

gelangt der Kalk in Hängern mit Ausstreuung zum Verbraucher, um sofort ausgestreut zu werden.

Nach der zweiten Variante verläuft der Vorgang ähnlich, nur daß der Kalk vom Hersteller mit Waggons zur Umschlagstation gelangt und hier in die eingerichteten Umschlagssilos umgefüllt werden muß.

Die Umschlagstation verteilt den Kalk mit Hilfe von Kalkwagen auf die Verteilungspunkte in ihrem Gebiet (identisch mit der ersten Variante).

Zu dem gesamten Mechanisierungssystem gehören:

Kalkwaggons CWL-24 bzw. 402 S,  
Silos RSP-1 w,  
Kalkwagen „Star“,  
Ausstreuanhänger RCW-4

Durch die geringe Anzahl Mechanisierungseinheiten erreicht man eine bedeutende Vereinfachung des Prozesses und gleichzeitig die vollständige Ausschaltung der Handarbeit. Ferner wird so jeder Kontakt von Mensch und Kalk vom Gewinnungsort bis zum Einbringen in den Boden vermieden. Vor allem wird dies in der letzten Phase des Prozesses durch den Einsatz eines neuen Vierrad-Ausstreuanhängers von 3 bis 3,5 Mp Nutzlast ermöglicht. Dieses Verteilungssystem kann nur nach und nach, je nach Produktionsaufnahme der einzelnen neuen Einheiten, eingeführt werden. Im Anfangsstadium kann man an Stelle der vorgesehenen Kalkwagen die Kipper Star W-25 mit entsprechend abgedichtetem Aufbau verwenden. In ähnlicher Weise lassen sich bis zur Produktionsaufnahme des Ausstreuanhängers RCW-4 zum Abfahren des Düngekalks von den Verteilungspunkten zum Verbraucher normale dichte Hänger verwenden. Der Umschlag des Gutes vom Hänger auf die vorhandenen Ausstreugeräte RCW-2 erfolgt mit Hilfe mechanischer Ladegeräte.

## Organisation des Düngekalkumschlags

Das komplizierte Problem der geplanten Lenkung des gesamten Kalktransports erfordert ein straff organisiertes Unternehmen. Dieses müßte eine Spedition-Verteilerstruktur besitzen und den technischen Ablauf des gesamten Netzes nach obengenannten Gesichtspunkten überwachen.

Zum Wirkungsbereich dieses Unternehmens würde die Organisation und die Überwachung der gesamten Düngekalkverteilung vom Hersteller bis zum Verteilungspunkt gehören. Das Unternehmen müßte Eigentümer der Umschlagstationen, der Verteilungspunkte und der Transportmittel sein. Es müßte eigene Reparaturwerkstätten, Ersatzteillager usw. besitzen. Das Unternehmen müßte außerdem der unmittelbare Investträger der gesamten Organisation sein, mit einigen Versuchsgebieten beginnend und mit der Komplexmechanisierung des gesamten Prozesses im ganzen Land abschließend.

Das Ausstreuen des Düngekalks wird zu 90 % durch Dienstleistungsbrigaden, gebildet innerhalb der Staatlichen Maschinenstationen und der Dorfgemeinschaften, und zu 10 % durch Verbraucher selbst erfolgen. Die Ausstreubrigade müßte mit vier Ausstreuhängern und zwei Traktoren Zetor Super oder Z 4011 ausgerüstet sein.

## Zusammenfassung

Wie aus der Darstellung hervorgeht, erfordert der Bodenkalkungsprozeß die komplexe Lösung vieler Probleme. Man kann nicht nur das Ausstreuen bzw. den Transport mechanisieren, sondern es müssen alle Phasen von der Gewinnung bis zum Einbringen in den Boden durchdacht und gelöst werden. Außer dem Mechanisierungssystem sind auch die entsprechenden Organisationsformen, die mit dem Umschlag und dem Ausstreuen des Kalks verbunden sind, zu schaffen. Das in vorliegendem Beitrag dargestellte Problem und dessen Lösungswege sind typische Beispiele für die komplexe Mechanisierung eines agrotechnischen Prozesses. AU 5568

Dr. H. BERNACKI, Warschau

## Bodenbearbeitungsmaschinen mit angetriebenen Werkzeugen

Obwohl die Bodenbearbeitungsmaschinen mit angetriebenen Werkzeugen (angetriebene Maschinen) bereits über 100 Jahre bekannt sind, haben sie bis heute kaum nennenswerte Anwendung in der Landwirtschaft gefunden. Bis vor kurzem kamen sie selbst in vielversprechenden konstruktiven Lösungen nicht über das Stadium des Projekts oder höchstens des Prototyps hinaus, da ihnen die traditionellen Geräte (Scharpflug, Kultivator, Egge) in mancherlei Hinsicht überlegen waren. Die einzige angetriebene Maschine, die sich — jedoch nur unter großen Schwierigkeiten — im Gartenbau durchsetzte, ist die Bodenfräse mit Federzinken nach dem Patent von MEYENBURG.

