

- [29] ● *Drenstein, A.J.*: Proceedings of pneumoconiosis. Conference Johannesburg (1959), London: Churchill 1960.
- [30] *Schütz, A. u. W. Coenen*: Feinstaub: Definition – Meßverfahren. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 34 (1974) Nr. 9, S. 323/26.
- [31] *Seany, R.J., R.K. Halpin u. B.A. Maguire*: A portable recording instrument (SIMSLIN) for monitoring respirable airborne dust. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 33 (1973) Nr. 5, S. 213/16.
- [32] *Bauer, H.-D. u. E. Bruckmann*: Ergebnisse von Vergleichsmessungen zwischen verschiedenen Staubmeßgeräten und Beurteilung ihrer Eignung für die betriebliche Praxis. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 35 (1975) Nr. 12, S. 465/70.
- [33] *Coenen, W.*: Feinstaubmessung mit dem VC 25. Neuere Untersuchungen und praktische Erfahrungen. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 35 (1975) Nr. 12, S. 452/58.
- [34] *Maguire, B., E. Saunders u. G.W. Harris*: Respirable-dust sampling in british quarries. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 35 (1975) Nr. 12, S. 397/400.
- [35] *Lilienfeld, P.*: Design and Operation of Dust Measuring Instrumentation Based on the Beta-Radiation Method. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 35 (1975) Nr. 12, S. 458/64.
- [36] *Breuer, H., J. Gebhart, K. Robock u. U. Teichert*: Fotoelektrisches Meßgerät zur Bestimmung der Feinstaubkonzentration. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 33 (1973) Nr. 4, S. 182/85.
- [37] *Breuer, H.*: Das Feinstaub-Streulichtphotometer TMdigital. Staub-Reinhalt. Luft Bd. 36 (1976) Nr. 1, S. 6/10.
- [38] ● *Allen, T.*: Particle size measurement. London: Chapman and Hall 1974.
- [39] ● *Batel, W.*: Einführung in die Korngrößenmeßtechnik. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1971.
- [40] VDI-Richtlinie 2031: Feinheitsbestimmungen an technischen Stäuben.

Die VDI-Richtlinien sind erhältlich beim Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin.

Versuche an einfachen Bodenwerkzeugen, insbesondere von grabenlos arbeitenden Dränmaschinen

Von T.F. Demian, Khartum*)

DK 631.311.5:631.626.2

Die Dränung bezweckt die grundlegende Verbesserung der landwirtschaftlich genutzten Kulturböden durch Regelung der Bodenwasserverhältnisse. Dabei ist die technische Aufgabe die Herstellung eines unterirdischen Systems wasserabführender Kanäle, durch die stauende Nässe der Kulturfächen beseitigt werden soll. Seit etwa 25 Jahren werden zum Bau solcher Systeme Dränmaschinen eingesetzt, die die Kanäle ziehen und sie durch gleichzeitiges Einlegen von Ton- oder Plastikrohren für Jahrzehnte haltbar machen. Nach den hierfür meist eingesetzten Grabenfräsmaschinen werden mehr und mehr grabenlos arbeitende Dränmaschinen angewendet, letztere lassen eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit zu, besitzen eine bessere Manövrierfähigkeit und weisen einen geringeren Verschleiß der Arbeitswerkzeuge auf. Indes benötigen sie höhere Zugleistungen. Den äußerst hohen Leistungsbedarf herabzusetzen ist vorrangiges Ziel der gegenwärtigen technischen Entwicklung.

Die Arbeit entstand am Landmaschinen-Institut der Universität Göttingen, (Direktor: Professor Dr.-Ing. F. Wienecke). Sie wurde von Professor Dr.-Ing. K. Gallwitz angeregt und mitbetreut.

*) Dr. T.F. Demian ist akademischer Assistent an der Landwirtschaftlichen Fakultät, Abt. Landtechnik, der Universität Khartum.

Einleitung

Die grabenlos arbeitenden Dränmaschinen, **Bild 1**, weisen noch sehr unterschiedliche Formen ihrer Arbeitswerkzeuge auf. Es sind solche mit flacher oder winkliger Stirn und mit verschiedenen Anstellwinkeln anzutreffen. Es besteht bisher wenig Klarheit, durch welche Werkzeuggestaltung und -einstellung eine gute Auflockerung des Bodens über dem Dränrohr bei Einsatz grabenlos arbeitender Dränmaschinen erreicht werden kann. Aufgabe einer umfangreichen Arbeit [1] war es, verschiedene Bodenwerkzeuge hinsichtlich der auftretenden Zugkräfte und des Bodenaufbruchs zu untersuchen und dabei den Einfluß des Anstellwinkels, der Werkzeugbreite, der Arbeitstiefe und der Fahrgeschwindigkeit zu ermitteln. Unter Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik könnten dann die gewonnenen Ergebnisse auf Großausführungen und auf verschiedene Böden übertragen werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind auch für die einfachen Werkzeuge der Bodenbearbeitung, so für die Meißelgestaltung von Tiefgrubbern von Interesse.

