

per hectare can be found reasonably well distributed. The proportion of double plants can rise to 30% in such cases.

Theoretical conclusions and trials made in the field under practical operating conditions prove that with concentrated clusters of plants, narrow blocks and wide hoeing patches and, with more thinly scattered clusters, wide blocks and narrow hoeing patches are suitable. It would suffice if the distance between blocks be kept constant at 15 cm. The width of the blocks can be varied from 3 to 7 cm to suit prevailing operating conditions.

Wolfgang Brinkmann: «Le démarrage mécanique des betteraves.»

Il est possible de mécaniser le démarrage des betteraves par une méthode mécanique très simple. On trace sur la population de plantes un réseau régulier d'espaces binés et d'espaces épargnés. Il en résulte une population dont la distance entre les plantes dans un rang n'est pas régulière et qui ne comporte pas seulement des plantes isolées. Cependant, les expériences et les recherches effectuées en Allemagne et à l'étranger ont montré que cela n'entraîne ni une diminution du rendement ni une complication de l'usinage des betteraves. Il suffit que 70000 à 80000 plantes isolées ou doubles soient réparties à peu près uniformément sur un ha et que le pourcentage de plantes doubles ne dépasse pas 30%.

Il résulte des réflexions théoriques et des essais pratiques dans le champ qu'une population initiale dense exige des espaces épargnés

réduits et des espaces binés larges, tandis que les populations initiales claires exigent des espaces épargnés importants et des espaces binés réduits. Une distance constante de 15 cm entre les espaces épargnés convient probablement tandis que la largeur de ces espaces peut varier de 3 à 7 cm suivant la population initiale.

Wolfgang Brinkmann: «Separación mecánica de la remolacha azucarera.»

El trabajo de separación de las plantas de remolacha puede mecanizarse por un procedimiento mecánico sencillo. Se coloca una trama igual de superficies alternas a azadonar y de bloques encima de las plantas. Resulta entonces que las plantas no guardan distancia igual en las líneas y que en el estado definitivo no se encuentran exclusivamente plantas aisladas entre sí. Pero la experiencia, tanto en el país como en el extranjero, así como las investigaciones hechas, han demostrado que esto ni reduce el rendimiento, ni sirve para hacer el laboreo en la fábrica más difícil. Basta que en un hectárea se encuentren de 70000 a 80000 plantas individuales o dobles bien repartidas, pudiendo llegar el número de plantas doble hasta el 30%.

Consideraciones teóricas y ensayos prácticos han demostrado que convienen bloques estrechos con franjas de azadonar anchas en campos de plantación espesa y bloques anchos con franjas a azadonar estrechas en plantaciones de vegetación clara. Bastará probablemente conservar la distancia entre bloque y bloque en aprox. 15 cm, pudiendo ajustarse el ancho de los bloques en aprox. 3 a 7 cm, según la riqueza primitiva en plantas.

Gerhard Welschhof:

## Beitrag zur Messung der Ausflußmengen körniger Güter mit Blenden und Düsen

Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim

Die Anwendung von Blenden und Düsen zur Messung von Strömen aus körnigem Gut hat viele Vorteile. Als Meßeinrichtungen sind sie einfach und können bei entsprechender Ausführung lange Zeit ohne Nacheichung verwendet werden. Blenden haben eine geringe Bauhöhe und lassen sich darum auch noch nachträglich in vorhandene Anlagen einbauen. Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung von Blenden und Düsen bei der Messung von Gutströmen ist die Bedingung, daß die physikalischen Eigenschaften des zu messenden Gutes während der Meßzeit gleich bleiben.

### Bisherige Untersuchungen

Bewährt haben sich Blenden und Düsen bei der Ausflußmessung von Strömen aus Getreide aller Art, Sojabohnen, verschiedenen Sämereien, trockenen Düngemitteln, trockenen Sanden, Kugeln oder kleinen Stücken aus Aluminium, Stahl, Blei und Glas [1÷5]. Bei den in der Literatur beschriebenen Meßgeräten waren die Durchmesser der Ausflußöffnungen  $d = 5$  bis 100 mm weit, die Teilchengrößen der Stoffe schwankten zwischen  $d_K = 0,1$  und 5 mm.

