

Dirk Kämmerer, Braunschweig

Untersuchungen am Mähdrescherhäcksler

Der Strohhäcksler am Mähdrescher ist eine Standardausrüstung, die in vielen Ackerbaubetrieben bis zu 100 % der Einsatzzeit in Betrieb ist. An einem stationären Versuchsstand werden grundlegende Untersuchungen zum Förder- und Schneidvorgang im Mähdrescherhäcksler durchgeführt. Durch die Aufteilung der Antriebsleistung in verschiedene Einzelkomponenten wird eine genaue Analyse der Auswirkungen von Parametervariationen ermöglicht. Leistungsbestimmende Parameter können so optimiert und der spezifische Leistungsbedarf gesenkt werden.

Die Zerkleinerung des Stroh auf dem Feld findet in letzter Zeit vermehrt das Interesse der Landwirtschaft. Die Mulch- und Direktsaatverfahren mit ihrer reduzierten Bodenbearbeitung fordern ein kurzes, schnell verrottendes Häckselgut, das gleichmäßig verteilt den Boden bedeckt. Auf der Maschinenseite bedeuten längere Einsatzzeiten und größere Arbeitsbreiten schwierigere Einsatzbedingungen und damit höhere Anforderungen an die eingesetzten Häcksler. Die steigenden Strohdurchsätze in Mähdreschern führen zu einer höheren Schichtdicke auf den Schüttlern und damit auch im Strohhäcksler. Die Ausführung als Schlegelhäcksler hat sich eindeutig durchgesetzt. Zur Anpassung an diese Durchsatzsteigerung wurden die Rotordrehzahlen in den letzten Jahrzehnten immer weiter gesteigert. Bei Drehzahlen bis 4000 min^{-1} werden heute Umfangsgeschwindigkeiten der Messerklingen von über 100 m/s erreicht. Dies führt dazu, dass der Häcksler heute zu den Aggregaten mit der höchsten Leistungsaufnahme im Mähdrescher zählt.

Versuchsaufbau

Zur Untersuchung des Schneid- und Fördervorganges in einem Mähdrescherhäcksler wurde ein stationärer Versuchsstand aufgebaut (Bild 1). Dieser besteht

Dipl.-Ing. Dirk Kämmerer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, e-mail: d.kaemmerer@tu-bs.de (Leiter: Prof. Dr.-Ing. H.-H. Harms). Das Forschungsvorhaben wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

aus den Baugruppen Vorratsband, Transportband, dem eigentlichen Häckselaggregat und einem Häckselbehälter. Als Antrieb dient ein 80 kW-Traktor mit einem Keilriemenverstellgetriebe zur Drehzahlanpassung zwischen 30 s^{-1} und 70 s^{-1} .

Das Häckselaggregat hat praxisübliche Abmessungen, einzig die Breite des Rotors wurde auf 850 mm verkleinert, um den Versuchsgutbedarf zu verringern. Die Messertrommel ist mit vier Reihen pendelnd aufgehängter, beidseitig angeschliffener Doppelmesser besetzt. Die Gegenschneide besteht aus einer Reihe feststehender beidseitig geschliffener Messerklingen, durch die die Schlegelmesser hindurchkämmen. Der Abstand der Klingen beträgt jeweils 25 mm .

Neben dem Gesamtantriebsmoment und der Drehzahl werden mit einer Datenerfassungsanlage noch das Schnittmoment an den Gegenmessern, das Reibmoment am Gehäusemantel und die Gutaustrittsgeschwindigkeit aufgezeichnet. Dies ermöglicht eine Aufteilung der Antriebsleistung in die Komponenten:

- Schneiden und Reiben am festen Gegenmesser
- Reibung am Gehäuse
- Beschleunigung des Gutes
- Leerlauf
- Sonstiger Leistungsbedarf (Stoß- und Schneidvorgänge des Rotors,...)

