

Ralf Hübner

Neues Funktionselement für Tangentialmähdrescher

Durch eine Modellierung der Gutübergabe von der Dreschtrommel zum Hordenschüttler wurde ein zusätzliches Funktionselement entwickelt, das in diesem Bereich kontrollierte Bedingungen für die Kornabscheidung und den Gutfluss auch bei variierenden Betriebs- und Gutparametern gewährleistet. Das zusätzliche Funktionselement wurde als Vielzinkentrommel mit feststehendem Prallmantel ausgelegt. Die theoretischen Betrachtungen zur Gutübergabe konnten durch experimentelle Untersuchungen verifiziert werden. Mit der optimierten Vielzinkentrommel wurden Durchsatzsteigerungen von 9 bis 16% bei 1% Schüttlerverlust gegenüber der Basis sowohl in der Ebene als auch in Steig- und Falllinie erzielt.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Hordenschüttler, Hangneigung

Keywords

Combine harvester, straw walker, slope

Abstract

Hübner, Ralf

A new functional element of conventional combines

Landtechnik 64 (2009), no. 1, pp. 30 - 32, 5 figures, 2 references

Using a modeling of material transfer between threshing drum and straw walker was developed a new functional element, which create controlled conditions for grain separation and material flow in this area. The functional element is a Multitine-drum with fixed bounce shell. Theoretical models were verified using experimental tests. The optimized Multitine-drum increased the capacity at 9 to 16% at 1% walker loss compared to the base at level and as well as up- and downhill.

Zur Übergabe des Korn-Stroh-Gemisches von der Dreschtrommel zum Hordenschüttler wird allgemein eine rotierende Wendetrommel verwendet. Hinsichtlich der Kornabscheidung muss der von der Wendetrommel umgelenkte Gutstrom möglichst schnell abgebremst und zum Schüttleranfang geleitet werden.

Dabei ist aber ein funktionssicherer Gutfluss zu gewährleisten und ein Gutumlauf von Stroh an der Wendetrommel zu verhindern. Bei heutigen Mähdreschern (Basis) wird der Gutstrom über einen Fingerrechen oder Korb auf den Schüttler geleitet und zusätzlich durch ein Spritztuch abgebremst (Bild 1). Dieser Übergabeprozess kann aber sensibel auf variierende Betriebsparameter (zum Beispiel Durchsatz, Hangneigung) sowie veränderte Gutparameter (zum Beispiel Gutfeuchte, Gutart) reagieren. Kernziel des Projektes war die Modellierung der Gutübergabe von der Dreschtrommel zum Hordenschüttler und daraus ableitend, ein zusätzliches Funktionselement zu entwickeln und zu untersuchen, das in diesem Bereich kontrollierte Bedingungen für die Kornabscheidung auf dem Hordenschüttler unter allen Bedingungen bei günstigem Gutfluss gewährleistet.

Theoretische Betrachtungen zur Basis

Zunächst wurde ein Bewegungsmodell entwickelt, mit dem die Bewegungsbahn des Gutes nach Verlassen der Wendetrommel und der Auftreffpunkt auf die um den Winkel γ geneigte Schüttleroberfläche bei der Basis berechnet werden können (Bild 2). Dabei stand vor allem der Hangneigungseinfluss in Steig- und Falllinie im Vordergrund. Das Modell geht davon aus, dass erfahrungsgemäß die Abwurfriechung des Gutstroms nach der Wendetrommel mit der Fingerrechenneigung β annähernd übereinstimmt. Der Koordinatenursprung (0,0) des x-y-Koordinatensystems wurde in den Fingerrechenendpunkt gelegt und wird bei einer Längsneigung δ des Mähdreschers nicht gedreht und somit ortsfest gelassen. Der Auftreffpunkt auf die Schüttleroberfläche befindet sich im Schnittpunkt der Bahn-gleichung (1) des Gutes (x, y_G) und der Geradengleichung (2) der Schüttleroberfläche (x, y_S).

Bei den Berechnungen zeigte sich, dass der berechnete Auftreffpunkt des Gutes auf die Schüttleroberfläche entgegen den Erwartungen kaum von der Hangneigung abhängig ist. Die Ablenkung der Bahnkurve des Gutstroms durch die Fallbeschleunigung g ist bei den auftretenden Abwurfgeschwindigkeiten v_0 sehr gering.

