

landtechnischen Forschung noch nicht befriedigen. Es ergeben sich daraus für Lehre und Forschung folgende Aufgaben:

- Für das Bestimmen von Stoffkenngrößen sollten eindeutige Meßmethoden erarbeitet werden, die klare Ergebnisse liefern. Es ist erforderlich, daß daran anschließend entsprechende Standards ausgearbeitet werden.
- Wirkpaarungskenngrößen für landtechnische Wirkpaarungen müssen systematisch ermittelt und entsprechend aufbereitet gespeichert werden.
- Bei der Angabe der Wirkpaarungskenngrößen müssen auch deren Variationsbereiche angegeben werden.
- Vorrangig sind zunächst Analysen an den Wirkpaarungen durchzuführen, die sich aus Defektenanalysen in Landmaschinen und landtechnischen Anlagen ergeben.
- In der landtechnischen Lehre müssen klare Methoden für das Durchführen von Wirkpaarungsanalysen und das Gewinnen von Wirkpaarungskennwerten sowie Methoden und Kriterien für das Anwenden von Wirkpaarungskenngrößen und Stoffkenngrößen im Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß vermittelt werden.
- Es muß das erklärte Ziel aller Bestrebungen sein, die Wirkpaarungsanalysen und die Stoffuntersuchungen, die zunächst mit sehr speziellen Aufgabenstellungen durchgeführt werden, schrittweise so anzulegen und ihre Ergebnisse versuchen so zu verallgemeinern, daß allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten einer landtechnischen Mechanik aufgestellt werden können.

Das Lösen dieser Aufgaben kann in der landtechnischen Wissenschaft nur durch ein konzentriertes Zusammenarbeiten erreicht werden. Es wird darüber hinaus erforderlich sein, bei einigen Problemen Wissenschaftler von Grundlagendisziplinen (Mathematik, Physik, Chemie, Biologie) hinzuzuziehen.

6. Zusammenfassung

Nach der Definition der Begriffe „Stoffkenngröße“ und „Wirkpaarungskenngröße“ wird deren Stellung, Bedeutung und Anwendung im Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß erläutert. Der Konstrukteur muß bei seiner Arbeit auf konkrete zahlenmäßige Angaben über das Verhalten von Stoffen und Arbeitselementen und ihr Zusammenwirken an der Wirkpaarung zurückgreifen können, wenn optimale Lösungen erreicht werden sollen. Pauschale Richtwerte nützen hier nur wenig.

Für das Ermitteln von Stoffkenngrößen müssen sichere Methoden erarbeitet werden, die reale Ergebnisse liefern. Das Bestimmen von Wirkpaarungskenngrößen auf theoretischem und experimentellem Weg wurde an Beispielen erläutert.

Die landtechnische Forschung muß als eine ihrer Hauptaufgaben systematisch Wirkpaarungsanalysen durchführen. Die Ergebnisse (Wirkpaarungskennwerte) müssen entsprechend aufbereitet in einem geeigneten Speicher zusammengefaßt werden.

Literatur

- /1/ Lucius, J.: Methodik der Werkzeugentwicklung für die Bodenbearbeitung. Vortrag auf der Weiterbildungsveranstaltung der Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik der TU Dresden, am 26. und 27. Februar 1971 (unveröffentlicht).
- /2/ Plötner, K.: Methodische Grundlagen für die Entwicklung von Landmaschinen und Anlagen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock 22 (1973) Mathematisch-naturwissenschaftl. Reihe. H. 1, S. 41–53.
- /3/ Plötner, K.: Bedeutung der systematischen Heuristik und der Konstruktionssystematik für die Entwicklung von Landmaschinen. Manuskript einer Veröffentlichung (erscheint 1974 in der Wissenschaftlichen Zeitschrift der Universität Rostock, Mathematisch-naturwissenschaftl. Reihe).
- /4/ Füll, Chr.: Ein Beitrag zum Berechnen von Dichten und Horizontaldrücken bei der Lagerung landwirtschaftlicher Halmgüter in Behältern. Dissertation, Universität Rostock 1972. A 9619

