

Ralf Kattenstroth, Hans-Heinrich Harms und Ludger Frerichs

# Einfluss der Strohhalmausrichtung auf die Häckselqualität eines Mähdrescherhäckslers

Bei der Getreideernte ist neben dem eigentlichen Ernteprozess die gleichmäßige Zerkleinerung und Verteilung der ausgedroschenen Strohhalme von großer Bedeutung. Die zufällige Ausrichtung der wenig knickstabilen Strohhalme im Mähdrescherhäckslers führt jedoch zu ungleichmäßigen Häcksellängen. Dabei können die ungleichmäßigen Häcksellängen je nach Arbeitsbedingungen durch einen hohen Anteil an Feinteilen zu Problemen bei der Verteilung oder durch Überlängen zu Problemen bei der anschließenden Bodenbearbeitung führen. Zur Ermittlung der Zusammenhänge und Einflussfaktoren wird am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (ehemals Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik) der Technischen Universität Braunschweig ein grundlagenorientiertes Forschungsprojekt durchgeführt. Dabei soll der Einfluss der Strohhalmausrichtung auf die Häckselqualität eines Mähdrescherhäckslers mithilfe von Simulationsmodellen und einem praktischen Versuchsstand untersucht werden.

## Schlüsselwörter

Mähdrescher, Halmgut, Simulation

researches the correlations and parameters of the influence of straw alignment on the cutting quality of a combine's straw chopper by using simulation and practical experiments.

## Keywords

Combine harvester, straw, simulation

## Abstract

Kattenstroth, Ralf; Harms, Hans-Heinrich and Frerichs, Ludger

Influence of the straw alignment on the cutting quality of a combine's straw chopper

Landtechnik 67 (2012), no. 4, pp. 244–246, 4 figures, 5 references

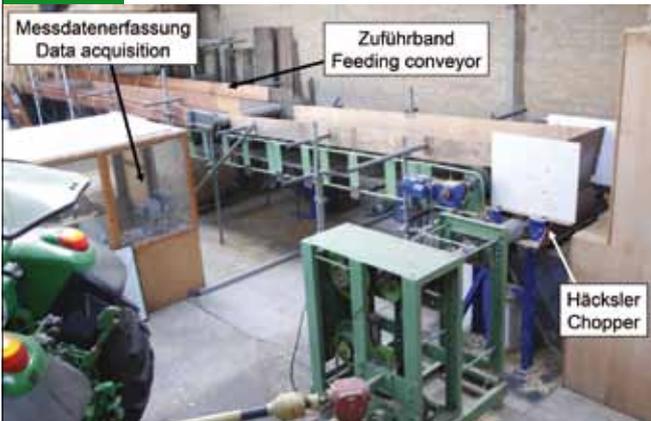
Besides the harvesting process the cutting of threshed straw and its uniform distribution is of major importance during the grain harvest. The stochastic orientation of less stable stalks in a combine's straw chopper causes uneven cutting lengths. According to the working conditions uneven cutting length could cause problems during their distribution on the field due to fines. Overlong cut stalks induce problems at following cultivation operations. The Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles (former Institute of Agricultural Machines and Fluid Power) at the Technische Universität Braunschweig

■ Bei der Getreideernte kommt der gleichmäßigen Zerkleinerung und Verteilung des ausgedroschenen Strohs eine steigende Bedeutung zu. Vor allem in konservierenden Ackerbausystemen ist für die störungsfreie Bodenbearbeitung und Aussaat eine gleichmäßig kurze Häcksellänge anzustreben. Da die Verkürzung der Häcksellängen in der Regel mit einer Erhöhung des Leistungsbedarfs des Mähdrescherhäckslers verbunden ist, ist eine möglichst einheitliche Häcksellänge erstrebenswert, sodass unnötige Schnittvorgänge vermieden werden. In der Praxis ist die Häcksellänge bei Mähdrescherhäckslern jedoch sehr unterschiedlich [1; 2; 3]. Dies resultiert im Wesentlichen daraus, dass die wenig knickstabilen und relativ kurzen Strohhalme in einer ungeordneten Gutmatte den Häckselmessern zugeführt werden. Weitere Aspekte der theoretischen Betrachtung und Informationen zum Stand der Technik der Strohhalmausrichtung im Mähdrescherhäckslers sind in [4; 5] zu finden.

