

Ralf Kattenstroth, Hans-Heinrich Harms und Thorsten Lang

Ausrichtung von Strohhalmen zur Optimierung des Schnittprozesses in einem Mähdrescherhäcksler

In zahlreichen landwirtschaftlichen Verfahrensketten spielt das Schneiden von Halmgut eine bedeutende Rolle. Speziell bei kürzeren und weniger knickstabilen Gütern wie Gras und Getreidestroh ist die Ausrichtung der einzelnen Halme gegenüber der Wirkrichtung der Schneidwerkzeuge von zufälliger Natur. Die inhomogene Ausrichtung der Halme führt somit zu ungleichmäßigen Schnittlängen in den Schneidaggregaten. Im Rahmen eines grundlagenorientierten Forschungsprojektes werden am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig die Ausrichtungsgüte von Halmgut und Möglichkeiten zur gezielten Halmgutausrichtung am Beispiel eines Mähdrescherhäckslers untersucht.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Schneiden, Halmgut

Keywords

Combine harvester, cutting, straw

Abstract

Kattenstroth, Ralf; Harms, Hans-Heinrich and Lang, Thorsten

Alignment of straw to optimise the cutting process in a combine's straw chopper

Landtechnik 66 (2011), no. 5, pp. 354–357, 5 figures, 4 references

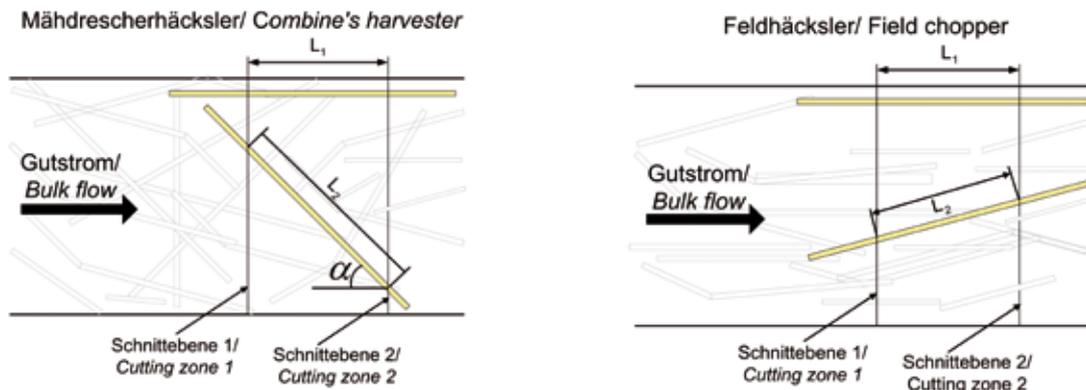
Cutting of straw and similar materials plays an important role in many agricultural processes. Especially shorter and less stable materials like grass and straw are often supplied to the cutting device in an unsorted mat. Thereby the orientation of the individual stalks to the effective direction of the cutting tools is stochastic. This stochastic orientation of stalks causes uneven cutting lengths in the cutting device. The Institute of Agricultural Machinery and Fluid Power at the Technische Universität Braunschweig researches the alignment accuracy of stalks and possibilities to align stalks in a systematic way using the example of a combine's straw chopper.

■ Bei der Getreideernte ist neben dem eigentlichen Ernteprozess die gleichmäßige Zerkleinerung und Verteilung der ausgedroschenen Strohhalme von großer Bedeutung. Vor allem in konservierenden Ackerbausystemen ist für die störungsfreie Bodenbearbeitung und Aussaat eine gleichmäßig kurze Häcksellänge anzustreben. Es ist jedoch zu beachten, dass für jeden Schnittvorgang an einem Strohalm Leistung benötigt wird. Das heißt, je kürzer das Stroh gehäckselt werden soll und dementsprechend mehr Schnitte notwendig sind, desto größer ist der Leistungsbedarf des Häckslers. Um die gewünschte Häcksellänge mit möglichst wenig Leistung zu erreichen, ist anzustreben, dass die Häcksellängen der Strohhalme weitestgehend einheitlich sind und so nicht mehr Schnittvorgänge als notwendig anfallen.