In vielen Einzeluntersuchungen wurden Berechnungsformeln für die Ausflußmessung von Gutsströmen mit Blenden und Düsen veröffentlicht [2÷4]. Ist  $G$  [kg/s] der Gewichtsstrom durch eine Blende mit dem Durchmesser  $D$  [m],  $g$  [m/s<sup>2</sup>] die Erdbeschleunigung und  $\gamma_s$  [kg/m<sup>3</sup>] das Schüttgewicht des Gutes, kann man die von verschiedenen Autoren aufgestellten Erfahrungsformeln in der Form

$$G = k \gamma_s D^n g^{0,5} \quad (1)$$

schreiben. Die Konstante  $k$  wird mit 0,5 . . . 0,9 angegeben, der Exponent  $n$  hat den Wert 2,45 . . . 2,85, wobei Gl. (1) nur für  $n = 2,5$  dimensionsrichtig ist. Auf Grund von Versuchen mit zahlreichen Stoffen wurde von RAUSCH [3] eine ausführlichere Beziehung gefunden,

$$G = \frac{\mu_D \cdot \mu_K}{1,95 \sqrt{\tan \varrho}} \left( \frac{d}{d_K} \right)^{2,7} \gamma_s a_n^{2,5} g^{0,5}, \quad (2)$$

bei der  $\varrho$  der Winkel der inneren Reibung des Gutes und  $d_K$  der Teilchendurchmesser ist. Der Beiwert  $\mu_K$  berücksichtigt den Ein-

fluß eines ungleichen Schüttgewichtes  $\gamma_s$  in den Ausflußbehältern und  $\mu_D$  erfaßt den Einfluß der Neigung des Behälterbodens. Bei waagerechten Blenden ist  $\mu_D \approx 1$ ;  $\mu_K$  kann gleich 1 gesetzt werden, wenn der Behälterdurchmesser  $D$  etwa 15 bis 20 mal größer als der Korndurchmesser  $d_K$  ist [2; 3].

Bei großen Blendenöffnungen zeigten eigene Versuche<sup>1)</sup> mit Weizen eine gute Übereinstimmung mit der Rechnung nach Gl. (2). Bei kleinen Werten für das Durchmesser Verhältnis  $d/d_K$  (Blendendurchmesser zu Korndurchmesser) wurden aber größere Unterschiede zwischen Messung und Rechnung mit den angegebenen Formeln festgestellt. Die Erklärung dafür ergibt sich aus Gl. (2), die für den Durchsatz  $G = 0$  den Blendendurchmesser  $d = 0$  liefert. Die Erfahrung zeigt aber, daß eine stetige Gutströmung schon dann nicht mehr möglich ist, wenn der Blenden- oder Düsendurchmesser  $d$  noch mehrfach größer als der Teilchendurchmesser  $d_K$  ist.

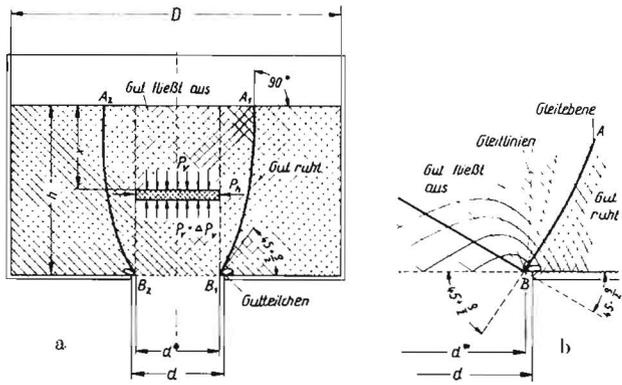
### Ableitung von Ausflußformeln

Analog zu den Verhältnissen beim Ausfluß von Flüssigkeiten in Luft gilt für den Gewichtsstrom des Korngutes durch Blenden und Düsen, wenn die Zufußgeschwindigkeit vernachlässigbar klein ist:

$$G = \mu^* \gamma_s^* F^* \sqrt{2g \frac{p}{\gamma_s^*}} \quad (3)$$

In Gl. (3) ist  $\gamma_s^*$  das Schüttgewicht des ausfließenden Gutes, und dieses ist meist geringer als das Schüttgewicht  $\gamma_s$  im Ruhezustand. Der wirksame Ausflußquerschnitt  $F^* = d^{*2} \pi / 4$  ist kleiner als der Blendenquerschnitt  $F$ , damit ist auch  $d^*$  kleiner als  $d$  (Bild 1). Die Ausflußziffer  $\mu^*$  muß durch Messungen bestimmt werden; fließt Wasser aus einem Behälter in Luft aus, ist  $\mu^* = 0,6 \dots 0,9$ . Bei körnigen Schüttgütern ist die Ausflußzahl sehr viel kleiner, da der Energieverlust durch die innere Reibung dieser Stoffe größer als bei Flüssigkeiten ist. Durch das Gewicht des fließenden Korngutes wird dann der statische Druck  $p$  in der Blendenebene hervorgerufen.