Die Bedeutung des Bodens als Werkstoff für das Entwickeln von Bodenbearbeitungswerkzeugen

Prof. Dr.-Ing. R. Soucek, KDT / Dr.-Ing. G. Bernhardt, KDT / Dipl.-Ing. K. Bernhardt, KDT / Dipl.-Ing. B. Leitholdt, KDT
Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

1. Besonderheiten des Werkstoffs Boden

Ziel der Bodenbearbeitung in der Landwirtschaft ist es, den in der landwirtschaftlichen Praxis vorliegenden Boden, der Zustandsänderungen unterworfen ist, mit möglichst geringem Aufwand durch das Einwirken spezieller Werkzeuge so zu verändern, daß er den Pflanzen optimale physikalische, biologische und chemische Wachstumsbedingungen bietet und das Wirksamwerden anderer ackerbaulicher Maßnahmen unterstützt. Somit ist der Boden aus der Sicht seiner Bearbeitung ein Werkstoff, dessen physikalische Eigenschaften durch die Bearbeitung zielgerichtet verändert werden.

Wesentliche Besonderheiten des Werkstoffs Boden gegenüber anderen Werkstoffen, z. B. den Metallen, sind:

- Die Heterogenität des Bodens und die ständige Veränderung seiner Eigenschaften durch Bearbeiten und Befahren, durch Klima und Pflanzenbestand
- Das Vorhandensein von Lebewesen im Boden und seine Funktion als Träger für den ständigen Ablauf von physikalischen, chemischen und biologischen Vorgängen.

Diese Besonderheiten müssen bei Entwicklung und Einsatz von Bodenbearbeitungswerkzeugen berücksichtigt werden.

2. Methoden zum Entwickeln von Bodenbearbeitungswerkzeugen

Die landtechnische Forschung beschäftigt sich schon sehr lange mit der Entwicklung von Bodenbearbeitungswerkzeugen. Es wurde eine Vielzahl von Werkzeugen entwickelt, von denen sich nur ein Teil in der Praxis durchsetzen konnte.

Beim Betrachten der Methoden zur Werkzeugentwicklung wird deutlich, daß die Mehrzahl der Werkzeuge für das Bearbeiten des Bodens aufgrund des unzureichenden Stands der Forschung empirisch gefunden wurde. Nur in einigen Sonderfällen war eine wissenschaftliche Entwicklung der Werkzeuge möglich.

Für eine wissenschaftliche Entwicklung von Bodenbearbeitungswerkzeugen existieren nach Lucius /1/ folgende Methoden:

- Systematische Untersuchung der Konstruktions- und Betriebsparameter von Werkzeugelementen oder Werkzeugen
- Berechnen der Werkzeuge aufgrund des mechanischen Verhaltens des Werkstoffs Boden.

Mit einer systematischen Untersuchung der Konstruktions- und Betriebsparameter können für konstante Kenngrößen des

Bodens Bodenbearbeitungswerkzeuge entwickelt werden, die als optimale Lösung hinsichtlich des Energieaufwands und des Arbeitsergebnisses zu betrachten sind. Bei dieser Methode erfolgt die Untersuchung der Konstruktionsparameter an einzelnen Arbeitselementen, die entsprechend den Ergebnissen der Untersuchungen zu einer Arbeitsfläche eines Werkzeugs zusammengefügt werden. Eine besondere Schwierigkeit bei solchen Untersuchungen besteht darin, die Bodeneigenschaften konstant zu halten. Voraussetzung hierfür ist ein genaues Bestimmen der Kennwerte des Bodens, um ein Übertragen der Ergebnisse von einem Bodenzustand auf den anderen vornehmen zu können. Aufgrund des Stands der landtechnischen Forschung sind einige Bodeneigenschaften gegenwärtig nicht ausreichend genau für ein derartiges Übertragen bestimmbar.

Folglich sind die systematischen Untersuchungen von Konstruktions- und Betriebsparametern mit einem homogenen Boden zu beginnen, dessen Eigenschaften konstant gehalten werden können. Das ist jedoch selbst unter Laborbedingungen nur annähernd zu verwirklichen. Im Laufe der Untersuchungen muß ein schrittweises Annähern an den realen Boden erfolgen, wobei ein Übertragen der Versuchsergebnisse von einer Stufe zur anderen wissenschaftlich zu begründen ist.

