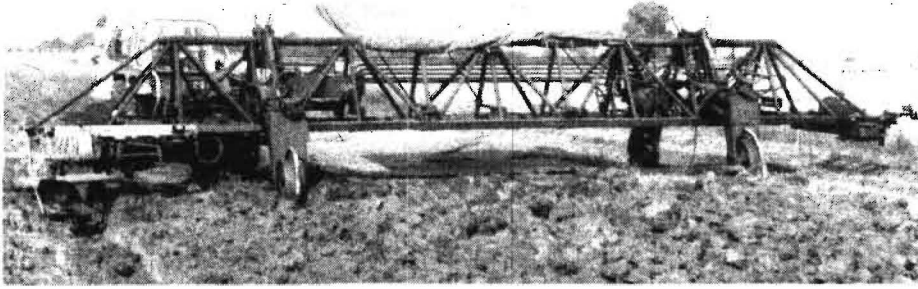


Bild 1. Werkzeugträger WT81

den mit Pflanzenbewuchs zu untersuchen.

- Die Bodenbedingungen sollten in bezug auf ihre Mittelwerte denen üblicher Feldbedingungen entsprechen, aber eine geringere Varianz aufweisen.
- Die Bodenbedingungen dürfen sich innerhalb eines Zeitraums von rd. 2 bis 3 Wochen nicht signifikant verändern.
- Die Führungsgenauigkeit der Werkzeuge soll der von Bodenkanalanlagen nahekommen.
- Es sind Voraussetzungen zu schaffen, um in Abhängigkeit von der Versuchszielstellung Teilflächen beliebiger Größe und bestimmter Bodenbedingungen zur Verfügung zu stellen.

Lösungsweg

Um verschiedene Bodenbedingungen zu erreichen, werden die zukünftigen Meßparzellen aus Feldflächen ausgegrenzt. Die Auswahl der Feldflächen erfolgt bereits eine Vegetationsperiode vor den Untersuchungen unter Berücksichtigung der erwünschten Standortbedingungen und der zulässigen Texturschwankungen.

Für das Pflügen der ausgegrenzten Teilflächen ist eine Arbeitstiefe zu wählen, die größer als die bei der späteren Messung erforderliche ist. Alle weiteren Arbeitsgänge werden nach dem Fahrspursystem verwirklicht, so daß unbefahrene Meßparzellen mit einer Breite von etwa 5,5 m geschaffen werden. Nach der Bergung der Getreidevorfucht von der Fläche am Ende der Vegetationsperiode können die Untersuchungen auf den Meßparzellen beginnen. Entsprechend der zentralen Bedeutung der Meßparzellen wurde diese Methode „Meßparzellenmethode“ genannt.

Als Basisgerät zur Verwirklichung des Fahrspursystems wird ein modifizierter Kopplungswagen T890 mit einer Breite von 10 m genutzt. Die hinteren Stützräder wurden entsprechend der Spurweite der Vorderräder versetzt und haben jetzt gleichfalls einen seitlichen Abstand von 6,2 m zueinander. Der Kopplungswagen T890 M wird von zwei Traktoren gezogen, die außenseitig an den Kopplungswagen angreifen. In den Kopplungswagen lassen sich Zinkeneggen, Walzen, ein Schiebeschild oder Drillmaschinen einordnen, die alle für eine Arbeitsbreite von 6 m ausgelegt sind.

Zur Zerkleinerung bindiger Böden dient eine für 25 cm Arbeitstiefe geeignete Kreiselgege. Diese Arbeitstiefe ist erforderlich, da der Antriebstraktor die Meßparzellen befah-

ren muß. Er ist von Ballastmassen zu befreien und mit Zwillingrädern auszurüsten.

Eine höhere Verdichtung des Bodens gegenüber dem Einsatz von Walzen wird durch Spur-an-Spur-Fahren mit Fahrzeugen erreicht. Innerhalb eines bestimmten Bereichs kann die Trockenrohdichte des Bodens auf diese Weise auf einzelnen Meßparzellen während der Bodenvorbereitung variiert werden.

Geerntet wird mit einem 4-m-Schwadmähwerk im Kopplungswagen, nachdem die Außenstreifen der Meßparzelle durch dicht an der Meßparzellenbegrenzung fahrende Häcksler oder Mährescher abgeerntet wurden. Das von außen nicht erfaßte Erntegut der Meßparzellen wird manuell in den Einzugsbereich der neben der Meßparzelle fahrenden Erntemaschinen umgesetzt.

Die zu Beginn der Messungen im Ergebnis der Saatbettbereitung und der Bodendynamik vorliegende Bodendichte bleibt während des Untersuchungszeitraums konstant. Bei lockerem Boden muß allerdings auch das Betreten der Parzellen durch Nutzung von Laufgittern vermieden werden.

