



Eine Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit und des spezifischen Druckes ändert stark den Reibungskoeffizienten. Der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Größe des Reibungskoeffizienten folgt einem bestimmten Gesetz, das sich einer Gleichung der quadratischen Parabel nähert.

$$y = a + bx + cx^2 \quad (4)$$

oder

$$\mu = -0,228 + 0,0695f - 0,0012f^2 \pm 0,04 \quad (5)$$

$\mu$  Reibungskoeffizient,  
 $f$  Bodenfeuchtigkeit [%] zur absoluten Boden-Trockenprobe.

Bei  $f = 15\%$  Feuchtigkeit  $\mu = 0,50 \dots 0,58$ ,

$f = 40\%$  Feuchtigkeit  $\mu = 0,59 \dots 0,67$ .

Mit Zunahme der Gleitgeschwindigkeit  $c$  wird der Reibungskoeffizient größer und ist nach der Formel (6)

$$\mu' = \mu (1 + 0,45 \sqrt{c}) \quad (6)$$

Ist  $f = 15\%$  und  
 $c = 1 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$  wird

$$\mu' = 0,54 (1 + 0,45 \sqrt{1}) = 0,78$$

Ist  $f = 40\%$  und  
 $c = 1 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$  wird

$$\mu' = 0,91.$$

Nachfolgend soll, um den Rechnungsgang zu vereinfachen, ein Mittelwert

$$\mu' = 0,84$$

gewählt werden.

Das Siebgut wird durch den schwingenden Siebtisch eine mehr oder weniger große Beschleunigungs- und Verzögerungsbewegung ausführen.

Die Größe der Beschleunigung des Siebgutes ist von dem Reibungswiderstand  $R$  [kg] abhängig.

$$R = G \cdot \mu' \quad [\text{kg}] \quad (7)$$

$G$  Siebgutgewicht [kg],

$$\mu' = 0,84.$$

Das Produkt der maximalen Siebgutbeschleunigung  $p$  [m/s<sup>-2</sup>] und der Siebgutmasse  $M = G/g$  [kg · s<sup>-2</sup> m<sup>-1</sup>] ist gleich dem Reibungswiderstand  $R$ .

$$R = G \cdot p/g \quad [\text{kg}] \quad (8)$$

Die maximale Beschleunigungskomponente des Siebgutes auf dem Siebtisch ist

$$p = \mu' \cdot g \quad [\text{m/s}^{-2}]. \quad (9)$$

Im Bild 1 sind die Siebtischbeschleunigungen  $b$  bei verschiedenen Kurbelstellungen  $\alpha_0 \dots \alpha_6$  maßstäblich aufgetragen.

So ist z. B.

$v = 1$  Kurbelzapfen-Umfangsgeschwindigkeit [m/s<sup>-1</sup>]

$r = 0,015$  Kurbelradius [m]

$n = 60 \cdot v/2 \cdot 3,14 \cdot r$  Drehzahl der Kurbel [U/min<sup>-1</sup>]

$n = 637$  [U/min<sup>-1</sup>]

$l = \infty$  Pleuelstangenlänge

$\omega = 3,14 \cdot n/30$  [s<sup>-1</sup>] Winkelgeschwindigkeit der Kurbel = 66,66 [s<sup>-1</sup>]

Siebtischgeschwindigkeit nach (1)

$$c_0 = 0,00 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

$$c_1 = 0,50 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

$$c_2 = 0,866 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

$$c_3 = 1,00 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

$$c_4 = 0,866 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

$$c_5 = 0,50 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

$$c_6 = 0,00 \text{ [m/s}^{-1}\text{]}$$

Siebtischbeschleunigung nach (3)

$$b_0 = 66,66 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

$$b_1 = 57,7 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

$$b_2 = 33,33 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

$$b_3 = 0 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

$$b_4 = -33,33 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

$$b_5 = -57,7 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

$$b_6 = -66,66 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

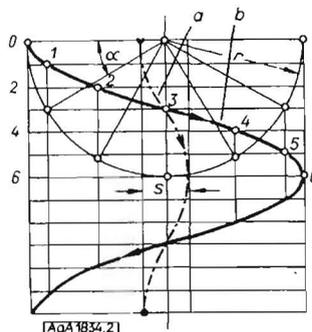


Bild 2. Absolute Siebtisch- und Siebgutbewegung. a Siebgutbewegung, b Siebtischbewegung