V Versuchsergebnisse

Bild 2 zeigt den Antriebsleistungsbedarf des Versuchshäckslers für trockenes Roggenstroh. Der Anstieg über dem Durchsatz ergibt einen exponentiellen Zusammenhang. Die anfangs schon erwähnte Drehzahlsteigerung in den letzten Jahrzehnten führte zu einem erheblichen Anstieg der benötigten Antriebsleistung.

Bei einer Drehzahlsteigerung um 45% von 2700 min^{-1} auf 3900 min^{-1} steigt der Leistungsbedarf bei höheren Durchsätzen um 50 bis 60% . Dieser überpropor-

tionalen Zunahme des Energiebedarfs steht eine verbesserte Häckselqualität gegenüber.

Die Untersuchung des Antriebsleistungsbedarfs der in Bild 3 aufgeführten Gutarten ergaben bei gleichem Feuchtmassedurchsatz nur geringe Unterschiede in ihrem Leistungsbedarf. Auch das feuchte Weizenstroh benötigt nur eine geringfügig niedrigere Antriebsleistung als das trockene Stroh, obwohl die Anzahl der zu schneidenden Halme auf Grund der niedrigeren Trockenmasse um etwa 25% kleiner sein müsste.

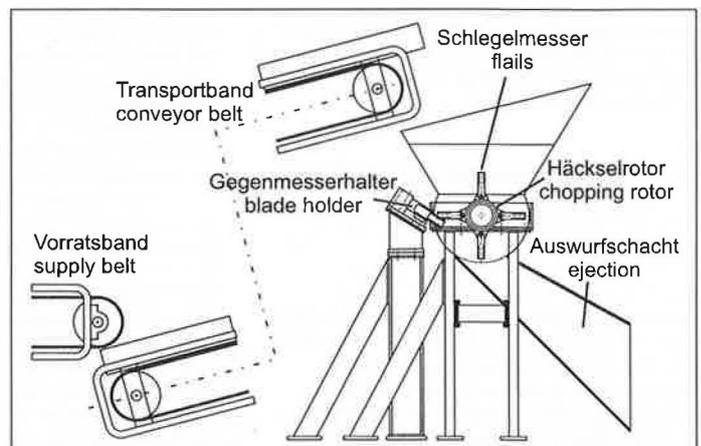
Berechnet man aber die auf die Trockenmasse bezogene spezifische Antriebsleistung (ohne Leerlaufleistung), zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen trockenem und feuchtem Stroh (Bild 3). Mit steigendem Durchsatz ergibt sich bei beiden Varianten auch eine eindeutige Zunahme der spezifischen Leistung.

Bild 4 zeigt für feuchtes Weizenstroh die Zusammensetzung der Gesamtantriebsleistung in absoluten und prozentualen Werten. Die Leerlaufleistung kennzeichnet die benötigte Antriebsleistung für den unbelastet drehenden Häcksler, wobei der größte Anteil für die Überwindung des Luftwiderstandes der fliegenden Messer benötigt wird. Die Reibleistung entsteht durch die Reibung des Gutes an der zylinderförmigen Mantelfläche des Häckselgehäuses. Dies geschieht sowohl auf der Seite der Gegenschneide wie auch auf der gegenüberliegenden Fläche, an der ein geringer Gutanteil, der im Auswurf nicht abgeschieden wurde, herumgefördert wird.

Die Schnittleistung wurde in zwei identischen Versuchen mit und ohne eingebaute Gegenschneiden ermittelt. Die Dif-

Bild 1: Skizze der Versuchsanlage

Fig. 1: Sketch of the test facility



ferenz der Antriebsleistung wird für das Schneiden der Halme an den festen Klingen der Gegenschneide benötigt. In dieser Differenz ist auch das Reiben des Gutes an den Längsseiten enthalten, da das gesamte Gut durch die Zwischenräume der Klingen gefördert werden muss.

Der mit Rest bezeichnete Leistungsanteil setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen und enthält auch die Beschleunigungsleistung. Zum überwiegenen Teil sind jedoch die Leistungsanteile für die Schnitt- und Stoßvorgänge durch die rotierenden Messerklingen enthalten, die bei der Annahme des Gutes aus dem freien Fall entstehen.

