

Schrifttum

- [1] *Terzaghi, K.*: Theoretical soil mechanics. New York: J. Wiley & Sons Inc., 1943. (Deutsche Übersetzung durch *R. Jelinek*: Theoretische Bodenmechanik. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag 1954.)
- [2] *Hettiaratchi, D. R. P., B. D. Witney und A. R. Reece*: The calculation of passive pressure in two-dimensional soil failure. J. Agric. Engng. Res. **11** (1966) Nr. 2, S. 89/107.

- [3] *O'Callaghan, J. R., und K. M. Fareilly*: Cleavage of soil by tined implements. J. Agric. Engng. Res. **9** (1964) Nr. 3, S. 259/70.
- [4] *O'Callaghan, J. R., und P. J. McCullen*: Cleavage of soil by inclined and wedge-shaped tines. J. Agric. Engng. Res. **10** (1965) Nr. 3, S. 248/54.
- [5] *Eggenmüller, A.*: Versuche mit schwingenden Hackwerkzeugen. Grndl. Landtechn. Heft **10** (1958) S. 70/88 und 143/50.

DK 624.131

Beitrag zur Gestaltung von zinkenartigen Bodenbearbeitungswerkzeugen

Von **Wolfgang Vornkahl**, Hannover¹⁾

Eine wirkungsvolle Maßnahme zur Steigerung der Produktivität bei landwirtschaftlichen Arbeiten ist die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit. Ihre Auswirkung auf die Gestaltung von Bodenbearbeitungswerkzeugen für die verschiedenen Einsatzbedingungen ist theoretisch nur schwierig zu erfassen. In der landtechnischen Bodenmechanik wird versucht, die Vorgänge zwischen Boden und Werkzeugen unter Annahme von Bruchbildern mit Hilfe von Theorien aus der (statischen) bautechnischen Bodenmechanik zu erklären. Die Gültigkeit dieser Theorien wird jedoch von der Werkzeugform und der Arbeitsgeschwindigkeit beeinflusst.

Die Untersuchungen über den Bodenwiderstand von gezogenen, zinkenartigen Bodenwerkzeugen unterschiedlicher Form bei steigender Arbeitsgeschwindigkeit wurden in einer mit trockenem Feinsand gefüllten Bodenrinne vorgenommen [1]. Die geometrischen Abmessungen der Werkzeuge, **Bild 1**, wurden in folgenden Bereichen verändert:

Werkzeugbreite $b = 20$ bis 80 mm;
Keilwinkel $\varphi = 30$ bis 180° ;
Anstellwinkel $\delta = 45$ bis 90° .

Die Arbeitstiefe $t = 135$ mm wurde konstant gehalten, so daß nach *O'Callaghan* [2] die Werkzeuge mit einem Tiefen/Breitenverhältnis größer als 0,6 als relativ tieferarbeitend gelten können. Mit einer elektronischen Meßeinrichtung wurden die horizontale Bodenkraft P_H , die vertikale Bodenkraft P_V , der Winkel ζ zwischen der resultierenden Bodenkraft P und der Horizontalen sowie der Abstand f zwischen dem Angriffspunkt des resultierenden Bodenwiderstandes und der Bodenoberfläche ermittelt.

Die Arbeitsgeschwindigkeit v konnte in fünf Stufen zwischen 1,1 und 5,5 m/s bzw. etwa 4 und 20 km/h eingestellt werden; mit der Versuchseinrichtung konnte also der Einfluß höherer Geschwindigkeiten, als sie heute in der landwirtschaftlichen Praxis üblich sind, untersucht werden. Ferner wurde die von den Werkzeugen hervorgerufene Bodenverformung ermittelt, da zum Verständnis der komplexen Vorgänge beim Aufbrechen des Bodens durch ein Werkzeug der Bodenwiderstand und die Bodenverformung in einem engen Zusammenhang betrachtet werden müssen [1].

Der Bodenwiderstand läßt sich in einen statischen, von der Arbeitsgeschwindigkeit unabhängigen und in einen dynamischen, vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängigen Anteil aufteilen. Die von *Gorjatschkin* [3] entwickelte Gleichung wurde für die Auswertung der Meßwerte zugrunde gelegt:

$$p = z + \varepsilon v^2 \quad (1),$$

darin ist p der Bodenwiderstand bezogen auf die wirksame

¹⁾ Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Stuttgart am 25. Oktober 1966. Es wird über Teilergebnisse einer am Institut für Landtechnik Stuttgart-Hohenheim durchgeführten Forschungsarbeit berichtet, die mit Mitteln des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurde.