Die wichtigsten Ursachen für die Abneigung gegenüber den angetriebenen Bodenbearbeitungsmaschinen sind ihre vollkommen andere Arbeitsqualität als die der traditionellen Geräte, die Bedenken der Landwirtschaft hinsichtlich der übermäßigen Zerkleinerung des Bodens durch die schnell rotierenden Arbeitsorgane sowie der komplizierte Bau dieser Maschinen, die schwierigere Bedienung und die höheren Anschaffungs- und Betriebskosten.

Erst in den letzten Jahren wurde die Aufmerksamkeit verstärkt auf die angetriebenen Bodenbearbeitungsmaschinen gelenkt. Einige Institute und Betriebe begannen mit den Forschungen bzw. dem Bau dieser Maschinen. In verschiedenen Ländern werden Bodenfräsen mit starren Messern (Spateneggen) für den Stoppelsturz zum Vermischen des Stalldüngs mit dem Boden u. ä. verwendet. Für die Saatbettvorbereitung baute man in Italien den Rotorpflug „Aratore

Civello“, in Westdeutschland den „Lorenz“ bzw. „Lorenza“ sowie in Holland die Rotationshacke „Rotasap“. Aber auch diese und verschiedene andere zapfwellengetriebene Maschinen für die Saatbettvorbereitung werden nur in begrenztem Umfang in der Landwirtschaft angewendet. Man kann z. Z. noch nicht sagen, ob die angetriebenen Maschinen entsprechender Konstruktion und den Bedürfnissen der Landwirtschaft angepaßt, in breiterem Maße Eingang finden werden und ob es ihnen einmal gelingt, die traditionellen Geräte aus der Landwirtschaft zu verdrängen. Es ergeben sich aber schon aus den bisherigen Forschungen und den Tendenzen im Traktorenbau sowie aus verschiedenen ökonomischen Kalkulationen Schlußfolgerungen dahingehend, daß die angetriebenen Maschinen in Zukunft einen großen technischen Fortschritt bei der Mechanisierung der Landwirtschaft darstellen werden.

Eine zweifellos berechtigte Tendenz war im Traktorenbau die Verringerung der Eigenmasse bei gleichzeitiger Leistungssteigerung der Traktoren. Gegenwärtig besteht bei der Auslegung der Traktoren in der Frage Masse je Leistungseinheit die Alternative: entweder bei den traditionellen Bodenbearbeitungsgeräten und den entsprechend schweren Traktoren zu bleiben, was unter diesen Bedingungen einen Stillstand im Traktorenbau bedeuten würde (eine weitere Verringerung der Leistungsmasse wäre mit Rücksicht auf die erforderliche Zugkraft nicht möglich), oder die Traktoren leichter zu bauen und gleichzeitig die Geräte dem verringerten Zugvermögen anzupassen. — Es spricht viel dafür, daß der

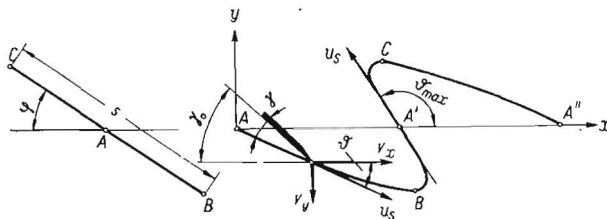


Bild 1. Weg des Werkzeugs der Vibrationsmaschine ( $\varphi = 30^\circ$ ,  $u/v = 2,25$ )

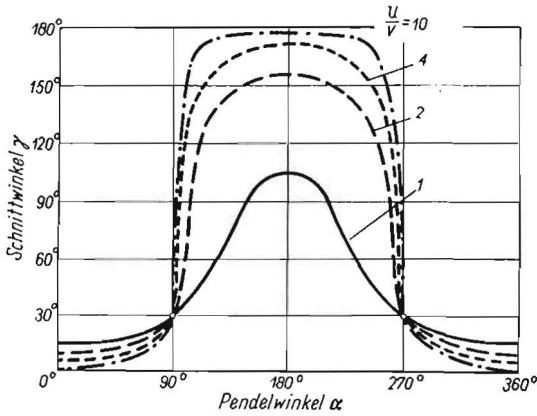


Bild 2. Schnittwinkel  $\gamma$  des Werkzeugs der Vibrationsmaschinen in Abhängigkeit vom Pendelwinkel für verschiedene Verhältnisse  $u/v$  ( $u$  max. Pendelgeschwindigkeit,  $v$  Fahrgeschwindigkeit)

zweite Weg richtig ist, so daß man also die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der angetriebenen Maschinen künftig beschleunigen müßte.

Anschließend sollen nun einige Grundfragen der angetriebenen Bodenbearbeitungsmaschinen erörtert werden.