<sup>1)</sup> Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen umfangreicher Messungen an pneumatischen Förderanlagen mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Institut für Landtechnik der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER) durchgeführt



Bilder 1a und 1b: Schematische Darstellung des Ausflußproblems körniger Güter

Gutteilchen bei B verkleinern den Ausflußdurchmesser  $d$  auf  $d^*$ ,  $\varphi$  = Winkel der inneren Reibung des Gutes,  $p_v$  und  $p_h$  Druck in vertikaler und horizontaler Richtung

### Kreisblenden

Wie bei allen nicht kohärenten Stoffen wirkt infolge einer Gewölbewirkung in der Ebene der Ausflußöffnung nicht der volle vertikale Druck der darüberlastenden Schüttgutsäule. Mit den Ergebnissen der theoretischen Bodenmechanik [6] können die wirksamen Drücke in der Ausflußebene  $p_v$  in vertikaler und  $p_h$  in horizontaler Richtung berechnet werden, wenn die Schüttgutsäule die Höhe  $h$  hat und  $d^*$  der wirksame Ausflußdurchmesser ist (Bild 1a).

Druck in vertikaler Richtung:

$$p_v = \frac{d^* \gamma_s^*}{\lambda \operatorname{tg} \varrho} \left[ 1 - e^{-\frac{h}{d^*} \lambda \operatorname{tg} \varrho} \right], \quad (4)$$

Druck in horizontaler Richtung:

$$p_h = \lambda p_v. \quad (5)$$

Das Verhältnis  $\lambda$  der Drücke in horizontaler und vertikaler Richtung kann nach RANKIN [6] bei bekanntem Winkel  $\varrho$  für die innere Reibung bestimmt werden:

$$\lambda = \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varrho}{2} \right). \quad (6)$$

Für den praktischen Gebrauch läßt sich Gl. (4) wesentlich vereinfachen: Wenn der Exponent  $(h/d^*) \lambda \operatorname{tg} \varrho$  große Werte annimmt, darf das zweite Glied in der Klammer in Gl. (4) vernachlässigt werden. Das ist bei praktischen Ausflußmessungen in der Regel der Fall. (Schon bei einer Schichthöhe  $h = 300$  mm, einem Blendendurchmesser  $d^* = 50$  mm und  $\lambda \operatorname{tg} \varrho = 1$  erhält man für das zweite Glied der Klammer in Gl. (4)  $e^{-6} = 2,5 \cdot 10^{-3}$ .) Damit gewinnt man die vereinfachte Beziehung für den Druck in vertikaler Richtung:

$$p_v = \frac{d^* \gamma_s^*}{\lambda \operatorname{tg} \varrho}. \quad (4a)$$

Wird Gl. (4a) anstelle von  $p$  in die Ausgangsgleichung Gl. (3) eingesetzt, heißt die Berechnungsformel für Kreisblenden:

$$G_0 = \mu^* \pi \sqrt{\frac{g}{8 \lambda \operatorname{tg} \varrho}} \gamma_s^* d^{*2,5}. \quad (7)$$

Zwischen dem Blendendurchmesser  $d$  und dem Durchmesser  $d^*$  des freien Ausflußquerschnittes der Blende besteht die Beziehung (Bild 1a):

$$d^* = d - d'. \quad (8)$$

Die Größe  $d'$ , die die Verengung der Ausflußquerschnitte kennzeichnet, hat erfahrungsgemäß einen Wert  $d' = (1,5 \dots 3) d_K$  und ist von der Teilchenform, der Kantenschärfe und von dem Reibbeiwert zwischen Gut und Blende abhängig. Wird durch den Beiwert  $\mu_0$  auch berücksichtigt, daß  $\gamma_s^* < \gamma_s$  ist, erhält man die allgemeine Berechnungsformel für Kreisblenden:

$$G_0 = \mu_0 \pi \sqrt{\frac{g}{8 \lambda \operatorname{tg} \varrho}} \gamma_s (d - d')^{2,5}. \quad (9)$$

Aus Gl. (9) geht hervor, daß der Gutstrom  $G$  unabhängig von der Schütthöhe  $h$  sein muß. Bei sehr feinkörnigen Stoffen und großen Ausflußöffnungen ist  $d' \ll d$ , in diesem Fall kann  $d'$  in Gl. (9) unberücksichtigt bleiben.