Bei der prozentualen Zusammensetzung der Gesamtantriebsleistung (Bild 4b) ist der relativ hohe Anteil der Leerlaufleistung zu erkennen, der im Wesentlichen durch die hohe Antriebsdrehzahl verursacht wird. Der größte Leistungsanteil wird bei dem feuchten Weizenstroh an

der Gegenschneide für das Schneiden verbraucht. Bei ähnlichen Absolutwerten für die Gesamtantriebsleistung von feuchtem und trockenem Gut ist der prozentuale Anteil für das Schneiden an der Gegenschneide von trockenem Weizenstroh (hier nicht dargestellt) in diesem Fall etwa nur halb so groß wie bei dem dargestellten feuchten Gut. Trotz geringerer Trockenmasse und damit kleinerer Anzahl zu schneidender Halme wird für die geringere Anzahl an Schnitten eine etwa doppelt so hohe Schnittleistung und damit Energie verbraucht wie bei trockenem Gut. Eine Siebanalyse der Häckselproben ergab eine geringfügig bessere Häckselqualität der trockenen Variante.

Der Grund für den höheren Schnittleistungsbedarf der feuchten Halme liegt zum einen in der niedrigeren Biegefestigkeit der Halme und zum anderen beispielsweise im Unterschied von Reife-

einheitliche Gelbfärbung, so waren bei feuchtem Stroh noch deutlich grüne Bereiche an den Halmen zu erkennen.

Fazit

Mit der Gutfeuchte als betriebstechnischem Parameter und der Antriebsdrehzahl als konstruktivem Parameter wurden zwei wesentliche leistungsbeeinflussende Größen vorgestellt. Der Einfluss der untersuchten Strohsorten war überraschend gering. Die Untersuchungen am Mähdescherhäcksler werden mit der systematischen Variation und Optimierung konstruktiver Größen fortgesetzt. Zur besseren Analyse der Schneid- und Fördervorgänge soll eine Hochgeschwindigkeitskamera zum Einsatz kommen.

Schlüsselwörter

Mähdescherhäcksler, Leistungsbedarf, Schnittleistung, Strohsorte

Keywords

Combinechopper, power consumption, cutting power, straw typ

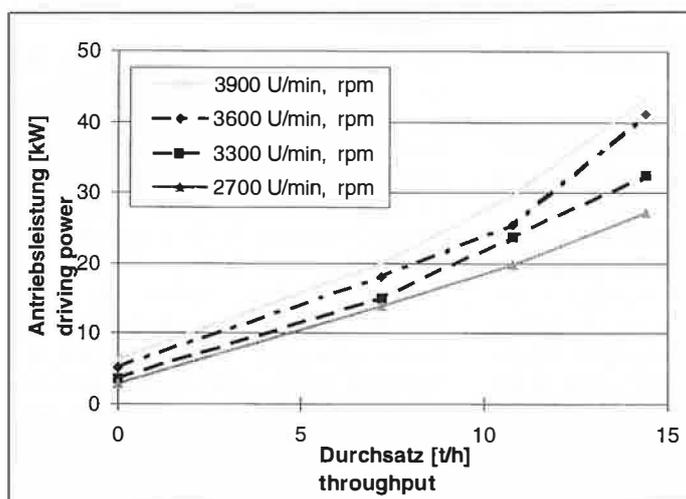


Bild 2: Antriebsleistung beim Häckseln von Roggenstroh ($U = 14\%$) für verschiedene Drehzahlen und Durchsätze

Fig. 2: Driving power for chopping rye straw (moisture $U = 14\%$ w.b.) at various revolutions versus throughput