### Kinematik

In kinematischer Hinsicht lassen sich diese kraftgetriebenen Maschinen in solche mit Pendel- und mit Rotationsbewegung gliedern. In Pendelgeräten können die Pendelbewegungen der Arbeitsorgane harmonisch, gerade oder kombiniert sein; dies ist vom Antriebsmechanismus abhängig. Der Weg des Werkzeugs kann, ohne Berücksichtigung der Bewegung der gesamten Maschine, eine Gerade, ein Kreis oder eine geschlossene Kurve auf verschieden — gegenüber der Fahrtrichtung des Gerätes — gelagerten Flächen sein.

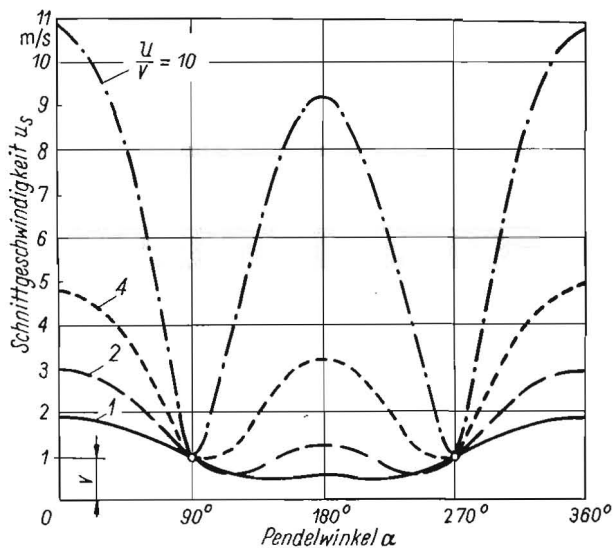


Bild 3. Schnittgeschwindigkeit des Werkzeugs der Vibrationsmaschinen in Abhängigkeit vom Pendelwinkel für verschiedene Verhältnisse  $u/v$

Sind die Pendelbewegungen der Arbeitselemente des Gerätes sehr klein, so nennt man es Vibrationsgerät. Bild 1 zeigt als Beispiel den Weg des Werkzeugs eines Vibrationsgerätes.

Die charakteristische kinematische Eigenschaft aller Pendelgeräte — also auch der Vibrationsgeräte — ist die große Veränderlichkeit ihrer Geschwindigkeiten und der Schnittwinkel während einer vollen Pendelperiode. In Bild 2 sind die Veränderungen des Schnittwinkels  $\gamma$  und in Bild 3 die Veränderungen der Schnittgeschwindigkeit  $u_s$  des Vibrationsgerätes für verschiedene Verhältnisse  $u/v$  (maximale Geschwindigkeit  $u$  einer Pendelbewegung zur Fahrgeschwindigkeit  $v$  des Gerätes) dargestellt.

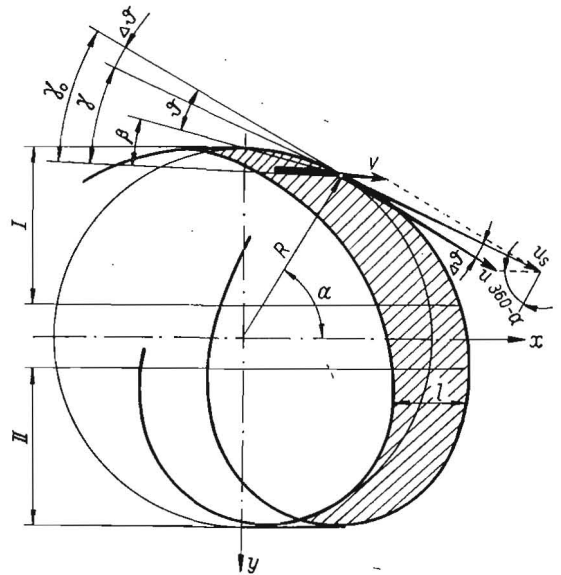


Bild 4. Wege der Werkzeuge bei Rotationsgeräten am Beispiel des „Aratore Civallo“ ( $u/v = 4$ ); I Bodenfräse, gegenläufige Umdrehung, II Bodenfräse, gleichläufige Umdrehung

Vom Prozeß des Bodenschneidens ausgehend sind solche großen Veränderungen des Schnittwinkels und der Schnittgeschwindigkeit ungünstig, da sie entsprechend große Veränderungen der Schnittwiderstände und große Drehmomentenschwankungen verursachen. Kinematisch einfacher sind rotierende Werkzeuge; deren Weg mit einer zur Fahrtrichtung senkrecht verlaufenden Rotationsachse ist die Zykloide. Als Werkzeuge dienen Federzähne, starre oder federnde Messer von gerader, winkelliger bzw. Bogenform, weiter Haken, gewundene Flächen usw. Diese Werkzeuge bilden Arbeitsgruppen, die auf einer oder mehreren Wellen aufgesetzt sind. Während der Drehbewegung schneiden die Elemente Bissen von der Länge

$$l = \frac{v}{u} \cdot \frac{2\pi R}{z} \text{ mm}$$

ab, wobei

- $v$  Fahrgeschwindigkeit [m/s]
- $u$  Umfangsgeschwindigkeit des Arbeitselements [m/s]
- $R$  Außenradius der Arbeitsgruppe [mm]
- $z$  Anzahl der auf einer Schnittfläche arbeitenden Werkzeuge (Anzahl Messer in der Arbeitsgruppe mit senkrechter Achse)

bedeuten.

