

Versuche zur Beurteilung der Arbeitsqualität eines Schlegelhäckslersystems

Werner Darnedde und Heinrich Peters

Institut für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode

1. Einleitung

In der gesamten Kette der Rauhfutterernte und -lagerung sowie der mechanisierten Futtermittelherstellung ist der Exakthäcksler eine Schlüsselmaschine. Wegen seines Wartungsbedarfs und der mangelhaften Funktionssicherheit stellt er jedoch zeitweilig einen Engpaß dar. Diesem Nachteil steht seine hohe Arbeitsqualität bezüglich der Gleichmäßigkeit des erzeugten Häckseln gegenüber. Sie ist Voraussetzung für die störungsarme Arbeit verschiedener Folgeeinrichtungen und daher unbedingter Vergleichsmaßstab für die Beurteilung konkurrierender Zerkleinerungsverfahren. In der folgenden Arbeit, in der einige Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Schlegelhäckslersystems aufgezeigt werden sollten, steht daher auch die Qualität des Häckseln im Vordergrund.

2. Bisherige Untersuchungen

In einer früheren Arbeit [1] wurden bereits verschiedene Freischnittsysteme und deren Arbeitsweise beschrieben. Aus diesen Untersuchungen ergab sich, daß ein Häcksler mit gelenkig aufgehängten geraden Messern in Verbindung mit einem geeigneten Zwangszuführungssystem am entwicklungsfähigsten erscheint. Das Zerkleinerungsprinzip entspricht dabei weitgehend dem der Scheibenmähwerke. Um den Umfang der Versuchsarbeiten möglichst gering zu halten und die Versuche gezielt anzusetzen, lag es nahe, zunächst die Ergebnisse von Untersuchungen an Freischnittmähwerken zu berücksichtigen.

Wie von ERBELDING [2] gezeigt wurde, ist jedoch noch keine geschlossene Theorie des Freischnitts bekannt, die eine sichere Voraussage über Wirkung wichtiger Einflußgrößen seitens der Maschine und des Halmguts erlaubt. Dies beruht wesentlich auf der Schwierigkeit, die im Komplex auftretenden Größen während des mit hoher Geschwindigkeit ablaufenden Schneidvorgangs getrennt voneinander zu messen und den Vorgang selbst zu beobachten beziehungsweise mit genügender Auflösung aufzuzeichnen.

Die bisherigen Untersuchungen an Feldhäckslern befassen sich vorwiegend mit dem Leistungsbedarf und mit der Aufbereitungswirkung zur Beschleunigung der Trocknung [3; 4; 5]. In einer umfangreichen Arbeit untersucht ПАТНАК [6] die Zerkleinerung von Stroh. In die Untersuchungen wurden die Maschinensysteme Axialdreschtrommel, Zerreißdreschtrommel, Scheibenzerkleinerungsgerät, Messertrommelhäcksler mit Sieb, Strohzerreißer und Hammermühle einbezogen. Die Aussagen beziehen sich auf den Einfluß von Werkzeuggeschwindigkeit und Durchsatz auf Zerkleinerungsgrad und Leistungsbedarf. Ähnliche Versuche mit den Maschinensystemen Trommelhäcksler, Scheibenradhäcksler, Walzenhäcksler, Schneidscheibenhäcksler, Schneidgebläse und Schlegelhäcksler hat MORTASAWI [7] durchgeführt. Als Versuchsmaterial diente Wiesengras mit verschiedenen Trockenmassegehalten. Der Einfluß der Halmgutzuführung auf den Zerkleinerungsgrad bildet einen Schwerpunkt dieser Arbeit. Dabei erwiesen sich die verschiedenen Systeme mit freier Zuführung entweder in der Arbeitsqualität oder in der Durchsatzleistung als den Exakthäckslern unterlegen. Außerdem werden in der Arbeit einige Versuche zur Bestimmung der Eigenschaften von Halmguthäckseln beschrieben. Eine Theorie der Zerkleinerung in Hammermühlen gibt SMIRNOW [8]. Sie bezieht sich jedoch in erster Linie auf körnige Stoffe und besagt, daß der Zerkleinerungseffekt wesentlich von dem übertragbaren Impuls und der Verformbarkeit des Stoffes abhängig ist. Insgesamt zeigen die Arbeiten, daß die

allgemeine Abgrenzung des Einflusses verschiedener Größen bei bestimmten Freischnittsystemen problematisch ist. Insbesondere ist der Einfluß der Werkzeuggeschwindigkeit und des Trockenmassegehalts sehr stark vom Maschinensystem abhängig. Aus diesem Grund wurden mit den nachstehend beschriebenen Maschinensystemen auch systematische Versuche mit diesen Parametern durchgeführt.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Der Einfluß des Einknickens

Die bisher fehlende ausführliche Beschreibung des Trennvorgangs bei Freischnittsystemen erlaubt keine Aussage über die Wirkung des Einknickens der Halme vor dem Schnitt. In einer Vorstudie wurde daher der Einfluß des Einknickens auf die Festigkeit der Halme untersucht. In dem Diagramm auf Bild 1 sind die erforderlichen Zugkräfte zur Zerreißung von Grashalmen in Abhängigkeit von dem vorgegebenen Knickwinkel β aufgetragen. Gemessen wurde in diesen Versuchen die am Zugkeil mit 15° Watenwinkel und 0,5 mm Schneidenradius auftretende Werkzeugkraft F_W . Aus dieser Kraft resultiert eine vom Knickwinkel abhängige Zugkraft im Halm F_Z . Wie das Diagramm zeigt, betragen die vom Halm übertragbaren maximalen Zugkräfte bei starkem Knick ($\beta = 30^\circ$) nur etwa 50 % derjenigen Kräfte, die bei geringem Einknicken ($\beta = 60^\circ$) zu übertragen sind. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß beim Einknicken bereits häufig auf der dem Werkzeug gegenüberliegenden Halmwand ein Bruch erfolgt, so daß nicht mehr der gesamte Halmquerschnitt zerrissen werden muß. Die Werkzeugkraft F_W und damit der zu erwartende Leistungsbedarf sind dagegen weitaus weniger vom Knickwinkel abhängig. Bei den untersuchten Häckslersystemen wird der Knickwinkel in erster Linie durch den Auflagerabstand beispielsweise der Kammfinger dadurch beeinflusst, daß mit zunehmendem Abstand das Einknicken begünstigt wird. Die in dem Diagramm angegebenen absoluten Zahlenwerte beziehen sich auf ausgesucht starke Halme, da für die Versuchseinrichtung eine gewisse Mindestlänge der Halme erforderlich war. Sie zeigen jedoch, daß bei „stumpfen“ Werkzeugen, wie es der Zugkeil mit dem oben genannten Schneidenradius darstellt, mit erheblichen Zugkräften zu rechnen ist. Diese werden häufig gar nicht übertragen werden können, da die „Einspannvorrichtungen“ diese nicht aufnehmen können und die Trägheitskräfte in einem vertretbaren Geschwindigkeitsbereich hierzu ebenfalls nicht ausreichen.