Dipl.-Ing. Wolfgang Vornkahl war wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Georg Segler) in Stuttgart-Hohenheim und ist jetzt im Radschlepperversuch der Rhein Stahl Hanomag AG in Hannover tätig.

Werkzeugfläche ($b t$), z der statische Widerstandsanteil, v die Arbeitsgeschwindigkeit und ε der Geschwindigkeitsfaktor.

ε ist von der Werkzeugform und dem bewegten Boden abhängig. Um den Einfluß der Bodenmassen zu eliminieren, kann

$$\varepsilon = \frac{\gamma}{g} x \quad (2)$$

gesetzt werden, worin γ die Wichte des Bodens, g die Erdbeschleunigung und x ein dimensionsloser Geschwindigkeitsfaktor bedeuten.

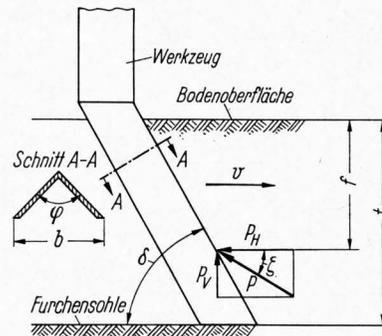


Bild 1. Bezeichnungen bei den Versuchszinken.

- b Werkzeugbreite
- t Arbeitstiefe
- v Arbeitsgeschwindigkeit
- φ Keilwinkel des Zinkenquerschnittes
- δ Anstellwinkel des Werkzeuges gegenüber der Furchensohle
- P resultierende Bodenkraft
- P_H horizontale Bodenkraft
- P_V vertikale Bodenkraft (positiv bei Wirkung von unten nach oben)
- f Abstand zwischen Bodenoberfläche und Angriffspunkt der resultierenden Bodenkraft
- ζ Neigungswinkel zwischen der resultierenden Bodenkraft und der Horizontalen

Statischer Widerstandsanteil

Der statische Widerstandsanteil läßt sich mit Gleichungen [2; 4] berechnen, die aus typischen Aufgaben der bautechnischen Bodenmechanik entwickelt wurden. Bei zinkenartigen Bodenwerkzeugen ist der Bodenaufbruch ein Verdrängungsvorgang. Er läßt sich rechnerisch unter Verwendung der Bodenkennziffern, der Kohäsion und des inneren Reibungsbeiwertes des Bodens auf die beiden Bruchbilder für den Fall einer mit Boden hinterfüllten Wand großer Breite (des passiven Erdwiderstandes) und für den Fall eines Bodens unter einer Streifenlast (der Tragfähigkeit) zurückführen. Je nach dem Tiefen/Breitenverhältnis des Werkzeuges herrscht die Bruchform nach der Tragfähigkeit oder nach dem passiven Erdwiderstand vor, wobei im letzteren Fall das Aufbrechen des Bodens die geringeren Kräfte erfordert. *O'Callaghan* [2] entwickelte und bestätigte seine Gleichungen für einen Boden mit relativ großer Kohäsion und geringem inneren Reibungsbeiwert. Nach den vorliegenden Ergebnissen läßt sich der statische Bodenwiderstand auch bei Boden mit geringer Kohäsion und großem inneren Reibungsbeiwert mit diesen Gleichungen erfassen.

Allerdings ist die Gültigkeit dieser Beziehungen von der Werkzeugform abhängig. Zur Erläuterung sind die Größen p_H , p_V , ζ und f des statischen Bodenwiderstandes in einem Kennfeld, **Bild 2**, über der untersuchten Werkzeugbreite b sowie den Winkeln φ und δ des Werkzeuges tendenzmäßig aufgetragen. Die Arbeitsgeschwindigkeit v ist bei diesen Messungen kleiner als 1,25 m/s, so daß der dynamische Widerstandsanteil vernachlässigbar klein ist.