Das Schneiden (Bild 4) erfolgt auf einem bestimmten Zykloidabschnitt für Maschinen mit waagerechter Rotationsachse (Bodenfräsen) im Bereich der Drehwinkel  $\alpha$  von etwa  $+20$  bis  $+100^\circ$  bei gleichläufigen Umdrehungen (in Übereinstimmung mit der Drehrichtung der Traktorräder),

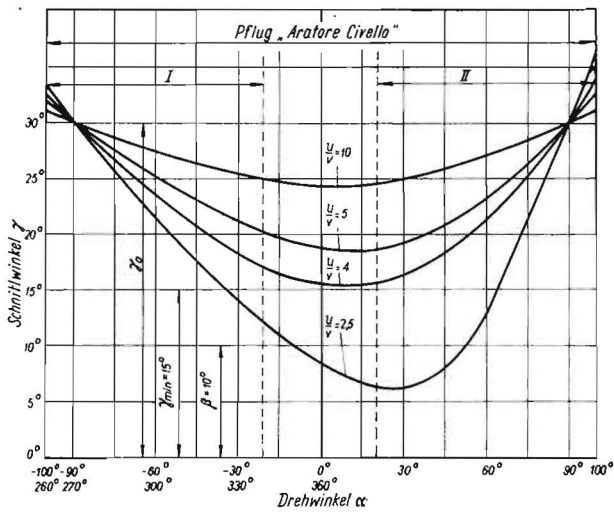


Bild 5. Schnittwinkel  $\gamma$  der Werkzeuge von Rotationsmaschinen in Abhängigkeit vom Drehwinkel für verschiedene Verhältnisse  $u/v$  ( $\gamma_0 = 30$ ). I und II siehe Erläuterung Bild 4

bzw. im Bereich der Winkel  $\alpha$  von etwa  $260$  bis  $340^\circ$  bei gegenläufigen Umdrehungen. Bei Maschinen mit senkrechter Rotationsachse („Aratore Civello“) geht das Schneiden im Bereich der Drehwinkel von etwa  $-100$  bis  $+100^\circ$  vor sich.

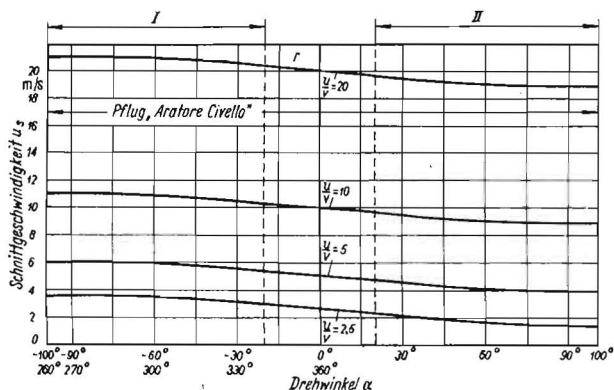
Die Größe der Schnittwinkelveränderungen hängt vom Verhältnis der Umfangsgeschwindigkeit  $u$  zur Fahrgeschwindigkeit  $v$  ab. Bild 5 zeigt die Veränderungen des Schnittwinkels  $\gamma$  beim konstanten Anstellwinkel der Messerschneide  $\gamma_0$  (Winkel zwischen der Schneidfläche des Messers und der Tangente an dem Umfang der Arbeitsgruppe).

Es wird angenommen, daß bei einem Anstellwinkel des Messers von  $\beta = 10^\circ$  der minimale Schnittwinkel  $\gamma_{min} = 15^\circ$  betragen müßte. Bei dieser Annahme beträgt das günstigste Verhältnis für Maschinen mit senkrechter Rotationsachse („Aratore Civello“)  $u/v \approx 4$ . Für das Verhältnis  $u/v = 10$  müßte der Anstellwinkel der Messerschneide  $\gamma_0 \approx 21^\circ$  und für das Verhältnis  $u/v = 2,5$   $\gamma_0 \approx 38^\circ$  betragen.

Die gegenwärtig gebauten Rotationsmaschinen haben einen konstanten Anstellwinkel der Messerschneiden  $\gamma_0$ , so daß sich bei Veränderung des Verhältnisses  $u/v$ , d. h. beim Übergang auf eine andere Bissenlänge, der Schnittwinkelbereich ändert.

Beim Vergleich der Schnittwinkelveränderungen der Vibrations- (Bild 2) und Rotationsmaschinen (Bild 5) ist ohne Mühe festzustellen, daß die Veränderungen für letztere wesentlich günstiger ausfallen, besonders bei Bodenfräsen.