1. Forderungen an die Funktion und das Zusammenwirken von Bodenwerkzeug und Dränmaschine

Neben einem geringeren Zugleistungsbedarf sollte die vertikale Kraftkomponente des Werkzeugs möglichst groß sein, um eine zusätzliche Belastung auf die Raupen der Dränmaschine übertragen zu können und dadurch ihr Zugvermögen zu erhöhen. Der am Werkzeug auftretende Bodenwiderstand sollte möglichst gleichmäßig wirken, um Stöße auf die Maschine gering zu halten. Ein kompakter Anbau des Werkzeugs an die Zugmaschine trägt zu

einer über die Länge der Raupe gleichmäßigen Abstützung der auftretenden Vertikalkraft bei. Die Dränwerkzeuge sollten sich unter dem Einfluß sich ändernder Bodenkräfte nur in geringem Maße verformen. Stoßartig auftretende Kräfte, wie sie durch das Auftreffen auf Steine verursacht werden, sollten schnell abgebaut werden, indem das Werkzeug die Steine aufhebt oder hinter sich fließen läßt.

Gewünscht wird ferner eine ausreichende Bodenlockerung im Werkzeugbereich, die sich bis an die Bodenoberfläche erstrecken soll, um eine gute Dränwirkung zu erreichen. Unter der Werkzeugsohle dürfen keine Bodenverdichtungen auftreten. Ein grabenlos arbeitendes Dränwerkzeug soll schließlich keinen offenen Schlitz über dem verlegten Rohr hinterlassen.

Bild 1. Grabenlos arbeitende Dränmaschine im Einsatz.

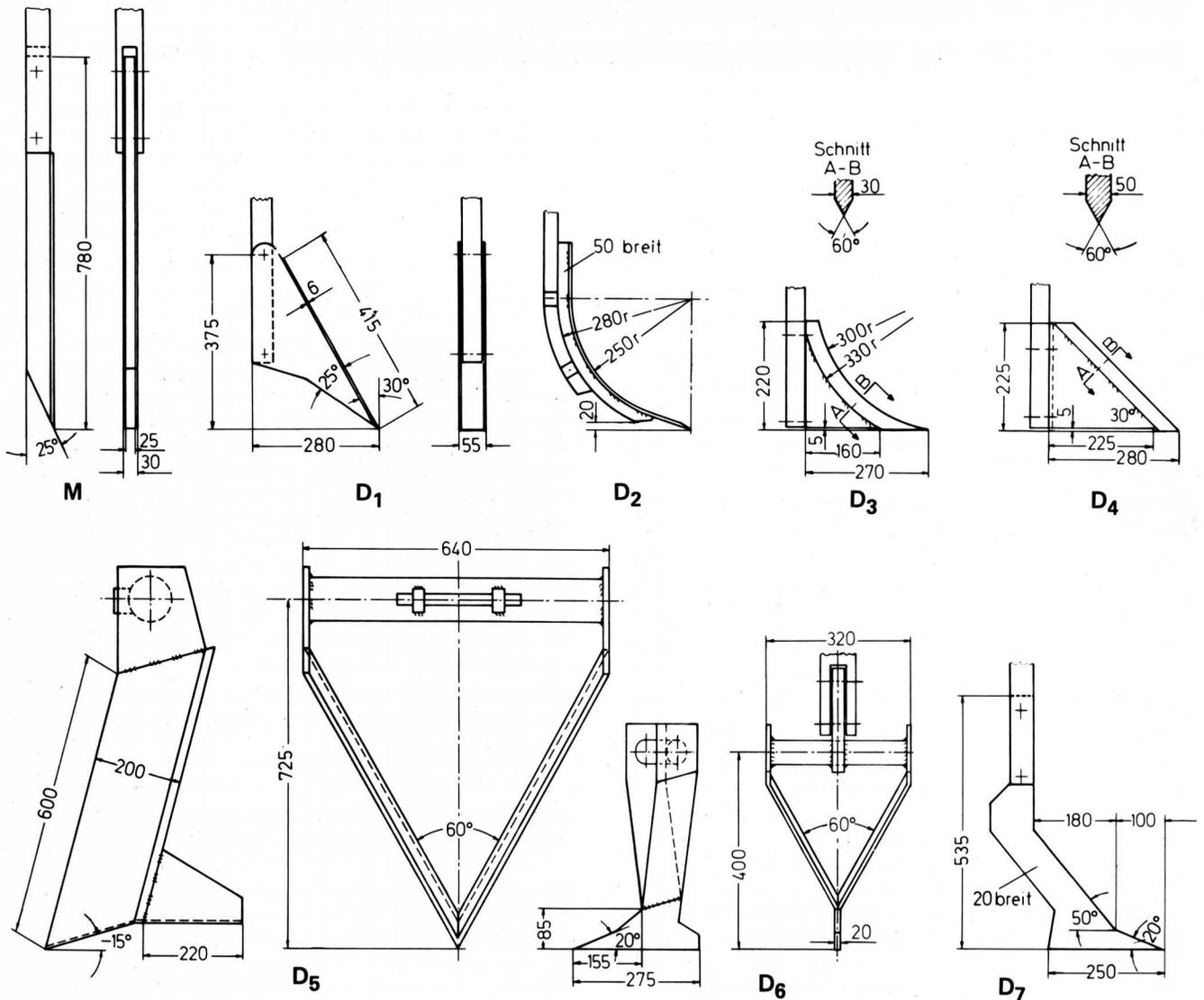
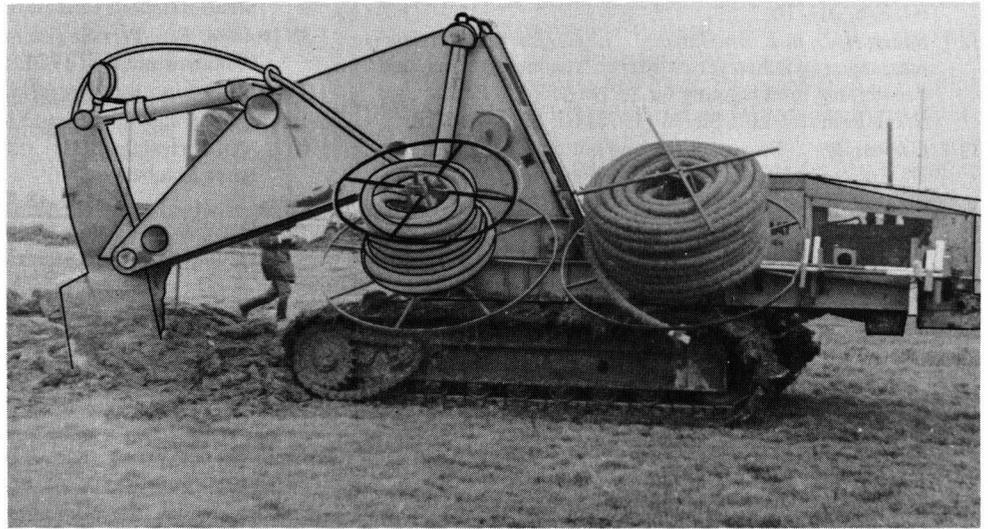