### Rechteckblenden

Die Ausgangsgleichung Gl. (3) gilt in gleicher Weise für Rechteckblenden, die häufig in der Form von Schiebern an Ausflußbehältern vorhanden sind. Deren wirksame Ausflußfläche ist  $F^* = a^* b^*$ . Zur Berechnung des in der Blendenebene wirksamen Druckes  $p_v$  kann auch bei Rechteckblenden Gl. (4a) benutzt werden, wenn für  $d^*$  der hydraulische Durchmesser

$$d_h^* = 2 \frac{a^* b^*}{a^* + b^*} \quad (10)$$

eingesetzt wird. Für die wirksame Breite  $a^*$  und Länge  $b^*$  ist entsprechend Gl. (8):

$$a^* = a - d' \quad \text{und} \quad b^* = b - d'. \quad (8a)$$

Damit erhält man die allgemeine Berechnungsformel für die durch Rechteckblenden ausfließenden Gewichtsströme:

$$G_R = \mu_R 2 \sqrt{\frac{g}{\lambda \operatorname{tg} \varrho}} \gamma_s \frac{(a - d')^{1,5} (b - d')^{1,5}}{(a + b - 2d')^{0,5}}. \quad (9a)$$

In Gl. (9a) ist  $\mu_R$  die Ausflußziffer für Rechteckblenden.

### Düsen

Oft sind die Böden der Ausflußbehälter nicht eben und die Zuteilvorrichtungen Düsen. Für diese Fälle ändern sich in Gl. (9) die Werte für die Ausflußziffer  $\mu_0$  und die Verengung  $d'$  des Ausflußdurchmessers  $d$  nur gering, wenn die Konizität der Düsen und damit der Winkel  $\psi$  klein und sehr viel kleiner als der Winkel  $(45 + \varrho/2)$  der Gleitebene des Korngutes in der Nähe der Ausflußöffnungen ist (Bilder 2 und 1b). Ist der Neigungswinkel  $\psi$  der Düse etwa gleich oder sogar größer als der Neigungswinkel  $(45 + \varrho/2)$  der Gleitebene des Korngutes, müssen die auftretenden Gewichtsdurchsätze sehr viel größer als bei Blenden sein, da in diesem Falle  $d' \rightarrow 0$  strebt und die Reibung des Gutes an den Behälterwänden meist kleiner als die innere Reibung des Gutes ist. Diese Einflüsse sind mit den heutigen Kenntnissen über die Gleitflächen in körnigen Gutschüttungen nicht ohne weiteres einer Berechnung zugänglich. O'CALLAGHAN [4] beschreibt die Gleitebenen durch logarithmische Spiralen, die durch die Kanten der Ausflußöffnungen gehen und senkrecht in der Kornoberfläche auslaufen. KVAPIL [5] gibt für die Gleitflächen Ellipsen an. Für das Verhältnis der Gewichtsdurchsätze beim Austritt aus Kreisblenden und Düsen gelte

$$G_D = \mu_D G_0, \quad (11)$$

wobei  $G_0$  nach Gl. (9) berechnet wird. Messungen für die Bestimmung des Faktors  $\mu_D$  wurden von RAUSCH, DEMING und MEHRING [2; 3] durchgeführt und deren Ergebnisse in Bild 2 dargestellt. Bei groben Stoffen und kleinen Ausflußöffnungen ergeben sich große Werte für  $\mu_D$ , während bei großen Ausflußöffnungen und feinkörnigen Stoffen  $\mu_D$  gegen 1 strebt.

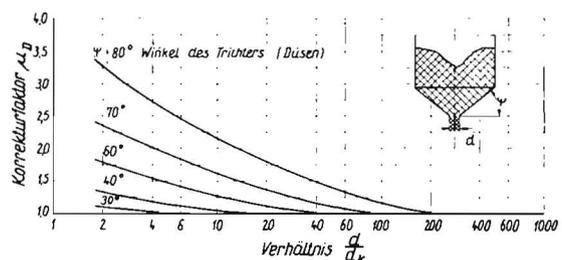


Bild 2: Korrekturfaktor  $\mu_D$  aus Gl. (11) in Abhängigkeit des Verhältnisses  $d/d_K$  von Ausflußdurchmesser zu Korndurchmesser bei verschiedenen Düsenformen

$\psi$  = Neigungswinkel der Düsen. Nach Messungen von RAUSCH, DEMING und MEHRING [3]

### Ausflußmessungen mit Getreide

Die abgeleiteten Berechnungsformeln wurden durch Ausflußmessungen mit Weizen nachgeprüft. Der untersuchte Weizen hatte einen mittleren Korndurchmesser (volumengleicher Kugeldurchmesser)  $d_K = 3,91$  mm, ein spezifisches Gewicht  $\gamma_K = 1320$  kg/m<sup>3</sup> und ein Schüttgewicht  $\gamma_S = 750,4$  kg/m<sup>3</sup>.