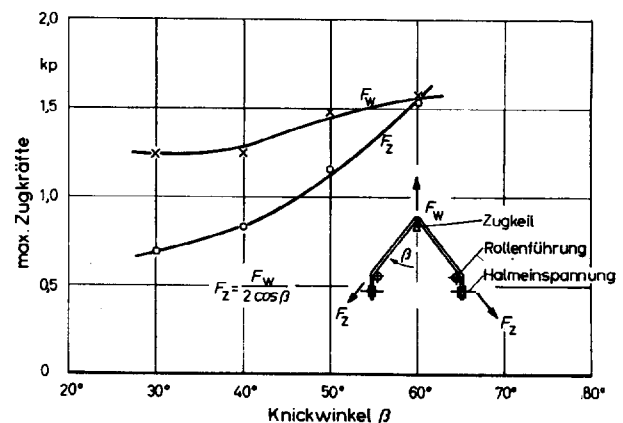


Bild 1: Zerreißkraft von Grashalmen in Abhängigkeit vom Knickwinkel (Weidelgras, TM-Gehalt 22 bis 26 %)

3.2. Der Einfluß des Feuchtegehaltes

Der Einfluß des Feuchtegehaltes des Halmguts wurde mit dieser Vorrichtung ebenfalls untersucht. Die Ergebnisse zeigten bei sehr großer Streubreite eine leichte Abnahme der maximalen Zugkräfte bei zunehmender Trocknung. Nach den Erfahrungen der Festigkeitsuntersuchungen von AHLGRIMM [9] ist dies weniger auf die absolute Festigkeit als vielmehr auf den häufigeren Bruch beim Einknicken zurückzuführen.

4. Die untersuchten Maschinenvarianten

Vor der Diskussion der Versuchsergebnisse sind nun noch die einzelnen in der vorliegenden Arbeit untersuchten Maschinenvarianten mit Hilfe der Schemazeichnungen der Bilder 2 bis 5 zu beschreiben. Als Zerkleinerungsorgan ist allen gemeinsam die Schlegeltrommel mit einem Durchmes-

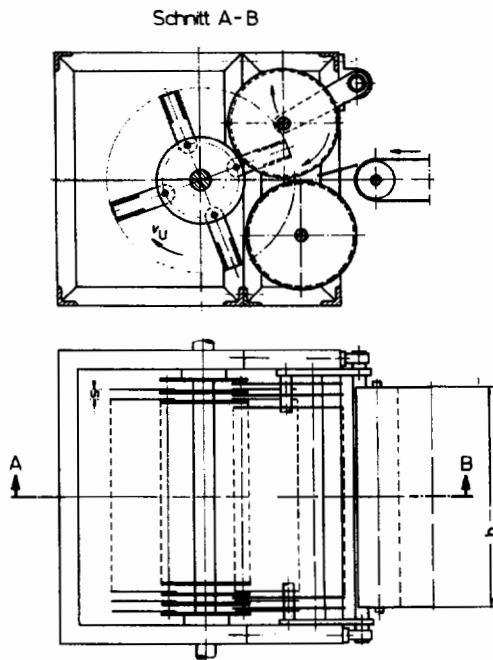


Bild 2: Schlegelhäckslersystem mit zwei Scheibenzuführwalzen
(Maschinenvariante 06; $s = 30$ mm; $b = 700$ mm)

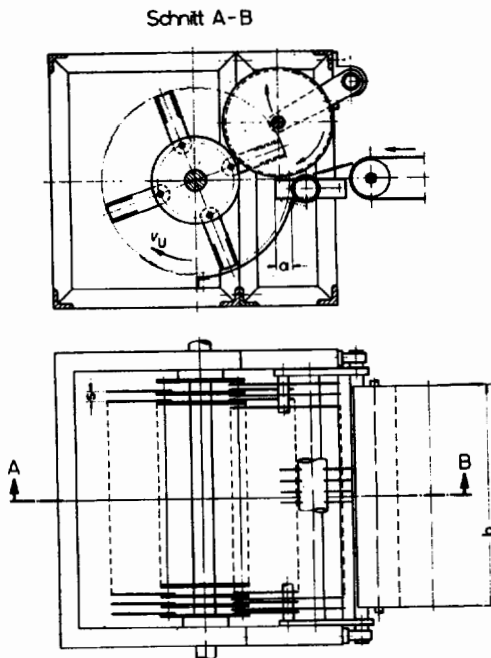


Bild 3: Schlegelhäckslersystem mit einer Scheibenzuführwalze und darunter angeordnetem Kamm
(Maschinenvariante 01; $s = 30$ mm; $b = 700$ mm)

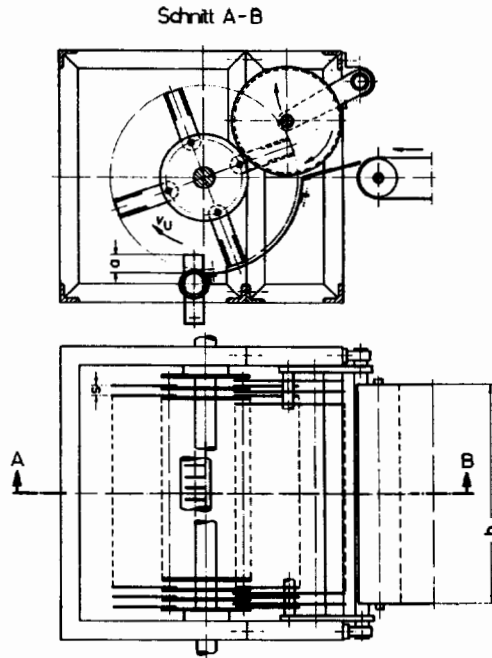


Bild 4: Schlegelhäckslersystem mit einer Scheibenzuführwalze und versetzt angeordnetem Kamm
(Maschinenvariante 02; $s = 30$ mm; $b = 700$ mm)