Bild 2 Versuchswerkzeuge.

2. Kräfte an Dränwerkzeugen

2.1 Kräfte an den Modellausführungen

Über die Ermittlung von Zugkräften an grabenlos arbeitenden Dränwerkzeugen und einfachen Bodenwerkzeugen liegen nur wenige Arbeiten vor [2, 3, 4]. Erwähnt seien in diesem Zusammenhang auch Versuche an Häuflern [5] und Streichblechpflügen [6].

Die eigenen Versuche wurden zunächst mit einfachen (geraden) schmalen Flach- und Winkelmeißel-Modellen (D_1 und D_4 in Bild 2) in verschiedenen Werkzeugbreiten, unterschiedlichen Arbeitstiefen und Stellungen angestellt. Daneben wurden verschiedene Werkzeugmodelle mit gekrümmter Stirn (D_2 und D_3) und besondere Dränwerkzeugmodelle (D_5 , D_6 und D_7) in die Untersuchungen einbezogen.

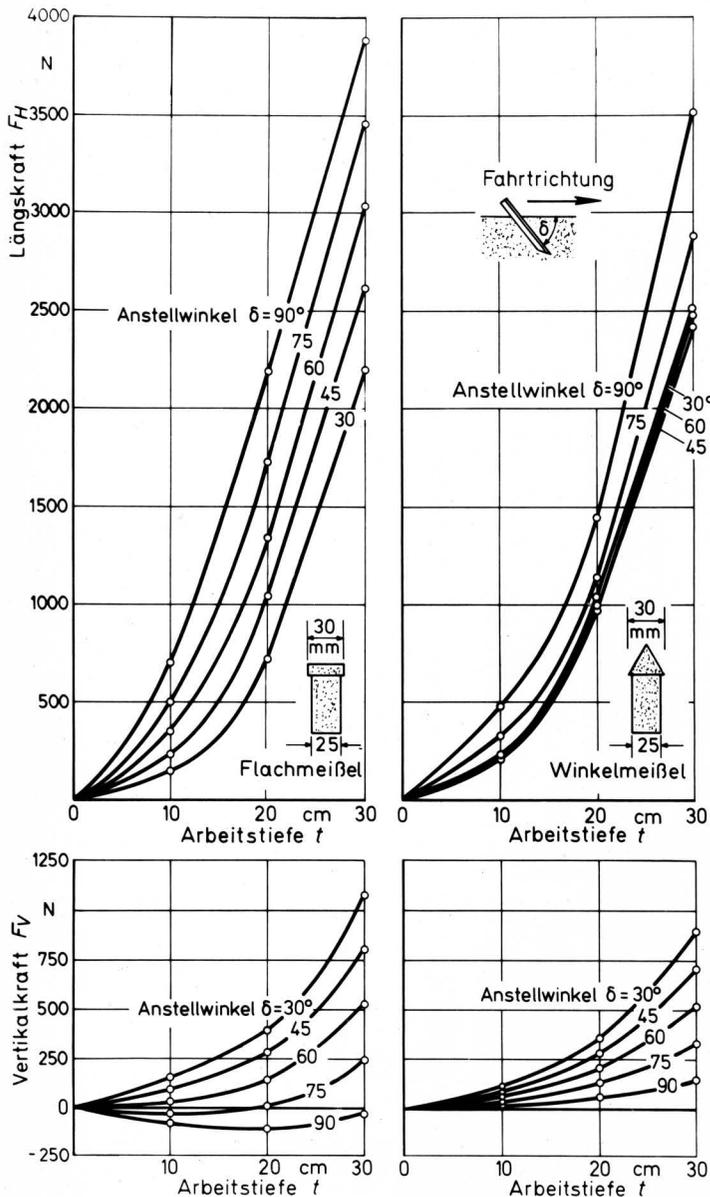


Bild 3. Kräfte für Flach- und Winkelmeißel bei verschiedenem Anstellwinkel δ in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe.