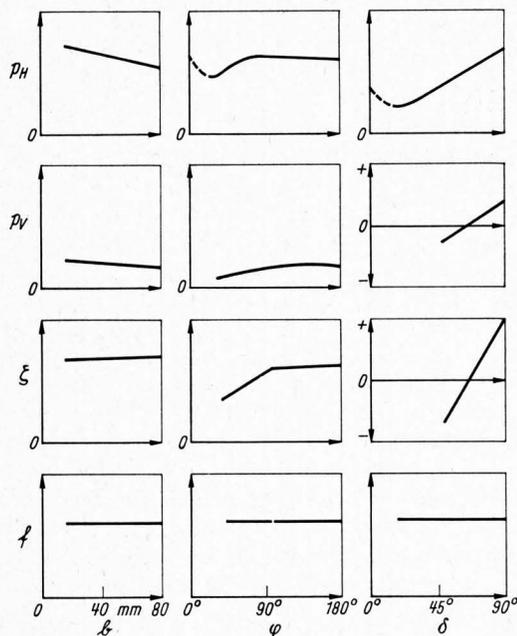


Bild 2. Kennfeld für die Abhängigkeit des statischen Bodenwiderstandes von der Arbeitsbreite b , vom Keilwinkel φ und Anstellwinkel δ des Werkzeuges.

Geschwindigkeit $v = 1,25$ m/s

p_H der auf die Werkzeugfläche bezogene horizontale Bodenwiderstand
 p_V der auf die Werkzeugfläche bezogene vertikale Bodenwiderstand
 ζ Neigungswinkel zwischen der Resultierenden P und der Horizontalen
 f Abstand zwischen Angriffspunkt der Resultierenden und der Bodenoberfläche

Einfluß der Breite b

Der spezifische horizontale Bodenwiderstand p_H nimmt mit wachsender Werkzeugbreite b ab. Diese Tendenz ist theoretisch so zu erklären, daß sich mit wachsender Werkzeugbreite immer mehr der Bodenaufbruch nach dem passiven Erdwiderstand gegenüber dem Tragfähigkeitsbruch bemerkbar macht, bis bei einer extrem großen Breite der Bruch nach passivem Erdwiderstand vorherrscht. In den Gleichungen zur Berechnung des horizontalen Widerstandes wird diese Verschiebung der Übergangszone durch das Tiefen/Breitenverhältnis ausgedrückt. Da der spezifische vertikale Bodenwiderstand p_V dem horizontalen Bodenwiderstand proportional ist ($p_V = p_H \tan \zeta$), muß er in gleicher Weise mit größer werdender Breite abnehmen, solange der Neigungswinkel ζ konstant ist; ζ ist nahezu unabhängig von der Breite. In allen Messungen war allerdings zu erkennen, daß er um etwa 1° bis 2° mit der Breite ansteigt. Nach den Erkenntnissen der bautechnischen Bodenmechanik ist der Neigungswinkel ζ gleich dem Reibungswinkel zwischen Wand und Boden, was in den Versuchen auch bestätigt wurde. Die Lage des Angriffspunktes bleibt mit der Breite des Werkzeuges konstant. Auch hier ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den Theorien des Grundbaues, die den Angriffspunkt bei zwei Drittel der Wandtiefe ansetzen, wie es auch bei Pflugstreichblechen üblich ist [5].

Einfluß des Keilwinkels φ

Im Bereich des Keilwinkels $\varphi = 60$ bis 180° ist der spezifische horizontale Bodenwiderstand p_H nahezu konstant. *O'Callaghan* nimmt bei dem Bruchbild an, daß sich vor dem Werkzeug beim Bodendurchgang ein feststehender Bodenkeil, ein Staukörper, ausbildet, der den umgebenden Boden zur Seite drängt. Dieser Verdrängungsvorgang bleibt für den genannten Bereich des Keilwinkels nach den eigenen Versuchen erhalten, und der

Bodenwiderstand läßt sich mit den angegebenen Beziehungen berechnen. Wird bei gleicher Breite der Keilwinkel kleiner, so formt sich der Staukörper infolge der längeren Seitenflanken des Werkzeuges immer weniger aus, bis bei einem bestimmten Keilwinkel sich gar kein Staukörper mehr ausbildet, der den Boden zur Seite drängt. Dieser Winkel wird als Grenzkeilwinkel bezeichnet. Der Bodenaufbruch ist wegen des fehlenden Staukörpers nun kein Verdrängungsvorgang mehr, sondern wird zu einem Strömungsvorgang. Der Boden gleitet an den Flanken des Werkzeuges entlang, und der Reibungsbeiwert zwischen Werkzeugfläche und Boden bestimmt den Widerstand. Dadurch nimmt der Widerstand allmählich ab. Beim Grenzwert des Winkels φ hat er ein Minimum. Der Grenzkeilwinkel läßt sich angenähert aus den Bodenkennziffern berechnen und ist für verschiedene Böden unterschiedlich [6].

