

Sven Rothaug, Stefan Böttinger und Heinz Dieter Kutzbach, Hohenheim

Reinigung im Mähdrescher durch Kreisschwinger

Die ständige Leistungssteigerung moderner Großmähdrescher erfordert auch bei der Entwicklung der Reinigung neue Ansätze. Eine Möglichkeit, den maximalen Durchsatz einer Reinigungsanlage zu erhöhen, ist der Einsatz eines vertikal kreisförmig schwingenden Siebes. Es wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, um den Kreisschwinger hinsichtlich Amplitude und Frequenz, Strömungsrichtungswinkel, Siebneigung, Sieböffnung und Siebart zu optimieren. In diesem Beitrag wird eine Auswahl der Ergebnisse vorgestellt.

Dipl.-Ing.sc.agr. Sven Rothaug ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Grundlagen der Agrartechnik, Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger ist als Nachfolger von Prof. Dr.-Ing. Heinz Dieter Kutzbach Leiter dieses Fachgebietes am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: boettinger@uni-hohenheim.de.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Reinigungsanlage, Kreisschwingung

Keywords

Combine, cleaning shoe, circularly oscillating sieve

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07119 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Notwendigkeit einer Weiterentwicklung der Mähdrescherreinigungsanlage wurde bereits mehrfach dargelegt [1, 2]. In Hohenheim sind kürzlich die Untersuchungen der in [1] vorgestellten Mähdrescherreinigung mit kreisförmiger Siebbewegung (Kreisreinigung) abgeschlossen worden. Die vertikale Kreisbewegung des Siebkastens ermöglicht eine deutliche Durchsatzsteigerung im Vergleich zu herkömmlichen, linear schwingenden Reinigungsanlagen, die vor den Untersuchungen des Kreisschwingers am Reinigungs-Grundlagenprüfstand näher untersucht und optimiert wurden [3].

Theorie des Kreisschwingers

Die theoretische Grundlage des Kreisschwingers bezüglich Beschleunigungen und Ablösepunkte wurde von Yin [1] bereits erläutert. Anhand dieser Grundlage wurden Wurfkennzahlen im Bereich von $Fr_V = 0,9$ bis 1,6 ausführlich untersucht. Da sich die Wurfkennzahlen aus Amplitude, Frequenz, Erdbeschleunigung und Siebneigung zusammensetzen, ergaben sich Kombinationen aus Frequenz f_E und Amplitude a zwischen $f_E = 3$ bis 5,5 Hz und $a = 10$ bis 35 mm.

Die diagonale Luftströmung durch das Sieb setzt sich aus zwei Strömungskomponenten zusammen. Die vertikale Strömungskomponente (1) unterstützt die Auflockerung und somit Fluidisierung der Gut-