Die Versuchsanstellung in der Bodenrinne ist bereits von Gallwitz und Sz waj [7] beschrieben worden. Der in die Rinne eingefüllte Boden ist ein lehmiger Sand mit 15,6 % Ton, 22,1 % Schluff und 62,3 % Sand in der Trockenmasse. Die Fließgrenze liegt bei 31,8 %, die Ausrollgrenze bei 19,5 % und somit die Plastizitätszahl bei 12,3 % Wassergehalt. Der Porenanteil beträgt 50 %, die Boden-

feuchte $10\% \pm 0,2$ in allen Versuchen. Die Gleichmäßigkeit der Bodenverdichtung wurde mit dem Penetrometer in verschiedenen Arbeitstiefen kontrolliert. Der Penetrometer-Widerstand betrug für alle Versuche $72,4 \text{ N/cm}^2$.

Die Längs- und Vertikalkräfte wurden für Arbeitstiefen von 10, 20 und 30 cm am Flach- und Winkelmeißel mit einer Meißelbreite von 3 cm bei verschiedenen Anstellwinkeln ermittelt. In diesem Arbeitsbereich steigt die Längskraft mit zunehmender Meißeltiefe quadratisch an, Bild 3.

Während die Längskraft F_H für den Flachmeißel mit wachsendem Anstellwinkel δ stetig zunimmt, ergibt sich für den Winkelmeißel im Bereich von $45^\circ - 60^\circ$ ein Minimum, Bild 4. Die Vertikalkraft nimmt für beide Meißelformen mit wachsendem Winkel δ ab, Bild 5.

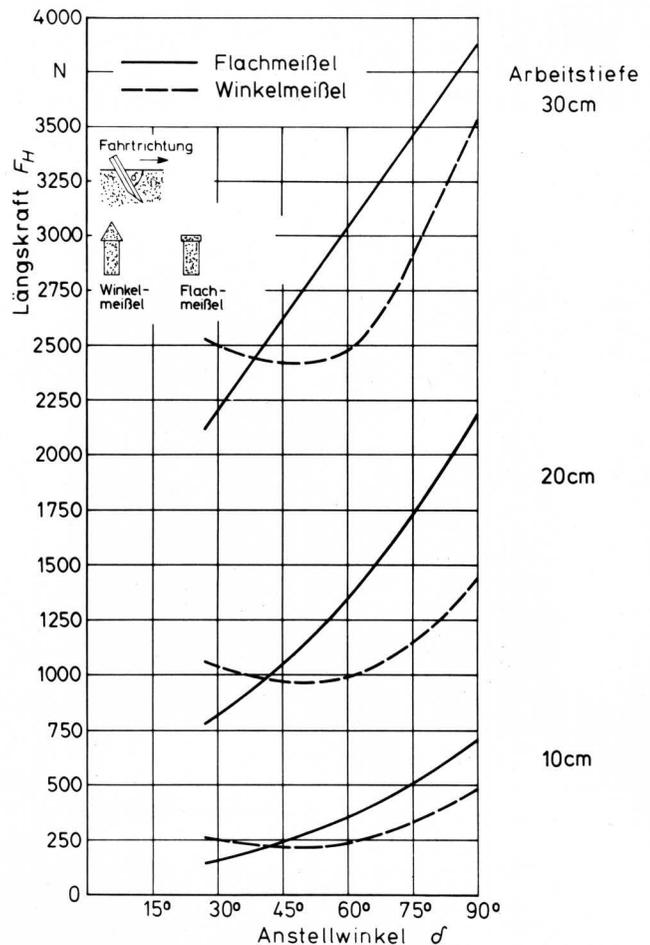


Bild 4. Einfluß des Anstellwinkels δ auf die Längskräfte bei Flach- und Winkelmeißeln in verschiedenen Arbeitstiefen. (Meißelquerschnitte wie in Bild 3).

Wie aus Bild 6 zu ersehen ist, wächst die Längskraft F_H mit zunehmender Meißelbreite b nur unterproportional an. Die Vertikalkraft fällt mit zunehmender Meißelbreite bis etwa 7 cm ($t/b \approx 2$) zunächst in geringem Maße ab und steigt dann wieder an.

