

Einfluß von Siebart und Siebbewegung auf den Siebgütegrad und den Abrieb des Siebgutes (Zuckerrübensamen)

Von Chr. von Zabeltitz, Braunschweig-Völkenrode

In der Landtechnik besteht wie in der Aufbereitungstechnik oft die Aufgabe, körnige Stoffe in verschiedene Korngrößenklassen aufzutrennen. Das Siebgut ist dabei vielfach sehr empfindlich gegen Abrieb und verändert beim Sieben seine Größe und äußere Form. Das Sortieren nach der Korngröße, auch Sieben oder Klassieren genannt, hat mit der fortschreitenden Mechanisierung in der Landwirtschaft, vor allem bei der Saatgutaufbereitung, große Bedeutung erlangt. Die Güte der Aufbereitung muß durch Probenahme und Prüfsiebung überwacht werden.

In Modellsiebversuchen kann man die günstigsten Siebbedingungen feststellen und gewisse Rückschlüsse auf die Siebung in ausgeführten Maschinen ziehen. Nachstehend wird über systematische Siebversuche mit Zuckerrübensaatgut berichtet, deren Aufgabe es war, die günstigsten Bedingungen bei der Klassierung zu finden.

An die Siebung eines solchen empfindlichen Siebgutes werden vor allem folgende Forderungen gestellt:

1. eine scharfe Trennung, d. h. ein hoher Siebgütegrad, bei möglichst geringer Siebdauer und
2. ein möglichst kleiner Abrieb des Siebgutes beim Sieben.

Auf Grund der von Batel [1; 2] aufgestellten Bedingungen wird der Siebgütegrad durch folgende Einflußgrößen maßgeblich bestimmt:

1. Arbeitsweise der Siebmaschinen,
2. Art der Körnung, Maschenweite und Belastung der Siebböden,
3. Siebdauer,
4. Toleranzen in der Maschenweite und
5. Fließ- und Rieseigenschaften des Siebgutes.

Sofern das untersuchte Siebgut (Rübensamen) eine konstante Feuchtigkeit hat, können die Fließeigenschaften und die Körnungart des Siebgutes und damit die erforderlichen Maschenweiten bei den Versuchen als konstant angenommen werden. Die Toleranzen in der Maschenweite sind für Drahtgewebe in dem Normblatt DIN 4188 und für Quadrat- und Rundlochbleche in dem Normblattentwurf DIN 4187 festgelegt [3; 4]. In dem vorliegenden Fall verbleiben also noch folgende Einflußgrößen, die zu untersuchen sind:

1. die Arbeitsweise der Siebmaschinen bei verschiedenen Amplituden, Drehzahlen und Frequenzen,
2. die verschiedenen Siebart und die Belastung der Siebböden und
3. die Siebdauer.

Für die Versuche wurde unsortiertes, normales Zuckerrübensaatgut verwendet, dessen Feuchtigkeit im Mittel 10% betrug. Die Korngröße von Normsaatgut liegt zwischen etwa 1,6 bis 6,5 mm Korndurchmesser, mit einem Häufigkeitsmaximum zwischen 3,0 und 4,0 mm. Die einzelnen Samenkörner haben eine sehr unterschiedliche äußere Form mit unregelmäßig vorstehenden Kanten und Zacken (oft sind auch noch vertrocknete Blatt- und Stengelreste an den Samen vorhanden). Die Körner sind deshalb beim Sieben durch die auftretenden Reibungs- und Stoßkräfte sehr empfindlich gegen Abrieb. Stoßen sich die Grate bei längerer Siebdauer ab, so erscheinen Körner im Siebdurchgang, die bei kürzerer Siebdauer noch im Rückstand verblieben wären.

Viele Körner haben auch eine linsenförmige Gestalt, so daß der Absiebungsgrad bei verschiedener Form der Sieböffnungen unterschiedlich ausfällt.

Eine Voraussetzung für Vergleichsversuche ist, daß gleichgroße Probenmengen mit möglichst konstanter Korngrößenzusammensetzung verwendet werden. Die Herstellung der einzelnen Siebproben erfolgte nach einer vorhergehenden guten Durchmischung der Ausgangsmenge durch fortgesetzte Zweiteilung in einem Probenteiler. Auf diese Weise wurden etwa 1000 Proben hergestellt.

Um ein Maß für die Probenkonstanz zu erhalten, wurden 10 Proben je 35 Minuten mit einem 4,0 mm Drahtmaschensieb nach DIN 4188 auf einem Alpine-Luftstrahlsieb gesiebt. Da das Sieb selbst auf dem Luftstrahlsieb in Ruhe ist und die für den Siebeffekt notwendigen Kornbewegungen nur durch Luftströmungen hervorgerufen werden, wird das Siebgut sehr schonend behandelt.

Mit Hilfe der statistischen Methode der t-Verteilung läßt sich die Abweichung des experimentell ermittelten Rückstandsmittelwertes \bar{x} vom wahren Wert μ errechnen [1; 5]. Für die Probenzahl $N = 10$ und bei einer statistischen Sicherheit von $S = 99\%$ ergab sich ein Vertrauensbereich des Mittelwertes von $\pm 0,76\%$, woraus ersichtlich ist, daß trotz des häufigen Teilens der Proben eine sehr gute Probenkonstanz erreicht wurde.

Jede Variation der folgenden Siebversuche wurde 5mal wiederholt. Von den Siebdurchgängen der fünf Wiederholungsversuche wurde das arithmetische Mittel gebildet und der prozentuale Anteil zum Mittelwert der Probengewichte berechnet. Zur Bestimmung des Abriebes A wurden nach Ermittlung des Gesamtdurchganges die abgeriebenen Staub- und Feinanteile ausgeblasen und das Gewicht der übriggebliebenen Körner bestimmt. Das Verhältnis der Gewichts-differenz zwischen Gesamtdurchgang und reinem Korndurchgang zum Mittelwert der fünf Einzelprobengewichte bildet den Abrieb A (%). Es ist also

$$A = \frac{\text{Gesamtdurchgang} - \text{Korndurchgang}}{\text{mittlere Probenmenge}} 100 \text{ [\%]}.$$

Die Amplitude und die Drehzahl der Siebbewegung lassen sich zu einer dimensionslosen Kennziffer, der Beschleunigungszahl

$$z = \frac{r \omega^2}{g}$$

zusammenfassen, worin r die Amplitude, ω die Winkelgeschwindigkeit und g die Schwerkraftbeschleunigung bedeuten. Diese Kennziffer stellt das Verhältnis der Siebbeschleunigung zur Schwerkraftbeschleunigung dar und eignet sich gut für die dimensionslose Darstellung und den Vergleich von Siebvorgängen.