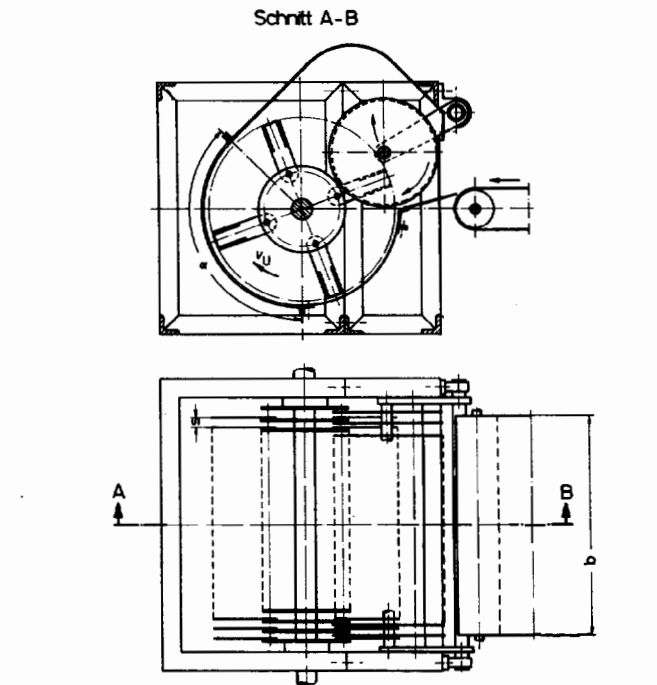


Bild 5: Schlegelhäckslersystem mit einer Scheibenzuführwalze und Mantelsieb
(Maschinenvariante 05; $s = 30$ mm; $b = 700$ mm; $\alpha = 135^\circ$; Sieblochdurchmesser 25 mm)

ser von 500 mm. Der Messerabstand beträgt 30 mm. Auf dem Umfang verteilt sind jeweils vier Messer mit einem Watenwinkel von 24° . Sie sind angeschraubt und leicht austauschbar. Als Zuführorgan dient eine Scheibenwalze mit einem Durchmesser von 300 mm und einem Scheibenabstand von wiederum 30 mm. Die Walze ist beweglich aufgehängt und so angeordnet, daß die Messer der Schlegelwalze jeweils zwischen zwei Scheiben hindurchschlagen. Das Halmgut wird dadurch während des Trennvorgangs festgehalten. Unterstützt wird diese Walze bei dem mit der Nummer 06 bezeichneten System (Bild 2) durch eine zweite Scheibenwalze mit festem Drehpunkt. Der Grundgedanke bei diesem

System ist die Ermöglichung eines Trennvorgangs, wie er von BAADER [2] als Schneiden eines zwischen zwei Auflagern eingeklemmten Halmes beschrieben wird. Bei der mit der Nummer 01 bezeichneten Maschinenvariante (Bild 3) ist die zweite Walze durch einen feststehenden Kamm aus 3 mm dicken Flacheisen ersetzt. Bei der Variante 02 ist dieser Kamm in der Drehrichtung der Schlegel um 90° versetzt (Bild 4). Hierbei wird die Möglichkeit eines zweiten Trennvorgangs während einer Trommelumdrehung angestrebt. Das im Eingriffsbereich der Zuführwalze zerkleinerte Halmgut gelangt auf einem dem Umfang der Schlegeltrommel angepaßten Blech zu dem Kamm. Dieser orientiert die Halme quer zur Schlagrichtung der Schlegel und begünstigt durch seine Auflagerwirkung eine weitere Zerkleinerung des Halmguts. Bei der Variante 05 schließlich ist das Trommelumfangblech als Sieb ausgebildet (Bild 5). Dieses System ist von Hammermühlen her seit langem bekannt und wird unter der Bezeichnung „Recuttersystem“ auch bei Trommelhäckslern verwendet. In der ausgeführten Maschine ist dieses Blech so angeordnet, daß die nicht durch das Sieb ausgeschiedenen Halmgutteile über die Zuführwalze wieder in den Eingriffsbereich der Schlegelwalze gelangen.

5. Ergebnisse

Zur Beurteilung der Arbeitsqualität der einzelnen Maschinenvarianten wurden die Halm-längenverteilung des erzeugten Häckselns und seine Verdichtbarkeit bestimmt. Die Halm-längenteile wurden mit Hilfe von Siebanalysen ermittelt. Dabei wurden Rundlochsiebe mit Sieblochdurchmessern von 40; 25; 10 und 5 mm verwendet. Für alle Proben wurden dabei die Siebzeit mit 30 s, die Schwingfrequenz mit 250/min, die Schwingungsamplitude mit 25 mm und die Probenmenge mit 200 g konstant gehalten. Ferner wurde das Material auf einen gleichmäßigen Trockenmassegehalt von etwa 82 bis 84 % getrocknet, um auch den Einfluß verschiedener Reibwerte bei verschiedenen Feuchten zu eliminieren. Die Ergebnisse der Siebanalysen sind in Summenhäufigkeitsdiagrammen mit Rückstandskennlinien dargestellt. Die Rückstandskennlinie gibt an, welcher Mengenanteil der Häckselteilchen länger ist als der auf der Abszisse angezeigte Sieblochdurchmesser. Hierzu ist einschränkend zu vermerken, daß die Siebanalyse keine exakte Bestimmung der Halm-längenverteilung zuläßt. Die Häckselteilchen treffen mitunter mit ihrer Achse senkrecht zur Siebebene auf, so daß diese Halme unabhängig von ihrer Länge durch die Löcher fallen. Insgesamt ergibt die Analyse jedoch bei konstanten Ein-

stellungsdaten aber einen brauchbaren Vergleich verschiedener Häckselproben.