Die zweite Methode ist das Ziel der landtechnischen Forschung auf dem Gebiet der Werkzeugentwicklung für die Bodenbearbeitung. Mit ihr können die materiellen und personellen Aufwendungen verringert werden. Gegenwärtig ist diese Methode nur für wenige Sonderfälle anwendbar. So können z. B. Pflugstreichbleche nach einem analytischen Verfahren konstruiert werden. Dieses Verfahren berücksichtigt aber nur die Dichte, die Adhäsion und den Reibungswinkel zwischen Boden und Stahl (äußerer Reibungswinkel). Die mechanischen Vorgänge im Boden, die einen wesentlichen Einfluß auf das Arbeitsergebnis und das Verallgemeinern des Berechnungsverfahrens haben, sind aufgrund des Stands der landtechnischen Forschung in diesem Berechnungsverfahren nicht enthalten. Für ein Vergrößern des Anwendungsbereiches der zweiten Methode sind weitere Erkenntnisse über das mechanische Verhalten des Bodens unter dem Einwirken von äußeren Kräften und Momenten erforderlich /1/.

Es müssen mathematische Beziehungen zwischen der äußeren Beanspruchung (Kräfte und Momente) und den inneren Beanspruchungen (mechanische Spannungen) des Bodens ermittelt werden. In der Literatur sind nur wenige Erkenntnisse darüber vorhanden /2/. Es liegen einige Erkenntnisse aus der Baugrundmechanik vor. Diese sind nicht unmittelbar auf die Vorgänge bei der Bodenbearbeitung zu übertragen, da der Boden in der Baugrundmechanik statisch oder quasistatisch und in der landtechnischen Bodenmechanik dynamisch beansprucht wird. Hinzu kommt noch, daß die Ergebnisse in den bisherigen Veröffentlichungen nur in wenigen Fällen reproduzierbar sind. Eine wesentliche Ursache ist in dem Stand der Bodenmeßtechnik zu suchen /1/. Es gibt gegenwärtig keine Festlegung darüber, welche Kenngrößen den Bodenzustand reproduzierbar charakterisieren. Darüber hinaus existieren für die bisher verwendeten Kenngrößen keine Meßverfahren, die vergleichbare Ergebnisse liefern. Bei der Festlegung dieser Kenngrößen zum Charakterisieren des Bodens muß eng mit der landwirtschaftlichen Forschung zusammengearbeitet werden, um die den Pflanzenertrag beeinflussenden Faktoren berücksichtigen zu können. Diese Faktoren sind die Eingangsgrößen, die zur Entwicklung der Werkzeuge zum Bodenbearbeiten in der Landwirtschaft erforderlich sind. Daraus wird deutlich, daß die Anwendung der zweiten Methode noch umfangreiche Forschungsarbeiten voraussetzt. Deshalb werden sich einige weitere Methoden der Werkzeugentwicklung herausbilden, die Kombinationen der beiden o. g. Methoden darstellen. Diese Methoden werden einen experimentell-theoretischen Charakter tragen, bis es der Stand der landtechnischen Forschung erlaubt, die Werkzeuge theoretisch-experimentell oder rein theoretisch mit einer kurzen Erprobung in der Praxis zu entwickeln.