Die Trenngüte von Siebvorgängen kann man durch den Siebgütegrad η_s beschreiben, der durch das Verhältnis der abgeriebenen Feinkornmenge F_a zu der vorhandenen Feinkornmenge F_v definiert ist und eine reine Vergleichszahl darstellt. Es ist

$$\eta_s = \frac{F_a}{F_v} 100 \text{ [\%]}.$$

Die genaue Bestimmung der vorhandenen Feinkornmenge bereitet vor allem bei unregelmäßig geformten und abriebempfindlichen Siebgütern Schwierigkeiten. Die genaue Kenntnis der vorhandenen Feinkornmenge spielt aber keine entscheidende Rolle, da bei Vergleichsversuchen für die gleiche Körnung und dasselbe Sieb der gleiche Wert F_v verwendet wird. Im vorliegenden Fall wurde F_v dadurch festgelegt, daß mehrere Proben im

Dipl.-Ing. Christian von Zabeltitz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

Dauersiebversuch unter Siebbedingungen, bei denen der Abrieb sehr gering war, gesiebt wurden. Nach einer Siebdauer von 35 bis 40 Minuten strebt der Durchgang dabei einem Grenzwert zu, der für die Berechnung des Siebgütegrades zugrunde gelegt wird.

Vergleich verschiedener Prüfsiebmaschinen

Im wesentlichen unterscheidet man zwischen zwei Bauarten von Siebmaschinen [1]. Bei den Plan-Prüfsiebmaschinen erfolgt die Bewegung der Siebböden horizontal in der Siebebene, bei den Wurf-Prüfsiebmaschinen senkrecht zur Siebebene. Eine Sonderausführung bildet, wie schon erwähnt, das Luftstrahlsieb, bei dem die Bewegung des Siebgutes durch Luftströmungen hervorgerufen wird. Die Siebmaschinen, die für die Versuche zur Verfügung standen, sind mit Angabe der Bewegungsbahnen und der verwendeten Verstellmöglichkeit der Amplitude r , der Drehzahl n bzw. der Frequenz f in **Tafel 1** zusammengestellt.

Bei dem Vergleich der verschiedenen Siebmaschinen wurden Prüfsiebe von 200 mm Durchmesser mit Drahtmaschengewebe nach DIN 4188 verwendet. Gemäß dem Häufigkeitsmaximum von Normalsaatgut hatten die beiden gleichzeitig eingesetzten Siebe eine Maschenweite w von 4,0 und 3,15 mm. Die Siebdauer betrug bei dieser Versuchsreihe 5 Minuten und die durchschnittliche Probenmenge 90 g, was einer Schütthöhe von etwa 10 mm auf den Siebböden entsprach. Die meisten der heute auf dem Markt befindlichen Wurf-Prüfsiebmaschinen werden elektromagnetisch erregt und arbeiten bei einer konstanten Frequenz von 50 Hz. **Bild 1** zeigt den Siebdurchgang D und den Abrieb A einer Wurf-Prüfsiebmaschine mit zwei Siebböden in Abhängigkeit von der Amplitude r bei einer Schwingfrequenz von $f = 50$ Hz.

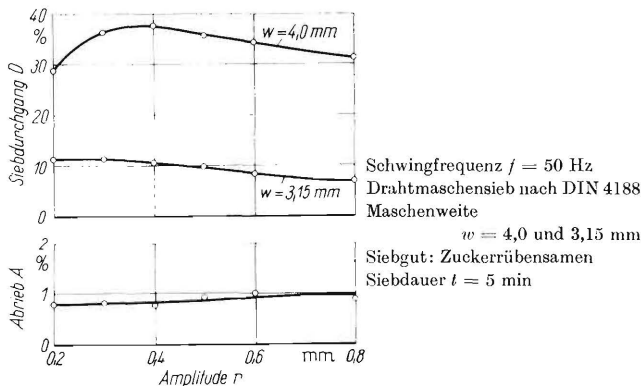


Bild 1. Siebdurchgang und Abrieb bei einer Wurf-Prüfsiebmaschine in Abhängigkeit von der Schwingungsamplitude des Siebes.

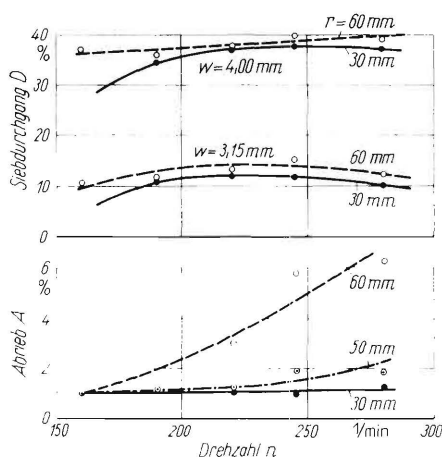


Bild 2. Siebdurchgang und Abrieb bei einer Plan-Prüfsiebmaschine in Abhängigkeit von der Drehzahl.

Schwingungsamplitude $r = 30, 50$ und 60 mm
Drahtmaschensieb nach DIN 4188
Maschenweite $w = 4,0$ und $3,15$ mm
Siebgut: Zuckerrübensamen
Siebdauer $t = 5$ min

Tafel 1. Die verwendeten Versuchssiebmaschinen mit ihren Einstellmöglichkeiten.

Bauart	Amplitude r mm	Drehzahl n min^{-1}	Frequenz f s^{-1}
Plan-Prüfsiebmaschine (lineare Bewegung)	20 30 40 50 60	160 190 220 245 280	—
Plan-Prüfsiebmaschine (kreisförmige Bewegung)	15	260	—
Wurf-Prüfsiebmaschine*) (vertikale Schwingungen)	0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8	—	50
Wurf-Prüfsiebmaschine (vertikale Schwingungen)	0,65 0,75 1,0 1,25	—	38 50 58 62 67

*) Diese Maschine wurde für die Versuche von der Firma Haver & Boecker, Oelde, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Das 4,0 mm Sieb hat bei der Schwingungsamplitude $r = 0,4$ mm einen ausgeprägten Maximalwert, während das Optimum des 3,15 mm Siebes zu etwas kleineren Amplituden hin verschoben ist. Der Abrieb, der durch die Relativbewegung zwischen dem Siebgut und den beiden Siebböden, durch die Reibung der Körner gegeneinander und durch Stoß gegen die Außenwände entsteht, steigt mit zunehmender Amplitude geringfügig an. Er ist aber bei der größten erreichbaren Amplitude von $r = 0,8$ mm noch kleiner als 1%.

Bei der Plan-Prüfsiebmaschine (**Bild 2**) ist der Abrieb in viel stärkerem Maße von der Amplitude abhängig als bei der Wurf-Prüfsiebmaschine. Vor allem bei Amplituden $r > 50$ mm erreicht der Abrieb schon bei niederen Drehzahlen Werte über 2% und wächst stark an. Der Verlauf des Siebdurchganges zeigt bei $r = 60$ mm und $w = 4,0$ mm keinen ausgeprägten Höchstwert mehr, sondern steigt mit zunehmender Drehzahl stetig an. Durch den größeren Abrieb werden viele Körner, die im Grenzkornbereich liegen, im Durchmesser kleiner und fallen durch die Sieboffnung, während sie bei kleineren Amplituden und Drehzahlen im Rückstand bleiben würden. Diese Erscheinung tritt bei dem 3,15 mm Sieb nicht in dem Maße auf, da die spröden Grate und Ecken zum größten Teil schon auf dem darüberliegenden Sieb abgeschliffen sind.