Bild 6. Schnittgeschwindigkeiten der Werkzeuge von Rotationsmaschinen in Abhängigkeit vom Drehwinkel für verschiedene Verhältnisse  $u/v$ , I u. II s. Erläuterung Bild 4



Die Veränderungen der Schnittgeschwindigkeiten sind bei Rotationsmaschinen gegenüber den bei Pendelgeräten sehr klein (Bild 6) und nicht abhängig vom Verhältnis  $u/v$ . Bei Bodenfräsen ist z. B. der Unterschied zwischen der maximalen und minimalen Schnittgeschwindigkeit geringer als die Fahrgeschwindigkeit.

Vom kinematischen Standpunkt aus ist es günstiger, größere Verhältnisse  $u/v$  anzuwenden, da in solchen Fällen die Schwankungen der Geschwindigkeits- und Schnittwinkelveränderungen verhältnismäßig klein sind, daraus ergeben sich auch geringere Schwankungen des Drehmoments für das einzelne Messer. Leider tritt bei größeren Verhältnissen  $u/v$  (bei kurzem Vorschub) eine deutliche Zunahme der dynamischen Widerstände auf und es besteht die Gefahr der Bodenzerstäubung.

Ist die Drehachse der Arbeitswerkzeuge der Rotationsmaschine parallel zur Fahrtrichtung, so ist der Weg des Werkzeugs eine schraubenförmige Kurve. Das Werkzeug eines solchen Gerätes müßte die Form einer Schraubenfläche besitzen. Bei diesen Geräten (Bild 7) ist die Schnittgeschwindigkeit  $u_s$  für die Punkte der Schneide, die von der Drehachse gleich weit entfernt sind, konstant und beträgt:

$$u_s = \frac{v}{\cos \vartheta}$$

wobei

$v$  Fahrgeschwindigkeit [m/s]

$\vartheta$  Neigungswinkel der Schnittgeschwindigkeit

sind.

Den Winkel  $\vartheta$  berechnet man nach der Formel

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{u}{v} \cdot \frac{r}{R}$$

Dabei sind

$u$  Umfangsgeschwindigkeit des Arbeitselements

$R$  Außenradius der Arbeitsgruppe

$r$  Abstand des betrachteten Schneidenpunkts des Werkzeugs.

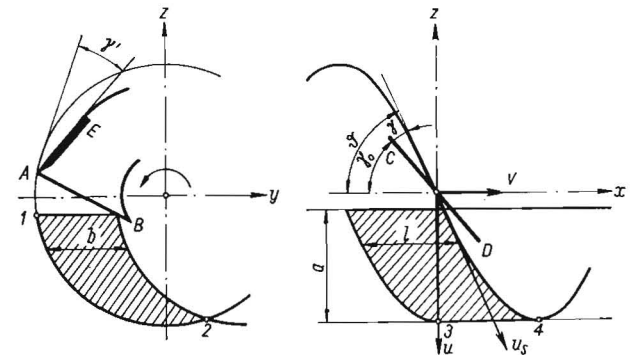


Bild 7. Weg des Werkzeugs eines Schrauben-Gerätes

Der Schnittwinkel  $\gamma$  hat ähnlich wie die Schnittgeschwindigkeit einen konstanten Wert für die von der Drehachse gleich weit entfernten Punkte und beträgt

$$\gamma = \vartheta - \gamma_0$$

dabei ist

$\gamma_0$  Neigungswinkel der schraubenförmigen Fläche des Arbeitselements.

Aus dieser Formel ergibt sich, daß der Neigungswinkel der schraubenförmigen Fläche des Arbeitselements C—D kleiner sein muß als der Neigungswinkel des Schnittweges (Bild 7).

Für die vollständige Abtrennung der Bissen längs der Flächen 1—2 und 3—4 muß das Arbeitselement der Rotationsmaschine auf seinem Umfang noch zusätzliche Schneiden A—E unter einem Anstellwinkel  $\gamma'$  besitzen. Schnittwinkel und Schnittgeschwindigkeit dieser Schneide sind immer konstant.

Wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, besitzen die Schraubengeräte günstige Schnittgeschwindigkeit und -winkel und unterscheiden sich in dieser Beziehung kaum von den traditionellen Geräten, bei denen die Schnittwinkel und -geschwindigkeiten ja konstant sind.

### Spezifische Arbeit der Geräte

Eines der wichtigsten Probleme ist bei den angetriebenen Maschinen ihre Dynamik. Zur allgemeinen Darstellung dieses Problems, ohne auf Einzelheiten einzugehen, bedienen wir uns der spezifischen Arbeit  $A^*$ , die die Arbeitsmenge  $A$  bezeichnet, die auf die Volumeneinheit  $V$  des durch das Gerät bearbeiteten Bodens aufgewendet wird:

$$A^* = \frac{A}{V} \left[ \frac{\text{kpm}}{\text{mm}^3} \right]$$

Die Verwendung der spezifischen Arbeit ist sehr bequem für die energetischen Gegenüberstellungen der angetriebenen Maschinen und der traditionellen Bodenbearbeitungsgeräte.