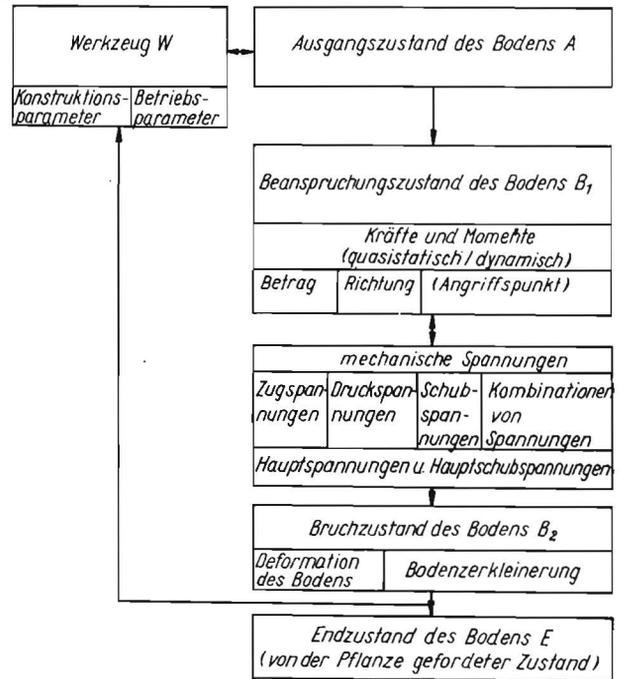


Bild 1. Vorgänge beim Beanspruchen des Bodens durch Bodenbearbeitungswerkzeuge

3. Vorgänge beim Einwirken von Werkzeugen auf den Boden

Im Abschnitt 2. wurde darauf hingewiesen, daß für ein Berechnen von Werkzeugen zum Bearbeiten des Bodens die Wechselwirkung zwischen Werkzeug und Boden genau zu untersuchen ist. Um die Zusammenhänge bei der Lösung der Probleme genauer kennenzulernen, ist der gesamte Prozeß der Bodenbearbeitung exakt zu analysieren (Bild 1).

Der Boden liegt in einem definierten Ausgangszustand A vor, der für die Pflanzen keine optimale Wachstumsbedingungen bietet. Durch das Einwirken von Werkzeugen auf den Boden (analog zur Bearbeitung von anderen Werkstoffen) wird sein Zustand verändert. Dabei laufen folgende Vorgänge ab: Das Bodenbearbeitungswerkzeug wirkt auf den Boden ein, d. h. in den Boden werden Kräfte und Momente eingeleitet. Infolge dieser Beanspruchung treten im Boden mechanische Spannungen auf (Beanspruchungszustand B₁). Durch das Erhöhen der äußeren Beanspruchung vergrößern sich die Spannungen im Boden. Überschreiten die Spannungen die Festigkeitswerte des Bodens, kommt es zum Bruch (Bruchzustand B₂). Darüber hinaus werden gezielte und unbeabsichtigte Verschiebungen der Bodenbruchkörper bewirkt (Wenden, Mischen, Lockern, Verdichten). Entspricht der Zustand B₂ bereits dem von der Pflanze geforderten Endzustand E, so ist der Prozeß der Bodenbearbeitung beendet. Unterscheiden sich die beiden Zustände B₂ und E, muß der Prozeß in gleicher Weise wiederholt werden. Dabei können die gleichen oder andere Werkzeuge zum Einsatz gelangen.

Um den Aufwand für die Entwicklung von Werkzeugen zur Bodenbearbeitung und für die Durchführung der Bodenbearbeitungsmaßnahmen zu verringern, ergibt sich für die landtechnische Forschung die Aufgabe, den Beanspruchungs- und Bruchzustand des Bodens genauer zu untersuchen. Dabei kommt es besonders darauf an, die mechanischen Elementarvorgänge im Boden zu klären.

4. Wichtige Eigenschaften des Werkstoffs Boden

Voraussetzung für eine wissenschaftliche Entwicklung von Bodenbearbeitungswerkzeugen ist die Charakterisierung des Werkstoffs Boden (siehe Abschnitt 2.). Zur Kennzeichnung des Bodens bei experimentellen Untersuchungen von Boden-

bearbeitungswerkzeugen werden von den meisten Verfassern die Kenngrößen

- Bodenfestigkeit
- Korngrößenverteilung
- Bodendichte
- Bodenfeuchtigkeit

verwendet /3/ /4/. Es muß untersucht werden, welche weiteren Kenngrößen zur reproduzierbaren Charakterisierung des Bodens bei speziellen Vorgängen notwendig sind. Solche Kenngrößen könnten z. B. die Bodentextur, das Porenvolumen, die Adhäsion und der äußere Reibungswinkel sein.