In **Bild 3** ist der Siebgütegrad und der Abrieb von Drahtmaschensieben verschiedener Maschenweite auf den beiden Plan-Prüfsiebmaschinen in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl z dargestellt. Der Siebgütegrad steigt mit zunehmendem z zunächst stark an, erreicht bei beiden untersuchten Maschenweiten von 4,0 und 3,15 mm seinen Höchstwert von über 90% zwischen $z = 1,5$ und $z = 2,3$ und fällt dann allmählich ab. Dieses Auftreten eines Optimalbereiches bei bestimmten Amplituden-Drehzahlverhältnissen entspricht den von *Batel* [1; 2] dargestellten theoretischen Siebbedingungen.

Bei Amplituden $r \leq 50$ mm bleibt der Abrieb bis zu einer Beschleunigungszahl von etwa 2,3 konstant und übersteigt den Wert von $A = 1,2\%$ nicht. Bei größeren Amplituden läßt sich der gemessene Abrieb nicht mehr in die Abriebskurve für $r \leq 50$ mm einordnen und nimmt mit zunehmender Beschleunigungszahl größere Werte an. Der Wert von $A = 1,2\%$ wird im folgenden als Abriebsgrenze bezeichnet.

Aus **Bild 3** läßt sich ein optimaler Bereich der Beschleunigungszahl z für die Absiebung von Rübensaatgut auf Plan-Prüfsiebmaschinen entnehmen. Der Wert $z_{\text{min}} = 1,5$ ergibt sich aus dem Absinken des Siebgütegrades bei kleineren Beschleunigungszahlen. Den Wert $z_{\text{max}} = 2,3$ erhält man sowohl aus dem Abfall des Siebgütegrades als auch besonders aus dem Anstieg des Abriebes bei größeren Beschleunigungszahlen. Setzt man in die Gleichung

$$z = \frac{r \omega^2}{g} = \frac{r(\pi n/30)^2}{g}$$

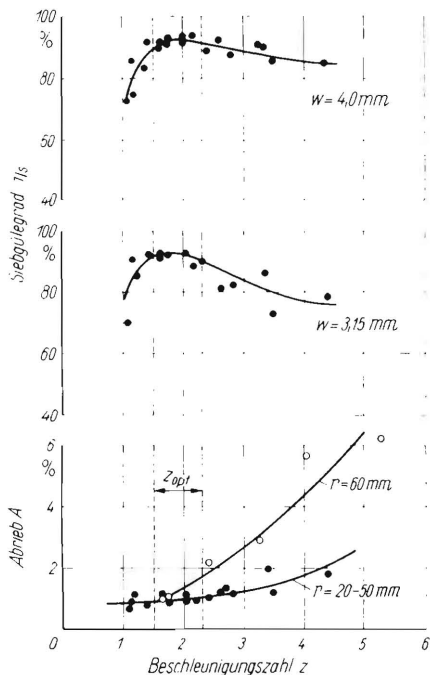


Bild 3. Siebgütegrad und Abrieb in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl $z = r \omega^2/g$ bei den Plan-Prüfsiebmaschinen.

Schwingungsamplitude $r = 20$ bis 50 mm und $r = 60$ mm
 Drahtmaschensieb nach DIN 4188
 Maschenweite $w = 4,0$ und $3,15$ mm
 Günstigster Siebbereich: $z_{opt} = 1,5$ bis $2,3$
 Siebgut: Zuckerrübensamen
 Siebdauer $t = 5$ min

die beiden Grenzwerte für z ein, so lassen sich in einem Diagramm $n = f(r)$ zwei Hyperbeln berechnen. Der schraffierte Bereich zwischen den beiden Hyperbeln (Bild 4) stellt das Gebiet der günstigsten Siebbedingungen für die Siebung auf Plan-Prüfsiebmaschinen dar. Dieses Gebiet wird begrenzt durch die Abriebgrenze $A = 1,2\%$. Da die Drehzahl mit $r \rightarrow 0$ dem Hyperbelcharakter entsprechend gegen unendlich strebt, werden bei $r < 20$ mm hohe Drehzahlen erforderlich, was zu technischen Schwierigkeiten führt. Aus diesem Diagramm läßt sich für die Prüfsiebung von Rübensaatgut auf Plan-Prüfsiebmaschinen zu jeder Amplitude die günstigste Drehzahl sofort ablesen.

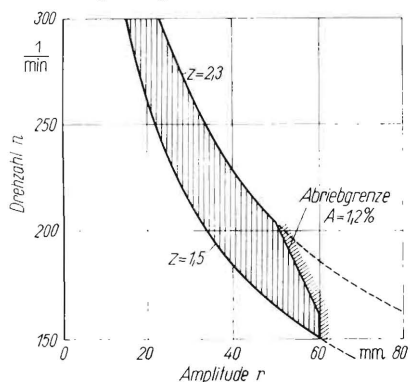


Bild 4. Bereich der günstigsten Bewegungsverhältnisse beim Sieben mit Drahtmaschensieben auf den Plan-Prüfsiebmaschinen für $z_{opt} = 1,5$ bis $2,3$ (siehe Bild 3).

Zum Vergleich von Plan- und Wurf-Prüfsiebmaschinen sind in Bild 5 die Ergebnisse zusammengefaßt. Der Siebgütegrad liegt im Optimalbereich bei beiden Maschinenarten in gleicher Höhe über 90% ; die günstigsten Beschleunigungszahlen liegen allerdings bei verschiedenen Werten. Für die Plan-Prüfsiebmaschinen und Drahtmaschensiebe liegt der günstigste Bereich bei $z = 2$, bei Wurf-Prüfsiebmaschinen bei $z = 4$. Der Abrieb ist bei Wurf-Prüfsiebmaschinen geringer und bleibt im ganzen Arbeitsbereich kleiner als 1% . Bei Plan-Prüfsiebmaschinen liegt der Abrieb bei Amplituden unter 50 mm im Optimalbereich des

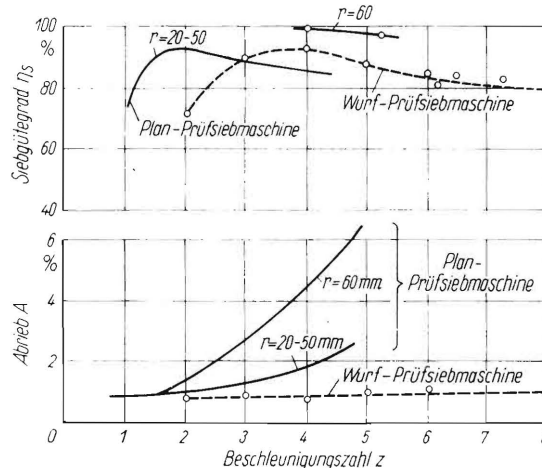


Bild 5. Vergleich des Siebgütegrades und des Abriebes bei zwei verschiedenen Siebmachinarten.