In den ebenen Boden eines Behälters mit dem Durchmesser  $D = 630$  mm und der Höhe 960 mm wurden die zu untersuchenden Blenden eingebaut, der Zulauf des Getreides in die Blenden wurde durch einen einfachen Schieber freigegeben. Die aus 1,5 mm dickem Blech gefertigten Blenden konnten auf einfache Weise ausgewechselt werden. Die Kreisblenden mit den Durchmessern  $d = 10$  bis 120 mm wurden nach den durch DIN 1952 vorgeschriebenen Regeln hergestellt [7]. Die Rechteckblenden wurden in Form von ebenen Schiebern angefertigt und ermöglichten so zahlreiche Einstellungen mit verschiedenen Ausflußquerschnitten und Seitenverhältnissen der Blendenöffnungen. Die Breite der Rechteckblenden war  $b = 20,7; 40,8; 81,7$  und 120,7 mm. Der Schieberauszug  $a$  der Blenden konnte von 0 bis 102 mm stufenlos verändert werden.

In dem Behälter lagerten etwa 300 kg Weizen mit einer mittleren Höhe von  $h \approx 850$  mm. Eine pneumatische Förderanlage förderte das ausfließende Korngut stetig in den Lagerbehälter zurück, die Lagerhöhe  $h$  wurde auf diese Weise annähernd konstant gehalten und war immer so groß, daß die Annahme für Gl. (4a) gültig und damit ein Einfluß von  $h$  ausgeschlossen war. Zur Messung der Gutdurchsätze durch die verschiedenen Ausflußöffnungen wurde nach einer längeren Einlaufzeit der Gutstrom durch einen Kipp-schalter in einen besonderen Auffangbehälter umgelenkt und die Auslaufzeiten für etwa 30 kg Gut bei jeder Blendenöffnung dreimal mit einer Stoppuhr gemessen.

### Meßergebnisse

In Vorversuchen, auf deren Beschreibung hier nicht näher eingegangen werden kann, wurde durch Messungen des statischen Druckes in der Ebene der Ausflußöffnungen Gl. (4a) nachgeprüft und eine weitgehende Übereinstimmung der Versuchsergebnisse mit den theoretisch vorausbestimmten Werten gefunden.

Das Ergebnis der Ausflußmessungen mit Kreis- und Rechteckblenden zeigt Bild 3. Zur Bestimmung der Erfahrungswerte  $\mu_0$  und  $d'$  in der für Kreisblenden geltenden Gl. (9) wurde Bild 4 gezeichnet. Für Weizen gewinnt man aus dieser Darstellung  $d' = 6$  mm oder  $d' = 1,53 d_K$ , für den Ausdruck  $\mu_0 \pi / \sqrt{8 \lambda \operatorname{tg} \varrho}$  den Wert 0,593. Durch Messen des Winkels  $(45 + \varrho/2)$  der

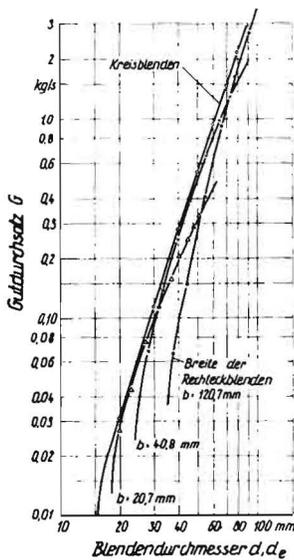


Bild 3: Messung des Gutdurchsatzes  $G$  von Weizen durch Kreisblenden und Rechteckblenden

Weizen: Korndurchmesser  $d_K = 3,91$  mm;  $\gamma_S = 750,4$  kg/m<sup>3</sup>; Kreisblende: Durchmesser  $d$ ; Rechteckblende: Ersatzdurchmesser  $d_e = \sqrt[4]{\pi ab}$ ; bei den Rechteckblenden der Breite  $b$  wurde der Durchsatz  $G$  durch eine Vergrößerung des Schieberauszuges  $a$  erhöht