Wird der Keilwinkel bei gleicher Arbeitsbreite noch kleiner, so nehmen wegen der längeren Seitenflanken die Reibungsflächen und damit der Widerstand zu. Es besteht ein eindeutiger rechnerischer Zusammenhang zwischen den verlängerten Seitenflanken und dem Anwachsen des Widerstandes für diesen Bereich. Sobald sich der Staukörper vor dem Werkzeug nicht mehr ausbildet und der Keilwinkel φ sich dem Grenzwert nähert, ist der horizontale Bodenwiderstand nicht mehr mit den Gleichungen aus der bautechnischen Bodenmechanik zu berechnen, da ein völlig andersartiger Bruchvorgang als der für diese Theorien angenommene vorliegt. Diese Tatsache kommt auch gut in den Messungen der Bodenverformung zum Ausdruck, die mit dem Verschwinden des Staukörpers weniger intensiv ist. Der spezifische vertikale Bodenwiderstand p_V verhält sich ähnlich. Auch bei dem Neigungswinkel ζ macht sich die Veränderung des Bruchbildes bemerkbar. Solange sich der Staukörper voll ausbildet, bleibt der Neigungswinkel ζ konstant. Mit dem allmählichen Verschwinden des Staukörpers, d. h. mit kleiner werdendem Winkel φ , fällt der Neigungswinkel ζ ab. Ähnliche Tendenzen stellten fast in der gleichen Größenordnung *Dransfield*, *Willat* und *Willis* [7] bei zinkenartigen Werkzeugen, aber auch *Thaer* [8] bei Kartoffelhäufelkörpern, also komplizierteren Werkzeugformen, fest. Der Abstand f zwischen der Bodenoberfläche und dem Angriffspunkt des Bodenwiderstandes bleibt für den untersuchten Bereich des Winkels φ konstant.

Einfluß des Anstellwinkels δ

Der Einfluß des Anstellwinkels δ auf den Bodenwiderstand ist bereits von *Söhne* [9] rechnerisch für einen bestimmten Bruchvorgang geklärt worden. Danach hat der horizontale Widerstand p_H bei einem Anstellwinkel von etwa 10 bis 20° ein Minimum und steigt mit größer werdendem Anstellwinkel an. Die durchgeführten Messungen der Bodenverformung zeigen eindeutig, daß in dem untersuchten Bereich des Anstellwinkels δ keine grundsätzlich neuen Bruchvorgänge eintreten, sondern daß der Verdrängungsvorgang mit dem typischen Staukörper vor dem Werkzeug erhalten bleibt. Die Formeln aus der bautechnischen Bodenmechanik sind also für diesen Bereich voll gültig, lediglich die Übergangszone von einem Bruchbild zum anderen ändert sich in folgender Weise: Mit kleinerem Anstellwinkel δ macht sich der Bruchvorgang nach passivem Erdwiderstand immer stärker bemerkbar, womit sich die Abnahme des horizontalen Widerstandes mit abnehmendem Anstellwinkel δ erklärt. Für die Beziehung zwischen dem Übergangswert und dem Anstellwinkel ergab sich trotz verschiedener Bodenverhältnisse eine gute Übereinstimmung mit den Werten von *O'Callaghan* [2].

Der vertikale Bodenwiderstand p_V zeigt in Abhängigkeit vom Anstellwinkel δ ein eigenartiges Verhalten. Bei $\delta = 90^\circ$ ist er positiv (Wirkung von unten nach oben) und wird bei kleineren Winkeln δ negativ, wobei das Werkzeug in den Boden hineingezogen wird. Es gibt einen Anstellwinkel δ , bei dem der vertikale Widerstand p_V Null ist. Diese Erscheinung spiegelt sich beim Neigungswinkel ζ des resultierenden Bodenwiderstandes wider. Die gleiche Tendenz ist in den Meßergebnissen von *Tanner* [10] bei Zinken von gleichem Anstellwinkel δ und von *Thaer* [8] bei Kartoffelhäufelkörpern mit Anstellwinkeln von $\delta = 30$ bis 60° zu finden. Der Abstand f zwischen der Bodenoberfläche und dem Angriffspunkt des Bodenwiderstandes ist vom Anstellwinkel δ unabhängig.