Die Art der Bestimmung der Verdichtungsfähigkeit des erzeugten Häckselns wurde bereits in [1] ausführlich beschrieben. Die in einem Netz befindliche Häckselprobe wird durch ein Gewicht einer konstanten Belastung von 1004 kp/m² ausgesetzt und der Verdichtungsweg über der Zeit aufgezeichnet. Durch die Verwendung des Netzes, das nur Zugkräfte in der Umfangsrichtung und keine Druckkräfte in der Belastungsrichtung aufnehmen kann, wird der Einfluß der Wandreibung eliminiert.

Nach den von BAADER [10] zusammengestellten Kriterien sind weiterhin die Reibungsbeiwerte und die Scherspannung in einem Häckselhaufwerk von Bedeutung. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in einer weiteren Arbeit über die Eigenschaften von Halmguthäcksel diskutiert.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Messer hat sich bereits bei den Scheibenmäherwerken als entscheidendes Kriterium für einen sicheren Schnitt erwiesen. Eine möglichst genaue Eingrenzung der erforderlichen Geschwindigkeit ist von Bedeutung, weil mit ihrer Steigerung auch der bauliche Aufwand und nicht zuletzt das Unfallrisiko zunimmt. In dem Diagramm auf Bild 6 sind für die Maschinenvariante 06 — Schlegeltrommel mit zwei Scheibenzuführwalzen — die Rückstandskennlinien der Siebanalyse für drei Umfangsgeschwindigkeiten aufgetragen. Die Linie für $v_U = 40$ m/s zeigt deutlich, daß diese Geschwindigkeit für einen sicheren Schnitt nicht ausreicht. Über 50 % der Häckselanteile weisen noch eine Länge von mehr als 40 mm auf, sie sind praktisch nicht gehäckselt. Eine erhebliche Verbesserung bringt bereits die Erhöhung der Geschwindigkeit auf 50 m/s. Der Anteil der Halme mit einer Länge bis 25 mm, die entsprechend dem Messerabstand etwa der theoretischen Schnittlänge des Systems entspricht, liegt bei 75 %. Eine weitere Verbesserung der Zerkleinerung bringt die Geschwindigkeit von 60 m/s. Etwa 90 % der Halm-längen entsprechen jetzt der theoretischen Häcksellänge. Eine weitere Steigerung der Zerkleinerungswirkung bei erhöhter Umfangsgeschwindigkeit ist daher aufgrund der Fehlorientierung der restlichen Halme nicht zu erwarten. Das Diagramm auf Bild 7 zeigt das Ergebnis für die Maschinenvariante 02 mit dem um 90° versetzten, aus 3 mm dickem Flacheisen bestehenden Kamm. Die Kennlinien dokumentieren ein gegenüber der Variante 06 insgesamt verbessertes Ergebnis. Dies ist hauptsächlich auf die zweifache Zerkleinerungswirkung der Messer wäh-

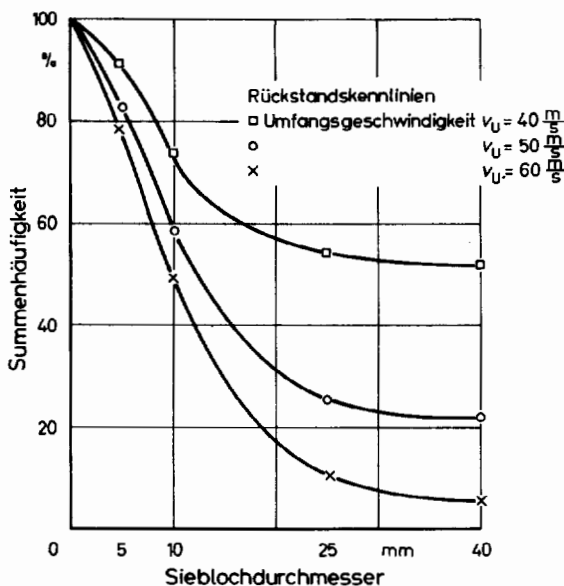


Bild 6: Einfluß der Schlegelumfangsgeschwindigkeit auf den Zerkleinerungsgrad (Maschinenvariante 06; Weidelgras TM-Gehalt 76 %)

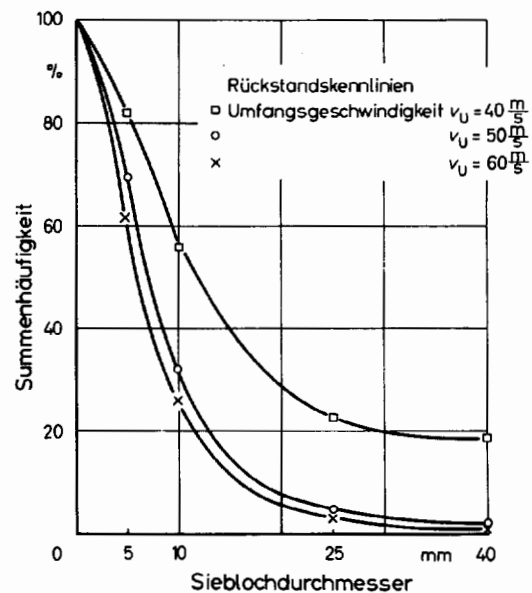


Bild 7: Einfluß der Schlegelumfangsgeschwindigkeit auf den Zerkleinerungsgrad (Maschinenvariante 02; Weidelgras TM-Gehalt 45 %)