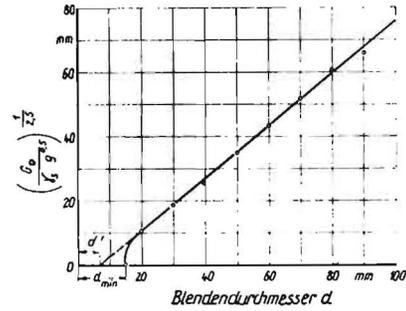


Bild 4: Auswertung der Meßergebnisse nach Bild 3 für Kreisblenden und Weizen

$\gamma_S = 750,4$  kg/m<sup>3</sup>;  $d_K = 3,91$  mm;  $\varrho = 34^\circ$ ; Darstellung mit Hilfe der umgestalteten Gl. (9):  $\left(\frac{G_0}{\gamma_S \cdot g^{\alpha/2}}\right)^{1,5} = \left(\frac{\mu_0 \cdot \pi}{\sqrt{8 \lambda \cdot \operatorname{tg} \varrho}}\right)^{1,5} (d - d')$

Gleitebene an der Blendenöffnung hinter einer Glasplatte (vgl. Bild 1b) ergab sich  $\varrho = 34^\circ$ . Damit erhält man bei Kreisblenden und Weizen die Ausflußzahl  $\mu_0 = 0,232$ .

In Bild 4 wurde ferner der kleinste Blendendurchmesser  $d_{min}$  eingezeichnet, bei dem noch gerade ein steter Fluß möglich ist. Für Weizen ergibt sich  $d_{min} \approx 15$  mm  $\approx 4 d_K$ . Dieses Ergebnis deckt sich etwa mit den Messungen von KVAPEL [5], der bei Untersuchungen mit Kreisblenden und verschiedenen Stoffen  $d_{min} \approx 5 d_K$  fand.

Die Ausflußzahlen  $\mu_R$  für Rechteckblenden wurden aus den Messungen mit Weizen mit Hilfe der Gl. (9a) berechnet und in Bild 5 in Abhängigkeit des Seitenverhältnisses (Verhältnis von großer zu kleiner Seite der Rechteckblenden) aufgetragen. Bei quadratischen Blendenöffnungen ( $a/b = 1$ ) erhält man  $\mu_R = 0,250$ , für langgestreckte Blendenöffnungen, Seitenverhältnis  $a/b$  (bzw.  $b/a = 8$ , aus Bild 5  $\mu_R = 0,210$ . Für die Querschnittverengung nach Gl. (8a) wurde der bei den Messungen mit Kreisblenden und Weizen gefundene Wert  $d' = 6$  mm eingesetzt. Der kleinstmögliche Querschnitt bei Rechteckblenden wird durch den Schieberauszug  $a_{min}$  bestimmt, der für die vier untersuchten Blendenbreiten  $b$  gemessen wurde. Bei  $b = 20,7$  mm war  $a_{min} = 14$  mm, bei  $b = 40,8; 81,7$  und 120,7 mm ergab sich  $a_{min} = 10 \dots 12$  mm, wobei vermerkt werden muß, daß die Grenzwerte für den Ausflußquerschnitt bei Rechteckblenden stärker streuen als bei Kreisblenden. Der kleinste, mögliche quadratische Querschnitt wurde aus den obigen Meßwerten durch Extrapolation zu  $a_{min} \cdot b_{min} \approx (15 \cdot 15)$  mm<sup>2</sup> bestimmt.

Es darf angenommen werden, daß die bei Weizen gefundenen Gesetzmäßigkeiten auch bei anderen Getreidearten und allen körnigen, nicht kohärenten Stoffen gelten. Für eine Berechnung nach den angegebenen Berechnungsformeln muß der Winkel  $\varrho$  der inneren Reibung bekannt sein, der fast bei allen Stoffen von deren Feuchtigkeitsgehalt und Korngrößenverteilung abhängt. Da meist nur der Schüttwinkel  $\alpha$  (= natürlicher Böschungswinkel) bekannt ist, kann der Winkel  $\varrho$  der inneren Reibung durch eine grobe Ab-

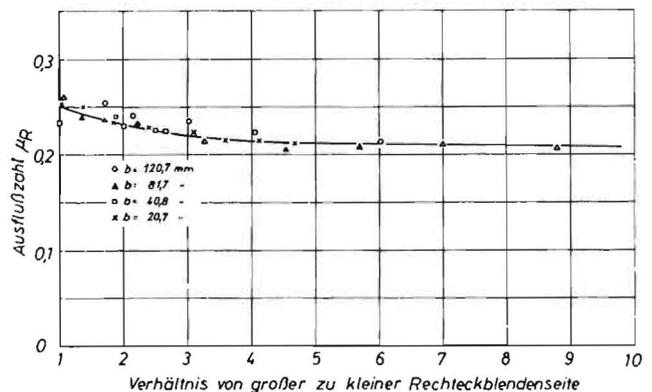


Bild 5: Ausflußzahl  $\mu_R$  für Rechteckblenden in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis  $a/b$  bzw.  $b/a$  (große Blendenseite zu kleiner Blendenseite). Berechnet mit den Meßergebnissen nach Bild 3 und Gl. (9a). Weizen,  $\gamma_S = 750,4$  kg/m<sup>3</sup>,  $d_K = 3,91$  mm,  $\varrho = 34^\circ$