Drahtmaschensieb nach DIN 4188 Siebgut: Zuckerrübensamen
 Maschenweite $w = 4,0$ mm Siebdauer $t = 5$ min

Siebgütegrades unter der Abriebgrenze, steigt bei größeren z -Werten aber stark an. Bei Amplituden über 50 mm übersteigt der Abrieb schon bei kleinen z -Werten die Abriebgrenze und erreicht bei $z = 4$ Werte von etwa 5% . Durch diesen hohen Abrieb liegt der Siebgütegrad nahe 100% und kann sogar darüber hinauswachsen, wenn die abgesiebte Feinkornmenge F_a größer wird als die ursprünglich vorhandene Feinkornmenge F_v . Die Meßpunkte lassen sich dann nicht mehr in den Kurvenverlauf einordnen, wie es die für die Schwingungsamplitude $r = 60$ mm in Bild 5 eingetragenen Punkte zeigen.

Vergleich verschiedener Siebarten

Für den Vergleich verschiedener Siebarten hinsichtlich ihres Einflusses auf Absiebung und Abrieb wurden Drahtmaschensiebe mit quadratischen Öffnungen, gestanzte Rundlochsiebe, Quadratlochsiebe und Langlochsiebe untersucht (Bild 6). Die Länge der Langlöcher beträgt in der Regel das 5fache der Schlitzweite. Die Prüfsiebe hatten auch bei dieser Versuchsreihe einen Durchmesser von 200 mm; die Spannungen hatten eine Schlitz- bzw. Maschenweite von $w = 4,0$ mm.

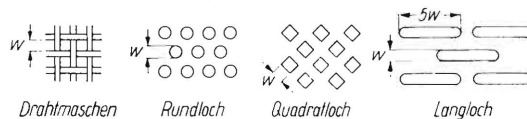


Bild 6. Form und Anordnung der Sieböffnungen bei den untersuchten Siebarten.

Bild 7 zeigt für die Plan-Prüfsiebmaschinen den Siebdurchgang der verschiedenen Siebarten in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl z bei gleicher Probenzusammensetzung und einer Siebdauer von 5 min. Da die Rübensamen eine von der kugelförmigen Form abweichende Gestalt haben, ist der Durchgang beim Langlochsieb erwartungsgemäß am größten, während das Rundlochsieb den kleinsten Durchgang aufweist. Die Siebleistung der Siebböden mit den quadratischen Öffnungen liegt zwischen Rundloch- und Langlochsieb.

Die bei den einzelnen Sieben erreichbaren Siebdurchgangswerte sind einmal von der Kornform bzw. von der Form der Sieböffnung, zum anderen aber auch von dem Verhältnis der Fläche der Sieböffnungen zur Gesamtfläche des Siebes, der sogenannten offenen Siebfläche F_0 abhängig. So beträgt z. B. die offene Siebfläche F_0 beim Drahtmaschensieb 51% und beim Quadratlochsieb $32,6\%$. Je größer die offene Siebfläche ist, um so mehr Sieböffnungen bieten sich in der Zeiteinheit den Körnern zum Durchfallen an, d. h., um so größer wird die Siebleistung sein. Diese Tendenz ist bei den quadratischen Sieböffnungen des Drahtmaschen- und des Quadratlochsiebes in Bild 7 insofern zu erkennen, als der Durchgang beim Drahtmaschensieb entsprechend der größeren offenen Siebfläche größer ist.

Für kugeliges Siebgut hat Batel [6] mit Hilfe einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung nachgewiesen, daß die Siebleistung

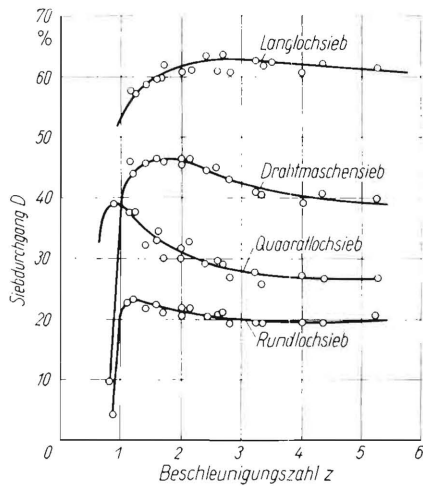


Bild 7. Siebdurchgang bei verschiedenen Siebarten (s. Bild 6) in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl auf Plan-Prüfsiebmaschinen.

Maschen- bzw. Lochweite $w = 4,0$ mm Siebgut: Zuckerrübensamen
Siebdauer $t = 5$ min

beim Langlochsieb gegenüber einem Sieb mit quadratischen Öffnungen mit dem Verhältnis l/w wächst, wobei l die Länge des Langloches und w die Maschenweite ist. Außerdem ist das Langlochsieb hinsichtlich der Siebleistung um so überlegener, je mehr Grenzkorn vorhanden ist, d. h., je mehr sich das Verhältnis Korngröße zu Maschenweite dem Wert 1 nähert.

In **Bild 8** ist der Abrieb der verschiedenen Siebarten in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl z aufgetragen. Mit wachsender Beschleunigungszahl und zunehmender Siebdauer steigt der Abrieb bei allen vier Siebarten progressiv an, wobei aber im ganzen Bereich beim Drahtmaschensieb die kleinsten Abriebwerte auftreten. Beim Rundlochsieb c und beim Langlochsieb b

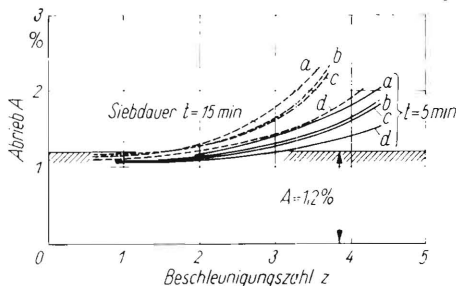


Bild 8. Abrieb bei verschiedenen Siebarten mit gleicher Maschen- bzw. Lochweite (4,0 mm) in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl auf den Plan-Prüfsiebmaschinen.

a Quadratlochsieb c Rundlochsieb Siebgut: Zuckerrübensamen
b Langlochsieb d Drahtmaschensieb Siebdauer $t = 5$ und 15 min

ist der Abrieb etwa gleich groß. Das Quadratlochsieb a hat den größten Abrieb. Dieser starke Abrieb wird durch die scharf gestanzten Ecken der quadratischen Löcher hervorgerufen, in denen sich die vorstehenden Kanten der Samenkörner verhaken und durch eine Scherwirkung abgetrennt werden. Diese Wirkung tritt beim Drahtmaschensieb nicht auf, da die Drähte an den Kreuzungsstellen übereinander liegen und dadurch scharfkantige Ecken vermieden werden. Das Korn kann sich nicht in der Ecke verhaken, sondern gleitet über den oben liegenden Draht hinweg. Bei einer zulässigen Abriebgrenze von $A = 1,2\%$ liegen die auf diesen Abrieb bezogenen maximalen Beschleunigungszahlen bei einer Siebdauer von 5 min zwischen $z = 2,2$ und $3,2$, während bei einer Siebdauer von 15 min die entsprechenden Beschleunigungszahlen kleiner als 2 sind.