Die erforderlichen Längs- und Vertikalkräfte für Flachmeißel mit 20 cm Arbeitstiefe und einem Anstellwinkel $\delta = 60^\circ$ wurden bei verschiedenen Geschwindigkeiten bis 2200 m/h gemessen. In diesem Bereich der Geschwindigkeit arbeiten auch in der Praxis eingesetzte Dränmaschinen. Es ergibt sich in diesem Bereich praktisch eine lineare Abhängigkeit der beiden Kräfte von der Geschwindigkeit, Bild 7.

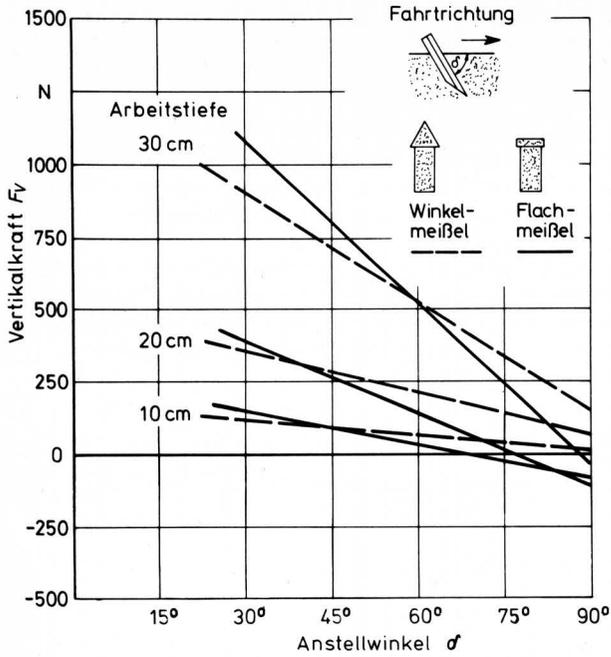


Bild 5. Einfluß des Anstellwinkels δ auf die Vertikalkräfte bei Flach- und Winkelmeißeln in verschiedenen Tiefen. (Meißelquerschnitte wie in Bild 3).

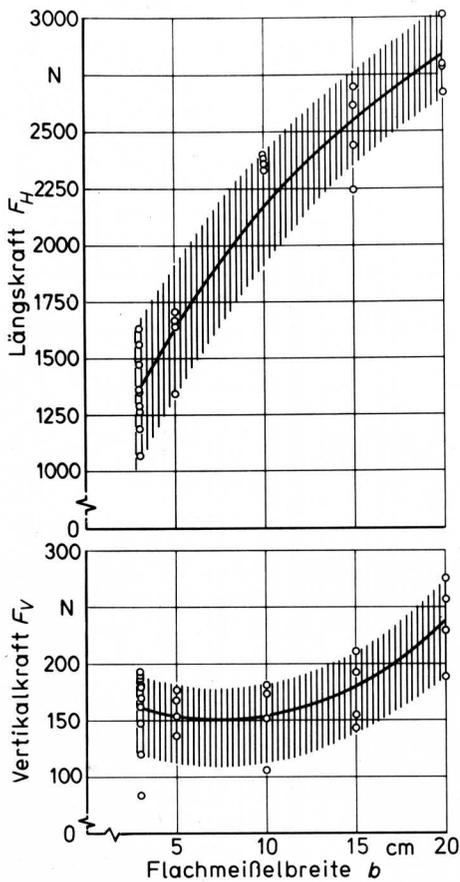


Bild 6. Längskraft F_H und Vertikalkraft F_V als Funktion der Breite des Flachmeißels.

Anstellwinkel $\delta = 60^\circ$
 Arbeitstiefe $t = 20$ cm
 Geschwindigkeit $v = 580$ m/h

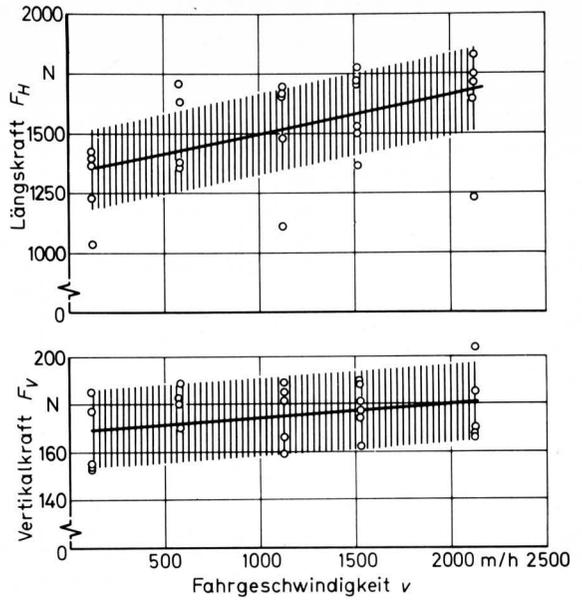


Bild 7. Längskraft F_H und Vertikalkraft F_V in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit.