## Praktische Ermittlung des Einflusses des Ausrichtungswinkels auf die Häckselqualität

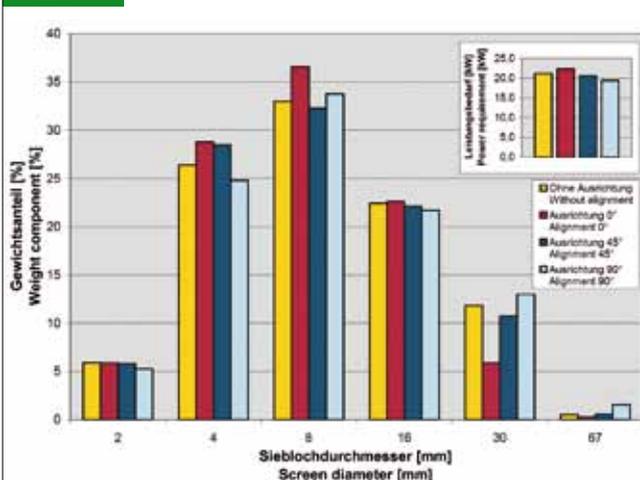
Um den Einfluss der Strohhalmausrichtung auf die Häckselqualität neben den theoretischen Betrachtungen auch praktisch untersuchen zu können, wird ein stationärer Häckselver-

Abb. 1



Versuchsstand für Untersuchungen an einem Mähdrescherhäcksler  
 Fig. 1: Test rig for experiments with a combine straw chopper

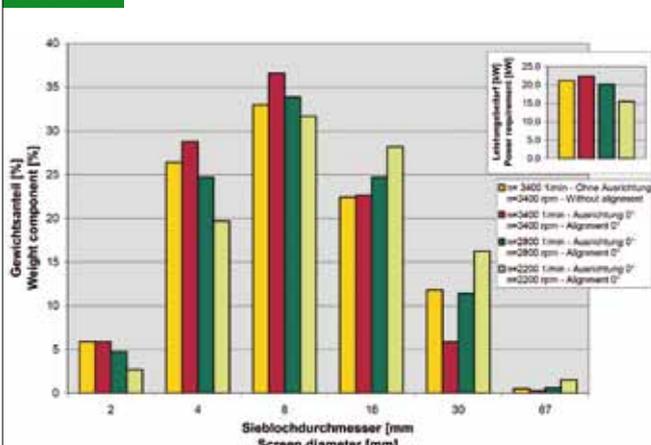
Abb. 2



Verteilung der Häcksellängen in Abhängigkeit des Ausrichtungswinkels

Fig 2: Cutting length distribution according to the alignment angle

Abb. 3



Verteilung der Häcksellängen in Abhängigkeit der Häckslerdrehzahl  
 Fig. 3: Cutting length distribution according to the chopper's speed

suchsstand genutzt. Der Aufbau des Häckslers mit 32 pendelnd aufgehängten Messern und optionaler Ausrüstung mit Gegenschneide, Gegenmessern und Bremskante entspricht dem Stand der Technik bei Mähdrescherhäckslern. Die Breite des Häckslers entspricht der halben Dreschkanalbreite eines Sechschüttlermähdreschers. Für die gleichmäßige Beschickung des Häckslers wird ein waagrechtes Förderband genutzt, auf welches vor jedem Versuch eine definierte Strohmenge aufgelegt wird. Die Ausrüstung des Versuchsstandes mit entsprechender Messtechnik ermöglicht die Messung von Antriebsdrehzahl und Antriebsmoment an der Häckslerwelle. Weiterhin können ausgewählte Versuchseinstellungen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen werden, sodass auch eine optische Auswertung der Vorgänge im Häcksler möglich ist. **Abbildung 1** zeigt den Aufbau des Versuchsstandes.

Um Aussagen zur Häckselqualität machen zu können, wird ein sechsstufiges Kaskadensieb eingesetzt, mit dessen Hilfe die Verteilung der Häckseln des zerkleinerten Strohs ermittelt werden kann. Für die Beurteilung der Häckselqualität sind vor allem die Siebabgänge der Siebe mit großem Öffnungsdurchmesser von 30 mm und 67 mm von Bedeutung, da der weitaus größte Gewichtsanteil der abgeschiedenen Halme länger als 120 mm ist. Diese überlangen Halme können auf dem Acker unter anderem zu Problemen bei der anschließenden Bodenbearbeitung und Aussaat führen. Weiterhin sollte auch der Siebabgang des Siebes mit dem kleinsten Siebdurchmesser von < 4 mm für die Beurteilung der Häckselqualität betrachtet werden, da an dieser Stelle die Feinteile abgeschieden werden. Diese können vor allem Probleme bei der gleichmäßigen Verteilung des Häckselgutes auf dem Acker bereiten.