Dynamischer Widerstandsanteil

Bei den Untersuchungen mit Geschwindigkeiten bis zu etwa 20 km/h konnten keine grundsätzlichen Veränderungen der soeben geschilderten Zusammenhänge zwischen Bruchformen und Werkzeugformen festgestellt werden. Somit sind dem statischen Widerstandsanteil nur die für die Beschleunigung der Bodenmassen erforderlichen Kräfte hinzuzuaddieren. An zwei Beispielen soll der Einfluß einer Geschwindigkeitssteigerung auf die Beziehung zwischen Werkzeugform und Bodenwiderstand gezeigt werden.

Einfluß des Keilwinkels φ

Der dimensionslose Geschwindigkeitsfaktor x ist ein Maß für den dynamischen Anteil des spezifischen horizontalen Bodenwiderstandes. In Bild 3 ist der Geschwindigkeitsfaktor x über dem Keilwinkel φ aufgetragen. Der Faktor x wurde dabei aus den Meßwerten für die verschiedenen Geschwindigkeiten nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Für den Bereich des Keilwinkels φ von etwa 90° bis 180° ist der Geschwindigkeitsfaktor unabhängig vom Keilwinkel. In diesem Bereich bildete sich, wie vorher gezeigt, der Staukörper ungehindert vor dem Werkzeug aus. Dadurch wird der Boden bei der seitlichen Verdrängung immer in gleicher Weise zur Seite beschleunigt, und somit müssen auch die dynamischen Kräfte gleich bleiben. Bei kleineren Keilwinkeln zwischen 90 bis 60° läßt die Formung des Staukörpers vor dem Werkzeug immer mehr nach, bis er beim Grenzkeilwinkel ganz verschwindet. Infolge des andersartigen Bruchvorganges muß zwangsläufig auch der Boden in anderer Weise zur Seite transportiert werden. Dadurch verändern sich die Beschleunigungskräfte, was sich für diesen Bereich des Keilwinkels in einer progressiven Abnahme des Geschwindigkeitsfaktors bemerkbar macht.

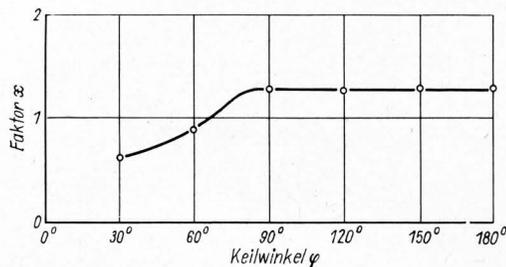


Bild 3. Geschwindigkeitsfaktor x in Abhängigkeit vom Keilwinkel φ des Zinkens ($b = 50$ mm; $\delta = 90^\circ$).

Es möge hier erwähnt sein, daß *Bernacki* [11] und auch *Söhne* [12] bei Pflugstreichblechen mit Keilwinkeln von $\varphi = 40$ bis 100° (hier spricht man dann von Seitenrichtungswinkeln) ebenfalls eine progressive Veränderung des Geschwindigkeitsfaktors mit dem Keilwinkel nach der Funktion $(1 - \cos \varphi)$ feststellten. Die eigenen Meßwerte bestätigen diese Feststellung in dem entsprechenden Bereich.

Aus diesen Abhängigkeiten wäre zu folgern, daß der Konstrukteur von Bodenbearbeitungswerkzeugen bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten den Keilwinkel φ möglichst in der Nähe des Grenzkeilwinkels wählen soll, um den Widerstandsanstieg mit höherer Geschwindigkeit relativ gering zu halten: einmal ist der statische Anteil des Widerstandes gering, dann wird auch der dynamische Anteil klein. Er bleibt zwar auch vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängig, aber die Steigung der Widerstandsparabeln ist wegen der geringeren x -Werte kleiner.