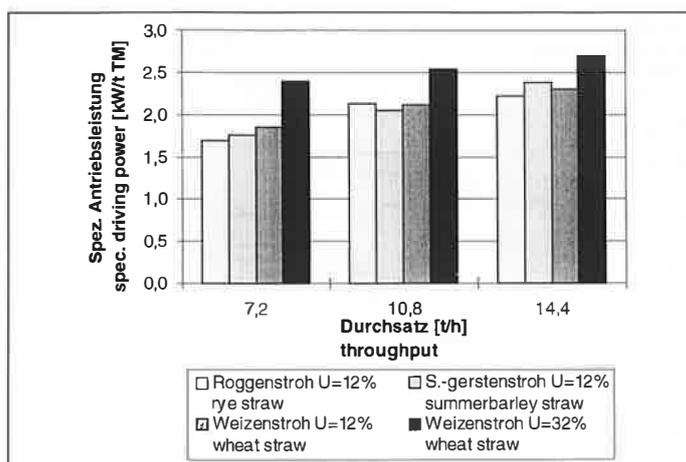


Bild 3: Spezifische Antriebsleistung verschiedener Strohsorten und Durchsätze

Fig. 3: Specific driving power for various of straw varieties versus throughput

grad, Weizensorte und Wachstumsbedingungen. Speziell der Unterschied im Reife-

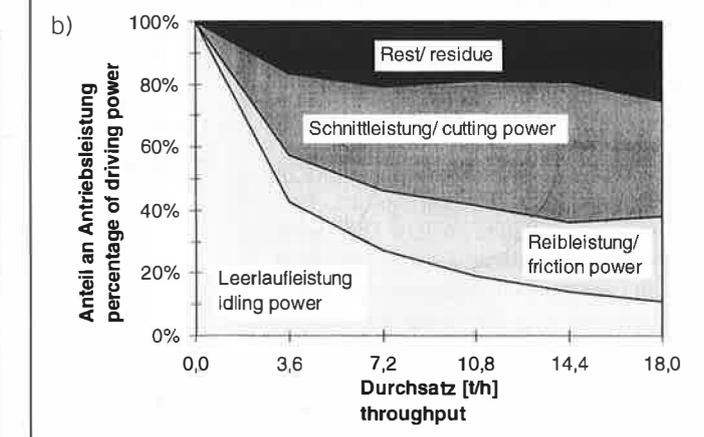
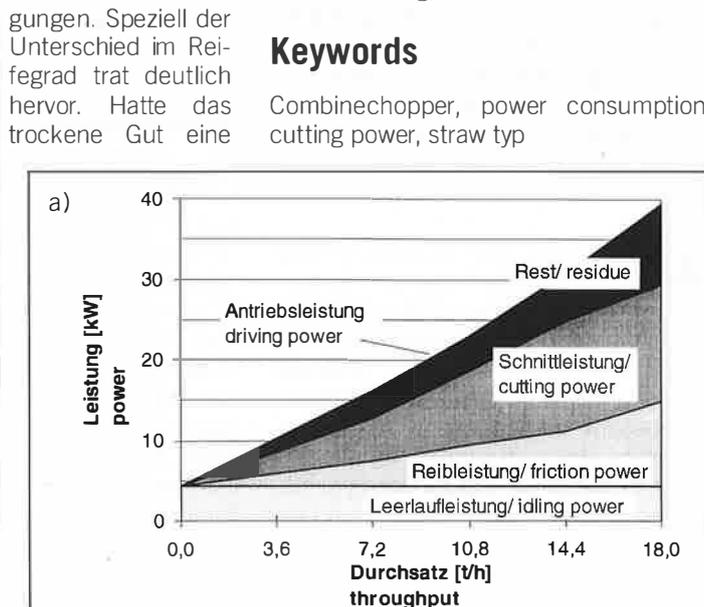


Bild 4: Zusammensetzung der Antriebsleistung beim Häckseln von Weizenstroh ($U = 32\%$, 3300 min^{-1}) a) absolute Werte, b) relative Werte

Fig. 4: Composition of driving power for chopping wheat straw (moisture $U = 32\%$ w.b., 3300 rpm) versus throughput a) in absolute terms, b) in relative terms