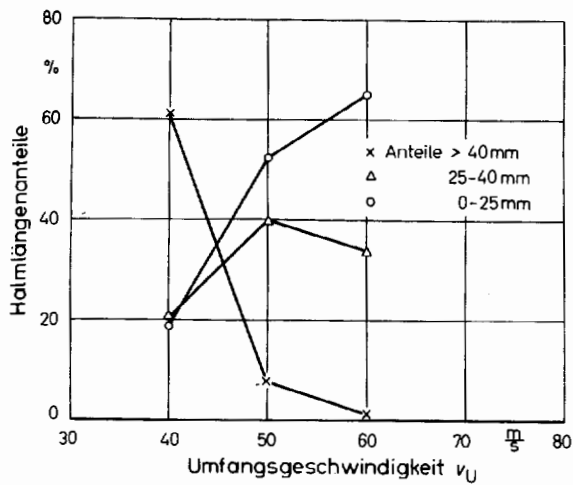


Bild 8: Einfluß der Schlegelumfangsgeschwindigkeit auf die Halmlängenanteile
(Maschinenvariante 02; Weidelgras TM-Gehalt 79 %)

rend eines Umlaufs zurückzuführen, wie noch gezeigt werden kann. Für dieses System reicht schon die Geschwindigkeit von 50 m/s für eine sichere Zerkleinerung aus. Die Erhöhung auf 60 m/s bringt nur noch eine geringe Zunahme der Häckselanteile mit einer Länge bis 10 mm. Eine augenscheinliche Bestätigung dafür, daß erst eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit eine sichere Trennung aller auf die Schlegelmesser auftretenden Halme gewährleistet, gibt die auf Bild 8 dargestellte Entwicklung verschiedener Halmlängenanteile in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit. Der Anteil der Halme, die länger als 40 mm und damit praktisch unzerkleinert sind, nimmt von 60 % bei $v_U = 40$ m/s auf weniger als 10 % bei $v_U = 50$ m/s ab. Dieser Anteil nimmt bei $v_U = 60$ m/s nur noch wenig ab. Wegen der nicht zu erzielenden vollständigen Orientierung der Halme quer zur Schlagrichtung kann er für dieses System nicht weiter vermindert werden.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde der Einfluß der Kammtiefe bei der Maschinenvariante 02 untersucht. Wie das Ergebnis auf Bild 9 zeigt, ist nur eine sehr geringe Kammtiefe erforderlich, da die Halme sich offenbar nur auf der Peripherie der Schlegeltrommel bewegen. Ein Vergleich mit der Versuchsreihe ohne Kamm verdeutlicht den wesentlichen Einfluß desselben auf die gute Zerkleinerungswirkung dieses Systems. Sie beruht auf der Orientierung der Halme quer zur Schlagrichtung und der Auflagerbildung. Bei einer zusätzlichen Variante wurden die Funktionen von Schlegelwalze und Kamm vertauscht, indem der Kamm jetzt aus scharfen Messern bestand und die Trommel mit 3 mm breiten, stumpfen Schlegeln bestückt wurde. Von dieser Kombination wurde eine Verbesserung der Förderwirkung der Trommel erwartet. Das Ergebnis der Siebanalysen erbrachte jedoch eine deutliche Verschlechterung der Zerkleinerung gegenüber der ursprünglichen Version.

Der Feuchtebereich, in dem Halmgut gehäckselt wird, reicht vom Frischgut bis zum Heu, wobei in der Silagebereitung der Schwerpunkt im Welkbereich zwischen 30 und 55 % Trockenmassegehalt liegt. Dementsprechend ist eine Untersuchung der Funktion auch in dem gesamten Feuchtebereich erforderlich. Die Ergebnisse der Versuche über den Einfluß des Trockenmassegehaltes sind in den Bildern 10 und 11 wiederum für die Maschinenvarianten 06 und 02 aufgezeichnet. Für die Variante 06 sind nur bei hohem Trockenmassegehalt befriedigende Werte zu verzeichnen. Dies ist neben der eingangs begründeten, leichteren Zerreißen der Halme unter den gegebenen Bedingungen noch wesentlich durch die Art der Zuführung bedingt. Das Halmgut wird durch die für die Trocknung erforderliche Behandlung mehr oder weniger stark verfilzt. Dadurch wird beim Einzug des Schwads eine Orientierung der Halme, in der für das beschriebene

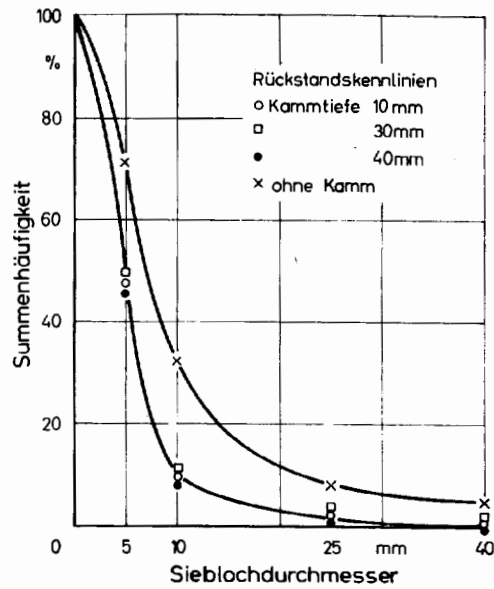


Bild 9: Einfluß der Kammtiefe auf den Zerkleinerungsgrad
(Maschinenvariante 02; Weidelgras TM-Gehalt 79 %)

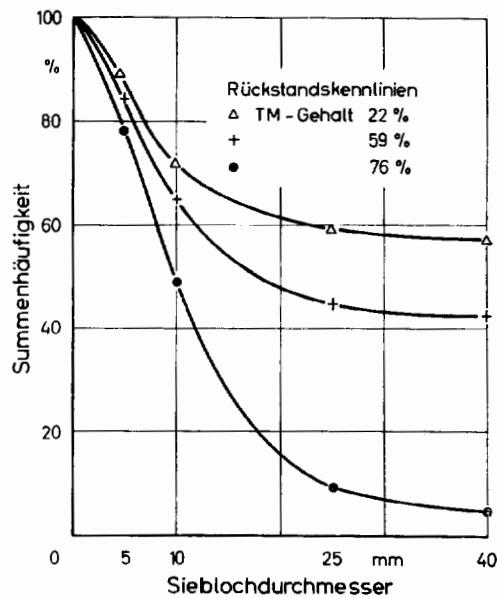


Bild 10: Einfluß des Trockenmassegehaltes auf den Zerkleinerungsgrad
(Maschinenvariante 06; Umfangsgeschwindigkeit $v_U = 60$ m/s)