Die Beschleunigung des Siebgutes auf dem Siebtisch ist nach Formel (9)

$$p = 0,84 \cdot 9,81 = 8,24 \text{ [m/s}^{-2}\text{]}$$

Die absolute Siebgut-Wegstrecke  $s$  auf dem Siebtisch eines Tischhubes ist nach Formel (10)

$$s = p \cdot 2/\omega^2 \text{ [m]} \quad (10)$$

$t$  Zeitdauer während eines Tischhubes [s]

$$t = 60 \cdot \alpha/n \cdot 360 \text{ [s]}$$

$$t = 60 \cdot 180/637 \cdot 360 = 0,0471 \text{ [s]}$$

$$s = 8,24 \cdot 2/66,66^2 = 0,00371 \text{ [m]}$$

Die absolute Siebgutbewegung auf dem Siebtisch in bezug auf den Standort ist bei den Kurbelstellungen 1 ... 12 im Bild 2 gezeichnet.

Der Siebeffekt  $\Delta_m$  ist von der Siebgutbewegung auf der Siebtischoberfläche, während einer Hin- und Herbewegung, abhängig und kann nach der Formel (11) rechnerisch ermittelt werden.

$$\Delta_m = (\Delta_{HIn} + \Delta_{HEr})/2 \text{ [%]} \quad (11)$$

$$\Delta_{HIn} = (1 - s_{HIn}/2r) \cdot 100 \text{ [%]} \quad (11a)$$

$$\Delta_{HEr} = (1 - s_{HEr}/2r) \cdot 100 \text{ [%]} \quad (11b)$$

Beispielsweise ist der Siebeffekt des horizontal liegenden Siebtisches

$$s = s_{HIn} = s_{HEr} = 0,00371 \text{ [m]}$$

$$\Delta_{HIn} = (1 - 0,00371/2 \cdot 0,015) \cdot 100 = 87,6 \text{ [%]}$$

$$\Delta_{HEr} = \Delta_{HIn} = 87,6 \text{ [%]}$$

$$\Delta_m = 87,6 \text{ [%]}$$

Der Fördereffekt  $\delta$  des vorliegenden Vibration-Systems ist von der Siebgutwegstrecke während einer Hin- und Herbewegung des Siebtisches abhängig und wird nach der Formel (12) rechnerisch ermittelt.

$$\delta = [(s_{HIn} - s_{HEr})/2r] \cdot 100 \text{ [%]} \quad (12)$$

$s_{HIn}$  Siebgutwegstrecke während des Tischhinganges [m]

$s_{HEr}$  Siebgutwegstrecke während des Tischherganges [m]

Im vorliegenden Beispiel ist  $s_{HIn} = s_{HEr}$  daher

$$\delta = 0 \text{ [%]}.$$

## 2. Geneigt liegender Siebtisch mit einer in der Siebtischebene liegenden Schwingungsebene

Ein zur Horizontalebene unter dem Winkel  $\gamma$  geneigter Siebtisch wird mittels eines Kurbeltriebes in der Neigungsebene hin- und herbewegt. Auf dem Siebtisch liegt das Siebgut mit Reibungskontakt (Bild 3).

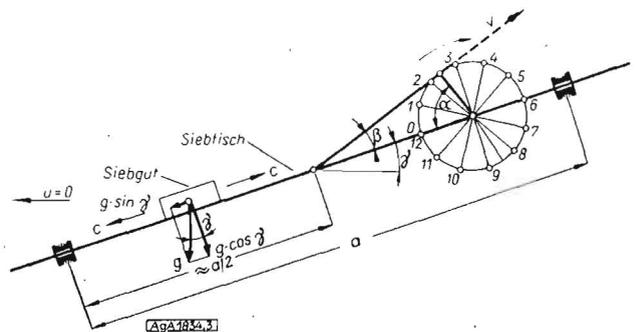


Bild 3. Geneigt liegender Siebtisch mit Kurbeltrieb

Bei  $l = \infty$  und bei einer Kurbelzapfenumfangsgeschwindigkeit  $v$  sind die Siebtischgeschwindigkeiten  $c$  bei den einzelnen Kurbelstellungen 1 ... 12 nach der Formel (1) und die Siebtischbeschleunigungen  $b$  nach der Formel (3) zu ermitteln.

Das Produkt der Fallbeschleunigungs-Komponente  $g \cdot \cos \gamma$  und des Reibungskoeffizienten  $\mu'$ , ergibt die Größe der Siebgutbeschleunigung  $p$ .

$$p = g \cdot \cos \gamma \cdot \mu' \text{ [m/s}^{-2}\text{]} \quad (13)$$

Die resultierende Siebgutbeschleunigung  $\ddot{r}$  in der Tischebene ist bei der Tischaufwärtsbewegung (Tischhingang)

$$\ddot{r}_{HIn} = g \cdot (\cos \gamma \cdot \mu' - \sin \gamma) \text{ [m/s}^{-2}\text{]} \quad (14)$$

und bei der Tischabwärtsbewegung (Tischhergang)

$$p_{Her} = g \cdot (\cos \gamma \cdot \mu' + \sin \gamma) \quad [m/s^2] \quad (15)$$

Bild 4 zeigt die absolute Siebtisch- und Siebgutbewegung auf den ruhenden Standort bezogen.