Meißelbreite $b = 3$ cm
 Arbeitstiefe $t = 20$ cm
 Anstellwinkel $\delta = 60^\circ$

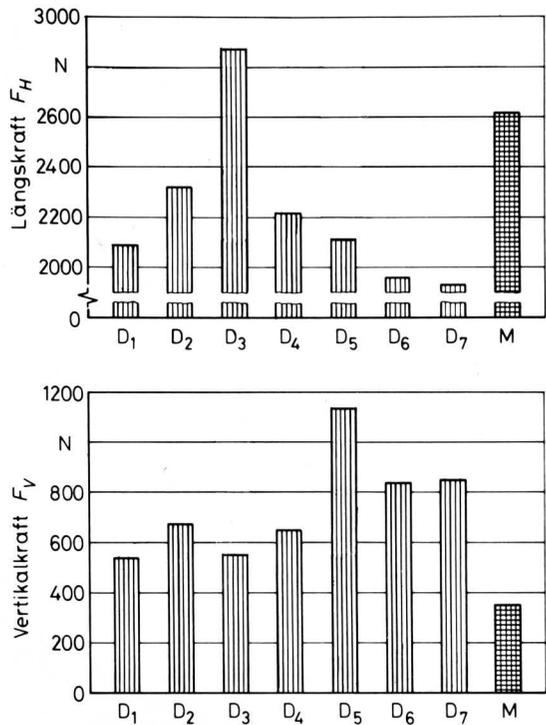


Bild 8. Vergleichende Darstellung der Längskraft und der Vertikalkraft für Dränwerkzeugmodelle D_1 bis D_7 und Bezugsmodelle.

2.2 Vergleich der Messungen an einfachen Meißeln und anderen Dränwerkzeugmodellen

Die auftretenden Längs- und Vertikalkräfte der verschiedenen Werkzeuge sind in **Bild 8** angegeben. Das Dränwerkzeugmodell D_1 mit flacher Stirn und mit höherem Schar (Scharhöhe zu Arbeitstiefe $\approx 0,8$) mit einem Anstellwinkel von 45° verursacht eine relativ geringe Längskraft von 2090 N, das winkelstirn förmige Dränwerkzeugmodell D_3 mit niedrigem Schar (Scharhöhe zu Arbeitstiefe etwa 0,54) benötigt die höchste Längskraft von 2850 N. Das

V-förmige Dränwerkzeugmodell D_5 mit der gleichen Wandstärke wie die schmalen Modelle weist bei einer niedrigen Längskraft von 2110 N die höchste Vertikalkraft von 1160 N auf. Der Grund für die höhere Längskraft von 2610 N, die am Bezugswerkzeugmodell M auftritt, liegt im größeren Anstellwinkel begründet.

Für die Kräfte ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem eigenen neu entwickelten Dränwerkzeugmodell D_6 (Y-förmig, Scharhöhe zu Arbeitstiefe 0,30) und dem schmalen, flachstirnigen Dränwerkzeugmodell D_7 , das zwei, für die jeweiligen Tiefen günstige Anstellwinkel aufwies. Die Werkzeugformen D_6 und D_7 weisen ein günstiges Verhältnis von Längskraft zu Vertikalkraft auf. Die Formen D_5 und D_6 besitzen eine gute Stabilität für die Aufnahme der seitlichen Kräfte und lassen sich kompakt an die Zugmaschine anbauen.

2.3 Kräfte an der Großausführung

Die an den Großausführungen der Werkzeuge (natürliche Größe an den Dränmaschinen) auftretenden Zugkräfte F_H sind für die Flachmeißelform (Arbeitstiefe bis 210 cm) durch die Anwendung der Ähnlichkeitstheorie (π -Theorem [1]) errechnet worden, Bild 9.

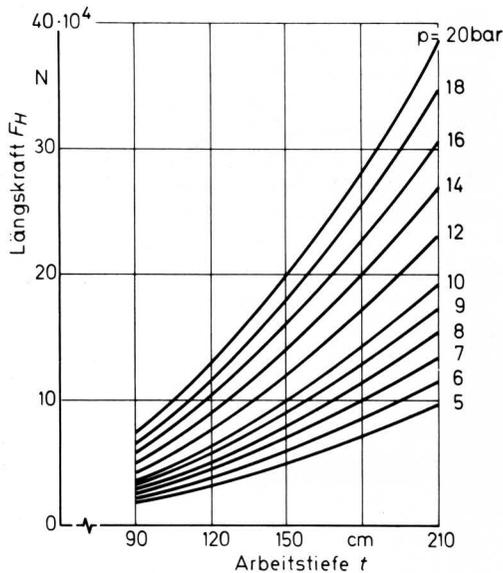


Bild 9. Längskräfte der Flachmeißel in Großausführung errechnet nach dem π -Theorem in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe bei unterschiedlichem Penetrometerwiderstand p .

Meißelbreite $b = 9$ cm
 Anstellwinkel $\delta = 60^\circ$
 Fahrgeschwindigkeit $v = 1000$ m/h

3. Bodenverformung

Die Verformung des Bodens tritt in einer Zone zu beiden Seiten und vor dem Meißel auf, Bilder 10 bis 12. Während in den oberen Bodenschichten ein Anheben und Lockern des Bodens stattfindet, verdichtet der Meißel in den unteren Schichten den Boden, da die Bodenteilchen nach oben nicht mehr ausweichen können. Das tritt im besonderen Maße bei nassem, kohäsivem Boden ein.