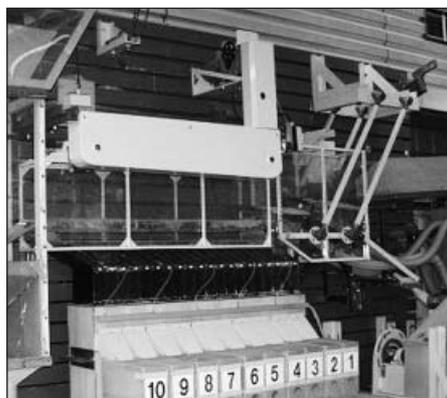


Bild 1: Versuchsstand mit Kreisschwinger

Fig. 1: Test rig with circularly oscillating sieve

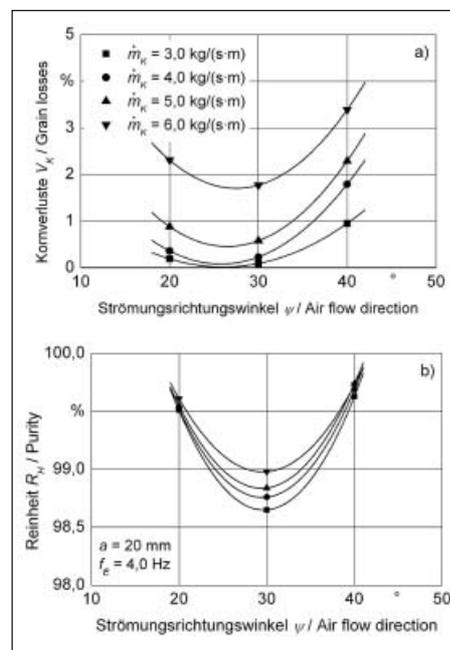


Bild 2: Kornverluste und Reinheit in Abhängigkeit vom Strömungsrichtungswinkel

Fig. 2: Dependency of grain losses and purity on the air flow direction

schicht, während die horizontale Strömungskomponente (2) den Guttransport auf dem Sieb unterstützt. Bei einer Vergrößerung des Strömungsrichtungswinkels nimmt der vertikale Strömungsanteil und folglich die Fluidisierung zu. Die jeweils andere Richtungskomponente wird entsprechend abgeschwächt [4].

$$w_{vi} = w_i \cdot \sin \psi_i \quad (1)$$

$$w_{hi} = w_i \cdot \cos \psi_i \quad (2)$$

Dies hat entscheidenden Einfluss auf den Reinigungsvorgang, sodass für jeden untersuchten Strömungsrichtungswinkel eine eigene Luftverteilung gefunden werden muss.

Versuchsaufbau und -durchführung

Für die Untersuchung der Kreisreinigung wurde der Hohenheimer Reinigungs-Grundlagenprüfstand mit einem kreisförmig schwingenden Siebkasten ausgestattet (Bild 1). Die Bewegung des Siebkastens entspricht der eines Hordenschüttlers. Die Luftzuführung zum Sieb erfolgt über fünf voneinander unabhängig einstellbare Gebläse und eine Beruhigungsstrecke. Die Vorgabe des Strömungsrichtungswinkels erfolgt über einen Strömungsrichter, der für die Untersuchung unterschiedlicher Winkel ausgewechselt werden kann. Das Versuchsgut wird über ein 14 m langes Förderband dem Prüfstand zugeführt, wobei die Nichtkornbestandteile (NKB) von Hand aufgelegt werden und das Korn für die gewünschten Durchsätze im Verhältnis 70:30 (Korn:NKB) mittels einer kalibrierten Körnerdosierung zudosiert wird.

Das abgeschiedene Korn wird in zehn Abscheidebehältern aufgefangen und zur Bestimmung von Abscheideverläufen und

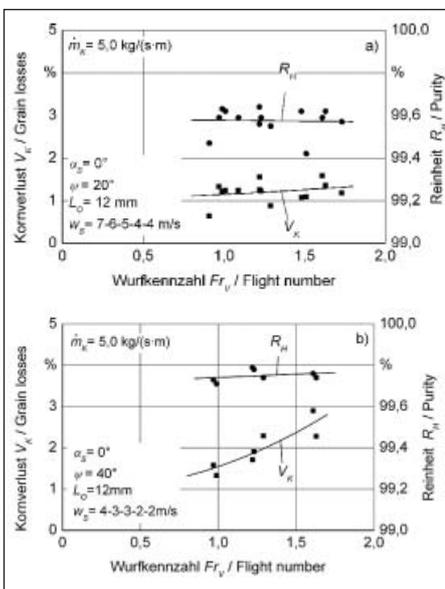


Bild 3: Kornverluste und Reinheit für den Durchsatz $\dot{m}_K = 5 \text{ kg/(s}\cdot\text{m)}$ in Abhängigkeit von der Wurfkennzahl bei unterschiedlichen Strömungsrichtungswinkeln

Fig. 3: Dependency of the flight number at a throughput of $\dot{m}_K = 5 \text{ kg/(s}\cdot\text{m)}$ on grain losses and purity at different air flow directions

Reinheit gewogen und nachgereinigt. Aus dem Siebübergang werden in nachfolgenden Prozessen die Verlustkörner gereinigt, die durch den Bezug auf die Gesamtkornmasse des Versuches die prozentualen Verluste ergeben.