Bei dieser Maßnahme muß aber berücksichtigt werden, daß der Bodentransport und der Bodenaufbruch, also die Funktionen des Werkzeuges, weit weniger intensiv erfolgen als bei dem Verdrängungsvorgang mit dem vor dem Werkzeug sich bildenden Staukörper. Bei Bodenwerkzeugen, die wie Ackereggzinken beispielsweise eine intensive Wirkung im Boden erzielen sollen, wäre dieser Weg nicht empfehlenswert, wohl aber für Säeschar, die den Boden nur öffnen und nicht fortbewegen sollen.

Einfluß des Anstellwinkels δ

In Bild 4 ist der spezifische vertikale Bodenwiderstand p_v für vier verschiedene Geschwindigkeiten v über dem Anstellwinkel δ aufgetragen.

Die kleinste Geschwindigkeit $v = 1,14$ m/s wurde bereits diskutiert; p_v wirkt bei $\delta = 90^\circ$ von unten nach oben und bei $\delta = 45^\circ$ von oben nach unten. Diese Tendenz bleibt auch bei den höheren Geschwindigkeiten erhalten, sie verändert sich lediglich in der Größenordnung. Mit wachsender Geschwindigkeit können die Vertikalkräfte sehr groß werden, wodurch unter Umständen die Werkzeuge aus dem Boden herausgehoben werden. Treten derartige Erscheinungen auf, so kann die Verringerung des Anstellwinkels Abhilfe leisten. Das Werkzeug wird dann in den Boden hineingezogen. Von dieser Maßnahme wird beispielsweise in der UdSSR bei der Verwendung der Stiefelschare Gebrauch gemacht, die insbesondere für höhere Geschwindigkeiten gut geeignet sein sollen [13].

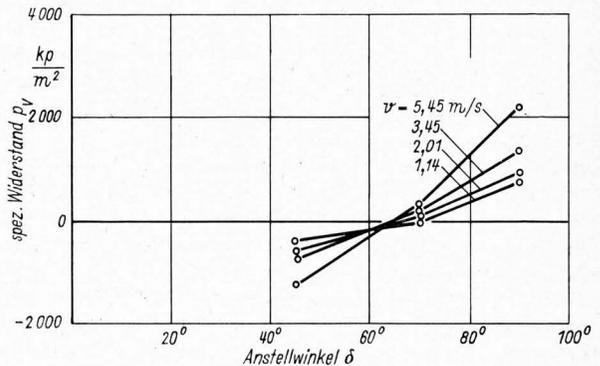


Bild 4. Spezifischer vertikaler Bodenwiderstand in Abhängigkeit vom Anstellwinkel δ für verschiedene Geschwindigkeiten ($b = 50$ mm; $\varphi = 120^\circ$).

Außerdem hat nach den Untersuchungen ein kleiner Anstellwinkel δ einen niedrigen statischen horizontalen Widerstand und einen niedrigen Geschwindigkeitsfaktor x zur Folge, wodurch der Widerstand insgesamt mit ansteigender Geschwindigkeit relativ niedrig bleibt. Da bei kleinen Anstellwinkeln der Bruchvorgang im Boden als Verdrängungsvorgang erhalten bleibt, ist die Abnahme des Anstellwinkels mit einer nahezu gleichbleibenden Bodenverformung verbunden.

Zusammenfassung

Aus Modellversuchen mit zinkenartigen Bodenwerkzeugen wurden einige Ergebnisse über die Beziehungen zwischen dem Bodenwiderstand, den Werkzeugabmessungen und der Arbeitsgeschwindigkeit gezeigt. Die Abhängigkeiten lassen sich teilweise mit theoretischen Erkenntnissen aus der bautechnischen Bodenmechanik erklären. Damit können dem Konstrukteur Grundlagen beim Entwurf von Bodenwerkzeugen gegeben werden, wobei die Funktion des Werkzeuges berücksichtigt werden muß. Es wird gezeigt, daß die mit Modellwerkzeugen gewonnenen Ergebnisse mit denen komplizierterer Werkzeugformen der Tendenz nach übereinstimmen.