System ungünstigen Längs- beziehungsweise Zuführrichtung, verhindert. Bei dem weniger verfilzten Frischgut konnte eine solche Orientierung in der Längsrichtung jedoch in starkem Maße beobachtet werden. Eine Abhilfe wäre hier dadurch zu schaffen, daß durch weitere vorgeschaltete Walzen mit geeigneter Umfangsgeschwindigkeit ein die Halme in der Querrichtung orientierender Stau erzeugt wird. Bei dem Maschinensystem 02 ist diese starke Abhängigkeit der Zerkleinerung vom Trockenmassegehalt nicht zu beobachten. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß die Orientierung der Halme am Kamm, als nachgeschalteter zweite Zerkleinerungsstufe, nicht vom Feuchtegehalt abhängig ist. Die Summe aller Halmlängen bis 25 mm Länge zeigt überhaupt keinen Einfluß, während bei den kürzeren Halmlängen sogar ein höherer Anteil bei dem feuchteren Halmgut zu registrieren ist. Offenbar ist die Wirkung des Kamms umso besser, je geringer die Zerkleinerung in der ersten Stufe ist, da nur bei bestimmten Mindestlängen eine Auflagerwirkung der Kammfinger möglich ist. Es ist dies eine Erscheinung, die bereits von bestimmten Gebläsehäckselertypen her bekannt

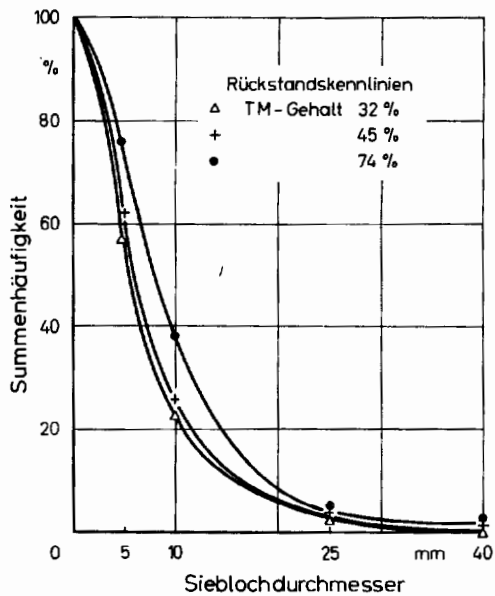


Bild 11: Einfluß des Trockenmassegehaltes auf den Zerkleinerungsgrad (Maschinenvariante 02; Umfangsgeschwindigkeit $v_0 = 60$ m/s)

ist, deren Wirkung gleichfalls bei zu starker Vorzerkleinerung abnimmt.

Eine Zusammenfassung der Einflüsse von Werkzeugumfangsgeschwindigkeit und Trockenmassegehalt ermöglicht die Berechnung des zum sicheren Schnitt erforderlichen Impulses. Dieser ergibt sich aus dem Produkt der Schlegelumfangsgeschwindigkeit und der auf das Messer auftreffenden Halmmassen. Hierbei kann die Ausgangsgeschwindigkeit der Halme in der Schlagrichtung gleich Null gesetzt werden. Als Vergleichsmaßstab wird dabei dann beispielsweise der Impuls gewählt, bei dem etwa 80 % der Halmlängen kleiner als 25 mm sind. Entsprechend durchgeführte Vergleichsrechnungen haben ergeben, daß der erforderliche Impuls mit wachsendem Trockenmassegehalt abnimmt, wie es aufgrund der einführenden Festigkeitsbetrachtung auch zu erwarten war. Für die Variante 01 wurde beispielsweise eine Abnahme des Impulses p bei den vorgenannten Randbedingungen von $1,9 \text{ g} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$ bei 21 % TM-Gehalt auf $0,8 \text{ g} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$ bei

59 % TM-Gehalt errechnet. Die Größe der Änderung des

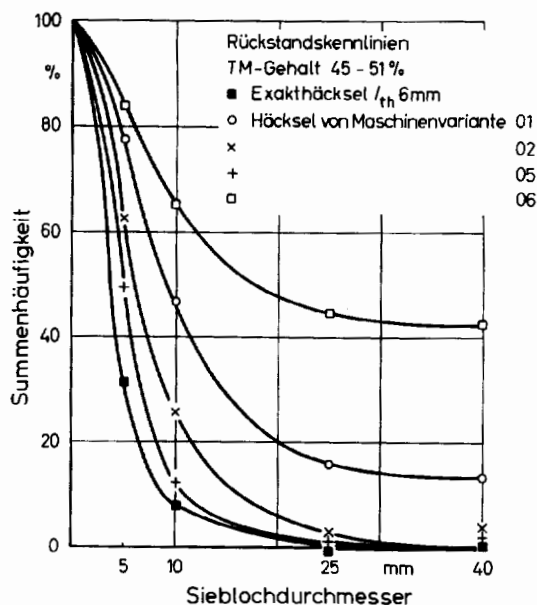


Bild 12: Einfluß des Schlegelhäcklersystems auf den Zerkleinerungsgrad (Umfangsgeschwindigkeit $v_0 = 60$ m/s)

erforderlichen Impulses ist aber so sehr von dem Häcklersystem abhängig, daß sich zur Zeit weitere allgemeingültige Aussagen daraus nicht ableiten lassen.

Nach den allgemeinen Einflußgrößen, Umfangsgeschwindigkeit und Trockenmassegehalt sind noch die konstruktiv bedingten Einflüsse zu diskutieren.

Auf die Unterschiede zwischen den Varianten 06 und 02 wurde bereits eingegangen. Hinzu kommen jetzt noch die Systeme mit einem Kamm direkt am Einzug (Maschinenvariante 01) und mit einem Mantelsieb am Trommelumfang mit Überkehr (Maschinenvariante 05), also ein „Recuttersystem“. Dazu ist als unmittelbarer Vergleichsmaßstab ein Exakttrommelhäckler gewählt worden, dessen theoretische Häcksellänge auf 6 mm eingestellt wurde.