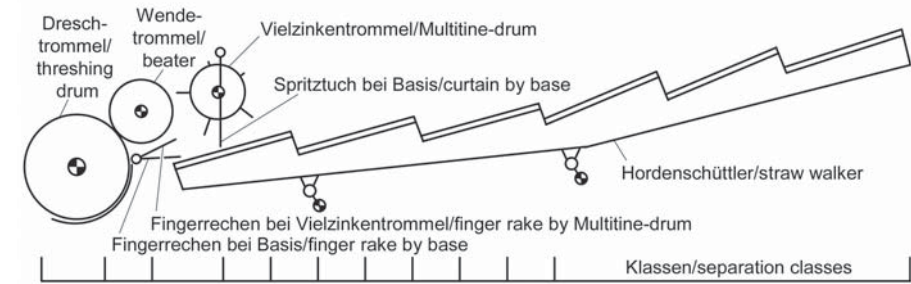
Theoretische Betrachtungen zum zusätzlichen Funktionselement

Weiterhin wurden theoretische Betrachtungen zur Gutbewegung und zum Abscheideprozess durchgeführt, deren Hauptaugenmerk nicht auf dem Einfluss der Hangneigung, sondern auf der Verbesserung der Kornabscheidung in der Ebene lag. Die Betrachtungen gehen wieder davon aus, dass mit der Fingerrechenneigung die Abwurfrichtung des Gutstroms nach der Wendetrommel

gesteuert werden kann. Es wurde die These aufgestellt, dass für eine verbesserte Kornabscheidung der Gutstrom gegen ein aktives Funktionselement prallen sollte und die im Gutstrom enthaltenen Körner senkrecht nach unten reflektiert werden müssen. Aufgrund des plastischen Verhaltens von Stroh können somit die reflektierten Körner die Gutschicht durchdringen und möglichst schnell auf den Schüttler gelangen. Das Stroh hingegen muss von dem zusätzlichen Funktionselement abgebremst, aktiv weiter gefördert und nach schräg hinten/unten abgeworfen werden. Somit beaufschlagt das Stroh den Schüttler weiter hinten als die an der Prallfläche reflektierten Körner. Außerdem erhält die Strohschicht mit den noch nicht abgeschiedenen Körnern dadurch eine größere Aufprallgeschwindigkeit in Abscheiderichtung des Schüttlers als bei der Basis, was sich ebenfalls positiv auf die Kornabscheidung auswirkt. Ein solches Funktionselement muss also eine Prallfläche und wirksame Elemente zum Strohtransport aufweisen. Prinzipiell wäre dafür eine wie von verschiedenen Mähdrescherherstellern verwendete Zinkentrommel geeignet. Da aber bei diesen Zinkentrommeln mit rotierendem Mantel konstruktionsbedingt relativ wenig Zinken verwendet werden können, ist in diesem Fall der Strohtransport nicht ausreichend gewährleistet. Deshalb wurde eine Vielzinkentrommel (VZ-Trommel) mit feststehendem Prallmantel ausgewählt und untersucht. Dazu wurde das Spritztuch durch eine gebräuchliche Pick-up Trommel ersetzt und zu deren Beaufschlagung der Fingerrechen steiler angestellt (**Bild 1**).

Mit einem auf o.g. These basierenden Modell (**Bild 3**) und den Formeln (3) bis (6) kann die Fingerrechenneigung β für unterschiedliche Positionen (x, y) und Konstruktionsparameter der VZ-Trommel bestimmt werden. Die durch den teilelastischen Stoßvorgang der Körner an dem Prallmantel der VZ-Trommel hervorgerufene Ungleichheit zwischen Auftreffwinkel α_1 und Abgabewinkel α_2 wird durch Formel (3) berücksichtigt. Der teilelastische Stoß wird durch

Bild 1



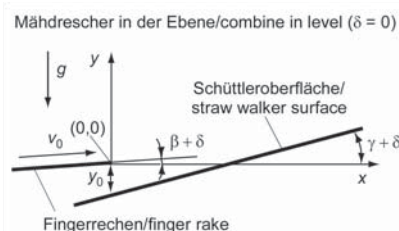
Versuchsstand (Basis, Vielzinkentrommel)

Fig. 1: Test stand (base, Multitine-drum)

den Stoßfaktor k beschrieben ($k = 1$: vollelastischer Stoß; $k = 0$: plastischer Stoß). Formel (4) ergibt sich aus der Forderung, dass die Körner senkrecht nach unten reflektiert werden sollen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Gutstromdicke durch den Abstand d zwischen Wendetrommel und Fingerrechen bestimmt ist und somit ebenfalls von der Fingerrechenneigung abhängig ist. Der Gutstrom wird auf einen kompakten Gutstrahl reduziert. Da aber der Gutstrom nach Verlassen der Wendetrommel aufgrund der Führung durch den Fingerrechen etwas mehr nach oben als nach unten auffächert, wird der Abstand des parallel zum Fingerrechen liegenden Gutstrahls nicht auf $\frac{1}{2}$ der Gutstromdicke sondern auf $\frac{3}{4}$ der Gutstromdicke festgelegt. Die aus Formel (3) und (4) resultierende Formel (5) ermöglicht in Zusammenhang mit Formel (6) eine iterative Berechnung der Fingerrechenneigung.