Schrifttum

- [1] *Vornkahl, W.*: Dynamik gezogener Bodenwerkzeuge im Modellversuch. Diss. TH Stuttgart 1966.
- [2] *O'Callaghan, J. R.*: Der Bruchmechanismus des Bodens bei der Bodenbearbeitung. *Grundl. Landtechn.* **17** (1967) Nr. 3, S. 92/95.
- [3] *Gorjatschkin, W.*: Über Streichbleche. Moskau 1898.
- [4] *Vornkahl, W.*: Anwendung theoretischer Grundlagen aus dem Grundbau in der landtechnischen Bodenmechanik. *Grundl. Landtechn.* **16** (1966) Nr. 3, S. 114/19.
- [5] *Kühne, G.*: Handbuch der Landmaschinentechnik. Bd. 1. Berlin: Springer-Verlag 1930.
- [6] *Rathje, J.*: Der Schnittvorgang im Sande. VDI-Forschungsheft 350. Berlin: VDI-Verlag 1931.
- [7] *Dransfield, P.; S. T. Willat, und A. H. Willis*: Soil-to-impliment reaction experienced with simple tines at various angles of attack. *J. Agric. Engng. Res.* **9** (1964) Nr. 3, S. 220/24.

- [8] *Thaer, R.*: Versuche mit Häuflern verschiedener Anstell- und Seitenrichtungswinkel. *Grundl. Landtechn.* Heft 15 (1962) S. 37/45.
- [9] *Söhne, W.*: Einige Grundlagen für eine landtechnische Bodenmechanik. *Grundl. Landtechn.* Heft 7 (1956) S. 11/27.
- [10] *Tanner, D. W.*: Further works on the relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. *J. Agric. Engng. Res.* 5 (1960) Nr. 3, S. 307/13.

- [11] *Bernacki, H.*: Ergebnisse der Untersuchung an Schnellflugkörpern. *Dt. Agrartechn.* 13 (1963) H. 11, S. 493/94.
- [12] *Söhne, W.*: Anpassung der Pflugkörperformen an höhere Fahrgeschwindigkeiten. *Grundl. Landtechn.* Heft 12 (1960) S. 51/62.
- [13] *Kanafojski, C.*: Erhöhte Arbeitsgeschwindigkeiten in der Feldwirtschaft. Welche Vorteile bieten sie und wie können sie erreicht werden? *Dt. Agrartechn.* 15 (1965) S. 457/59.

DK 631.372.013

Probleme am Schnellkuppler und seine Normung

Von **Rudolf Franke**, Darmstadt¹⁾

Die Entwicklung zu Schleppern mit größerer Leistung und zu leistungsstarken Arbeitsmaschinen macht es notwendig, die schwerer gewordenen Geräte leicht und schnell am Schlepper anzukuppeln, anstatt sie wie bisher an den drei Punkten mit Steckverbindungen anzubauen. Die Vielzahl theoretisch möglicher Lösungen läßt sich raumgeometrisch auf einige wenige Kupplungssysteme zurückführen, in die sich die bisher bekanntgewordenen Schnellkupplerausführungen einordnen lassen. Die Arbeitsgemeinschaft Schnellkuppler hat durch eine zielbewußte Konstruktions- und Versuchsarbeit Normenentwürfe von Schnellkupplerelementen zum Fangen, Führen und Verriegeln entwickelt.

1 Aufgabenstellung

Das Problem einer jeden Norm ist es, unter Berücksichtigung vorhandener Abmessungen und gegebener technischer Verhältnisse für eine gute Funktion einen optimalen Kompromiß zu finden, der dem Konstrukteur bei der Gestaltung und Weiterentwicklung einen möglichst großen Spielraum läßt.

Als Verbindungsnorm für den Anbau der Arbeitsgeräte an den Ackerschlepper hat sich der Dreipunktanbau weltweit durchgesetzt [1]. Der Schlepper wird rückwärts möglichst genau an das Gerät herangefahren. Der Fahrer versucht zunächst, den einen Unterlenker durch seitliches Verschieben an der zugehörigen senkrechten Hubstange auf den einen Zapfen an dem Gerät aufzuschieben, dann den anderen Unterlenker, wobei er dessen Stellung zum Gerätezapfen durch Bewegung des Schleppers rückwärts-vorwärts und durch Betätigen des Krafthebers aufwärts-abwärts korrigieren kann. Dann steigt er ab und stellt die Steckverbindung her, was schwierig oder gar unmöglich ist, wenn

1. die Gerätezapfen in dem Raum zwischen Schlepper und Gerät infolge der Abmessungen des Gerätes unzugänglich sind, und
2. das Gewicht des Gerätes so groß ist, daß es sich vom Fahrer (womöglich noch mit Hilfe eines zweiten Mannes) nicht in eine Lage rütteln oder schieben läßt, in der sich die beiden Unterlenker auf die Gerätezapfen schieben lassen.