**Tafel 1: Schüttwinkel  $\alpha$  und Winkel  $\varrho$  der inneren Reibung für luft-trockenes Gut**

Gut	Schüttwinkel $\alpha$ [°]	Winkel der inneren Reibung $\varrho$ [°]	Autor
Hafer	34,5	38	[4]
Weizen	30 32	32 34	[4] eigene Messung
gekörnter Dünger	38	42	[4]
Sand	30 ... 35	35 ... 50	[6]

schätzung gefunden werden. Nach den in Tafel 1 zusammen-  
gestellten Werten gilt folgende Näherungsbeziehung:

$$\varrho \approx (1,10 \dots 1,15) \alpha.$$

### Zusammenfassung

Blenden und Düsen sind geeignet, Gewichtsströme körniger, nicht kohärenter Stoffe zu messen. Diese Geräte sind einfach in ihrer Bauweise und überall da anzuwenden, wo die physikalischen Eigenschaften der zu messenden Stoffe weitgehend gleich bleiben. Die Berechnung der ausfließenden Gutsdurchsätze bei verschiedenen Blendenöffnungen ist mit den angegebenen Gleichungen möglich, wenn die Ausfließzahl  $\mu$ , der Winkel  $\varrho$  der inneren Reibung des Gutes, das Schüttgewicht  $\gamma_s$ , und die Gutkonstante  $d'$ , die die Verengung des Ausflußdurchmessers  $d$  durch Gutteilchen berücksichtigt, bekannt sind. Für Weizen wurden die abgeleiteten Berechnungsformeln durch umfangreiche Versuche mit Kreis- und Rechteckblenden nachgeprüft und eine weitgehende Übereinstimmung zwischen Messungen und Formeln gefunden.

### Schrifttum

- [1] Engineering Data on Grain Storage. In: Agricultural Engineers Yearbook 1959. 6. Ausgabe. St. Joseph 1959. Herausgegeben von der American Society of Agricultural Engineers
- [2] LEVA, M.: Fluidization. New York, Toronto, London 1959
- [3] ZENZ, A., und D. F. OTHMER: Fluidization and Fluid-Particle Systems. New York 1960
- [4] O'CALLAGHAN, J. R.: Internal Flow in Moving Beds of Granular Material. Journal of Agricultural Engineering Research 5 (1960), S. 200—217
- [5] KVAPIL, R.: Theorie der Schüttgutbewegung. Berlin 1959
- [6] TERZAONI, K., und R. JELINEK: Theoretische Bodenmechanik. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1954.
- [7] DIN 1952 — VDI-Durchflußmeßregeln. Regeln für die Durchflußmessung mit genormten Düsen, Blenden und Venturidüsen. Beuth-Vertrieb Köln und Frankfurt 1948

Georg Segler und Franz Wieneke:

## Dreschverluste und Leistungsbedarf des Mähdreschers beim Verarbeiten von Getreide mit Grüngutbesatz

Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim

Die im Jahre 1955 im Auftrag der DLG erstmals in Westdeutschland durchgeführten Prüfungen von Mähdreschern [1+3] ergaben neue Erkenntnisse über die Beanspruchung und das Betriebsverhalten des Mähdreschers im Vergleich zur stationären Dreschmaschine. Auffällig waren die hohen Dreschverluste<sup>1)</sup> des Mähdreschers, die beim Verarbeiten von feuchtem und mit Grüngut durchsetztem Dreschgut auftraten, eine Beanspruchung, wie sie bei der stationären Dreschmaschine nicht zu erwarten ist.

Der Mähdrescher hat im Vergleich zur stationären Dreschmaschine nicht nur feuchteres Korn und Stroh zu verarbeiten [4], sondern darüber hinaus auch Grüngut, wie zum Beispiel Unkraut oder Untersaat, das im frisch gemähten Zustand mit dem Getreide zusammen in die Maschine gelangt. Die Dreschverluste des Mähdreschers nehmen beim Vorhandensein von Grüngut stark zu. Sie können bis zu 12% betragen und somit ein Ausmaß erreichen, das den Mähdrusch unter Umständen in Frage stellt und dazu zwingt, zum Schwaddrusch, das heißt zum Drusch im abgetrockneten Zustand, überzugehen. Diese bei der DLG-Prüfung gewonnene Erfahrung veranlaßten uns, Versuche über den Einfluß des im

### Résumé

Gerhard Welschof: "A Contribution to Methods of Measurement of the Flow of Grainstuffs by Means of Apertures and Nozzles."