Wie aus **Bild 7** zu ersehen, ist der Siebdurchgang auf den einzelnen Sieben bei einer Siebdauer von 5 min sehr verschieden. Durch Langzeitversuche kann nun gezeigt werden, daß auch bei längerer Siebdauer die Durchgänge noch Unterschiede aufweisen. Für kugelförmiges Siebgut müßte der Siebdurchgang bei $t \rightarrow \infty$ für verschiedene Siebarten gleicher Maschenweite demselben

Grenzwert zustreben. Daher müssen die unterschiedlichen Siebdurchgänge auf die von der Kugelgestalt abweichende Form der Samenkörner zurückgeführt werden.

Bild 9 zeigt den Durchgang und den Abrieb zweier Siebe in Abhängigkeit von der Siebdauer. Als Parameter ist hier die Drehzahl n eingetragen. Bei kleinen Drehzahlen, z. B. $n = 160$ U/min strebt der Siebdurchgang schon bei einer Siebdauer von 50 min asymptotisch einem Grenzwert zu. Dieser Grenzwert des Siebdurchganges ist aber für verschiedene Siebarten verschieden groß. Beim Drahtmaschensieb liegt er bei etwa 52%, beim Langlochsieb bei 65%. Da der Abrieb bei dieser Drehzahl während der Siebdauer von 50 min im Bereich von 1,2% bleibt.

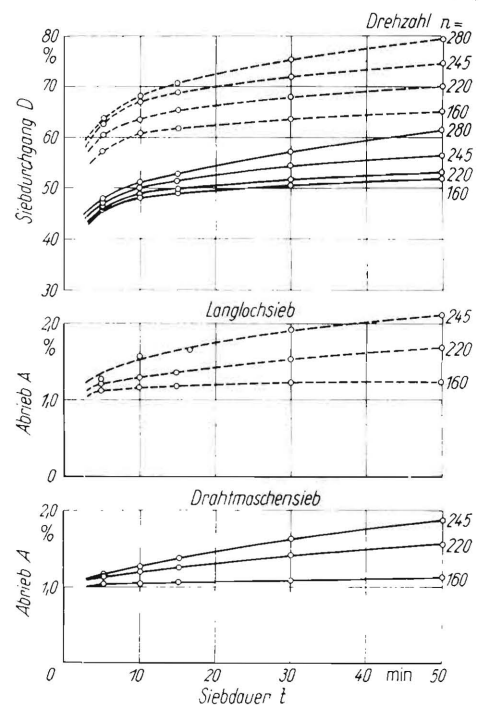
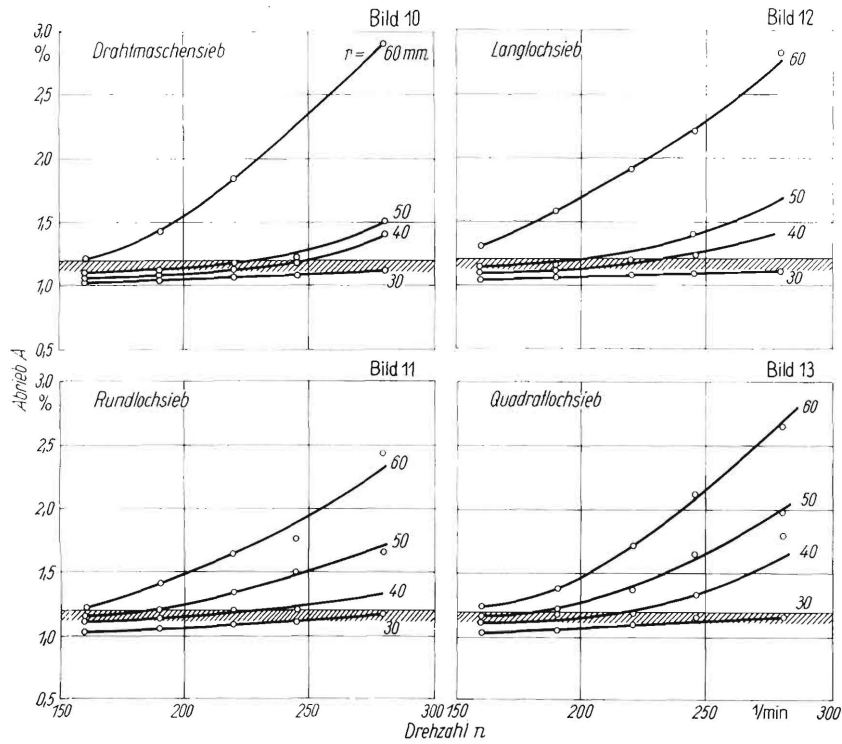


Bild 9. Siebdurchgang und Abrieb von Langloch- und Drahtmaschensieben auf Plan-Prüfsiebmaschinen in Abhängigkeit von der Siebdauer.

Maschen- bzw. Lochweite $w = 4,0$ mm
Schwingungsamplitude $r = 40$ mm
Drehzahl $n = 160, 220, 245$ und 280 U/min
Siebgut: Zuckerrübensamen

kann man annehmen, daß der angestrebte Grenzwert des Siebdurchganges dem vorhandenen Feingutanteil entspricht, der auf dem jeweiligen Sieb abgeseibt werden kann. Auf Grund der von der Kugelgestalt abweichenden Kornform ist dieser vorhandene Feingutanteil für jede Siebart verschieden, und es muß daher für jede Form der Sieböffnungen ein eigener Siebgütegrad berechnet werden. Das starke Ansteigen des Abriebes bei höheren Drehzahlen hat zur Folge, daß auch der Siebdurchgang in stärkerem Maße stetig wächst und dadurch der bei schonender Siebung angestrebte Grenzwert schon bei kleiner Siebdauer überschritten wird. Auf diese Weise kann der Siebgütegrad Werte erreichen, die über 100% liegen.