Die spezifische Arbeit der Bodenbearbeitungsmaschine kann man wie folgt ausdrücken:

$$A_c^* = \frac{2\pi M + 0,1 P l_0}{a \cdot b \cdot l_0} \left[ \frac{\text{kpm}}{\text{mm}^3} \right]$$

Es sind

$M$  mittleres Drehmoment auf der Welle der Arbeitswerkzeuge bzw. der Antriebswelle [kpm]

$P$  mittlerer Widerstand des Gerätes [kp]

$l_0$  Länge des durch das Gerät zurückgelegten Abschnitts, die der vollen Umdrehung der Arbeitsgruppen- oder Antriebswelle entspricht [mm]

Für die traditionellen Geräte, die die Energie nicht von der Zapfwelle des Traktors entnehmen ( $M = 0$ ), vereinfacht sich die genannte Formel:

$$A_p^* = 0,1 \frac{P}{a \cdot b} = 0,1 p \left[ \frac{\text{kpm}}{\text{mm}^3} \right]$$

$p$  spezifischer Widerstand des Gerätes [kp/mm<sup>3</sup>].

Nach der Formel von GORTJATSCHKIN für den Pflugwiderstand kann man durch Umstellung die spezifische Arbeit errechnen. Ohne Berücksichtigung der Leerwiderstände hat die Formel dann folgende Form:

$$A_p^* = 0,1 p_0 + 0,001 \varepsilon v^2 \left[ \frac{\text{kpm}}{\text{dm}^3} \right]$$

$p_0$  spezifischer statischer Widerstand des Bodens [kp/dm<sup>2</sup>]

$\varepsilon$  Koeffizient des dynamischen Widerstands [kp s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]

$v$  Fahrgeschwindigkeit [m/s]

Für die Rotationsmaschinen hat der Autor auf Grund von Untersuchungsergebnissen die folgende Formel für die spezifische Arbeit eingeführt:

$$A_M^* = A_0^* + 0,001 \alpha_v \cdot v^2 \left[ \frac{\text{kpm}}{\text{mm}^3} \right]$$

wobei

$A_0^*$  statische Schneiderarbeit, bezogen auf die Volumeneinheit ( $v = 0$  und  $u = 0$ )  $\left[ \frac{\text{kpm}}{\text{mm}^3} \right]$

$\alpha_v, \alpha_u$  Koeffizienten des dynamischen Widerstands

$$\left[ \frac{\text{kp s}^2}{\text{m}^4} \right]$$

bedeuten.

Zwischen den Koeffizienten  $\alpha_v$  und  $\alpha_u$  besteht die Abhängigkeit

$$\alpha_v = \alpha_u \left( \frac{u}{v} \right)^2 \left[ \frac{\text{kp s}^2}{\text{m}^4} \right]$$

Die dargestellten Formeln für die Arbeitseinheit sind, ähnlich der umgewandelten Formel von GORTJATSCHKIN, für konstante Längen der abgeschnittenen Bissen (für das konstante Verhältnis  $u/v$  zutreffend) und berücksichtigen nicht den Gerätwiderstand, der z. B. bei Bodenfräsen mit gegenläufigen Umdrehungen auftritt.

Die spezifische statische Arbeit  $A_0^*$  kann man abhängig machen von dem spezifischen statischen Widerstand des Bodens  $p_0$  nach der Formel

$$A_0^* = 0,1 c_0 \cdot p_0 \left[ \frac{\text{kpm}}{\text{mm}^3} \right]$$

Auf Grund bisheriger Messungen wurden einige Werte für die Koeffizienten  $c_0$  und  $\alpha_u$ , nach denen die spezifische Arbeit des Gerätes und daraus das Drehmoment sowie die auf die Werkzeuge wirkenden Kräfte berechnet werden können, gewonnen (Tafel 1).

Als Beispiel sind in Bild 8 die Meßergebnisse der spezifischen Arbeit der Bodenfräse mit gleichläufigen Umdrehungen und des Scharpfluges dargestellt. Wie ersichtlich, sind die Unterschiede der spezifischen Arbeit erheblich und um so größer, je geringer die abgeschnittenen Bissenlängen sind. Eine genaue Formel für Pendel- und Vibrationsgeräte wurde nicht ausgearbeitet. Die Schwierigkeiten bei der Entwicklung einer solchen Formel ergeben sich aus der großen Anzahl von Parametern, von denen diese Arbeit abhängt.