Die resultierende Siebgut-Aufwärtsbeschleunigung ist nach Formel (14) und den Werten

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= 15^\circ \\ t &= 0,0471 \text{ [s]} \\ \mu' &= 0,84 \\ \omega &= 66,66 \text{ [s}^{-1}] \end{aligned} \right\} \text{ nach Berechnungsbeispiel}$$

$$p_{Hin} = 9,81 (0,966 \cdot 0,84 - 0,2588) = 5,42 \text{ [m/s}^{-2}]$$

Die resultierende Siebgut-Abwärtsbeschleunigung ist nach Formel (15)

$$p_{Her} = 9,81 (0,966 \cdot 0,84 + 0,2588) = 10,5 \text{ [m/s}^{-2}]$$

Die absoluten Siebgut-Wegstrecken  $s_{Hin}$  und  $s_{Her}$  werden nach den Formeln (16) und (17) ermittelt.

$$s_{Hin} = p_{Hin} \cdot 2/\omega^2 \text{ [m]} \quad (16)$$

$$s_{Hin} = 5,42 \cdot 2/66,66^2 = 0,00244 \text{ [m]}$$

$$s_{Her} = p_{Her} \cdot 2/\omega^2 \text{ [m]} \quad (17)$$

$$s_{Her} = 10,5 \cdot 2/66,66^2 = 0,00473 \text{ [m]}$$

Der Siebeffekt ist nach der Formel (11), (11a), (11b)

$$\Delta_{Hin} = (1 - 0,00244/0,030) 100 = 91,87 \text{ [%]}$$

$$\Delta_{Her} = (1 - 0,00473/0,030) 100 = 84,24 \text{ [%]}$$

$$\Delta_m = (91,87 + 84,24)/2 = 88,05 \text{ [%]}$$

Der Fördereffekt nach der Formel (12) ist

$$\delta = [(0,00244 - 0,00473)/0,03] 100 = -7,633 \text{ [%]}$$

Mit größer werdendem Siebeffekt  $\Delta_m$  wird auch die Durchsiebung des Siebgutes schneller vor sich gehen. Bei einem Reibungskoeffizienten  $\mu' = 0$  wird der größte Siebeffekt  $\Delta_m = 1$  erreicht. Bei zunehmendem Reibungskoeffizienten  $\mu'$  wird der Siebeffekt  $\Delta_m$  kleiner.

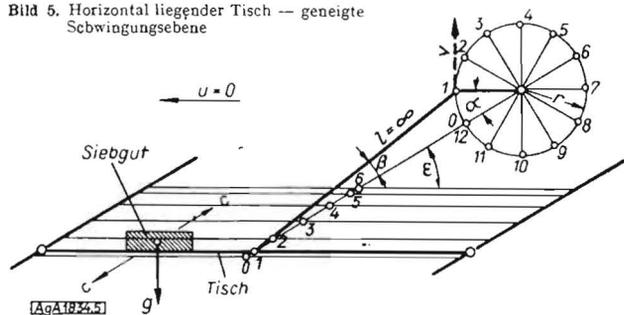
Größer werdende Reibung zwischen Siebgut und Siebtisch bewirkt eine schlechtere Durchsiebung.

Das negative Vorzeichen der Wertzahl des Fördereffektes  $\delta$  bedeutet, daß das Siebgut auf der Siebtischoberfläche nach unten wandert.

### 3. Horizontal liegender Siebtisch und geneigt liegende Schwingungsebene

Im Bild 5 ist schematisch die Anordnung des Siebtischmechanismus dargestellt.

Bild 5. Horizontal liegender Tisch — geneigte Schwingungsebene

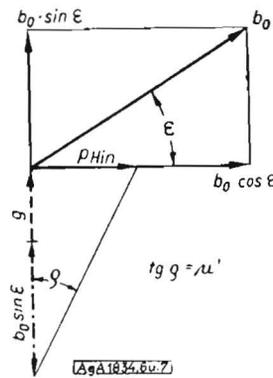


Wenn die gleichen technischen Daten wie bei dem Berechnungsbeispiel im Abschnitt 1 und 2 gewählt werden, so sind die Tischbeschleunigungen  $b$  gleich diesen.