Bild 10 zeigt die Anhebung der waagrecht markierten Bodenschichten nach dem Durchlauf eines flachgestellten Flachmeißels ($\delta < 45^\circ$). Sie ist am geringsten in der untersten Schicht und nimmt zu bei höheren Schichten und erreicht ihr Maximum an der Bodenoberfläche.

Der Meißeldruck im oberen Bodenbereich zwingt die Bodenteilchen in Richtung des geringsten Widerstandes nach oben auszuweichen. Es findet eine Vergrößerung des Bodenvolumens statt;

es bildet sich ein Bodenber. Gleichzeitig entstehen primäre (Kurven-Risse) und sekundäre (Radial-Risse) Scherebenen. Diese Vorgänge führen zu einer Lockerung im oberen Bodenbereich, Bild 11.

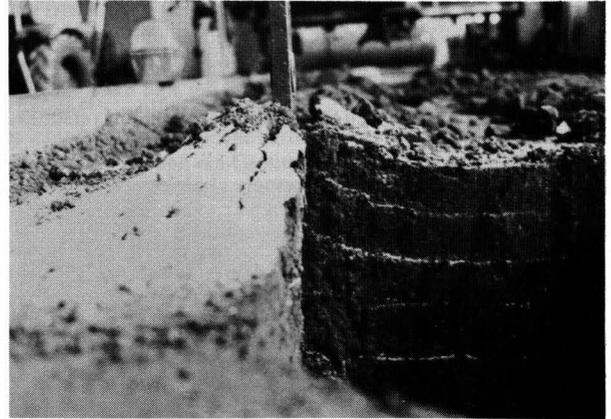


Bild 10. Anheben der Bodenschichten beim Meißeldurchlauf, Abstand der weißen Schichtlinien 5 cm.

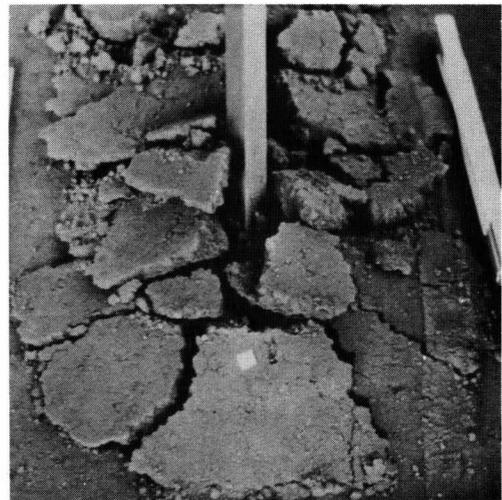


Bild 11. Draufsicht auf die Bodenrisse des Bodenbruchs, der vom Winkelmeißel verursacht wird.

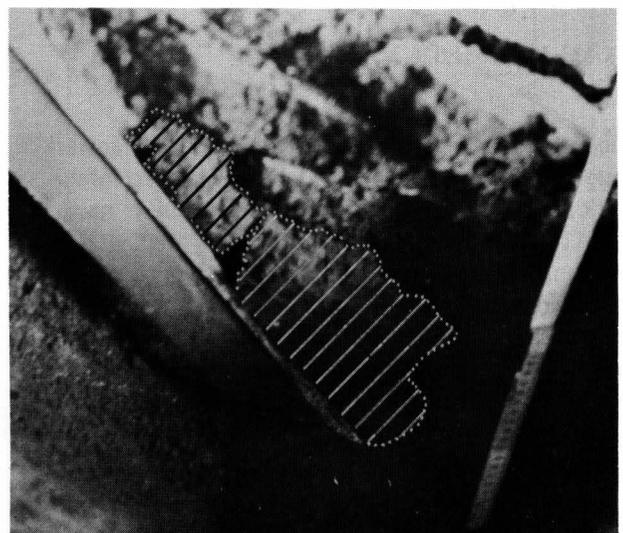


Bild 12. Seitenansicht des Flachmeißels und des am unteren Ende befindlichen Bodenkeils in natürlicher Lagerung, Bodenkeil schraffiert.

Bei flacher Werkzeugstirn und winkligen Werkzeugen mit einem Keilwinkel $\delta > 60^\circ$, die ein größeres t/b-Verhältnis aufweisen, kann sich auf der Stirnfläche des Meißels ein Bodenkeil bilden, Bild 12. Die Stabilität dieses Bodenkeils hängt von dem Anstellwinkel δ , der Adhäsion sowie dem Feuchtegehalt des Bodens und dem Grad der Ungleichmäßigkeit von Bodenverdichtungen in unmittelbarer Nähe des Keils ab. Im allgemeinen verringert der Bodenkeil die auftretende Vertikalkraft, weil der Keil das Fließen des Bodens mehr nach beiden Seiten als nach oben hin verstärkt.