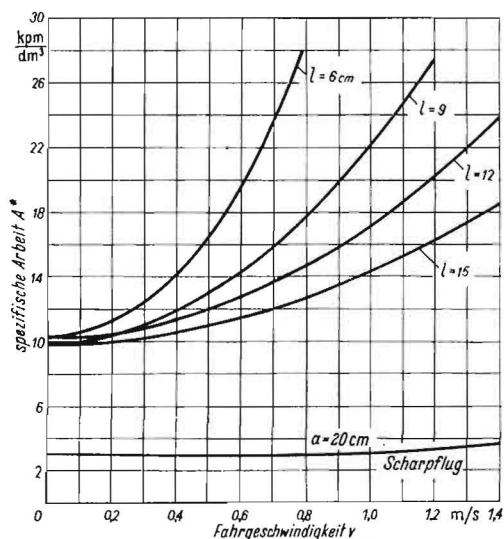
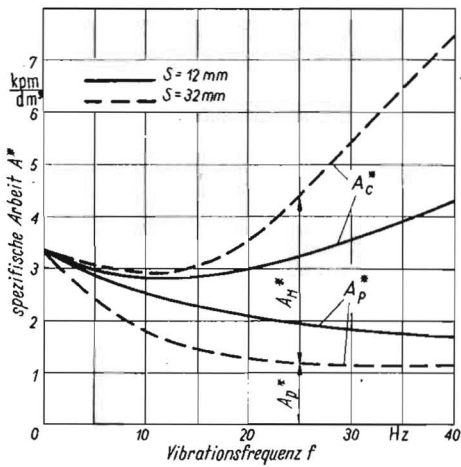


Bild 8. Spezifische Arbeit einer Bodenfräse mit gleichläufigen Umdrehungen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für unterschiedliche Krümelung  $l$  (Arbeitstiefe  $a = 13$  cm, leichter Boden) im Vergleich zur spezifischen Arbeit beim Scharpflug

In Bild 9 ist die Abhängigkeit der spezifischen Arbeit des Vibrationskultivators von der Vibrationsfrequenz dargestellt. Daraus geht hervor, daß die Einführung der Vibration die spezifische Arbeit  $A_p^*$  (d. h. den Gerätwiderstand) im Vergleich zur spezifischen Arbeit eines Gerätes mit den



Tafel 1. Aus Versuchen gewonnene Werte für die Koeffizienten  $c_0$  und  $\alpha_u$

| Maschinentyp      | Messertyp   | Arbeits-tiefe $a$<br>[cm] | Krumen-länge $l$<br>[cm] | Nutzungs-form   | $c_0$       | $\alpha_u$<br>[kp s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] |
|-------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|-------------|--|
| Bodenfräse        | winkelig    | 10 ... 15                 | 6 ... 15                 | Acker           | 3 ... 3,5   | 400 ... 500  |
| Bodenfräse        | winkelig    | 3,5 ... 6                 | 6 ... 10                 | Wiese           | 6 ... 10    | 400 ... 500  |
| Bodenfräse        | winkelig    | 6 ... 12                  | 6 ... 12                 | Wiese           | 3,5 ... 6   | 400 ... 500  |
| Bodenfräse        | bogenförmig | 5 ... 15                  | 6 ... 15                 | Acker und Wiese | 1,5 ... 3,5 | 300 ... 400  |
| Rotationshacke    | Hacken      | 12 ... 20                 | 15 ... 30                | Acker           | 1 ... 2     | 400 ... 500  |
| Rotorpflug        |             |                           |                          |                 |             |  |
| „Aratore Civello“ | bogenförmig | 20 ... 35                 | 3 ... 12                 | Acker           | 1,2 ... 3,5 | 200 ... 300  |

Bild 9. Spezifische Arbeit der Vibrationsmaschine in Abhängigkeit von der Vibrationsfrequenz für zwei Hublängen  $s$  ( $v \approx 0,7$  m/s,  $\varphi = 30^\circ$ , leichter Boden)

Bild 10. Kraftstoffverbrauch für eine Bodenfräse mit gegenläufigen Umdrehungen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für unterschiedliche Krümelung  $l$  (Arbeits-tiefe  $a = 13$  cm, leichter Boden) im Vergleich zum Kraftstoffverbrauch beim Scharpflug

herkömmlichen Werkzeugen ( $f = 0$ ) wesentlich vermindert. Bei höheren Frequenzen  $f > 20$  Hz nimmt die spezifische Gesamt-Arbeit  $A_c^*$  schnell zu.

Bei Gegenüberstellung der spezifischen Arbeit von Rotations- und Vibrationsmaschinen ist festzustellen, daß sich letztere günstiger gestalten. Nach den bisherigen Untersuchungen erscheint es möglich, solche Parameter für die Vibrationsgeräte und gegebenen Bodenverhältnisse zu wählen, daß ihre spezifische Gesamt-Arbeit  $A_c^*$  nicht größer sein wird als die spezifische Arbeit der traditionellen Geräte, bei gleichzeitiger Senkung des Gerätwiderstands, ausgedrückt in unserem Fall durch die spezifische Arbeit  $A_P^*$ .