Shutters and nozzles are particularly suitable for the measurement of the flow of non-coherent grainstuffs. The units are simple in design and can be used in most cases where the physical properties of the grainstuffs to be measured remain relatively constant. The calculation of the various quantities at varying shutter openings is rendered possible by the application of the equations given in the text. The following factors must be known: — coefficient of discharge  $\mu$ , angle  $\varrho$  of internal friction of the grainstuff passing through the orifice, the bulk density  $\gamma_s$ , and the constant  $d'$ , which takes into consideration the constriction of the orifice caused by particles of grainstuff passing through. The values obtained for wheat grains were checked by numerous tests with circular and rectangular orifices. Close agreement between results obtained by measurements and those obtained by use of the formulae was noted.

Gerhard Welschof: «La mesure du débit de produits granuleux à l'aide de diaphragmes et de buses.»

Les diaphragmes et les buses peuvent être utilisés pour mesurer les débits de produits granuleux non cohérents. Ces appareils sont de construction simple et peuvent être utilisés partout là où les propriétés physiques des produits à contrôler restent à peu près constantes. Le calcul des débits aux différentes ouvertures des diaphragmes est possible au moyen des équations citées pourvu que soient connus les facteurs suivants: le coefficient de passage  $\mu$ , l'angle  $\varrho$  du frottement interne du produit, la densité apparente  $\gamma_s$ , et le coefficient du produit  $d'$  indiquant la réduction du diamètre de sortie  $d$  par les particules du produit.

On a fait de nombreux essais avec le blé au moyen de diaphragmes circulaires et rectangulaires et a constaté une concordance très grande entre les équations et les mesures.

Gerhard Welschof: «De la medición de cantidades salidas de géneros granulados por diafragmas o toberas.»

Los diafragmas y las toberas se prestan para la medición de géneros granulados no coherentes. Estos aparatos tienen construcción sencilla y pueden emplearse en todos los casos en los que las condiciones físicas del material varían poco. El cálculo de las cantidades salidas por aberturas diferentes del diafragma con las ecuaciones indicadas es posible, cuando se conozcan el factor de salida  $\mu$ , el ángulo  $\varrho$  del roce interior del material, del peso a granel  $\gamma_s$ , y la constante del material  $d'$  que tiene en cuenta el estrechamiento del diámetro de salida  $d$  por partículas del género. Para el trigo se han comprobado las fórmulas de cálculo derivadas por numerosos ensayos con diafragmas circulares y con rectangulares, encontrándose una conformidad considerable entre las mediciones y las fórmulas.

Dreschgut vorhandenen Grüngutes auf die Dreschverluste und außerdem auf den Leistungsbedarf der Dreschtrommel durchzuführen. Dazu waren besondere Versuchspartikeln erforderlich, die bei der DLG-Prüfung in der gewünschten Abstufung mit verschiedenartigem und verschieden starkem Grüngutbesatz nicht zur Verfügung standen. Die Versuche konnten daher erst in dem auf die DLG-Prüfung folgenden Jahr 1956 begonnen werden<sup>2)</sup>.

### Anlegen der Versuchsflächen

Art und Umfang des Grüngutbestandes im Getreide können sehr unterschiedlich sein. Es treten grüne Unkräuter, nachgewachsene

<sup>1)</sup> Mit Dreschverlusten werden die Verluste im Dreschteil des Mähdreschers bezeichnet. Diese ergeben sich aus den Dreschverlusten der Trommel (Ausdruschverluste), den Schüttelverlusten des Schüttlers und den Reinigungsverlusten der Reinigungsvorrichtung. Zusammen mit den Verlusten an Schneidwerk, Haspel, Einziehwerk, Förderschnecke und Zuführvorrichtung zur Dreschtrommel (= Mäh- und Aufnahmeverluste) ergeben diese die gesamten Körnerverluste. Im vorliegenden Beitrag werden nur die Dreschverluste (Ausdrusch-, Schüttel- und Reinigungsverluste) behandelt

<sup>2)</sup> Die für die Durchführung erforderlichen Mittel stellte in dankenswerter Weise das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zur Verfügung