In der Realität streut die Häcksellänge bei Mähdrescherhäckslern jedoch über einen großen Bereich [1; 2; 3]. Dies resultiert im Wesentlichen daraus, dass die wenig knickstabilen und relativ kurzen Strohhalme in einer ungeordneten Gutmatte den Häckselmessern zugeführt werden. Das heißt, dass die Ausrichtung der einzelnen Halme gegenüber den Messerschneiden von zufälliger Natur ist. Die Grafik zum Mähdrescherhäcksler in **Abbildung 1** zeigt, dass in diesem Fall die theoretische Schnittlänge L_1 und die tatsächliche Schnittlänge L_2 in Abhängigkeit des Winkels α deutlich voneinander abweichen. Der ungünstigste Fall tritt ein, wenn der Winkel $\alpha = 90^\circ$ ist und der Halm unter Umständen gar nicht geschnitten wird. Um auch diese ungünstig ausgerichteten Halme in der gewünschten Länge schneiden zu können, muss der Abstand zwischen Schnittebene 1 und 2 ausreichend klein gewählt werden.

Der Abstand zwischen Schnittebene 1 und 2 lässt sich durch eine Erhöhung der Häckslerdrehzahl oder der Messer-

Abb. 1



Theoretische und tatsächliche Schnittlänge von Stroh im Mährescherhäcksler und von Mais im Feldhäcksler
 Fig. 1: Theoretical and effective cutting length of straw in a combine's harvester and of maize in a field chopper

anzahl verringern. Sorgen diese Maßnahmen für eine ausreichend kurze Zerkleinerung auch ungünstig ausgerichteter Strohhalme, dann werden im gleichen Zuge günstig ausgerichtete Halme deutlich häufiger geschnitten und damit kürzer als gewünscht gehäckselt. Dies führt zu einem unnötig hohen Leistungsbedarf des Strohhäckslers. Daher wird in der Praxis für den Strohhäcksler eine Kompromissdrehzahl gewählt, die bei akzeptablem Leistungsbedarf zu einer vertretbaren Häcksel-längenverteilung führt.

Schaut man sich im Vergleich dazu die Verhältnisse bei der Zerkleinerung von langstängeligen Halmgut wie z. B. Silomais in einem Feldhäcksler an, so kann man in der zugehörigen Grafik in **Abbildung 1** erkennen, dass die Halme nahezu parallel zueinander und senkrecht zur Schnittebene ausgerichtet sind. Dementsprechend ist hier die theoretische Schnittlänge L_1 in etwa gleich der tatsächlichen Schnittlänge L_2 . Das heißt, dass die Abweichungen von der angestrebten Schnittlänge sehr gering sind und gerade so viel Energie aufgewendet werden muss, wie notwendig ist.

Am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der Technischen Universität Braunschweig werden deshalb in einem grundlagenorientierten Forschungsprojekt, Möglichkeiten zur Optimierung des Häckselprozesses durch eine gezielte Ausrichtung der Strohhalme in einem Mährescherhäcksler untersucht. Das Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert.

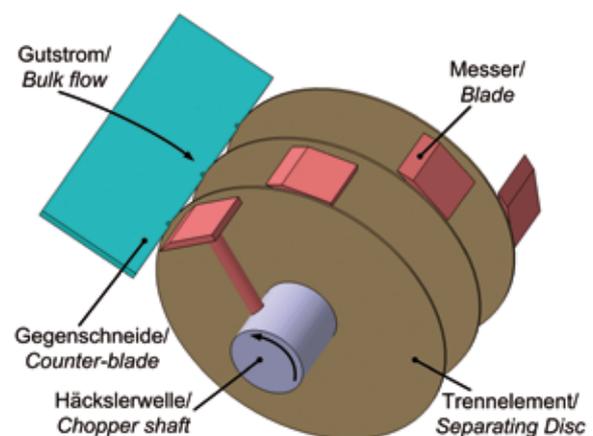
Praktische Voruntersuchungen

Um das Potenzial der gezielten Ausrichtung von Strohhalmen zur Optimierung der Häckselqualität abschätzen zu können, wurden am ILF verschiedene Vorversuche durchgeführt. Ausgangsbasis für die Versuche war eine Häckseltrommel in offener Bauweise mit segmentierten Schneiden. Dieses Aggregat wurde derart umgestaltet, dass quer liegende Halme durch Trennelemente aufgehalten werden. Die Trennelemente sind in Form von Scheiben ausgeführt, welche auf der Häckselwelle

jeweils zwischen zwei Messersegmenten angeordnet sind. In ihrem Umfang entsprechen sie genau dem Messerflugkreis (**Abbildung 2**). Quer liegende Halme sollen so von den Scheiben aufgehalten und von der nachschiebenden Gutmatte in den Messerflugkreis umgebogen werden.