Bild 4 zeigt die berechnete Fingerrechenneigung β und die Auftreff- und Abgabewinkel α_1 und α_2 in Abhängigkeit vom Stoßfaktor k (Konstruktionsparameter wie bei experimentellen Untersuchungen). Für einen in [1] ermittelten Stoßfaktor von Weizen auf Stahl mit $k \approx 0,5$ beträgt die berechnete Fingerre-

Bild 2



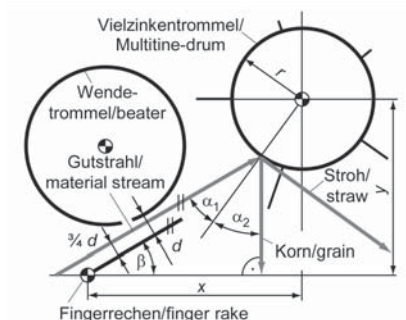
$$y_G = -\frac{g}{2} \cdot \left(\frac{x}{v_0 \cdot \cos(\beta + \delta)} \right)^2 + \tan(\beta + \delta) \cdot x \quad (1)$$

$$y_S = \tan(\beta + \delta) \cdot x - (\tan(\gamma + \delta) \cdot \cos \delta - \sin \delta) \cdot \frac{y_0}{\tan \gamma} \quad (2)$$

Modell für Auftreffpunkt auf Schüttleroberfläche

Fig. 2: Model for impact point on straw walker surface

Bild 3



$$\tan \alpha_1 = k \cdot \tan \alpha_2 \quad (3) \quad \beta = 90^\circ - \alpha_2 - \alpha_1 \quad (4)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha_2 - \arctan(k \cdot \tan \alpha_2) \quad (5)$$

$$\tan \beta = \frac{y - \cos \alpha_2 \cdot r}{x - \sin \alpha_2 \cdot r + \frac{3 \cdot d}{4 \cdot \sin \beta}} \quad (6)$$

Modell für Fingerrechenneigung

Fig. 3: Model for finger rake angle

chenneigung $\beta \approx 30^\circ$. Obwohl die Auftreff- und Abgabewinkel deutlich vom Stoßfaktor abhängig sind, verläuft die Neigung der Kennlinie für die Fingerrechenneigung relativ flach. Folglich wird eingeschätzt, dass es nicht notwendig ist, die Fingerrechenneigung in Abhängigkeit von Gutart und Gutparametern zu regeln.

Experimentelle Untersuchungen

Zur Verifizierung der theoretischen Betrachtungen wurde ein Versuchsstand für Labortests aufgebaut [2]. Die in den einzelnen Bereichen abgetrennten Körner und Nichtkornbestandteile (NKB) werden in Klassen aufgefangen. Das Versuchsgut bestand aus unausgedroschenem Weizen. Es wurden Versuche mit der Basis ($\beta = 4^\circ$, mit Spritztuch) und Versuche mit der VZ-Trommel ($\beta = 4$ bis $37,5^\circ$, kein Spritztuch) durchgeführt (Bild 1). Die als VZ-Trommel eingesetzte Pick-up Trommel mit gesteuerten Zinken besteht aus 5 Zinkenreihen mit 56 mm Zinkenabstand und 105 mm aktiver Zinkenlänge. Der Eingriffswinkel der Zinken wurde so eingestellt, dass ein wirksamer Strohttransport gewährleistet war. Der Abstand zwischen den Zinkenspitzen und der Wendetrommel war so gering wie möglich, so dass wie bei der Basis nur ein minimaler Gutumlauf an der Wendetrommel auftrat.

Mit Hilfe von Highspeedaufnahmen wurden die Bewegungsbahnen des Gutes und daraus ableitend die Gutgeschwindigkeiten ermittelt. Die bei den theoretischen Betrachtungen zur Basis berechnete, nur sehr geringe Veränderung des Auftreffpunktes des Gutes auf die Schüttleroberfläche bei Veränderung der Hangneigung wurde durch die experimentellen Untersuchungen verifiziert. Um aber vor allem bei geringen NKB-Durchsätzen Q_{NKB} das Abbremsen der Gutschicht auf die normale Fördergeschwindigkeit des Schüttlers schon am Auftreffpunkt zu gewährleisten, ist aber dennoch eine günstige Position des Spritztuches notwendig.