Die Ergebnisse werden wieder mit Hilfe des in Bild 12 dargestellten Summenhäufigkeitsdiagramms diskutiert. Ausgewählt wurde dabei die Versuchsreihe mit einem Trockenmassegehaltsbereich von 45 bis 51 %. Die Werkzeugumfangsgeschwindigkeit ist konstant 60 m/s. Die Rückstandskennlinien weisen für die Vergleichsmaschine Exaktäckler die günstigste Halmlängenverteilung auf. Das Ergebnis wird nahezu durch das Recuttersystem erreicht. Die Maschine war in diesem Fall mit einem Sieb von 25 mm Sieblochdurchmesser ausgerüstet. Das Ergebnis muß jedoch erheblich relativiert werden, da die Funktionsfähigkeit dieses Systems nur für Halmgut mit Trockenmassegehalten von etwa 35 % aufwärts gegeben ist. Tritt beim Häckseln von feuchterem Material Pflanzensaft aus, so verstopft sich das Sieb innerhalb kurzer Zeit. Dies gilt besonders für junges, eiweißreiches Gras. Auch durch einen besonders engen Abstand des Mantelsiebes von nur 1 bis 2 mm gegenüber dem Peripheriezylinder der Schlegelmesser konnte keine Selbstreinigung der Siebe erzielt werden. Hier bestätigen sich die von KROMER [11] für Exaktäckler mitgeteilten Ergebnisse. Den Werten des Recutters kommt das System mit dem versetzten Kamm am nächsten, dessen vorteilhafte Wirkungsweise bereits beschrieben wurde. Bezogen auf den Anteil der Halme, die kürzer als 25 mm sind, ist das Ergebnis bei dem gegebenen Messerabstand von 30 mm ausgezeichnet. Deutlich schlechter ist schon die Zerkleinerungsarbeit des Systems 01 mit einem Kamm direkt unter der Einzugswalze. Gegenüber dem System 02 ist dies mit der nur einmaligen Schnittmöglichkeit der Messer während einer Umdrehung zu erklären. Überraschend ist aber vielleicht die noch sehr viel günstigere Arbeitsweise gegenüber dem System 06, mit einer zweiten Zuführwalze anstelle des Kamms. Hier wirkt sich offenbar die breitere Auflagefläche des Kamms vorteilhaft aus. Außerdem wird bei den beiden Zuführwalzen die Pressung des Materials von der Berührungslinie ausgehend durch den wachsenden Abstand innerhalb des eigentlichen Eingriffsbereiches der Schlegeltrommel zunehmend kleiner. Bei dem Kamm ist dies nur in geringerem Maße der Fall.

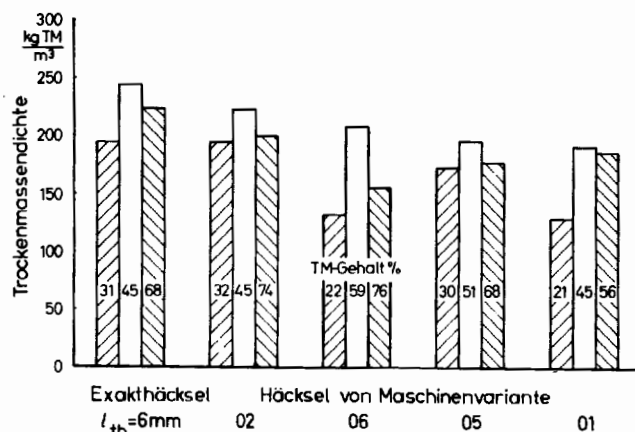


Bild 13: Trockenmassendichten verschiedener Häckselproben (Weidelgras; Belastungsdauer 4 Tage; Belastung 1004 kp/m^2)

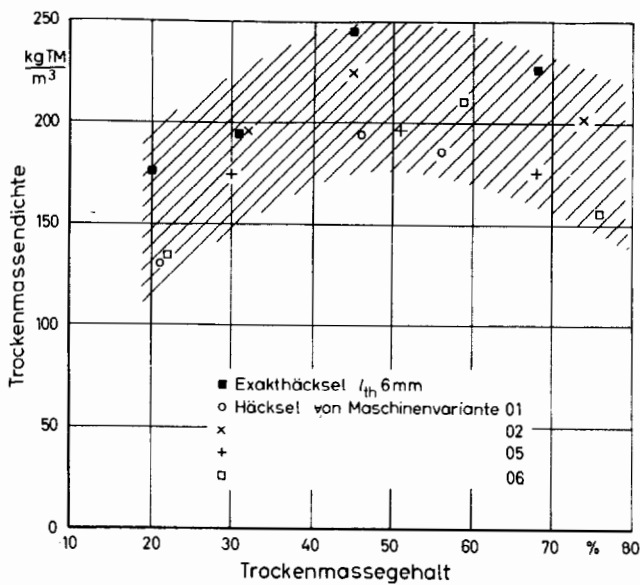


Bild 14: Einfluß des Trockenmassegehaltes auf die Verdichtung von Halmguthäcksel (Weidelgras; Belastungsdauer 4 Tage; Belastung 1004 kp/m²)

Die Diskussion der Halmlängenverteilung ist noch durch die Prüfung der Verdichtungsfähigkeit des Häckselns zu ergänzen. Die Verdichtbarkeit des Häckselns und der daraus resultierende Ausnutzungsgrad der Lagerbehälter sind von wesentlicher Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Silagebereitung in Hochsilos. Das Diagramm auf Bild 13 zeigt die Trockenmassendichten der Häckselproben der zuvor beschriebenen Maschinenvarianten. Die Werte beziehen sich auf die nach vier Tagen bei einer Belastung von 1004 kp/m² erzielte Dichte. Aufgetragen als Säulen sind die bei verschiedenen Trockenmassegehalten gemessenen Dichten in kg TM/m³. Der angegebene Trockenmassegehalt wurde zum Zeitpunkt des Häckselns ermittelt. Geordnet sind die Säulengruppen nach den im mittleren TM-Bereich erzielten Dichten. Dies ist der gleiche Bereich, der auch für das Diagramm in Bild 12 gewählt wurde, so daß hier unmittelbare Vergleiche gezogen werden können. Die höchsten Dichten werden vom Exakthäcksel erreicht. Abweichend vom Ergebnis der Halmlängenverteilung folgt an 2. Stelle das System 02 mit versetztem Kamm. Die Dichte ist um etwa 10 % geringer, so daß der erzielte Zerkleinerungsgrad noch als unbefriedigend bezeichnet werden muß. Das Recuttersystem folgt erst an 4. Stelle. Hier zeigt sich, daß die von diesem System erzeugte wollige Struktur des Häckselns ungünstig ist für die Verdichtung bei der gegebenen geringen Belastung. Durch die starke Zerkleinerung des Materials auch in der Längsrichtung und die teilweise Aufsplitterung der Halmwände wird die vorhandene hohe Dichte der Halmwände vermindert, während sie beim Exaktschnitt völlig erhalten bleibt. Diese für die Verdichtung offenbar ungünstige Struktur mag jedoch wegen ihres hohen Aufschlusses der Zellwände für die Heißlufttrocknung, die Silierung und den Verdauungsvorgang vorteilhaft sein. Direkte Versuchsergebnisse hierüber liegen noch nicht vor.