Um die Witterungsabhängigkeit während eines längeren Untersuchungszeitraums zu vermindern, wird der für eine Versuchsreihe benötigte Meßparzellenabschnitt zu Beginn der Untersuchungen mit gummierten Planen abgedeckt. Eine erwünschte Variation des Wassergehalts zwischen den Meßparzellen ist nur durch die Wahl des Zeitpunktes der Abdeckung möglich. Ist die Verwirklichung eines bestimmten Wassergehalts zwingend notwendig, müssen die Parzellen in Abhängigkeit von der Witterung wechselweise auf- bzw. abgedeckt werden.

Zur Vermeidung des Befahrens der Meßparzellen während der Untersuchungen, zur genauen Führung der Werkzeuge und zur optimalen Ausnutzung der Meßparzellen wurde ein brückenähnlicher Werkzeugträger WT81 entwickelt, der die Meßparzellen in ihrer Breite überspannt und sich außerhalb von ihnen abstützt (Bild 1). Hauptbestandteil des Werkzeugträgers ist eine aus zwei Schienen bestehende Führungsbahn, entlang der ein aus Längs- und Querwagen bestehender Werkzeugwagen mit dem zu untersuchenden Werkzeug angetrieben werden kann. Die Länge der Bahn ermöglicht es, den Körper auf einer Strecke von rd. 4 m zu beschleunigen und auf einer Strecke von etwa 2 m abzubremsen. Zwischen beiden Abschnitten ist Raum, um bei weitestgehend gleichförmiger Bewegung die Messungen

auf einer Strecke von 3 m im mittleren Bereich der Meßparzelle durchzuführen.

Der Werkzeugträger verfügt über vier in ihrer Höhenlage einzeln einstellbare Scheibenräder. Dadurch kann die Schienenbahn parallel zur Bodenoberfläche in einer bestimmten Höhe, d. h. für eine bestimmte Arbeitstiefe, ausgerichtet und die Reaktionskraft des Werkzeugantriebs gegenüber dem Boden abgestützt werden. Bei einer Stellung des Werkzeugträgers läßt sich das Werkzeug mit Hilfe des Querwagens um 1,5 m in der Vorschubrichtung weiterrücken. Bei Pflugkörperuntersuchungen sind auf diese Weise etwa drei Meßfahrten bei einer Stellung des Werkzeugträgers möglich.

Als Antriebsmittel für den Werkzeugträger dient ein außermittig angeordneter 20-kN-Traktor mit einer Leistung von etwa 60 kW, der außerhalb der Meßparzelle fährt. Von der Zapfwelle des Traktors wird über ein stufenlos drehzahlsteuerbares Pumpen-Motor-Hydraulik-Aggregat eine Seiltrommel angetrieben, mit deren Seil der Werkzeugwagen verbunden ist. Vom Werkzeugwagen betätigte Sicherheitsventile unterbrechen den Wagenantrieb am Ende der Meßstrecke. Der Werkzeugträger wird mit einem gummierten Transportfahrwerk in der Langfahrstellung umgesetzt.

Schlußfolgerungen

Die seit mehreren Jahren unter Nutzung der Meßparzellenmethode und des Werkzeugträgers WT81 im FZM Schlieben durchgeführten Untersuchungen mit Pflugkörpern erbrachten den Nachweis, daß die o. g. Forderungen erfüllt wurden. Bei im Vergleich zu Bodenkanalanlagen wesentlich geringeren Investitionen sind Ergebnisse auf natürlichem Boden erreicht worden, die sich in bezug auf ihre Genauigkeit zwischen denen unter Feldbedingungen und denen unter Bedingungen im Bodenkanal erzielten einreihen.

Literatur

- [1] Gorjačkin, V. P.: Racional'naja formula dlja sily tjagi plugov konnych i traktornych (Die rationale Formel der Zugkraft für Pferde- und Traktorpflüge). In: Sobranie sočinenij. Moskva: Kolos 1968, Bd. 2, S. 59-103.
- [2] Gorjačkin, V. P.: O sile tjagi traktornych plugov (Über die Zugkraft von Traktorpflügen). In: Sobranie sočinenij. Moskva: Kolos 1968, Bd. 2, S. 318-367.
- [3] Kühne, G.; König, A.: Forschungsarbeiten in der Bodenrinne des Instituts für Landmaschinen der Technischen Hochschule München. Halle: Max Niemeyer Verlag 1932.
- [4] Marks, K.: Bisherige Untersuchungen über den Bodenbearbeitungswiderstand und ein neues Gerät zu seiner Messung. Die Technik in der Landwirtschaft, Berlin 7 (1926) 11, S. 233-235; 12, S. 255-266.
- [5] The National Tillage Machinery Laboratory, V. S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Auburn 7 (1974).
- [6] Pollitz, B.: Untersuchungen über den Einfluß der Arbeitsgeschwindigkeit auf den Zugkraftbedarf bei Bodenbearbeitungsgeräten, insbesondere beim Pflug. Technische Hochschule Berlin, Dissertation 1930.
- [7] Clyde, A. W.: Technical Features of Tillage Tools (Technische Darstellung von Bodenwerkzeugen). Pennsylvania Agricultural Experiment Station Bulletin (1944) 465, Teil 2. A 5395