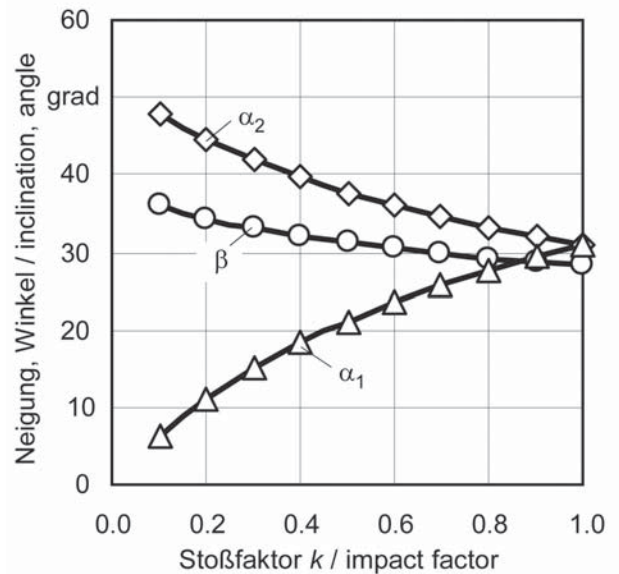
Zur Verifizierung der Betrachtungen zum Einfluss der Fingerrechenneigung bei Verwendung der VZ-Trommel wurde der Schüttlerverlust in Abhängigkeit von der Fingerrechenneigung bei einem konstanten NKB-Durchsatz bestimmt. Das dabei auftretende Optimum von $\beta \approx 30^\circ$ (Bild 5) stimmt sehr gut mit der bei den theoretischen Betrachtungen berechneten Fingerrechenneigung (Bild 4) überein. Mit dieser optimierten Fingerrechenneigung und weiteren optimierten Parametern wurden beim Einsatz der VZ-Trommel NKB-Durchsatzsteigerungen von 9 bis 16% bei 1% Schüttlerverlust gegenüber der Basis sowohl in der Ebene als auch in Steig- und Falllinie erzielt [2]. Wie zu erwarten war, ist mit der VZ-Trommel der Gutfluss im Übergabebereich von der Wendetrommel zum Schüttler unabhängig von der Hangneigung.

Literatur

Bücher sind mit ● gekennzeichnet

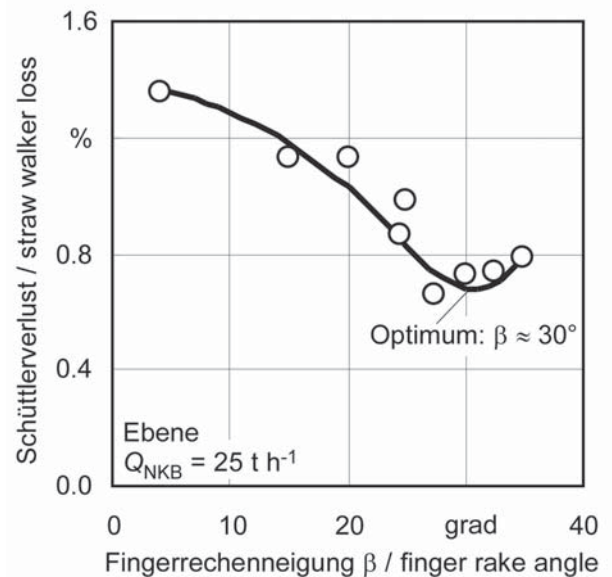
- [1] Thümer, W.: Beitrag zur Untersuchung der Kornabscheidung einer Leittrammel in Dreschwerken. Dissertation, Technische Universität Dresden, 1977
- [2] ● Hübner, R.; Müller, H.: Steuerung der Gutgeschwindigkeit am Übergabebereich von der Wendetrommel zum Hordenschüttler. Tagungsband VDF-MEG-Tagung Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim, 2008

Bild 4



Fingerrechenneigung sowie Auftreff- und Abgabewinkel vs. Stoßfaktor
Fig. 4: Finger rake angle and impact- and reflection angle vs. impact factor

Bild 5



Schüttlerverlust vs. Fingerrechenneigung
Fig. 5: Straw walker loss vs. finger rake angle

bereich von der Wendetrommel zum Hordenschüttler. Tagungsband VDF-MEG-Tagung Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim, 2008

Autor:

Dr.-Ing. Ralf Hübner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Agrarsystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Herlitzius) im Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen der TU Dresden, 01062 Dresden, E-Mail: huebner@ast.mw.tu-dresden.de

Hinweis:

Die Untersuchungen wurden von der DFG gefördert.