Um eine Vergleichbarkeit des Kreisschwingers mit den Untersuchungen von [3] am Schwingsieb zu gewährleisten, wurde der Vorbereitungsboden mit Schwingbewegung und zwei Fallstufen unverändert übernommen. Der Vorbereitungsboden wurde mit folgenden Einstellungen betrieben: Länge: 900 mm, Steigung: 3°, Amplitude: 30 mm, Frequenz: 4 Hz, Schwingungsrichtungswinkel: 30°. Für die Fallstufen wurde eine Luftgeschwindigkeit von 4 m/s bei einer Strömungsrichtung von 20° gewählt. Die Einstellungen des Siebkastens variierten je nach Art der Untersuchung.

Ergebnisse

In diesem Beitrag wird eine Auswahl der Versuchsergebnisse zur Kreisreinigung vorgestellt.

Strömungsrichtungswinkel

Der für das Schwingsieb günstigste Strömungsrichtungswinkel im Reinigungs-Grundlagenprüfstand beträgt $\psi = 30^\circ$ [5]. Neben diesem Winkel wurden mit der Kreisreinigung auch die Winkel $\psi = 20^\circ$ und 40° untersucht. Empirische Versuche ergaben für $\psi = 20^\circ$ eine Luftverteilung von $w_S = 7-6-5-4-4 \text{ m/s}$, wobei die Luftgeschwindigkeit am Siebanfang 7 m/s beträgt und bis zum Siebende auf 4 m/s reduziert wird. Die günstigste Luftverteilung für $\psi = 30^\circ$ beträgt $w_S = 5-4-3-2-2 \text{ m/s}$ und für $\psi = 40^\circ$ $w_S = 4-3-3-2-2$

m/s. $\psi = 20^\circ$ verstärkt im Vergleich zu $\psi = 30^\circ$ die Förderung der Gutschicht auf dem Sieb, die aufgrund der Abwurfcharakteristik bei der Kreisreinigung hauptsächlich durch die Luftströmung gewährleistet wird. Die verbesserte Förderung wurde anhand von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen bestätigt. Jedoch hat die Verlagerung der Strömungsgeschwindigkeit zur horizontalen Komponente zu erhöhten Kornverlusten geführt, weil die Verweildauer auf dem Sieb für eine nahezu vollständige Abscheidung der Körner nicht mehr ausreicht. Im Vergleich zum Strömungsrichtungswinkel von 30° treten daher leicht höhere Verluste auf (Bild 2a). Bei $\psi = 40^\circ$ wird ein hohes Maß an Verwirbelungen der Gutschicht erzeugt, wobei gleichzeitig die Verweildauer auf dem Sieb durch die reduzierte Unterstützung der Förderung zunimmt und die Körner bis zum Austrag über das Siebende nicht mehr vollständig abgeschieden werden können. Somit stellt ein Strömungsrichtungswinkel im Bereich von $\psi = 30^\circ$ bezüglich der Kornverluste auch bei der Kreisreinigung das Optimum dar.

Eine Verbesserung der Reinheit kann in der Regel nur mit höheren Verlusten erreicht werden. Dies wird auch im Fall der Kreisreinigung bestätigt (Bild 2b). Die Reinheiten der Strömungsrichtungswinkel $\psi = 20^\circ$ und 40° sind abhängig vom Korndurchsatz um 1 bis 1,5% besser als bei $\psi = 30^\circ$. Somit muss bei einer Auswahl der Strömungsrichtungswinkel ein Kompromiss zwischen Kornverlusten und Reinheit gefunden werden. Im Fall der Kreisreinigung wurden die weiteren Untersuchungen mit $\psi = 30^\circ$ durchgeführt.