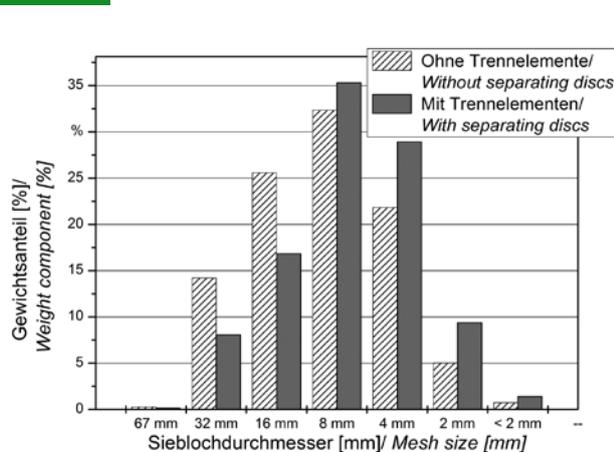
Die Versuche wurden mit unterschiedlichen Durchsätzen sowie unterschiedlicher Anzahl an Trennelementen (0, 3, 7) durchgeführt. Eine typische Häcksel-längenverteilung ist in **Abbildung 3** dargestellt. Die Abbildung zeigt die veränderte Häckselqualität in langen Halmgutklassen bei Einsatz von sieben Trennelementen und sonst unveränderten Versuchsparametern gegenüber dem Referenzhäcksler ohne Trennelemente. Die Gewichtsanteile der großen Längensklassen können zugunsten der mittleren Halmlängen deutlich reduziert werden. Aufgrund der erhöhten Reibung zwischen den Trennstegen und dem Stroh steigt allerdings die Leistungsaufnahme des Häckslers an.

Abb. 2



Häckselaggregat mit montierten Trennelementen
 Fig. 2: Cutting device with integrated separating discs

Abb. 3



Häckselqualität mit und ohne zusätzliche Ausrichtung durch Trennsteg

Fig. 3: Cutting quality with and without additional alignment by a separating disc

Die Vorversuche zeigen, dass grundsätzlich eine Verbesserung der Häckselqualität durch den Einsatz von Ausrichtungs-elementen möglich ist. Es wird aber auch deutlich, dass weiterführende Untersuchungen zur gezielten Halmgutausrichtung notwendig sind [4].

Untersuchung des Ist-Standes bei der Halmgutausrichtung im Mährescher

Als Ausgangsbasis für weitere Untersuchungen wurde der Ist-Zustand der Halmausrichtung in einem Mährescher untersucht. Dazu wurde während der Weizenernte das Stroh in Langstrohablage auf einem Kunststoffdeckel aufgefangen und manuell aus dem übrigen Strohschwad herausgeschnitten, ohne die Anordnung der Halme auf dem Deckel zu verändern (**Abbildung 4**). Anschließend wurden diese Strohproben im Computertomographen (CT) der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin untersucht.

Abb. 4



Freigeschnittene Strohprobe und die zugehörige CT-Aufnahme der Probe (Foto: Kattenstroth)

Fig. 4: Separated straw sample and the belonging CT-picture of the sample

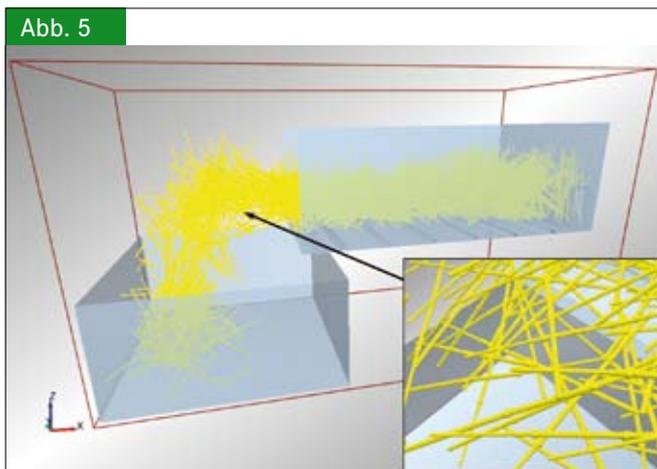
Die schichtweise im CT aufgenommenen Bilder der Gutprobe wurden mithilfe einer in Matlab[®] entwickelten Bildauswertungsroutine ausgewertet. Dabei wurden alle Halme, die die jeweilige Schicht schneiden, in ihrer Lage erfasst und in ein dreidimensionales Koordinatensystem eingemessen. Durch das anschließende Zusammenfügen der einzelnen Schichten konnte die Position und Orientierung der Strohhalme im Raum ermittelt werden ohne vorher in die Struktur des Strohschwades einzugreifen.