Hingegen ändert sich die Beschleunigung des Siebgutes und wird nach Bild 6 und 7 und den Formeln (18) und (19) ermittelt.

$$p_{Hin} = (g + b_0 \cdot \sin \epsilon) \cdot \mu' \text{ [m/s}^{-2}] \quad (18)$$

$$p_{He1} = (g - b_6 \cdot \sin \epsilon) \cdot \mu' \text{ [m/s}^{-2}] \quad (19)$$



$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 0^\circ & \alpha_6 &= 180^\circ \\ b_0 &= (v^2/r) \cdot \cos \alpha_0 \\ b_6 &= (v^2/r) \cos \alpha_6 \end{aligned}$$

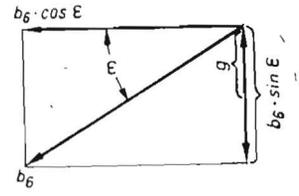


Bild 6 und 7. Siebgutbeschleunigung

Wird der Neigungswinkel der Schwingungsebene zur Siebtischfläche  $\epsilon = 15^\circ$  gewählt, so wird die Siebgutbeschleunigung bei der Siebtischaufwärtsbewegung (Hingang)

$$p_{Hin} = (9,81 + 66,66 \cdot 0,2588) 0,84 = 22,75 \text{ [m/s}^{-2}]$$

Bei der Siebtischabwärtsbewegung (Hergang) liegen die Verhältnisse anders, und zwar hebt sich das Siebgut von dem Siebtisch ab, da die Abwärtsbeschleunigung (Hergangbeschleunigung) des Siebtisches gleich oder größer als  $g$  wird und der Wert der Siebgutbeschleunigung  $p_{Her}$  dann ein negatives Vorzeichen erhält. Der Reibungskoeffizient erreicht den Grenzwert

$$\mu' = 0$$

$$p_{Her} = (9,81 - 66,66 \cdot 0,2588) \cdot 0 = 0 \text{ [m/s}^{-2}]$$

Das Siebgut fällt infolge der Fallbeschleunigung senkrecht und berührt wieder den Siebtisch während der Periode des Richtungswechsels.

Im Bild 8 ist die absolute Siebgut- und Siebtischbewegung dargestellt.

Die absolute Siebgutwegstrecke auf dem Siebtisch während der Hingangsperiode ist nach der Formel (16)

$$s_{Hin} = p_{Hin} \cdot 2/\omega^2 \text{ [m]}$$

$$s_{Hin} = 22,75 \cdot 2/66,66^2 = 0,0107 \text{ [m]}$$

Nach der Formel (17) ist die absolute Siebgutwegstrecke während der Hergangsperiode

$$s_{Her} = p_{Her} \cdot 2/\omega^2 \text{ [m]}$$

$$s_{Her} = 0 \text{ [m]}$$

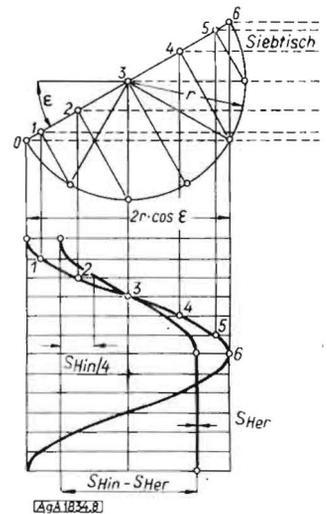


Bild 8. Absolute Siebtisch- und Siebgutbewegung,

Der Siebeffekt ist nach den Formeln (11), (20) und (21)

$$2r \cdot \cos \epsilon = 0,03 \cdot 0,966 = 0,02898 \text{ [m]}$$

$$\Delta_{Hin} = (1 - s_{Hin}/2r \cos \epsilon) 100 \text{ [%]} \quad (20)$$

$$\Delta_{Her} = (1 - s_{Her}/2r \cos \epsilon) 100 \text{ [%]} \quad (21)$$

Da Siebgut von dem Siebtisch abgehoben wird, ist

$$\Delta_{Her} = 0 \text{ [%]}$$

$$\Delta_{Hin} = (1 - 0,0107/0,02898) \cdot 100 = 63 \text{ [%]}$$

$$\Delta_m = (63 + 0)/2 = 31,5 \text{ [%]}$$

Der Fördereffekt (Siebguttransportweg je Umdrehung der Kurbel) ist nach der Formel (12)

$$\delta = [(0,0107 - 0)/0,030] 100 = 35,7 \text{ [%]}$$

Schluß folgt in Heft 5)