### Kraftstoffverbrauch

Der Kraftstoffverbrauch des Traktors beim Einsatz mit Bodenbearbeitungsgeräten ist mit entscheidend für die ökonomische Beurteilung. Die Abhängigkeit des Kraftstoffverbrauchs des Traktors je ha von der spezifischen Arbeit des Gerätes kann man durch folgende Formel ausdrücken:

$$G = \frac{1}{0,27 \eta_c} \cdot A_c^* \cdot a \cdot g_0 \text{ [kg/ha]}$$

wobei

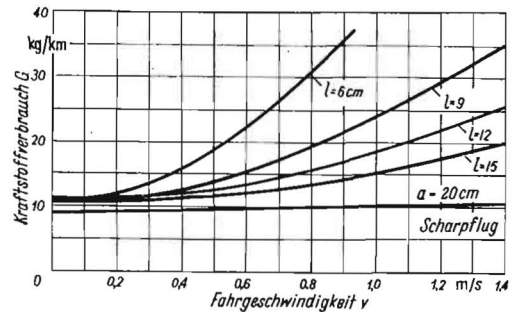
$\eta_c$  Leistungsfaktor des Traktors

$g_0$  spezifischer Kraftstoffverbrauch des Traktors [kg/PS<sub>h</sub>]

Der Leistungsfaktor des Traktors kann bei Rotationsmaschinen mit gleichläufigen Umdrehungen sehr hoch sein, etwa 0,9, da lediglich die mechanischen Verluste in den Übersetzungen des Motorantriebs und der Bodenfräse auftreten. Bei den traditionellen Geräten, wie beim Scharpflug, ist der Leistungsfaktor des Traktors geringer, etwa 0,5. Bei angetriebenen Maschinen mit einem Zugwiderstand, d. h. die Energie wird nicht nur über die Zapfwelle sondern auch am Zughaken des Traktors entnommen (Bodenfräse mit gegenläufigen Umdrehungen, „Aratore Civello“, Vibrationsgerät), entspricht der Leistungsfaktor des Zugmittels einem Mittelwert von 0,5 bis 0,9.

Die Vibrationsgeräte können auf Grund des besseren Leistungsfaktors des Traktors und der verhältnismäßig geringen spezifischen Arbeit sogar einen geringeren Kraftstoffverbrauch als die passiven Geräte — bei gleichen Arbeitsparametern — verursachen.

Was die Rotationsmaschinen betrifft, so verursachen sie bei den gegenwärtigen konstruktiven Lösungen auf Grund ihrer hohen spezifischen Arbeit immer einen höheren Kraftstoffverbrauch als die herkömmlichen Geräte. Bild 10 zeigt, daß die Bodenfräse bei einer geringeren Arbeitstiefe



als der des Pfluges einen höheren Kraftstoffverbrauch bedingt. Dieser höhere Verbrauch durch die Bodenfräse wird in gewissem Maß durch ein besseres Auflockern des Bodens kompensiert. Geringere Unterschiede treten im Kraftstoffverbrauch bei Rotationspflügen im Vergleich zu Scharpflügen auf.

Der Kraftstoffverbrauch (Bild 10) wächst bei Rotationsmaschinen parabolisch mit der Fahrgeschwindigkeit und hängt von der Bissenlänge ab. Bei kürzeren Bissen und größeren Fahrgeschwindigkeiten ist der Kraftstoffverbrauch sehr groß. Es ist also nicht verwunderlich, daß die Rotationsmaschinen für langsame Fahrt gebaut wurden und werden.

Diese allgemeine Darstellung der Kinematik, der spezifischen Arbeit und des Kraftstoffverbrauchs läßt die Zukunftserwartung zu, daß die angetriebenen Maschinen eine Zukunft besitzen und daß sie nicht minder wirtschaftlich sein können als die traditionellen Geräte. Die bisher gebauten Maschinen befinden sich noch im Stadium des Versuchs und der Vervollkommnung. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß bei Vibrationsmaschinen ein kleineres Verhältnis der Vibrations- zur Fahrgeschwindigkeit — sowohl aus kinematischen als auch energetischen Gründen — anzuwenden ist. Bei Rotationsmaschinen sind solche konstruktiven Lösungen der Arbeitswerkzeuge zu entwickeln, die wesentlich geringere Werte der spezifischen Arbeit, also eine geringere spezifische Arbeit des Schneidens  $A_0^*$  und einen geringeren Koeffizienten des dynamischen Widerstandes  $\alpha_{u1}$  ergeben. Bei geringerer spezifischer Arbeit der Rotationsmaschinen wird die Bodenbearbeitung mit größeren Geschwindigkeiten als bisher möglich sein.

Es sind berechnete Hoffnungen vorhanden, kraftgetriebene Bodenbearbeitungsmaschinen bauen zu können, die in einem Durchgang den Boden entsprechend vorbereiten ohne mehr Energie als die traditionellen Geräte zu verbrauchen, wobei die dann erforderlichen Traktoren wesentlich leichter sein können als die jetzt benutzten.

AU 5572