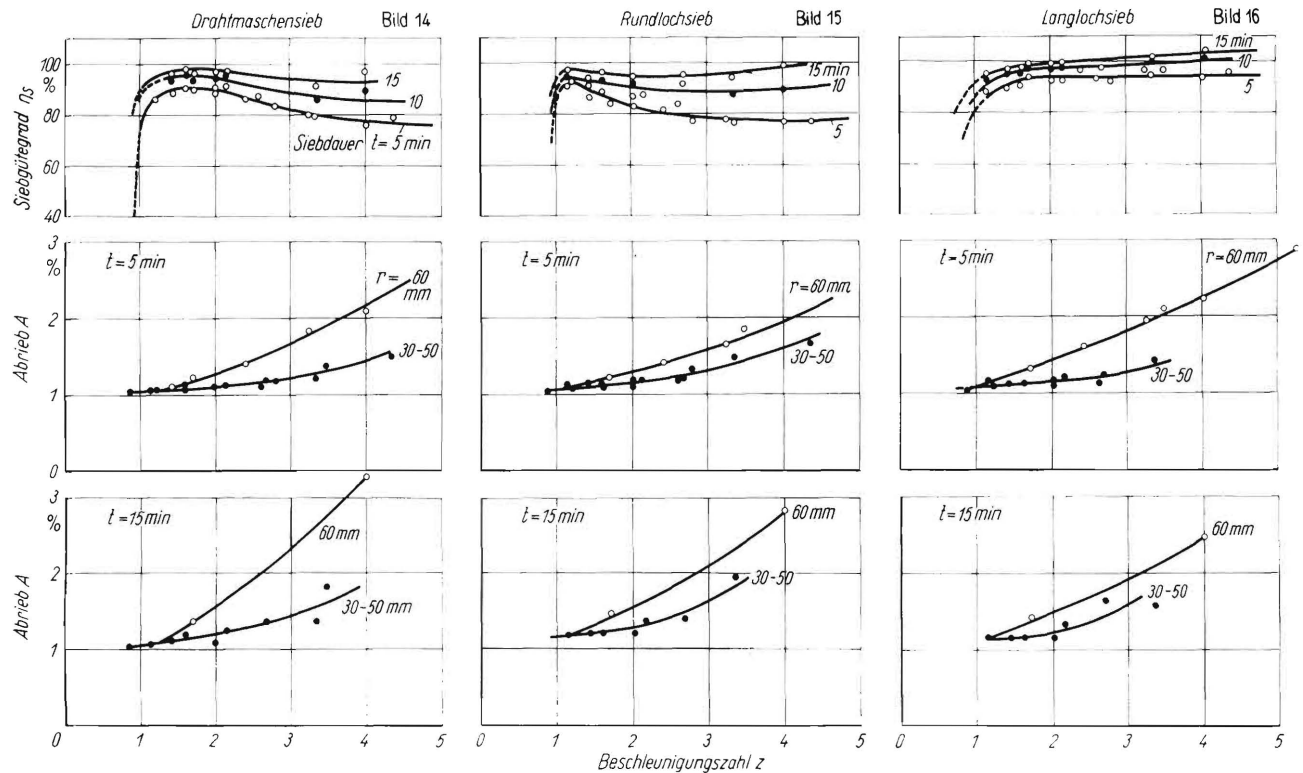
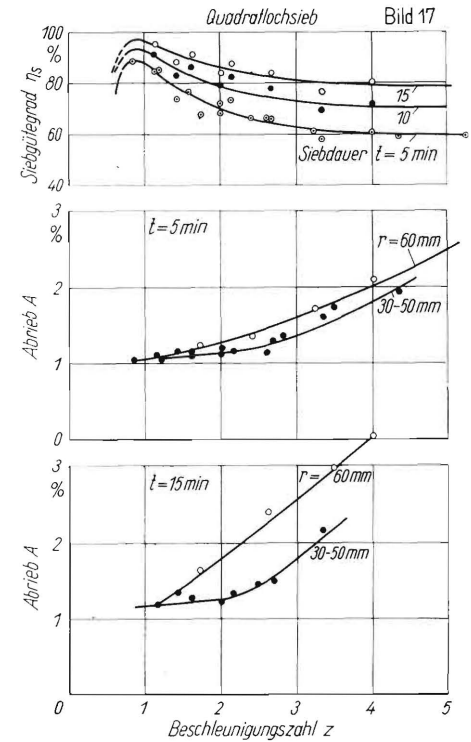
Die **Bilder 10 bis 13** zeigen den Einfluß der Drehzahl auf den Abrieb bei verschiedenen Schwingungsamplituden auf Plan-Prüfsiebmaschinen. Bei allen Siebarten ist der Abrieb bei einer Amplitude von $r = 60$ mm gegenüber dem Abrieb bei Amplituden von $r \leq 50$ mm sehr groß und steigt mit zunehmender Drehzahl progressiv an. Nur bei der kleinen Drehzahl von 160 U/min liegt der Abrieb unterhalb der Abriebgrenze. Bei noch kleineren Drehzahlen werden die auf die Siebleistung bezogenen minimalen Beschleunigungszahlen schnell unterschritten. Daraus ist zu schließen, daß hinsichtlich des Abriebes für die Prüfsiebung von Zuckerrübensaatgut auf allen Siebarten möglichst nur Amplituden $r \leq 50$ mm verwendet werden, was im ersten Teil schon für Drahtmaschensiebe nachgewiesen wurde. Weiterhin lassen sich aus den Bildern 10 bis 13 für die einzelnen Amplituden



Bilder 10 bis 13. Der Abrieb von Zuckerrübensamen in Abhängigkeit von der Drehzahl und Amplitude bei den Plan-Prüfsiebmaschinen und vier verschiedenen Siebart.

Siebdauer: $t = 5 \text{ min}$

Siebgut: Zuckerrübensamen
Maschen- bzw. Lochweite $w = 4 \text{ mm}$
Schwingungsamplitude $r = 30 \text{ bis } 50 \text{ mm}$ u. $r = 60 \text{ mm}$
Siebdauer $t = 5, 10 \text{ und } 15 \text{ min}$



Bilder 14 bis 17. Siebgütegrad und Abrieb in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl und der Siebdauer bei vier verschiedenen Siebart auf den Plan-Prüfsiebmaschinen.

maximalen Drehzahlen entnehmen, wenn man für den Abrieb die Grenze $A = 1,2\%$ setzt. So beträgt die maximale Drehzahl bei einer Amplitude von $r = 50 \text{ mm}$ beim Drahtmaschensieb 255 U/min , beim Rundloch- und Langlochsieb 200 U/min und beim Quadratlochsieb nur 185 U/min .

Die **Bilder 14 bis 17** zeigen den Einfluß der Siebdauer auf den Siebgütegrad und den Abrieb bei den einzelnen Siebart. Bei einer Siebdauer von 5 min tritt bei allen Siebart in einem be-

stimmten Bereich der Beschleunigungszahl ein Optimum des Siebgütegrades auf. Dieser Optimalbereich ist bei kleiner Siebdauer am ausgeprägtesten und verschwindet mehr und mehr bei Erhöhung der Siebdauer (Bild 14, 15 und 17). Das ist darauf zurückzuführen, daß der Siebdurchgang bei höheren Beschleunigungszahlen und längerer Siebdauer infolge des vermehrten Abriebes größer wird. Dadurch verlaufen die Kurven flacher oder steigen sogar an (Bild 15 und 16).

Im Bereich kleiner Beschleunigungszahlen, in dem das Optimum hinsichtlich Siebgütegrad und Abrieb liegt, steigt bei allen vier Siebartarten der Siebgütegrad mit der Erhöhung der Siebdauer von 5 auf 15 min um 6 bis 8%. Der Abrieb bleibt in diesem Bereich bei einer Siebzeit von 15 min unter der Abriebsgrenze. Die Verbesserung des Siebgütegrades durch eine längere Siebdauer ist auch in dem Bereich des geringsten Abriebes noch maßgeblich durch den wenn auch geringen Unterschied im Abrieb und weniger durch die längere Siebdauer an sich bestimmt. Daher ist es ratsam, bei der Prüfsiebung unbedingt im günstigsten Bereich der Beschleunigungszahl z zu arbeiten und eine Siebdauer von 5 bis 10 min nicht zu überschreiten.