### Versuchsdurchführung und ausgewählte Versuchsergebnisse

Zur Untersuchung des Einflusses der Strohhalmausrichtung auf die Häckselqualität werden die Halme manuell auf dem Zuführband ausgerichtet. Bei der Ausrichtung wird auf eine möglichst parallele Anordnung der Halme zueinander geachtet. Die Orientierung der Halme wird bei den Versuchen so eingestellt, dass sie entweder 0°, 45° oder 90° beträgt. Der Winkel gibt die Abweichung von der optimalen Ausrichtung der Halme gegenüber den Häckselmessern an. Optimal ausgerichtete Strohhalme haben eine Ausrichtung von 0°.

Ausgewählte Ergebnisse der Versuche sind in den **Abbildungen 2** und **3** dargestellt. **Abbildung 2** zeigt die Häckselnängenverteilung in Abhängigkeit des Ausrichtungswinkels bei einem Strohdurchsatz von 2,8 kg/s und einer Häckslerdrehzahl von 3400 1/min. Der Häcksler ist für die Versuche mit Gegenschneide und Gegenmessern ausgestattet.

Durch die Vereinheitlichung und Optimierung der Strohhalmausrichtung ist eine deutliche Abnahme der Überlängen an den Sieben mit 30 mm und 67 mm Sieblochdurchmesser zu erkennen, ohne dass der Feinanteil signifikant ansteigt. Die Verbesserung der Häckselqualität ist mit einem nur geringen Anstieg des Leistungsbedarfs verbunden.

In **Abbildung 3** ist die Verteilung der Häcksellängen bei optimaler Ausrichtung der Strohhalme in Abhängigkeit der Häckslerdrehzahl  $n$  dargestellt. Der Strohdurchsatz beträgt wiederum 2,8 kg/s bei einer identischen Ausstattung des Häckslers mit Gegenschneide und Gegenmessern. Durch die optimale Ausrichtung der Halme lässt sich die Häckslerdrehzahl auf 2 800 1/min verringern, ohne dass die Häckselqualität im Vergleich zur Versuchsvariante ohne gezielte Ausrichtung, signifikant absinkt. Jedoch ist durch die Verminderung der Häckslerdrehzahl ein leichter Rückgang des Leistungsbedarfs des Häckslers zu erkennen. Bei einer weiteren Reduzierung der Häckslerdrehzahl auf 2 200 1/min wird eine deutliche Zunahme der Überlängen sichtbar.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass durch eine Optimierung der Strohhalmausrichtung im Mährescherhäckslers eine signifikante Verbesserung der Häckselqualität möglich ist. Weiterhin kann durch die verbesserte Strohhalmausrichtung die Häckslerdrehzahl abgesenkt und damit der erforderliche Leistungsbedarf reduziert werden.

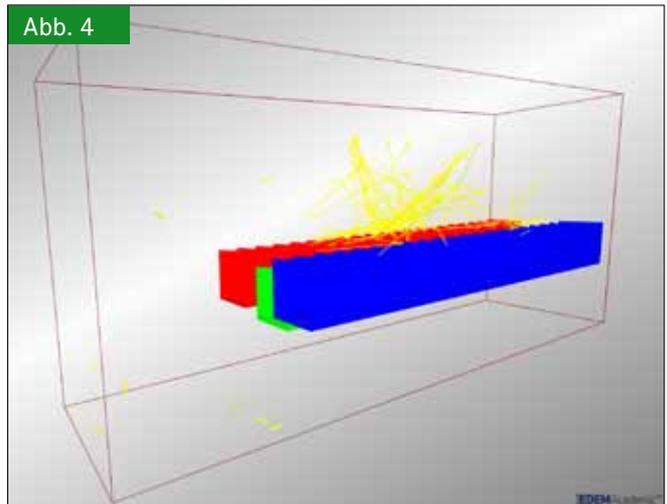
### Simulation des Strohverhaltens zur Entwicklung einer Ausrichtungseinrichtung

Da die zuvor beschriebenen Versuche eine deutliche Abhängigkeit der Häckselqualität von der Ausrichtung der Strohhalme zeigen, ist es sinnvoll, Versuche zu einer mechanisierte Ausrichtung der Strohhalme zu machen. Dazu soll im ersten Schritt das Potenzial von Modifikationen am serienmäßigen Hordenschüttler eines Mähreschers zur Vereinheitlichung der Strohhalmausrichtung untersucht werden.