Der Einfluß des TM-Gehaltes des Häckselns auf die Verdichtungsfähigkeit ist sehr deutlich aus Bild 14 zu ersehen. Der schraffiert gezeichnete Streubereich der Ergebnisse ist eine spiegelbildliche Wiedergabe der Biegefestigkeit von Grashalmen in Abhängigkeit vom TM-Gehalt. Danach sind die höchsten Dichten im Bereich der geringsten Biegefestigkeit zu erzielen. Für die Siliertechnik ist dies besonders positiv zu werten, da auch aus anderen Gründen dieser TM-Gehaltsbereich für die Silierung günstig ist.

6. Zusammenfassung

Eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse ergibt nun folgendes Bild. Die Einflüsse der Werkzeuggeschwindigkeit und des TM-Gehaltes auf den Zerkleinerungserfolg bei den untersuchten Schlegelhäckslersystemen konnten relativ klar abgegrenzt werden. Im Vergleich zum Exakthäckslersystem konnten die Ergebnisse insgesamt noch nicht befriedigen. Aussichten auf eine Verbesserung der Halmlängenverteilung hinsichtlich der absoluten Länge und der Gleichmäßigkeit bieten verschiedene Entwicklungsrichtungen. Naheliegender wäre eine Verminderung des Messerabstandes. Hierbei ergeben sich jedoch sehr schnell konstruktive Grenzen. Außerdem kann ein geringer Messerabstand den Knickwinkel in negativer Weise verändern. Eine gewisse Verbesserung ist durch ein geeignetes Zuführsystem zu erreichen, das eine Orientierung der Halme quer zur Schlagrichtung bewirkt. Am aussichtsreichsten erscheint jedoch ein System, das eine mehrmalige Wiederholung des Schnittvorgangs während einer Trommelumdrehung ermöglicht. Das hierfür bisher bekannte System des Mantelsiebes scheidet dabei wegen der mangelnden Funktionssicherheit bei feuchtem Halmgut und der schlechteren Verdichtbarkeit des erzeugten Häckselns weitgehend aus. Andere Abscheidesysteme, etwa die in der Dreschtechnik versuchsartig erprobte rotierende Scheibenwalze, erscheinen dagegen entwicklungsfähiger [12].

Abschließende Untersuchungen über die Häckslersysteme sollen sich daher auf die Frage konzentrieren, wie weit es gelingen kann, die Halmlängenverteilung durch geeignete Abscheidesysteme zu steuern, ohne daß dabei Funktionssicherheit und Durchsatz der Maschine beeinträchtigt werden. Daneben ist noch das Problem der erforderlichen Messerschärfe eingehender zu untersuchen.

Schrifttum

- [1] DERNEDDE, W. und H. PETERS: Versuche zur Entwicklung eines nach dem Prinzip des Freischnitts arbeitenden Häckslers. Landbauforschung Vökenrode 8 (1970) S. 68—83
- [2] ERBELDING, H.: Das Freischnitt-Trennen von landwirtschaftlichem Halmgut. Unveröffentlichter Institutsbericht 1971
- [3] BECKHOFF, J.: Trocknungsverlauf, Masse- und Nährstoffverluste bei verschiedenen Heuwerkungsverfahren. In: Forschung und Beratung, Reihe C, H. 10 (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen)
- [4] CLAUS, H. G.: Untersuchungen an einem Schlegelmäher. Landtechnik 20 (1965) S. 790—798
- [5] KÜHLBORN, H.: Der Leistungsbedarf wichtiger Arbeitsmaschinen zur Halmfuttermittelgewinnung. Landtechnische Forschung 18 (1970) S. 153—164
- [6] PATHAK, B. S.: Die Feinzerkleinerung von Stroh. Dissertation Hohenheim 1963
- [7] MORTASAWI, M.: Die Schnittlänge von Halmguthäcksel. Arbeiten der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim Bd. 23, Verlag Ulmer, Stuttgart 1963
- [8] SMIRNOW, J. J.: Futteraufbereitungsmaschinen. VEB Verlag Technik Berlin 1958, S. 205—214
- [9] AHLGRIMM, H.-J.: Der Einfluß der Feuchte auf das Bruchverhalten von Halmgut bei Zug-, Scher- und Biegebeanspruchung. Landbauforschung Vökenrode 8 (1970) S. 8—31
- [10] BAADER, W.: Die Beurteilung der Funktion von Halmgut-Zerkleinerungsmaschinen. Landtechnische Forschung 18 (1970) S. 164—169
- [11] KROMER, K.-H.: Tendenzen im Exakthäckslerbau in den USA und in Deutschland. Grundlagen der Landtechnik 21 (1971) S. 110—114
- [12] BAADER, W. u. H. PETERS: Trennen eines Korn-Stroh-Gemenges mittels eines frei angeströmten Rechens. Grundlagen der Landtechnik 20 (1970) S. 129—132

Forschungs- und Versuchsgut

Am 10. 7. 1971 übergab der Hessische Minister für Landwirtschaft und Umwelt, Dr. Besr, der Justus Liebig-Universität die 108 ha große Staatsdomäne Marienborn in Eckartshausen, Kreis Büdingen, als Forschungs- und Versuchsgut. Die Leitung übernimmt Prof. Dr. K. HAGE.