Die Bodenkenngößen und ihre meßtechnische Erfassung sind eine wichtige Voraussetzung für die mathematische Beschreibung der Vorgänge bei der Wechselwirkung zwischen Werkzeug und Boden mit Hilfe rheologischer Modelle. Die Kenngröße Bodenfestigkeit bestimmt maßgeblich den Widerstand, den der Boden einem auf ihn einwirkenden Werkzeug entgegengesetzt und damit den zur Bearbeitung notwendigen Energiebedarf. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Scher- oder Schubfestigkeit zu, da der Bruchzustand im Boden vorrangig durch Schubbeanspruchung erreicht wird /5/. Als Schubfestigkeit wird der innere Widerstand bezeichnet, den der Boden dem Verschieben und Trennen seiner Teilchen durch äußere Kräfte entgegengesetzt.

Die Schubfestigkeit eines Bodens ist stark abhängig von der Korngrößenverteilung, der Bodendichte und der Bodenfeuchtigkeit /6/ /7/. Diese Bodenparameter sind deshalb bei der Bestimmung der Schubfestigkeit zur Charakterisierung der Untersuchungsbedingungen anzugeben. Der Einfluß anderer Kennwerte, wie z. B. Fließ-, Ausrollgrenze, Bildsamkeit und Viskosität auf den Bruchvorgang beim Bodenbearbeiten muß noch untersucht werden.

Wichtige Einflußgrößen auf die Schubfestigkeit sind neben den genannten physikalischen Parametern der Spannungszustand und die Verformungsbedingungen einschließlich der Verformungsgeschwindigkeit /2/ /5/ /8/ /9/. Es ist deshalb notwendig, die Schubfestigkeit unter quasistatischer und dynamischer Beanspruchung bei den Spannungszuständen und Verformungsbedingungen der Bodenbearbeitung zu ermitteln.

Voraussetzung für die Lösung der Aufgabe bei der Kennzeichnung des Werkstoffs Boden ist die Entwicklung einer einheitlichen bodenmechanischen Meßtechnik. Dazu wurde von Bernhardt /5/ eine zum Bestimmen der Schubfestigkeit des Bodens bei quasistatischer Beanspruchung unter den Bedingungen der Bodenbearbeitung vorgeschlagen. Zur Untersuchung des Bodenverhaltens bei dynamischer Beanspruchung sind noch umfangreiche Forschungsarbeiten erforderlich.

5. Zusammenfassung

Der Pflanzenertrag in der Landwirtschaft wird wesentlich von der Bearbeitung des Bodens beeinflusst. Um die an die sozialistische Landwirtschaft gestellten Aufgaben auch in der Zukunft erfüllen zu können, ist es notwendig, die Werkzeuge und Verfahren der Bodenbearbeitung so zu entwickeln, daß sie zur Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit beitragen. Nach Lucius /1/ ist die wissenschaftliche Entwicklung von Bodenbearbeitungswerkzeugen nach zwei Wegen möglich:

- Systematische Untersuchung der Konstruktions- und Betriebsparameter von Werkzeugelementen oder Werkzeugen
- Berechnung der Werkzeuge aufgrund des mechanischen Verhaltens des Werkstoffs Boden.

Das Berechnen der Werkzeuge entsprechend dem zweiten Weg ermöglicht gegenüber dem ersten Weg eine Reduzierung des Aufwands an materiellen Mitteln und personeller Kapazität durch das Verringern des Umfangs der experimentellen Untersuchungen. Bis zum vollständigen Anwenden des zweiten Weges sind Kombinationen der beiden Wege notwendig. Voraussetzung für das Beschreiten beider Wege ist die genaue Kenntnis der Eigenschaften des Werkstoffs Boden.

Dabei interessieren alle die Eigenschaften, die sowohl den Energieaufwand und das Arbeitsergebnis als auch den Pflanzenertrag beeinflussen. Für die weitere Arbeit ist es notwendig, diese Eigenschaften, die für eine eindeutige Charakterisierung des Bodens unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung benötigt werden, zu ermitteln und ihre meßtechnische Erfassung eingehend zu untersuchen und verbindlich festzulegen.