Zur Simulation des Strohalmverhaltens beim Transport- und Ausrichtungsvorgang auf den Hordenschüttlern wird die Diskrete Elemente Methode (DEM) genutzt. Der Aufbau des Strohalmmodells basiert auf dem in [5] beschriebenen Vorgehen. In einer ersten Näherung werden die Strohhalme durch die Aneinanderreihung von Kugeln nachgebildet, wobei die Kugeln flexibel miteinander verbunden sind und somit eine Biegung der Halme zugelassen wird. Die geometrischen Abmessungen des Halmmodells orientieren sich an der Vermessung und Verwiegung von 60 ausgedroschenen Weizenstrohhalm.

In **Abbildung 4** ist der das Simulationsmodell dargestellt. Die Strohhalme werden mit einer chaotischen Ausrichtung an der rechten Seite auf die drei Schüttler gegeben und durch die schwingende Bewegung der Schüttler zum linken Ende transportiert. Die Schüttler bewegen sich jeweils um  $120^\circ$  phasenversetzt. Die Seitenwände der Schüttler sind erhöht, damit sich die Halme während des Transportvorgangs möglichst in Längsrichtung auf dem Schüttlerboden anordnen. Die erste Auswertung der Simulation zeigt, dass mit dieser Versuchsanstellung eine Ausrichtung von Strohhalmen ohne Knickstellen zufriedenstellend möglich ist. Die Berücksichtigung von Knickstellen im Strohalmmodell und die Anpassung des Detaillierungsgrades zur Verkürzung der Simulationszeit ist Teil der aktuellen Forschungsarbeit. Weiterhin ist die Verifikation der Simulation am Versuchsstand vorgesehen.

Abb. 4



Das Verhalten von Strohhalmen in einer DEM-Simulation  
Fig. 4: The behaviour of straw in a DEM-simulation

### Schlussfolgerungen

Aufbauend auf den theoretischen Vorüberlegungen und den praktischen Versuchen bietet das vorgestellte Projekt ein großes Potenzial zur Optimierung des Häckselprozesses. Die gezielte Ausrichtung von Strohhalmen führt zum einen zu einer Verbesserung der Häckselqualität und zum anderen zu einer Reduzierung des Energiebedarfs des Mährescherhäckslers. Die Simulation des Strohalmverhaltens bietet ein wichtiges Werkzeug zur Unterstützung der Forschungsarbeit. Die Abstimmung zwischen Detaillierungsgrad und angestrebter Anwendung ist von großer Bedeutung, um aussagekräftige Ergebnisse bei einer vertretbaren Simulationsdauer zu erzielen.

### Literatur

- [1] Kämmerer, D. (2002): Der Schneid- und Fördervorgang in einem Mährescherhäckslers. Braunschweig, Shaker Verlag
- [2] Wallmann, G. (2006): Gutzuführung für Mährescherhäckslers. Braunschweig, Shaker Verlag
- [3] Wiederman, A. (2011): Exaktschnitt im Mährescherhäckslers. Braunschweig, Shaker Verlag
- [4] Niemöller, B.; Harms, H.-H.; Lang, T. (2010): Beschreibung einer Halmgutmatte zur Untersuchung des Einflusses der Halmgutausrichtung auf die Häckselqualität. Tagung LAND. TECHNIK 2010, VDI-MEG, 27.-28.10.2010, Braunschweig, S. 425-430
- [5] Kattenstroth, R.; H.-H. und Lang, T. (2011): Gezielte Ausrichtung von Strohhalmen zur Optimierung des Schnittprozesses in einem Mährescherhäckslers. Landtechnik 66(5), S. 354-357

### Autoren

**Dipl.-Ing. Ralf Kattenstroth** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (ehemals Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik) der Technischen Universität Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, E-Mail: r.kattenstroth@tu-braunschweig.de

**Prof. i. R. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms**, war Leiter des Instituts für Landmaschinen und Fluidtechnik, E-Mail: h.harms@tu-braunschweig.de

**Prof. Dr. L. Frerichs** ist Leiter des Instituts für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, E-Mail: ludger.frerichs@tu-braunschweig.de

### Danksgiving

Das vorgestellte Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.