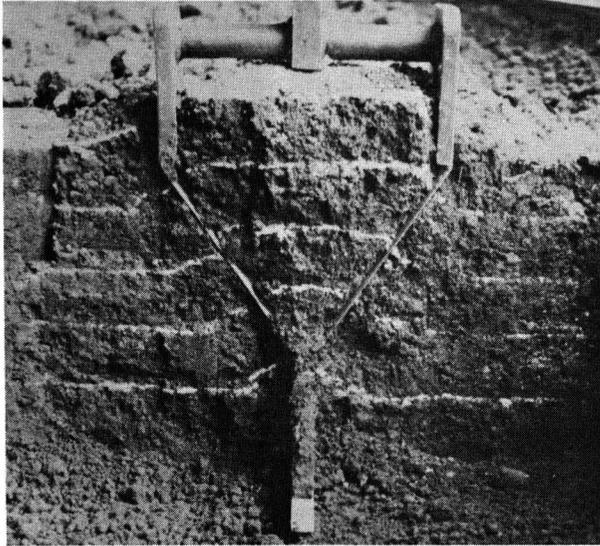


Bild 13. Senkrechter Schnitt quer zur Fahrtrichtung: Bodenverformung mit Anheben des Bodens bei Y-förmigem Dränwerkzeugmodell, Abstand der Schichtlinien 5 cm.

Das Y-förmige Dränwerkzeug erzeugt einen größeren Lockerungsbereich. Da wenig Boden im oberen V-förmigen Teil nach außerhalb der Seitenwände fließt, findet nur eine geringe Bodenverdichtung im oberen Bodenbereich statt, Bild 13. Damit wird die erwünschte Lockerung des Bodens über dem Dränrohr in günstiger Weise erreicht.

Schrifttum

- [1] *Demian, T.F.*: Untersuchungen an einfachen Bodenschneidwerkzeugen, insbesondere für grabenlos arbeitende Dränmaschinen, ausgeführt an einfachen Modellen. Diss. Göttingen 1974.
- [2] *Söhne, W.*: Einige Grundlagen für eine landtechnische Bodenmechanik. *Grundl. Landtechnik H. 7* (1956) S. 11/27.
- [3] *Vornkahl, W.*: Beitrag zur Gestaltung von zinkenartigen Bodenbearbeitungs-Werkzeugen. *Grundl. Landtechnik Bd. 17* (1967) Nr. 3, S. 95/98.
- [4] *Voss, B. u. Fr. Zimmermann*: Zugkraftbedarf und Verlegeschwindigkeit grabenlos arbeitender Dränmaschinen. *Wasser und Boden Bd. 26* (1974) H. 4, S. 98/102.
- [5] *Thaer, R.*: Versuche mit Häuflern verschiedener Anstell- und Seitenrichtungswinkel. *Grundl. Landtechnik H. 15* (1962) S. 37/45.
- [6] *Getzlaff, G.*: Kräfte beim Pflügen von steinigem Acker. *Grundl. Landtechnik H. 5* (1953) S. 7/15.
- [7] *Gallwitz, K. u. S. Sz waj*: Ein Kraftmeßgerät mit Kardanwelle für Bodenbearbeitungswerkzeuge. *Grundl. Landtechnik Bd. 23* (1973) Nr. 3, S. 61/65.

Zugkraftbedarf und Einsatzmöglichkeit des V-Dränpfluges nach Willner

Von Hartmut Pietsch, München*)

DK 631.311.5:631.626.2

Die Zugkräfte für ein grabenlos arbeitendes Dränwerkzeug werden üblicherweise durch ein Gleiskettenfahrwerk auf den Boden übertragen. Dieses muß je nach Zustand der Bodenoberfläche bestimmte Voraussetzungen erfüllen, welche unter Anwendung der Mohr-Coulomb'schen Bruchbedingung aus den Bodenkennwerten abgeleitet werden. Die Zugkraft für das Dränwerkzeug nach Willner wird aus dem Kräftegleichgewicht am Bodenbruchkörper gewonnen. Anhand der Betrachtungen über Laufwerk und Zugkraft soll eine Arbeitsunterlage für den Einsatz des Gerätes erstellt werden.

*) *Dipl.-Ing. Hartmut Pietsch ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: o.Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der Technischen Universität München.*

1. Einleitung

Die Dränung ist die älteste und am meisten angewendete Methode zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes, welcher die Bodenstruktur und damit den Ertrag beeinflusst. Das Tonrohr wurde durch den Zwang zur Automatisierung vom endlosen gewellten Kunststoffrohr in den Hintergrund gedrängt [1].

Bei dessen Verlegung kommen grabenfräsende und grabenfreie Dränmaschinen zur Anwendung. Der erfolgreiche Einsatz hängt vom Zugwiderstand des Verlegewerkzeugs, von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche und der Art des Fahrwerks ab.

Es wurde eine große Zahl von Geräten in Form eines Hohlschwerts und das Werkzeug von *Willner* in V-Form entwickelt. Der unterschiedliche Aufbau bedingt auch eine unterschiedliche Kraftwirkung des Bodens auf das Werkzeug. Das V-förmige Gerät hinterläßt zwei Schnittnarben an der Bodenoberfläche, der Schwert- oder Zinkenpflug erzwingt Verdichtung, Aufbruch und Lockerung wie sie vom Untergrundlockerer bekannt sind. Hieraus resultiert der höhere Zugwiderstand des Schwertpfluges, der nur durch einen Rüttelmechanismus reduziert werden kann [2].