Amplitude und Frequenz

Die mechanischen Parameter Amplitude a und Frequenz f_E bestimmen maßgeblich den Reinigungsvorgang. Für jeden Strömungsrichtungswinkel muss aufgrund der verschiedenen pneumatischen Eigenschaften die jeweils günstigste Kombination aus Amplitude und Frequenz gefunden werden. Die Ergebnisse der anhand der Wurfkennzahl ermittelten Kombinationen sind in Bild 3a und b für zwei verschiedene Strömungsrichtungswinkel dargestellt. Die Kornverluste zeigen bei beiden Fällen einen nahezu linearen Anstieg bei steigenden Wurfkennzahlen. Die niedrigsten Verluste treten bei Wurfkennzahlen im Bereich von $Fr_V = 1$ auf. Eine weitere Reduzierung der Wurfkennzahl unter 1 ist jedoch begrenzt, da das Sieb sonst durch zu geringe Anregungen der Korn-NKB-Schicht und der damit verbundenen reduzierten Fördergeschwindigkeit zu Verstopfungen neigt. Bei Wurfkennzahlen von $Fr_V > 1,5$ treten wegen zu starker Anregungen der Gutmatte zu hohe Verluste auf. Daher wurden für weitergehende Untersuchun-

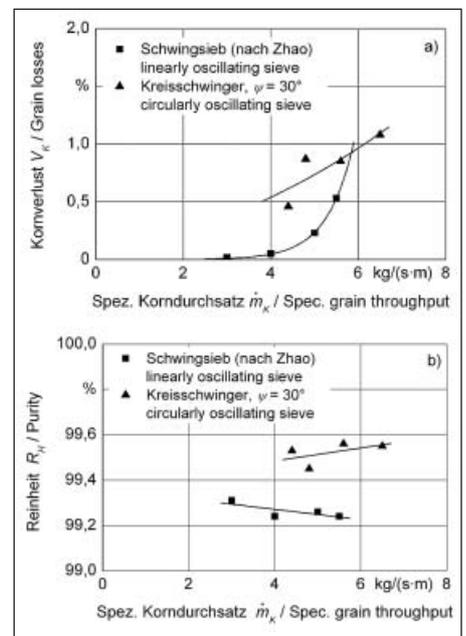


Bild 4: Vergleich von Kreisschwinger und Schwingsieb in Abhängigkeit vom Korndurchsatz

Fig. 4: Comparison between circularly and linearly oscillating sieve in dependency of the grain throughput

gen in Abhängigkeit anderer Siebparameter Wurfkennzahlen gewählt, die leicht über 1 liegen.

Vergleich von Kreisschwinger und Schwingsieb [5]

Das von Zhao optimierte Schwingsieb stößt bei Durchsätzen von über $\dot{m}_K = 6 \text{ kg/(s}\cdot\text{m)}$ an seine Grenzen. Höhere Durchsätze sind nur durch die Verwendung der Kreisschwinger möglich, wobei gleichzeitig eine wesentlich höhere Reinheit erzielt wird. Der Vergleich in Bild 4a zeigt die optimierte Verlustkurve des Schwingsiebes und die Verlustkurve des Kreisschwingers bei einem Strömungsrichtungswinkel von $\psi = 30^\circ$. Während die Verluste des Schwingsiebes mit steigenden Durchsätzen sehr stark ansteigen, verläuft die Verlustkurve des Kreisschwingers mit anfangs vergleichsweise hohen Verlusten sehr flach. Ab einem Durchsatz von $6 \text{ kg/(s}\cdot\text{m)}$ ist der Kreisschwinger daher dem Schwingsieb deutlich überlegen. Gleichzeitig liegt die Reinheit des Kreisschwingers um über 1% höher und steigt im Gegensatz zum Schwingsieb mit steigenden Durchsätzen an (Bild 4b).

Fazit

Die Kreisreinigung ist bei hohen Durchsätzen ($\dot{m}_K = 6 \text{ kg/(s}\cdot\text{m)}$) mit ihrer vertikalen Kreisbewegung hinsichtlich Kornverluste und Reinheit dem herkömmlichen Schwingsieb überlegen. Bei der weiteren Entwicklung der Reinigungsanlagen in modernen Großmähreschern mit immer weiter steigenden Durchsätzen sollte daher die kreisförmige Siebbewegung in Betracht gezogen werden.