Simulation des Strohverhaltens

Basierend auf der Auswertung der Strohproben erfolgt der Aufbau eines Simulationsmodells zur Nachbildung des Strohalmverhaltens bei der Zuführung in den Mährescherhäcksler. Für die Nachbildung der Strohhalme und des Zuführprozesses wird die „Diskrete Elemente Methode“ (DEM) genutzt. Diese ist geeignet auch inhomogene und flexible Güter wie Stroh nachzubilden. Die Parametrierung des Simulationsmodells erfolgt im ersten Schritt anhand von Literaturwerten, die nachfolgend mit eigenen Biege-, Scher- und Druckversuchen abgeglichen werden. In **Abbildung 5** ist der aktuelle Stand des Simulationsmodells dargestellt. Die als Kugellketten nachgebildeten Strohhalme werden an der rechten Seite auf eine Schüttler ähnlich Transportrinne gegeben und durch die schwingende Bewegung der Rinne zum Rinnenende transportiert und dort im freien Fall an den Zuführschacht zum Mährescherhäcksler übergeben. Anhand der Simulation kann die Interaktion der Strohhalme untereinander und deren Orientierung bei der Zuführung in den Häcksler für verschiedene Versuchsvariationen einfach ausgewertet werden.

Mithilfe des Simulationsmodells wird im Weiteren das Potenzial einer gezielten Ausrichtung der Strohhalme zur Steigerung der Häckselqualität abgeschätzt. Anschließend werden verschiedene mechanische Vorrichtungen zur Verbesserung der Halmausrichtung hinsichtlich ihrer Eignung in der Simulation untersucht. Die Verifikation der Simulationsergebnisse erfolgt an einem stationären Häckslerversuchsstand. Dabei

Abb. 5



Das Verhalten von Strohhalmen in einer DEM-Simulation
 Fig. 5: The behaviour of straw in a DEM-simulation

kann zum einen der Fördervorgang des Strohs mit einer Hochgeschwindigkeitskamera analysiert und zum anderen die resultierende Häcksellängenverteilung durch Siebproben ausgewertet werden.

Schlussfolgerungen

Aufbauend auf den theoretischen Vorüberlegungen und praktischen Vorversuchen bietet das vorgestellte Projekt ein großes Potenzial zur Optimierung des Häckselprozesses und damit einer Verbesserung der Häckselqualität bei reduziertem Energieeinsatz an einem Mährescherhächsler. Die Simulation

des Strohalmverhaltens ist dabei ein wichtiges Werkzeug zur Unterstützung der Forschungsarbeit. Zurzeit stellt die Entwicklung einer Vorrichtung zur Ausrichtung der Strohhalme eine große Herausforderung dar, da auf kleinem Raum große Materialströme verarbeitet werden müssen. Zukünftig könnte das erarbeitete Wissen auch bei anderen Schnittvorgängen, wie zum Beispiel bei einem Ladewagen oder einer Ballenpresse, zur Anwendung kommen.

Literatur

- [1] Kämmerer, D. (2002): Der Schneid- und Fördervorgang in einem Mährescherhächsler. Braunschweig, Shaker Verlag GmbH, 1. Aufl.
- [2] Wallmann, G. (2006): Gutzuführung für Mährescherhächsler. Braunschweig, Shaker Verlag GmbH, 1. Aufl.
- [3] Wiederman, A. (2011): Exaktschnitt im Mährescherhächsler. Braunschweig, Shaker Verlag GmbH, 1. Aufl.
- [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

Autoren

Dipl.-Ing. Ralf Kattenstroth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig (Betreuer: **Prof. i. R. Dr.-Ing. Dr. h. c. H.-H. Harms**, kommissarischer Leiter: **Prof. Dr.-Ing. T. Lang**), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, E-Mail: r.kattenstroth@tu-braunschweig.de

Danksagung

Das vorgestellte Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell gefördert und von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin unterstützt.

Buch-Tipp

NEU



Kartoffelproduktion Betriebs- und arbeitswirtschaftliche Kalkulationen

2011, 276 S., 25 €, Best.-Nr. 19501

Das Buch beinhaltet statistische Daten zur Erzeugung, Verwertung und Verarbeitung von Kartoffeln und liefert methodische Grundlagen zur Kalkulation von Maschinen- und Anlagenkosten. Neben Zeitbedarf, Flächenleistung, Dieselverbrauch werden die Arbeiterledigung, ökonomischen Erfolgsgrößen und die Stückkosten, ergänzt durch eine Online-Anwendung, ausgewiesen.

Bestellservice:

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
 Bartningstraße 49 | D-64289 Darmstadt | Tel.: +49 6151 7001-189 | Fax: +49 6151 7001-123 | E-Mail: vertrieb@ktbl.de

Besuchen Sie unseren
 Online-Shop unter
www.ktbl.de