Der Abrieb steigt bei Amplituden größer als 50 mm, wie bereits für das Drahtmaschensieb nachgewiesen, bei allen Siebartarten schon bei kleinen Beschleunigungszahlen progressiv steil an.

Aus den Kurven für den Siebgütegrad und den Abrieb lassen sich für die Plan-Prüfsiebmaschinen die günstigsten Bereiche der Beschleunigungszahl z ablesen. Diese sind in **Tafel 2** zusammengefaßt, in der außerdem die Siebdauer und der Amplitudenbereich angegeben sind. Mit diesen Werten lassen sich aus der Gleichung für die Beschleunigungszahl z die notwendigen Drehzahlen leicht ermitteln. Zur Vereinfachung kann man für die einzelnen Siebartarten die Drehzahl in Abhängigkeit von der Amplitude darstellen, wie es für das Drahtmaschensieb in Bild 4 geschehen ist.

Tafel 2. Die günstigsten Betriebsverhältnisse für die verschiedenen Siebartarten auf Plan-Prüfsiebmaschinen.

Siebart	Beschleunigungszahl z	Siebdauer t min	Amplitude r mm
Drahtmaschensieb	1,5 bis 2,3	5 bis 10	20 bis 50
Rundlochsieb	1,1 bis 1,6	5	20 bis 50
Langlochsieb	1,5 bis 2,3	5	20 bis 50
Quadratlochsieb	0,8 bis 1,3	5	20 bis 50

Bei den Wurf-Prüfsiebmaschinen liegen die Verhältnisse der Absiebung auf den einzelnen Siebartarten günstiger als bei den Plan-Prüfsiebmaschinen. Die Siebdurchgänge sind nach einer Siebdauer von 5 min denen auf Plan-Prüfsiebmaschinen etwa gleich, **Bild 18**, d. h. beim Langlochsieb im Optimalbereich über 60%, beim Rundlochsieb etwa 25%. Der Abrieb ist aber bei allen Siebartarten im ganzen Bereich der erreichbaren Beschleunigungszahlen kleiner als 1%. Dies beruht darauf, daß der Abrieb

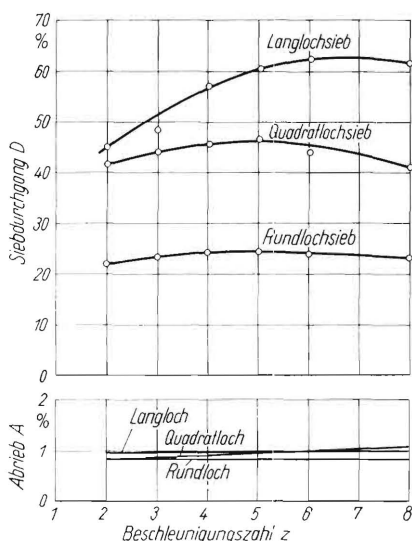


Bild 18. Siebdurchgang und Abrieb in Abhängigkeit von der Beschleunigungszahl und den Siebartarten bei Wurf-Prüfsiebmaschinen.

Siebgut: Zuckerrübensamen
Maschen- bzw. Lochweite $w = 4,0$ mm
Siebdauer $t = 5$ min

in der Hauptsache durch Stoßkräfte und durch Reibung der Einzelkörner gegeneinander hervorgerufen wird. Die Reibung auf den Siebböden infolge der Relativbewegung zwischen Sieb und Sieb fällt hier weitgehend weg.

Der Einfluß der Siebdauer ist bei den Wurf-Prüfsiebmaschinen ebenfalls geringer, **Bild 19**. Bis zu einer Siebdauer von 15 min bleibt ein Optimalbereich des Siebgütegrades ausgeprägt. Der Abrieb steigt mit Ausnahme des Quadratlochsiebes bei größeren Beschleunigungszahlen nur geringfügig an. Erst bei einer Siebdauer über 20 min wächst der Durchgang infolge des vermehrten Abriebes stetig an, und der ausgeprägte Optimalbereich verschwindet. Bei Wurf-Prüfsiebmaschinen können daher Siebzeiten bis zu 15 min zugelassen werden. Die günstigsten Beschleunigungszahlen sind bei einer Schwingfrequenz von 50 Hz für Drahtmaschensiebe $z = 3$ bis 5, für Rundlochsiebe $z = 4$ bis 6, für Langlochsiebe 5 bis 7.

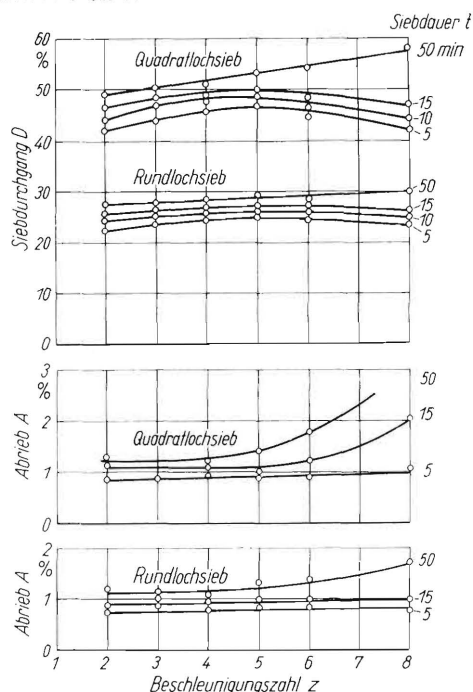


Bild 19. Einfluß der Siebdauer auf Siebgütegrad und Abrieb bei Wurf-Prüfsiebmaschinen.

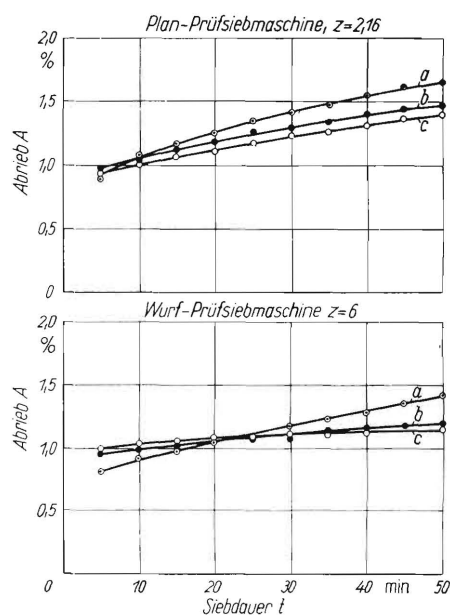


Bild 20. Vergleich des Abriebes von Zuckerrübensamen in Abhängigkeit von der Siebdauer im Bereich günstiger Beschleunigungszahlen auf Plan- und Wurf-Prüfsiebmaschinen.

a Rundlochsieb b Langlochsieb c Drahtmaschensieb

In Bild 20 ist für Wurf- und Plan-Prüfsiebmaschinen der Abrieb im Bereich günstiger Beschleunigungszahlen in Abhängigkeit von der Siebdauer aufgetragen. Das Drahtmaschensieb c ist hinsichtlich des Abriebes den anderen Sieben auf beiden Maschinentypen überlegen. Bei kleiner Siebdauer ist der Abrieb auf den Rundlochsieben a etwas geringer als bei den Langlochsieben b, mit größer werdender Siebdauer kehren sich jedoch die Verhältnisse um. Bei allen Siebarten ist der Gradient des Abriebes mit steigender Siebdauer auf Plan-Prüfsiebmaschinen größer. Deshalb soll auf diesen, mit Ausnahme des Drahtmaschensiebes, eine Siebzeit von 5 min möglichst nicht überschritten werden.