Literatur

- 1/ Lucius, J.: Methode der Werkzeugentwicklung für die Bodenbearbeitung. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 11, S. 515–517.
- 2/ Bernhardt, G.: Untersuchungen über das mechanische Verhalten des Bodens unter dem Einwirken eines um eine horizontale Achse rotierenden Werkzeuges. Dissertation, TU Dresden, 1972 (unveröffentlicht).
- 3/ Lucius, J.: Entwicklung von aktiven Bodenbearbeitungswerkzeugen für die Zerkleinerung vorgelockerten Bodens. Dissertation, TU Dresden, 1972 (unveröffentlicht).
- 4/ Kalk, W.-D.: Untersuchung des Einflusses von dem Fräsröter einer Bodenfräse nachgeordneten Arbeitsorganen auf das Arbeitsergebnis. Dissertation, TU Dresden, 1972 (unveröffentlicht).
- 5/ Bernhardt, K.: Eine Methode zur Bestimmung der Scherfestigkeit des Bodens aus der Sicht der landtechnischen Bodenbearbeitung. Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 23 (1974) H. 2.
- 6/ Kezdi, A.: Handbuch der Bodenmechanik, Bd. I. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, Budapest: Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 1968.
- 7/ Söhne, W.: Reibung und Kohäsion bei Ackerböden. Grundlagen der Landtechnik (1953) H. 5, S. 64–80.
- 8/ Lucius, J.: Bestimmung des Einflusses der Verformungsgeschwindigkeit auf die Bruchspannung im Boden. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 11, S. 526–528.
- 9/ Witke, W.: Über die Scherfestigkeit rolliger Böden. Dissertation, TH Karlsruhe, 1962. A 9620

VT-Neuerscheinungen

Autorenkollektiv, Herausgeber Horn, V.: Schweißtechnischer Gefügetlas. 1. Aufl., 16,7 cm × 24,0 cm, 362 Seiten, zahlr. Bilder und Tafeln, Leinen, 75,— M, Sonderpreis für die DDR 50,— M

Klaus, G./H. Liebscher: Systeme · Informationen · Strategien.

Eine Einführung in die Grundgedanken der System- und Regelungstheorie, Informationstheorie und Spieltheorie. 1. Aufl., 14,7 cm × 21,5 cm, 356 Seiten, 84 Bilder und 32 Tafeln, Leinen, 28,— M, Sonderpreis für die DDR 22,50 M

Kondaschewski W. W./W. Lotze: Meßsteuergeräte spanender Werkzeugmaschinen. Reihe Meßtechnik. 1. Aufl., 14,7 cm × 21,5 cm, 416 Seiten, zahlr. Bilder, Kunstleder, 42,— M, Sonderpreis für die DDR 36,— M

Autorenkollektiv, Herausgeber Müller, G.: Technologische Planung. Maschinenbau. Band 1. Planungsprozeß und Planungshilfen. 1. Aufl., 16,7 cm × 24,0 cm, 376 Seiten, 154 Bilder und 36 Tafeln, Kunstleder, 26,— M

Müller, G.: Elektrische Maschinen. Grundlagen, Aufbau und Wirkungsweise. 2., durchgesehene Aufl., 16,7 cm × 24,0 cm, 582 Seiten und 1 Beilage, 502 Bilder und 37 Tafeln, Kunstleder, 40,— M

Berufsschulliteratur

Autorenkollektiv: Wissensspeicher für die Berufsbildung Schweißen. G-, E-, SG- (CO₂)-Schweißen · Thermisches Trennen · Schweißbarkeit der Werkstoffe. 2., bearbeitete Aufl., 16,7 cm × 24,0 cm, 128 Seiten, zahlr. Bilder und Tafeln, broschiert, 4,25 M

Funke, R./S. Liebscher: Lehrbuch für die Berufsbildung — Grundschaltungen der Elektronik. 4., unveränderte Aufl., 14,7 cm × 21,5 cm, 224 Seiten, 192 Bilder, broschiert, 6,25 M

AK 9655