Zum Anbau des Gerätes muß mitunter der Oberlenker aus seiner für die Funktion des Gerätes richtig eingestellten Länge verstellbar und hinterher mühsam wieder auf seine richtige Länge gebracht werden.

Die Dreipunktanbau-Norm ist seinerzeit für ein Gewicht von Anbaugeräten, wie etwa das von zwei- bis dreifurchigen Pflügen, geschaffen worden [1; 2]. Die Entwicklung zu Schleppern größerer Leistung und zu Geräten wesentlich größeren Gewichtes, z. B. zu vier- und fünffurchigen Pflügen, bringt es mit sich, daß diese Geräte nicht mehr angebaut, sondern nur noch angekuppelt werden können. Die Hauptaufgabe, deren Lösung hier erörtert wird, besteht also darin, aus der Dreipunktanbau-Norm eine Dreipunkt-kupplungs-Norm zu machen [1 bis 6].

¹⁾ Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Stuttgart am 25. Oktober 1966.

Prof. Dr.-Ing. Rudolf Franke ist apl. Professor für Landtechnik an der Technischen Hochschule Darmstadt.

2 Die Kupplungssysteme beim Dreipunktanbau

Wenn man den Dreipunktanbau, **Bild 1**²⁾, nach praktisch verwendbaren Kupplungsmöglichkeiten untersucht, so kann man, raumgeometrisch gesehen, verschiedene Kupplungssysteme unterscheiden.

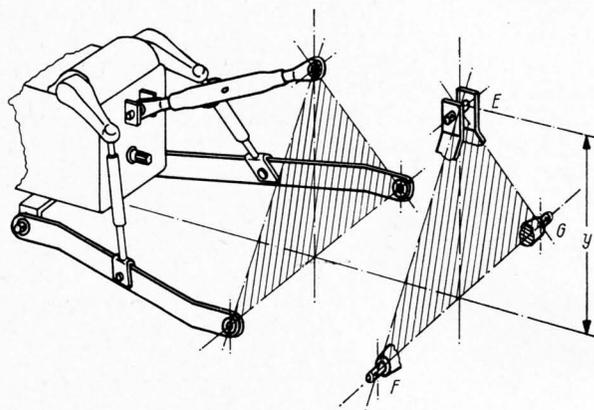


Bild 1. Dreipunktanbau nach DIN 9674.

Das Koppeldreieck ist am Gerät starr vorhanden; es wird durch die Verbindung der beiden unteren Punkte F und G (Dreiecksbasis) mit dem oberen Punkt E (Dreieckspitze) gebildet. Die Dreieckshöhe y bildet kinematisch die sogenannte Koppel des mit dem Gestänge des Krafthebers gebildeten Gelenkviereckes. Am Schlepper sind an einem beweglichen Anbaugestänge die entsprechenden drei Punkte vorhanden, die mit den im Raum starren, am Gerät festen Punkten vereinigt werden müssen.

Aus der Vielzahl der Kombinationen für die Verbindung der drei beweglichen Punkte des Schleppers mit den drei starren Punkten am Gerät sind praktisch nur folgende Systeme anwendbar:

1. Die unteren Punkte am Gerät werden nacheinander oder gleichzeitig von der Seite her oder
2. von vorne oder
3. von unten durch die schlepperseitigen unteren Punkte gekuppelt; anschließend wird der obere Punkt am Gerät durch den oberen schlepperseitigen Punkt von vorne und von oben gekuppelt. In den Fällen 1 bis 3 wäre die Bewegung des oberen schlepperseitigen Punktes zwar auch von unten denkbar, das ist aber deswegen unpraktisch, weil die Bewegung nur nachträglich von Hand, d. h. nicht mit dem Kraftheber, erfolgen kann.
4. Der obere Punkt am Gerät wird durch den oberen schlepperseitigen Punkt von vorne und von unten gekuppelt, und anschließend oder gleichzeitig werden die unteren Punkte am Gerät nach- oder miteinander durch die unteren schlepperseitigen Punkte von vorne und von unten gekuppelt.

²⁾ Die Schemabilder wurden von A. Treugut, einem Mitarbeiter des Verfassers, gezeichnet.