Zusammenfassung

Bei der Klassierung von Rübensaatgut, welches durch seine zackige Kornform sehr empfindlich gegen Abrieb ist, sind Wurf-Prüfsiebmaschinen hinsichtlich der Forderung des geringen Abriebes den Plan-Prüfsiebmaschinen überlegen. Die erreichbaren Siebgütegrade sind im günstigsten Bereich der Beschleunigungszahlen bei beiden Maschinentypen etwa gleich groß. Beim Vergleich verschiedener Siebarten ist der Siebdurchgang durch die von der Kugelgestalt abweichende Form des Sieb-

gutes bei Langlochsieben am größten, bei Rundlochsieben am kleinsten. Drahtmaschensiebe haben den geringsten Abrieb, während dieser bei Quadratlochsieben sehr hohe Werte annehmen kann. Auf Plan-Prüfsiebmaschinen soll eine Amplitude von 50 mm und eine Siebzeit von 5 min möglichst nicht überschritten werden. Bei Wurf-Prüfsiebmaschinen kann die Siebzeit ohne erhebliche Abriebssteigerung 15 min betragen. Die eingangs erwähnte Einflußgröße der Siebbodenbelastung sowie der Einfluß verschiedener Feuchtigkeit des Siebgutes konnte bisher noch nicht untersucht werden.

Schrifttum

- [1] Batel, W.: Korngrößenmeßtechnik, Springer-Verlag 1960.
- [2] Batel, W.: Über das Sortieren körniger Stoffe. Grundlagen der Landtechnik, Heft 12. Düsseldorf 1960. S. 18/24.
- [3] Normblatt DIN 4188: Drahtgewebe für Prüfsiebe. Februar 1957.
- [4] Normblatt DIN 4187 (Entwurf): Lochbleche für Prüfsiebe. August 1959.
- [5] Linder, A.: Statistische Methoden. 2. Auflage. Basel: Birkhäuser-Verlag 1951.
- [6] Batel, W.: Neue Erkenntnisse über Siebvorgänge. VDI-Z. 97 (1955), S. 393/424.

Konstruktive Probleme bei der Mechanisierung der Schrotfütterung

Von Alfred Stoppel, Braunschweig

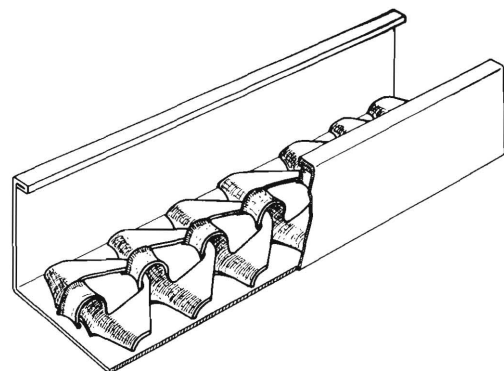
Für die meisten Feldarbeiten stehen heute dem Landwirt brauchbare Maschinen und Geräte zur Verfügung, die hinsichtlich Funktionssicherheit, Leistungsfähigkeit und Vielseitigkeit immer weiter verbessert werden. Im Gegensatz dazu findet man in der Innenwirtschaft eines landwirtschaftlichen Betriebes noch zeitraubende und schwere Handarbeitsgänge, für die z. T. nur unvollkommene technische Hilfsmittel auf dem Markt angeboten werden. Ein wichtiges und heute viel diskutiertes Thema stellt in diesem Zusammenhang die Mechanisierung des Fütterungsvorganges im Rindvieh- und Schweinestall dar. Die steigenden Lohnkosten und die immer schlechter werdende Arbeitsmarktlage in der Landwirtschaft werden in nicht allzu ferner Zeit den Landwirt geradezu zwingen, auch auf diesem Gebiet Handarbeit durch technische Einrichtungen zu ersetzen.

Vorausschauend befassen sich bereits seit einigen Jahren wissenschaftliche Institute mit diesen Problemen. So werden im Institut für Landtechnik in Weihenstephan Silagefütterungsanlagen für Rindvieh [1] und im Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule Braunschweig die Möglichkeiten für die Mechanisierung der Schweinefütterung [2; 3] untersucht¹⁾. Unabhängig davon griffen einige Landwirte zur Selbsthilfe und bauten nach eigenen Plänen zum Teil recht interessante Fütterungseinrichtungen, die jedoch meist auf die Besonderheiten der betreffenden Betriebe zugeschnitten waren. Die industrielle Fertigung von Fütterungsgeräten ist in Deutschland noch sehr in den Anfängen, wenn auch heute schon einige Fabrikate auf dem Markt angeboten werden.

Futterverteil- und Futterdosieranlagen

Die „Technologie des Fütterns“ umfaßt im wesentlichen das Entnehmen des Futters aus dem Vorratssilo, das Fördern des

technologischen Einzelvorgänge in Form einer Fütterungsanlage zu mechanisieren, wobei je nach Tierart und Futtermittel andere Aufgaben zu lösen sind. So stellt Rindviehfutter in Form von Silage ein voluminöses Gut dar, von dem die Tiere so viel fressen sollen, wie sie können. Hier benötigt man also eine Fütterungsanlage, die größere Mengen dieses unhandlichen Futters fördern und im Trog gleichmäßig verteilen kann. Ebenso genügt für die Fütterung der Hühner mit Legemehl eine sogenannte Futterverteilanlage [4]. Anders liegen die Verhältnisse bei der Kraftfutterzuteilung im Rindviehmilchstand, wo die Tiere genau festgelegte Futterrationen entsprechend der täglichen Milchleistung bekommen müssen. Hier muß also ein Fütterungsgerät gefordert werden, an dem bestimmte Futtermengen eingestellt werden können, die dann von der Anlage gefördert und den Tieren zugeteilt werden. Man spricht in diesen Fällen von sogenannten Futterdosieranlagen.



... und die Verteilung des Futters in die Fütterungstische. Die Verteilung des Futters in die Fütterungstische ist ein sehr wichtiger Teil der Fütterungsanlage. Die Verteilung des Futters in die Fütterungstische ist ein sehr wichtiger Teil der Fütterungsanlage.

Die Verteilung des Futters in die Fütterungstische ist ein sehr wichtiger Teil der Fütterungsanlage. Die Verteilung des Futters in die Fütterungstische ist ein sehr wichtiger Teil der Fütterungsanlage.

Die Verteilung des Futters in die Fütterungstische ist ein sehr wichtiger Teil der Fütterungsanlage. Die Verteilung des Futters in die Fütterungstische ist ein sehr wichtiger Teil der Fütterungsanlage.